

# Physikalisch- Technische Bundesanstalt



**DKD**

---


**Vergleichsbericht DKD-Ringvergleich  
DKD-V 3-2 für statische Kräfte von 40 kN bis  
100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN  
bis 50 kN und für Spannungs-  
verhältnisse bei 5V, 225 Hz TF**

---

Ausgabe 10/2023

<https://doi.org/10.7795/550.20231102>



	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>	DKD-V 3-2	
		Ausgabe:	10/2023
		Revision:	0
		Seite:	2/109

## Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

Im DKD sind Kalibrierlaboratorien von Industrieunternehmen, Forschungsinstituten, technischen Behörden, Überwachungs- und Prüfinstitutionen seit der Gründung 1977 zusammengeschlossen. Am 03. Mai 2011 erfolgte die Neugründung des DKD als technisches Gremium der PTB und der akkreditierten Laboratorien.

Dieses Gremium trägt die Bezeichnung Deutscher Kalibrierdienst (DKD) und steht unter der Leitung der PTB. Die vom DKD erarbeiteten Richtlinien und Leitfäden stellen den Stand der Technik auf dem jeweiligen technischen Fachgebiet dar und stehen der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die Akkreditierung von Kalibrierlaboratorien zur Verfügung.

Die akkreditierten Kalibrierlaboratorien werden von der DAkkS als Rechtsnachfolgerin des DKD akkreditiert und überwacht. Sie führen Kalibrierungen von Messgeräten und Maßverkörperungen für die bei der Akkreditierung festgelegten Messgrößen und Messbereiche durch. Die von ihnen ausgestellten Kalibrierscheine sind ein Nachweis für die Rückführung auf nationale Normale, wie sie von der Normenfamilie DIN EN ISO 9000 und der DIN EN ISO/IEC 17025 gefordert wird.

### Kontakt:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)


DKD-Geschäftsstelle

Bundesallee 100 38116 Braunschweig

Postfach 33 45 38023 Braunschweig

Telefon Sekretariat: 0531 592-8021

Internet: [www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)

	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>	DKD-V 3-2	
		Ausgabe:	10/2023
		Revision:	0
		Seite:	3/109

*Zitiervorschlag für die Quellenangabe:*

*Vergleichsbericht DKD-V 3-2 DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF, Ausgabe 10/2023, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. DOI: 10.7795/550.20231102*

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC by-nc-nd 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). In diesem Zusammenhang bedeutet „nicht-kommerziell“ (NC), dass das Werk nicht zum Zwecke der Einnahmenerzielung verbreitet oder öffentlich zugänglich gemacht werden darf. Eine Nutzung seiner Inhalte für die gewerbliche Verwendung in Laboratorien ist ausdrücklich erlaubt.




Autoren<sup>1</sup>:

Auswertung: Dr. Dirk Röske, PTB Braunschweig  
Organisation: Daniel Schwind, GTM Bickenbach

Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) für den Deutschen Kalibrierdienst (DKD) als Ergebnis der Zusammenarbeit der PTB mit dem Fachausschuss *Kraft, Beschleunigung und Akustik* des DKD.

---

<sup>1</sup> Um die Vertraulichkeit bei der Auswertung zu wahren, erhielt Herr Schwind als Teilnehmer des Ringvergleichs keinerlei Kenntnisse über Ergebnisse anderer Teilnehmer.


	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>	DKD-V 3-2	
		Ausgabe:	10/2023
		Revision:	0
		Seite:	4/109

## Vorwort

DKD-Vergleichsberichte verfolgen das Ziel, die Ergebnisse von Vergleichsmessungen offenzulegen, die im Rahmen des Deutschen Kalibrierdienstes organisiert, durchgeführt bzw. ausgewertet wurden. Sie enthalten Informationen über die Leistung der teilnehmenden Kalibrierlaboratorien für bestimmte Messungen und deren Vergleichbarkeit. In DKD-Vergleichsberichten wird nicht notwendigerweise in allen Details die Sichtweise des Vorstands oder der Fachausschüsse des DKD wiedergegeben.

Die DKD-Vergleichsberichte sollen die im Vergleich untersuchten Aspekte und Ergebnisse der Kalibrierung darstellen und durch die Publikation im Rahmen des DKD der großen Gemeinschaft der Kalibrierlaboratorien national und international zugänglich machen.


Experten- und Vergleichsberichte müssen nicht vom Vorstand genehmigt werden (Beschluss auf der 5. DKD-Vorstandssitzung), sondern nur vom jeweiligen Fachausschuss und der Geschäftsstelle.

	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>	DKD-V 3-2	
		Ausgabe:	10/2023
		Revision:	0
		Seite:	5/109

## INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1	Allgemeine Informationen zum Ringvergleich.....	6
2	Abkürzungen und Symbole .....	6
3	Pilotlabor .....	7
4	Teilnehmer und Zeitplan.....	7
5	Transfernormale und Transportbedingungen .....	10
6	Kalibrierverfahren.....	11
6.1	Spannungsverhältnis.....	11
6.2	Kraft 100 kN.....	11
6.3	Kraft 50 kN (Teilbereich) .....	11
6.4	Messprotokoll und Begleitdaten .....	12
7	Messergebnisse und Auswertung .....	14
7.1	Stabilität der Normale.....	14
7.2	$E_n$ -Werte .....	15
7.3	Einzelergebnisse Kraft .....	15
7.4	Einzelergebnisse Spannungsverhältnis.....	95
8	Zusammenfassung.....	105
9	Referenzen .....	105
10	Anhang: Liste der teilnehmenden Laboratorien .....	106

	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>	DKD-V 3-2	
		Ausgabe:	10/2023
		Revision:	0
		Seite:	6/109

## 1 Allgemeine Informationen zum Ringvergleich

Auf der 61. Sitzung des DKD-Fachausschusses „Kraft, Beschleunigung und Akustik“ am 19. und 20. Juni 2018 wurde die Durchführung eines DKD-Ringvergleichs für die Messgrößen Kraft und Spannungsverhältnis beschlossen. Die Umfrage unter den anwesenden Mitgliedern ergab das größte Interesse im Kraftmessbereich 40 kN - 100 kN (20 Interessenten) und ein reges Interesse bei Spannungsverhältnis mit Trägerfrequenz 5 V – 225 Hz (17 Interessenten).

Auf Grund vermehrter Nachfrage während der Durchführung des Ringvergleichs wurde der 100 kN-Vergleich noch um einen Vergleich im Teilbereich bis 50 kN ergänzt. Das Angebot zur Teilnahme im Teilbereich richtete sich nur an Laboratorien, die an dem 100 kN-Bereich nicht partizipieren konnten, um die Laufzeit des Ringvergleichs nicht zu sehr auszudehnen. Der Ringvergleich erstreckte sich über einen Zeitraum von 26 Monaten von Oktober 2020 bis Dezember 2022.


Es hatten sich 35 Teilnehmer am Kraft-Ringvergleich und 21 Teilnehmer am Spannungsverhältnis-Ringvergleich aus Dänemark, Deutschland, Kroatien, Österreich und Slowenien angemeldet. Ein Laboratorium hat die Teilnahme am Kraft-Vergleich abgesagt, so dass sich schließlich **34** Teilnehmer am **Kraft**-Ringvergleich ergaben. Fünf Laboratorien haben die Teilnahme am mV/V-Vergleich abgesagt. Drei weitere Laboratorien hatten keine Angabe gemacht, letztlich aber doch Messwerte geliefert (ein Laboratorium sogar zwei Datensätze), so dass sich schließlich **19** Teilnehmer am **mV/V**-Vergleich ergaben.

Vergleichsmessungen oder Eignungsprüfungen können auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden. Für diesen Ringvergleich wurde das sequentielle Teilnehmerprogramm ausgewählt (DIN EN ISO/IEC 17043:2010-02 A.2), eine quantitative Methode, um die Messgrößen Kraft und Spannungsverhältnis der teilnehmenden Laboratorien zu quantifizieren.

## 2 Abkürzungen und Symbole

DAkKS	Deutsche Akkreditierungsstelle
DIN	Deutsches Institut für Normung
DKD	Deutscher Kalibrierdienst
CMC	Calibration and Measurement Capability
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt

$U$	Erweiterte ( $k = 2$ , wenn nicht anderes angegeben) Messunsicherheit in Anzeigeeinheiten (mV/V)
$W$	Erweiterte ( $k = 2$ , wenn nicht anderes angegeben) relative Messunsicherheit
$k$	Erweiterungsfaktor

	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>		DKD-V 3-2	
			Ausgabe:	10/2023
			Revision:	0
			Seite:	7/109

### 3 Pilotlabor

Als Referenzlabor oder Pilotlabor wurde die Arbeitsgruppe „1.21 Darstellung Kraft“ der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig eingesetzt. Alle Ergebnisse der Kalibrierlaboratorien wurden mit dem im Pilotlabor ermittelten Referenzwert verglichen.

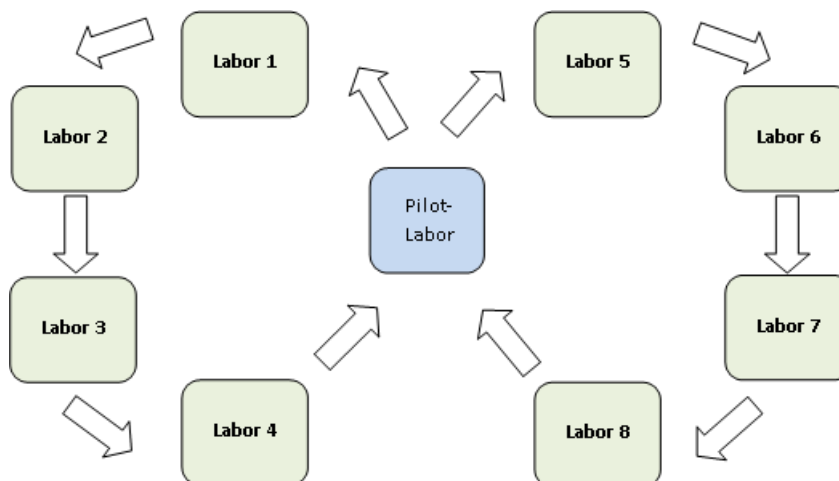
#### PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Kontaktperson: Dr. Dirk Röske  
 Adresse: Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
 Fachbereich 1.2 „Festkörpermechanik“  
 Arbeitsgruppe 1.21 „Darstellung Kraft“  
 Bundesallee 100  
 D-38116 Braunschweig

### 4 Teilnehmer und Zeitplan

Insgesamt nahmen 34 Laboratorien am Kraft-Ringvergleich und 19 Laboratorien am mV/V-Ringvergleich teil. Die vollständige Liste der beteiligten Kalibrierlaboratorien mit den im Dokument verwendeten Abkürzungen befindet sich im Anhang.

Die Vergleichsmessungen wurden auf sieben Ringe oder Umläufe aufgeteilt. Start und Ende eines Umlaufs war jeweils das Pilotlabor, die „AG 1.21 Darstellung Kraft“ in der PTB.



**Abbildung 1:** Ablaufschema des Ringvergleichs (zwei von sieben Umläufen sind dargestellt)

Die Kalibrierungen waren von den Kalibrierlaboratorien entsprechend dem nachstehenden Kalender einzuplanen. Jedem Labor stand eine volle Arbeitswoche mit fünf Arbeitstagen zur Verfügung. Auch wenn der Ringvergleich vermutlich schneller hätte durchgeführt werden können, wurden die Laboratorien gebeten, den Zeitplan einzuhalten. Nachfolgende Labore sollten sich auf die geplanten Termine verlassen können.

Begonnen wurde mit den Kalibrierlaboratorien, die nach dem Leistungsverzeichnis die kleinste Messunsicherheit aufwiesen. Nach maximal sieben Laboratorien erfolgte eine Zwischenkontrolle in der PTB bei dem Pilotlabor.



DKD-Ringvergleich für statische Kräfte  
 von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von  
 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse  
 bei 5V, 225 Hz TF  
<https://doi.org/10.7795/550.20231102>

DKD-V 3-2

Ausgabe:	10/2023
Revision:	0
Seite:	8/109

Auf Grund eines Personalwechsels im Kalibrierlabor eines Teilnehmers und damit einhergehende unterbundene Informationsflüsse kam es im April 2022 zu einer etwa vierwöchigen Verzögerung im Ablauf, die eine Neuplanung der anschließenden Teilnehmer erforderte.

## Kalender 2020/21

Kalenderpedia  
 Informationen zum Kalender

July 2020	August 2020	September 2020	Oktober 2020	November 2020	Dezember 2020
1 Mi	1 Sa	1 Di	1 Do	1 So Allerheiligen	1 Di MPA Da
2 Do	2 So	2 Mi	2 Fr	2 Mo HBK 45	2 Mi MPA Da
3 Fr	3 Mo	3 Do 32	3 Sa Tag der Dt. Einheit	3 Di HBK	3 Do MPA Da
4 Sa	4 Di	4 Fr	4 So	4 Mi HBK	4 Fr MPA Da
5 So	5 Mi	5 Sa	5 Mo PTB 41	5 Do HBK	5 Sa
6 Mo	6 Do 28	6 So	6 Di PTB	6 Fr HBK	6 So
7 Di	7 Fr	7 Mo 37	7 Mi PTB	7 Sa	7 Mo 50
8 Mi	8 Sa	8 Di	8 Do PTB	8 So	8 Di
9 Do	9 So	9 Mi	9 Fr PTB	9 Mo 46	9 Mi
10 Fr	10 Mo	10 Do 33	10 Sa	10 Di	10 Do
11 Sa	11 Di	11 Fr	11 So	11 Mi	11 Fr
12 So	12 Mi	12 Sa	12 Mo PTB 42	12 Do	12 Sa
13 Mo	13 Do 29	13 So	13 Di PTB	13 Fr	13 So
14 Di	14 Fr	14 Mo 38	14 Mi PTB	14 Sa	14 Mo MPA S 51
15 Mi	15 Sa	15 Di	15 Do PTB	15 So	15 Di MPA S
16 Do	16 So	16 Mi	16 Fr PTB	16 Mo GTM 47	16 Mi MPA S
17 Fr	17 Mo	17 Do 34	17 Sa	17 Di GTM	17 Do MPA S
18 Sa	18 Di	18 Fr	18 So	18 Mi GTM	18 Fr MPA S
19 So	19 Mi	19 Sa	19 Mo PTB 43	19 Do GTM	19 Sa
20 Mo	20 Do 30	20 So	20 Di PTB	20 Fr GTM	20 So
21 Di	21 Fr	21 Mo 39	21 Mi PTB	21 Sa	21 Mo 52
22 Mi	22 Sa	22 Di	22 Do PTB	22 So	22 Di
23 Do	23 So	23 Mi	23 Fr PTB	23 Mo 48	23 Mi
24 Fr	24 Mo	24 Do 35	24 Sa	24 Di	24 Do Heiligabend
25 Sa	25 Di	25 Fr	25 So Ende der Sommerzeit	25 Mi	25 Fr 1. Weihnachtstag
26 So	26 Mi	26 Sa	26 Mo 44	26 Do	26 Sa 2. Weihnachtstag
27 Mo	27 Do 31	27 So	27 Di	27 Fr	27 So
28 Di	28 Fr	28 Mo 40	28 Mi	28 Sa	28 Mo PTB 53
29 Mi	29 Sa	29 Di	29 Do	29 So 1. Advent	29 Di PTB
30 Do	30 So	30 Mi	30 Fr	30 Mo MPA Da 49	30 Mi PTB
31 Fr	31 Mo 36		31 Sa Reformationstag		31 Do Silvester

© Kalenderpedia® www.kalenderpedia.de

Angaben ohne Gewähr

## Kalender 2020/21

Kalenderpedia  
 Informationen zum Kalender

Januar 2021	Februar 2021	März 2021	April 2021	Mai 2021	Juni 2021
1 Fr Neujahr	1 Mo	1 Mo	1 Do	1 Sa Tag der Arbeit	1 Di
2 Sa	2 Di	2 Di	2 Fr Karfreitag	2 So	2 Mi
3 So	3 Mi	3 Mi	3 Sa	3 Mo PTB 18	3 Do Fronleichnam
4 Mo PTB	4 Do 1	4 Do	4 So Ostern	4 Di PTB	4 Fr
5 Di PTB	5 Fr	5 Fr	5 Mo Ostermontag 14	5 Mi PTB	5 Sa
6 Mi PTB	6 Sa	6 Sa	6 Di	6 Do PTB	6 So
7 Do PTB	7 So	7 So	7 Mi	7 Fr PTB	7 Mo Ford 23
8 Fr PTB	8 Mo BAM	8 Mo EAL	8 Do	8 Sa	8 Di Ford
9 Sa	9 Di BAM	9 Di EAL	9 Fr	9 So Muttertag	9 Mi Ford
10 So	10 Mi BAM	10 Mi EAL	10 Sa	10 Mo	10 Do Ford
11 Mo PTB	11 Do BAM	11 Do EAL	11 So	11 Di	11 Fr Ford
12 Di PTB	12 Fr BAM	12 Fr EAL	12 Mo TERA	12 Mi	12 Sa
13 Mi PTB	13 Sa	13 Sa	13 Di TERA	13 Do Christi Himmelfahrt	13 So
14 Do PTB	14 So	14 So	14 Mi TERA	14 Fr	14 Mo 24
15 Fr PTB	15 Mo Rosenmontag	15 Mo	15 Do TERA	15 Sa	15 Di
16 Sa	16 Di	16 Di	16 Fr TERA	16 So	16 Mi
17 So	17 Mi	17 Mi	17 Sa	17 Mo WW 20	17 Do
18 Mo	18 Do 3	18 Do	18 So	18 Di WW	18 Fr
19 Di	19 Fr	19 Fr	19 Mo	19 Mi WW	19 Sa
20 Mi	20 Sa	20 Sa	20 Di	20 Do WW	20 So
21 Do	21 So	21 So	21 Mi	21 Fr WW	21 Mo TECSIS 25
22 Fr	22 Mo AST	22 Mo Airb	22 Do	22 Sa	22 Di TECSIS
23 Sa	23 Di AST	23 Di Airb	23 Fr	23 So Pfingsten	23 Mi TECSIS
24 So	24 Mi AST	24 Mi Airb	24 Sa	24 Mo Pfingstmontag 21	24 Do TECSIS
25 Mo MPA N	25 Do AST	25 Do Airb	25 So	25 Di	25 Fr TECSIS
26 Di MPA N	26 Fr AST	26 Fr Airb	26 Mo PTB	17 26 Mi	26 Sa
27 Mi MPA N	27 Sa	27 Sa	27 Di PTB	27 Do	27 So
28 Do MPA N	28 So	28 So Beginn der Sommerzeit	28 Mi PTB	28 Fr	28 Mo 26
29 Fr MPA N		29 Mo	13 29 Do PTB	29 Sa	29 Di
30 Sa		30 Di	30 Fr PTB	30 So	30 Mi
31 So		31 Mi		31 Mo	22

© Kalenderpedia® www.kalenderpedia.de

Angaben ohne Gewähr





DKD-Ringvergleich für statische Kräfte  
 von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von  
 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse  
 bei 5V, 225 Hz TF  
<https://doi.org/10.7795/550.20231102>

DKD-V 3-2

Ausgabe:	10/2023
Revision:	0
Seite:	9/109

## Kalender 2021/22

Kalenderpedia  
 Informationen zum Kalender

Juli 2021	August 2021	September 2021	Oktober 2021	November 2021	Dezember 2021
1 Do	1 So	1 Mi PTB	1 Fr	1 Mo KDK 44	1 Mi PTB
2 Fr	2 Mo Testo 31	2 Do PTB	2 Sa	2 Di KDK	2 Do PTB
3 Sa	3 Di Testo	3 Fr PTB	3 So Tag der Dt. Einheit	3 Mi KDK	3 Fr PTB
4 So	4 Mi Testo	4 Sa	4 Mo Ad 40	4 Do KDK	4 Sa
5 Mo Por 27	5 Do Testo	5 So	5 Di Ad	5 Fr KDK	5 So
6 Di Por	6 Fr Testo	6 Mo PTB 36	6 Mi Ad	6 Sa	6 Mo PTB 49
7 Mi Por	7 Sa	7 Di PTB	7 Do Ad	7 So	7 Di PTB
8 Do Por	8 So	8 Mi PTB	8 Fr Ad	8 Mo 45	8 Mi PTB
9 Fr Por	9 Mo 32	9 Do PTB	9 Sa	9 Di	9 Do PTB
10 Sa	10 Di	10 Fr PTB	10 So	10 Mi	10 Fr PTB
11 So	11 Mi	11 Sa	11 Mo 41	11 Do	11 Sa
12 Mo 28	12 Do	12 So	12 Di	12 Fr	12 So
13 Di	13 Fr	13 Mo 37	13 Mi	13 Sa	13 Mo 50
14 Mi	14 Sa	14 Di	14 Do	14 So	14 Di
15 Do	15 So	15 Mi	15 Fr	15 Mo mg-S 46	15 Mi
16 Fr	16 Mo PTB 33	16 Do	16 Sa	16 Di mg-S	16 Do
17 Sa	17 Di PTB	17 Fr	17 So	17 Mi mg-S	17 Fr
18 So	18 Mi PTB	18 Sa	18 Mo Atl Co 42	18 Do mg-S	18 Sa
19 Mo Allu 29	19 Do PTB	19 So	19 Di Atl Co	19 Fr mg-S	19 So
20 Di Allu	20 Fr PTB	20 Mo DB 38	20 Mi Atl Co	20 Sa	20 Mo 51
21 Mi Allu	21 Sa	21 Di DB	21 Do Atl Co	21 So	21 Di
22 Do Allu	22 So	22 Mi DB	22 Fr Atl Co	22 Mo 47	22 Mi
23 Fr Allu	23 Mo PTB 34	23 Do DB	23 Sa	23 Di	23 Do
24 Sa	24 Di PTB	24 Fr DB	24 So	24 Do	24 Fr Heiligabend
25 So	25 Mi PTB	25 Sa	25 Mo 43	25 Do	25 Sa 1. Weihnachtstag
26 Mo 30	26 Do PTB	26 So	26 Di	26 Fr	26 So 2. Weihnachtstag
27 Di	27 Fr PTB	27 Mo 39	27 Mi	27 Sa	27 Mo 52
28 Mi	28 Sa	28 Di	28 Do	28 So 1. Advent	28 Di
29 Do	29 So	29 Mi	29 Fr	29 Mo PTB 48	29 Mi
30 Fr	30 Mo PTB 35	30 Do	30 Sa	30 Di PTB	30 Do
31 Sa	31 Di PTB		31 So Ende der Sommerzeit		31 Fr Silvester

© Kalenderpedia® www.kalenderpedia.de

Angaben ohne Gewähr

## Kalender 2021/22

Kalenderpedia  
 Informationen zum Kalender

Januar 2022	Februar 2022	März 2022	April 2022	Mai 2022	Juni 2022
1 Sa Neujahr	1 Di	1 Di PTB	1 Fr TÜVA	1 So Tag der Arbeit	1 Mi TRES
2 So	2 Mi	2 Mi PTB	2 Sa	2 Mo 18	2 Do TRES
3 Mo 1	3 Do	3 Do PTB	3 So	3 Di	3 Fr TRES
4 Di	4 Fr	4 Fr PTB	4 Mo 14	4 Mi	4 Sa
5 Mi	5 Sa	5 Sa	5 Di	5 Do	5 So Pfingsten
6 Do Heilige Drei Könige	6 So	6 So	6 Mi	6 Fr	6 Mo Pfingstmontag 23
7 Fr	7 Mo FOR	7 Mo	7 Do 10	7 Sa	7 Di
8 Sa	8 Di FOR	8 Di	8 Fr	8 So Muttertag	8 Mi
9 So	9 Mi FOR	9 Mi	9 Sa	9 Mo 19	9 Do
10 Mo ZAG	10 Do FOR	10 Do	10 So	10 Di	10 Fr
11 Di ZAG	11 Fr FOR	11 Fr	11 Mo 15	11 Mi	11 Sa
12 Mi ZAG	12 Sa	12 Sa	12 Di	12 Do	12 So
13 Do ZAG	13 So	13 So	13 Mi	13 Fr	13 Mo MPAK 24
14 Fr ZAG	14 Mo	14 Mo SAL 7	14 Do 11	14 Sa	14 Di MPAK
15 Sa	15 Di	15 Di SAL	15 Fr Karfreitag	15 So	15 Mi MPAK
16 So	16 Mi	16 Mi SAL	16 Sa	16 Mo 20	16 Do MPAK
17 Mo	17 Do	17 Do SAL	17 So Ostern	17 Di	17 Fr MPAK
18 Di	18 Fr	18 Fr SAL	18 Mo Ostermontag 16	18 Mi	18 Sa
19 Mi	19 Sa	19 Sa	19 Di	19 Do	19 So
20 Do	20 So	20 So	20 Mi	20 Fr	20 Mo
21 Fr	21 Mo PTB 8	21 Mo 12	21 Do	21 Sa	21 Di
22 Sa	22 Di PTB	22 Di	22 Fr	22 So	22 Mi
23 So	23 Mi PTB	23 Mi	23 Sa	23 Mo 21	23 Do
24 Mo BVS 4	24 Do PTB	24 Do	24 So	24 Di	24 Fr
25 Di BVS	25 Fr PTB	25 Fr	25 Mo 17	25 Mi	25 Sa
26 Mi BVS	26 Sa	26 Sa	26 Di	26 Do Christi Himmelfahrt	26 So
27 Do BVS	27 So	27 So Beginn der Sommerzeit	27 Mi	27 Fr	27 Mo PTB
28 Fr BVS	28 Mo PTB 9	28 Mo TÜVA 13	28 Do	28 Sa	28 Di PTB
29 Sa		29 Di TÜVA	29 Fr	29 So	29 Mi PTB
30 So		30 Mi TÜVA	30 Sa	30 Mo TRES 22	30 Do PTB
31 Mo 5		31 Do TÜVA		31 Di TRES	

© Kalenderpedia® www.kalenderpedia.de

Angaben ohne Gewähr

## Kalender 2022/23

Kalenderpedia  
 Informationen zum Kalender

Juli 2022		August 2022		September 2022		Oktober 2022		November 2022		Dezember 2022	
1 Fr	1 Mo SBS	31 Do BUR	1 Sa	1 Di Allerheiligen	1 Do PTB	2 Sa	2 Mi	2 Fr	2 Sa	2 Fr PTB	3 Sa
2 Sa	2 Di SBS	2 Fr BUR	2 So	3 Do	3 Sa	3 Mo Tag der Dt. Einheit	4 Di	4 Fr	4 So	4 Fr	4 So
3 So	3 Mi SBS	3 Sa	4 So	4 Do	4 So	40	5 Mi	5 Sa	5 Mo	5 Mo	5 Mo
4 Mo PTB	4 Do SBS	5 Mo	5 Mi	5 Mo	5 Mo	36	6 Do	6 So	6 Di	6 Di	6 Di
5 Di PTB	5 Fr SBS	6 Di	6 Do	6 Di	6 Do	36	7 Fr	7 Mo PTB	7 Mi	7 Mi	7 Mi
6 Mi PTB	6 Sa	7 Mi	7 Fr	7 Mi	7 Fr	36	8 Sa	8 Di PTB	8 Do	8 Do	8 Do
7 Do PTB	7 So	8 Do	8 Sa	8 Do	8 Sa	36	9 So	9 Mi PTB	9 Fr	9 Fr	9 Fr
8 Fr PTB	8 Mo	8 Do	9 So	9 Mi	9 So	36	10 Mo TRH	10 Do PTB	10 Sa	10 Sa	10 Sa
9 Sa	9 Di	9 Fr	10 Sa	10 Mo	10 Sa	36	11 Di TRH	11 Fr PTB	11 So	11 So	11 So
10 So	10 Mi	10 Sa	11 So	11 Mo	11 So	36	12 Mi TRH	12 Sa	12 Mo	12 Mo	12 Mo
11 Mo PTB	11 Do	11 So	12 Mo	12 Mo	12 Mo	36	13 Do TRH	13 So	13 Di	13 Di	13 Di
12 Di PTB	12 Fr	12 So	13 Mo	13 Mo	13 Mo	36	14 Fr TRH	14 Mo PTB	14 Mi	14 Mi	14 Mi
13 Mi PTB	13 Sa	13 So	14 Mo	14 Mo	14 Mo	36	15 Mo	15 Di PTB	15 Do	15 Do	15 Do
14 Do PTB	14 So	14 So	15 Mo	15 Mo	15 Mo	36	16 Mo	16 Mi PTB	16 Fr	16 Fr	16 Fr
15 Fr PTB	15 Mo FSB	15 So	16 Mo	16 Mo	16 Mo	36	17 Mo	17 Do PTB	17 Sa	17 Sa	17 Sa
16 Sa	16 Di FSB	16 So	17 Mo	17 Mo	17 Mo	36	18 Mo	18 Fr PTB	18 So	18 So	18 So
17 So	17 Mi FSB	17 So	18 Mo	18 Mo	18 Mo	36	19 Mo	19 Sa	19 Mo	19 Mo	19 Mo
18 Mo PTB	18 Do FSB	18 So	19 Mo	19 Mo	19 Mo	36	20 Mo	20 So	20 Di	20 Di	20 Di
19 Di PTB	19 Fr FSB	19 So	20 Mo	20 Mo	20 Mo	36	21 Mo	21 Mo PTB	21 Mi	21 Mi	21 Mi
20 Mi PTB	20 Sa	20 So	21 Mo	21 Mo	21 Mo	36	22 Mo	22 Do	22 Do	22 Do	22 Do
21 Do PTB	21 So	21 So	22 Mo	22 Mo	22 Mo	36	23 Mo	23 Sa	23 Di	23 Di	23 Di
22 Fr PTB	22 Mo	22 So	23 Mo	23 Mo	23 Mo	36	24 Mo	24 So	24 Do	24 Do	24 Do
23 Sa	23 Di	23 So	24 Mo	24 Mo	24 Mo	36	25 Mo	25 Mi	25 Fr	25 Fr	25 Fr
24 So	24 Mi	24 So	25 Mo	25 Mo	25 Mo	36	26 Mo	26 Do	26 Sa	26 Sa	26 Sa
25 Mo	25 Do	25 So	26 Mo	26 Mo	26 Mo	36	27 Mo	27 Do	27 So 1. Advent	27 So 1. Advent	27 Di
26 Di	26 Fr	26 So	27 Mo	27 Mo	27 Mo	36	28 Mo	28 Do	28 So 1. Weihnachtstag	28 So 1. Weihnachtstag	28 Mi
27 Mi	27 Sa	27 So	28 Mo	28 Mo	28 Mo	36	29 Mo	29 Do	29 So 2. Weihnachtstag	29 So 2. Weihnachtstag	29 Do
28 Do	28 So	28 So	29 Mo	29 Mo	29 Mo	36	30 Mo	30 Sa	30 Mi	30 Mi	30 Fr
29 Fr	29 Mo BUR	29 So	30 Mo	30 Mo	30 Mo	36	31 Mo	31 So	31 Mi	31 Mi	31 So
30 Sa	30 Di BUR	30 So	31 Mo	31 Mo	31 Mo	36	31 Mo	31 So	31 Mi	31 Mi	31 So
31 So	31 Mi BUR	31 So	31 Mo	31 Mo	31 Mo	36	31 Mo	31 So	31 Mi	31 Mi	31 So

© Kalenderpedia® www.kalenderpedia.de

Angaben ohne Gewähr

## 5 Transfernormale und Transportbedingungen

Das Unternehmen Hottinger Brüel & Kjaer GmbH stellte die Messkette, bestehend aus einem Kraftaufnehmer des Typs U15 sowie einem Messverstärker DMP41-T2 für die Dauer des Ringvergleichs unentgeltlich zur Verfügung. Folgende Geräte wurden verwendet:


Kraftaufnehmer U15 / 100 kN

S/N: 020093S

Messverstärker DMP41-T2

S/N: 819192403

Der hohen Präzision der Kalibriergegenstände entsprechend war bevorzugt ein Direkttransport per Kurier zu wählen. Bei der Festlegung der Teilnehmerreihenfolge wurde versucht, die Transportstrecken gleichmäßig zu verteilen. Die Kalibriergegenstände waren versichert an das nächste teilnehmende Labor zu liefern. Traten Versandkosten auf, waren diese vom versendenden Labor zu tragen. Für den Transport wurden jeweils mindestens fünf Arbeitstage im Zeitplan vorgesehen. Das versendende Labor musste dafür Sorge tragen, dass die Kalibriergegenstände spätestens am letzten Arbeitstag des vorgesehenen Transportzeitraumes eintrafen, damit das nachfolgende Labor den vollen Kalibrierzeitraum zur Verfügung hatte.

	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>		DKD-V 3-2	
			Ausgabe:	10/2023
			Revision:	0
			Seite:	11/109

## 6 Kalibrierverfahren

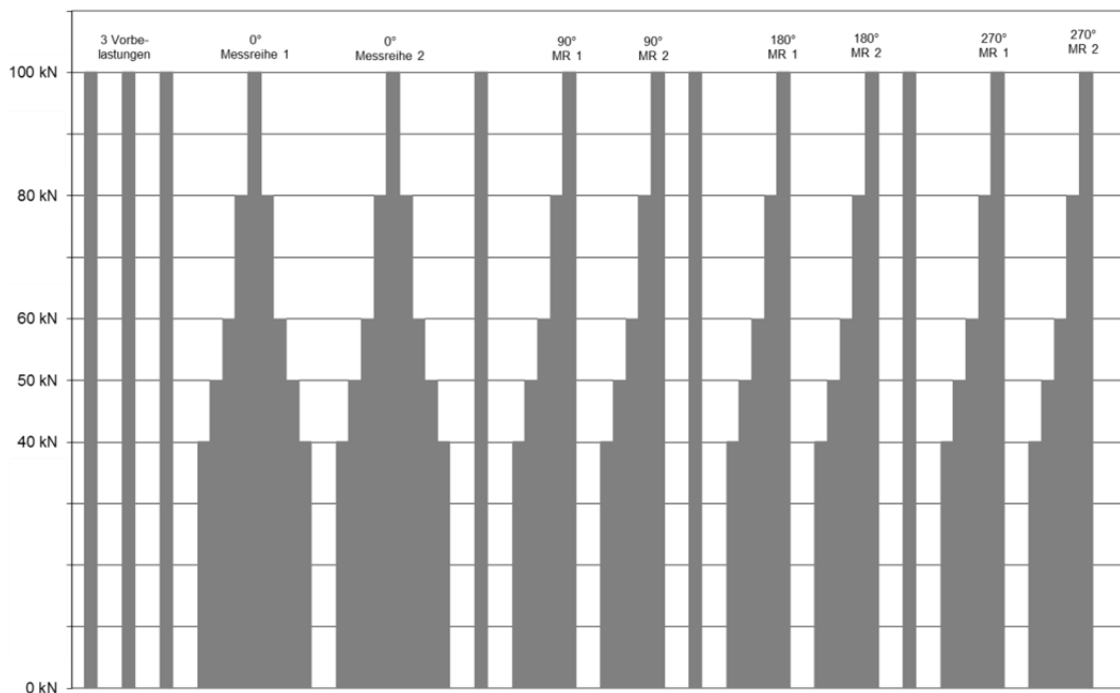
### 6.1 Spannungsverhältnis

Für Spannungsverhältnis-Kalibrierungen bei Trägerfrequenz 5 V / 225 Hz existiert keine Norm oder DKD-Richtlinie. Die Spannungsverhältnis-Kalibrierung war deshalb von den Laboratorien gemäß hauseigenen Verfahren durchzuführen, möglichst im Bereich von 0,1 mV/V bis 2,5 mV/V. Es war Kanal 1 im Messbereich 2,5 mV/V zu kalibrieren.

### 6.2 Kraft 100 kN


Der Kraftaufnehmer war nach dem DKD-Verfahren mit vier Einbaustellungen mit Druckkräften gemäß nachstehender Grafik mit einer Zykluszeit von 180 Sekunden zu kalibrieren. Die Zykluszeit wurde definiert als Zeit zwischen den Messwertnahmen, d.h. alle 180 Sekunden war ein Messwert zu nehmen. Dazwischen erfolgten die Steuerungsvorgänge der jeweiligen Messeinrichtung, z. B. Tariervorgänge, Be- und Entlastungsvorgänge und Lastwechsel. Es waren keine weiteren Pausen vorzusehen. Die Zeiten der Messwertübernahme waren zu protokollieren. Mit den genannten Zeiten dauerte die reine Messung etwa vier Stunden.

Zur Kalibrierung des Kraftaufnehmers im 100 kN-Bereich war Kanal 1 des versendeten zweikanaligen Messverstärkers DMP41-T2 im Messbereich 5 mV/V bei einer Trägerfrequenz von 5 V / 225 Hz zu verwenden.

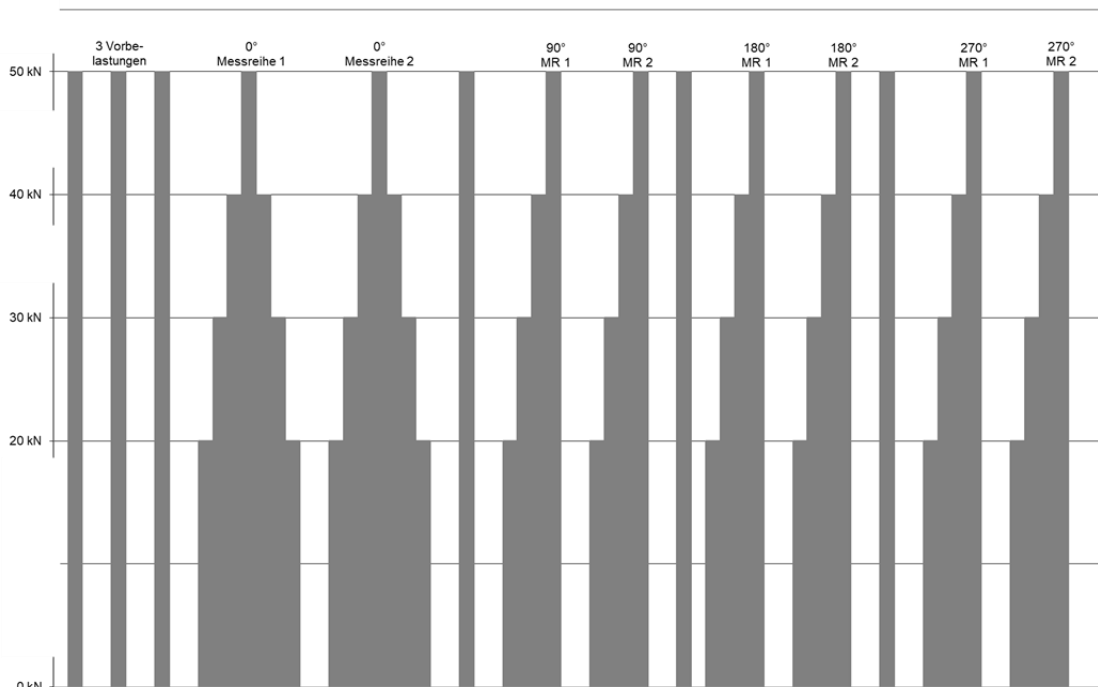


### 6.3 Kraft 50 kN (Teilbereich)

Der Kraftaufnehmer war nach dem DKD-Verfahren mit vier Einbaustellungen mit Druckkräften gemäß nachstehender Grafik mit einer Zykluszeit von 180 Sekunden zu kalibrieren. Die Zeiten der Messwertübernahme waren zu protokollieren. Mit den genannten Zeiten dauerte die reine Messung etwa 3,5 Stunden.

	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>		DKD-V 3-2	
			Ausgabe:	10/2023
			Revision:	0
			Seite:	12/109

Zur Kalibrierung im Teilbereich 50 kN war Kanal 1 des versendeten zweikanaligen Messverstärkers DMP41-T2 im Messbereich 2,5 mV/V bei einer Trägerfrequenz von 5 V / 225 Hz zu verwenden.



#### 6.4 Messprotokoll und Begleitdaten

Die nachstehenden Messverstärkereinstellungen wurden vorgegeben und sollten möglichst unverändert übernommen werden.

Speisespannung	5 V, 225 Hz
Auflösung	0,000001 mV/V
Filter	0,1 Hz Be
Autokalibrierung	Ein

Sofern anlagenbedingt Änderungen erforderlich waren, mussten diese im Messprotokoll angegeben werden.

Die erhaltenen Daten waren innerhalb von vier Wochen nach der Messung mittels Excel-Datei an Herrn Dr. Röske zu senden.

Die Excel-Vorlage enthielt ein Tabellenblatt „Messwerte“, hier waren die erhaltenen Messwerte mit Uhrzeit und Temperatur in dem entsprechenden Format einzutragen.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kraft	Messwert / (mV/V) Format: x,xxxxxx	Uhrzeit Format: hh:mm:ss	Temperatur / °C Format: tt,t		Kontrollzeit			
0 kN					08:00:00	← hier die Startzeit der Messung eingeben		
100 kN					08:03:00			
0 kN					08:06:00			
0 kN					08:09:00			
100 kN					08:12:00			
0 kN					08:15:00			
0 kN					08:18:00			
100 kN					08:21:00			
0 kN					08:24:00			
0 kN					08:27:00			
40 kN					08:30:00			

Abbildung 2: Auszug aus dem Tabellenblatt „Messwerte Kraft“

A	B	C	D	E	F	G	H
mV/V	Messwert / (mV/V) Format: x,xxxxxx	Uhrzeit Format: hh:mm:ss	Temperatur / °C Format: tt,t	Gemäß Hausverfahren ermittelte Messunsicherheit			
+ 0,0 mV/V							
+ 0,1 mV/V							
+ 0,2 mV/V							
+ 0,4 mV/V							
+ 0,6 mV/V							
+ 0,8 mV/V							
+ 1,0 mV/V							
+ 1,2 mV/V							
+ 1,4 mV/V							
+ 1,6 mV/V							
+ 1,8 mV/V							

Abbildung 3: Auszug aus dem Tabellenblatt „Messwerte mVV“

Im Tabellenblatt „Begleitdaten“ waren die entsprechenden Informationen zu ergänzen.

A	B	C	D
Kalibrierlabor Name			
Kalibrierlabor Strasse			
Kalibrierlabor Ort			
Aufnehmer Hersteller	HBM		
Aufnehmer Typ			
Aufnehmer Seriennummer			
Messverstärker Hersteller	HBM		
Messverstärker Typ			
Messverstärker Seriennummer			
Messverstärker Speisespannung	5 V, 225 Hz		
Messverstärker Auflösung	0,000001 mV/V		
Messverstärker Filter	0,1 Hz Be		
Messverstärker Autokalibrierung	Ein		
mV/V-Bezugsnormal Benennung			
mV/V-Bezugsnormal Messbereich			
mV/V-Bezugsnormal erw. Messunsicherheit			
mV/V-Kalibrierung Datum			
mV/V-Kalibrierung Bearbeiter			
mV/V-Kalibrierung Luftdruck			
mV/V-Kalibrierung rel. Feuchte			
Kraft-Bezugsnormal Benennung			
Kraft-Bezugsnormal Messbereich			
Kraft-Bezugsnormal erw. Messunsicherheit			
Kraft-Kalibrierung Datum			
Kraft-Kalibrierung Bearbeiter			
Kraft-Kalibrierung Luftdruck			
Kraft-Kalibrierung rel. Feuchte			
Bemerkungen			

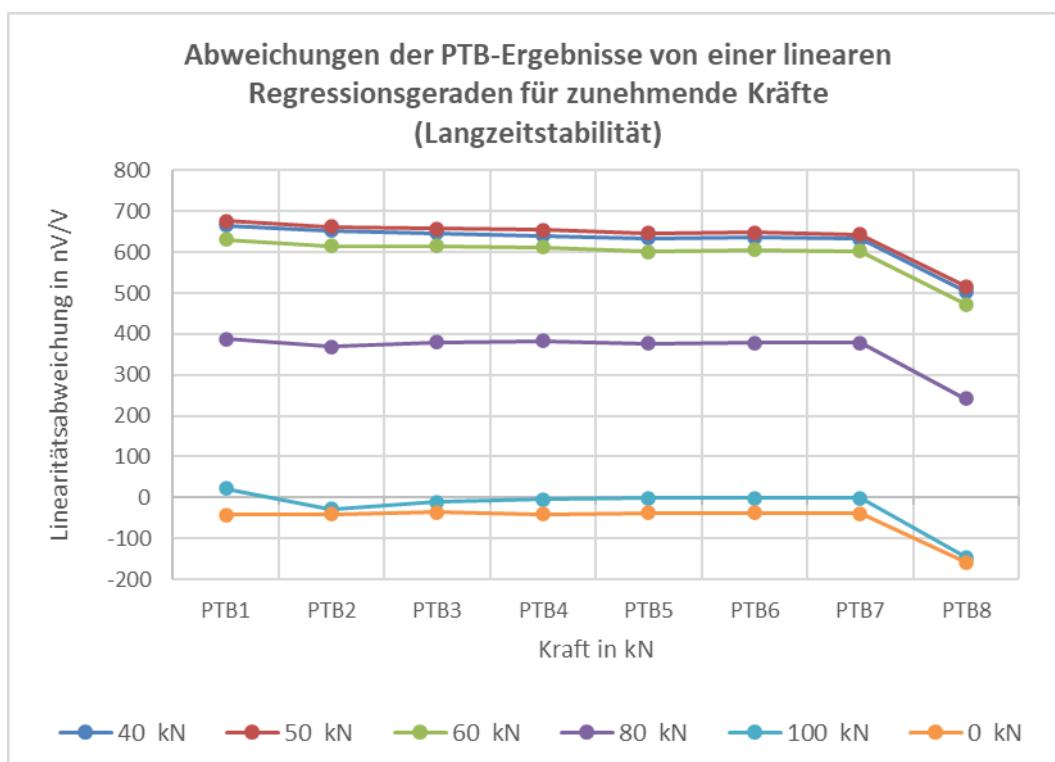
Abbildung 4: Auszug aus dem Tabellenblatt „Begleitdaten“

In dieses Tabellenblatt waren u. a. die Umgebungsbedingungen während des Messvorgangs, die charakteristischen Daten der Kalibriereinrichtung, und die akkreditierte Messunsicherheit einzutragen.

## 7 Messergebnisse und Auswertung

### 7.1 Stabilität der Normale


Eine Aussage über die Stabilität der verwendeten **Kraftmessgeräte** kann über den Vergleich der Messungen in der PTB getroffen werden. Wie sich bei der Bewertung der Einzelmessungen der PTB (PTB1 vom 14.10.2020 bis zu PTB8 vom 21.11.2022) herausgestellt hat, zeigen – bezogen auf die Mittelwerte aus den acht Messungen – genau die erste und die letzte Messung die größten Abweichungen von den Mittelwerten. Obwohl diese Abweichungen von maximal relativ  $2,9 \cdot 10^{-5}$  für diesen Vergleich nicht signifikant gewesen wären, wurden die beiden genannten Messungen dennoch nicht für die Bestimmung der Mittelwerte herangezogen. Für die verbleibenden Messungen PTB2 bis PTB7 ergaben sich maximale relative Differenzen zum Mittelwert von  $1,3 \cdot 10^{-5}$ .



Als Beispiele sind in der Form, die anschließend auch für die Ergebnisse der Teilnehmer verwendet wird, die Ergebnisse der Messungen PTB4 und PTB7 im Vergleich zu den Mittelwerten der PTB im Abschnitt 7.3 angeführt.

Für die **mV/V-Messung** wurde auf die Stabilität des für alle Teilnehmer für die Messung zur Verfügung gestellten digitalen Präzisionsmessverstärkers DMP41-T2 gesetzt. Als Maßstab für den Vergleich wurden die Mittelwerte aus allen PTB-Messungen, PTB1 bis PTB8 sowie PTB9, die als Messung für den Teilbereich der Kraft bis 50 kN am Ende des Ringvergleichs durchgeführt wurden, herangezogen. Um eine Objektivierung dieser Mittelwerte herzustellen, wurden diese um die bei der letzten Kalibrierung des in der PTB verwendeten Brückennormals BN100A (Rückführung zur mV/V-Skala der PTB) bestimmten Korrekturen angepasst.

Stellvertretend für die neun Einzelmessungen der PTB werden im Abschnitt 7.4 die Ergebnisse der Messung PTB1 als Beispiel eines etwas abweichenden Resultats (das nicht für die Auswertung herangezogen wurde) sowie PTB4 und PTB7 als hinreichend gute Messungen beigefügt. Die Ergebnisse der einzelnen Messungen werden im Vergleich zu den korrigierten

	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>		DKD-V 3-2	
			Ausgabe:	10/2023
			Revision:	0
			Seite:	15/109

Mittelwerten der PTB aus PTB2 bis PTB7 in der Form, die anschließend auch für die Ergebnisse der Teilnehmer verwendet wird, berichtet, wobei für PTB1 nur die Abweichungen von einer linearen Regressionsfunktion gezeigt sind.

## 7.2 $E_n$ -Werte

Eine bewährte Methode zur Beurteilung der Qualität eines Messergebnisses ist die Berechnung der normierten Abweichung  $E_n$  in Bezug auf die angegebene Messunsicherheit. Der  $E_n$ -Wert wird nach der Formel

$$E_n = \frac{X_{\text{lab}} - X_{\text{ref}}}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}}$$

berechnet, wobei in diesem Fall  $X_{\text{lab}}$  der arithmetische Mittelwert der Vergleichsmessung des am Ringvergleich teilnehmenden Kalibrierlabors ist,  $X_{\text{ref}}$  ist der entsprechende Wert des Pilotlabors der PTB.  $U_{\text{lab}}$  entspricht der erweiterten Messunsicherheit (aus der CMC, Calibration and Measurement Capability) des Kalibrierlabors und  $U_{\text{ref}}$  der erweiterten Messunsicherheit aus der CMC des Pilotlabors der PTB. Bei korrekter Funktion der Kalibriereinrichtung und richtiger Handhabung der Kalibriergegenstände muss der absolute Betrag  $|E_n| < 1$  sein.

Beim mV/V-Vergleich wurden an Stelle der erweiterten Messunsicherheiten (aus den CMC) des Kalibrierlabors die gemäß Hausverfahren ermittelten erweiterten ( $k = 2$ ) Messunsicherheiten verwendet, die im Tabellenblatt „Messwerte mVV“ zu berichten waren.

## 7.3 Einzelergebnisse Kraft

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Teilnehmer aufgeführt. Dabei wird jeder Teilnehmer durch einen Buchstaben-Ziffer-Code repräsentiert. Die Reihenfolge beginnt zuerst mit den Ergebnissen des Pilotlabors und richtet sich anschließend in alphanumerischer Ordnung nach dem vergebenen Code.

Für jede Messung werden dabei die nullkorrigierten Messwerte als Linearitätsabweichung von einer Bezugsgeraden zusammen mit dem zulässigen Bereich, der sich aus den CMC-Werten ergibt, und dem Ergebnis der PTB – jeweils getrennt für steigende und fallende Kraftbeträge – in x-y-Diagrammen grafisch dargestellt.

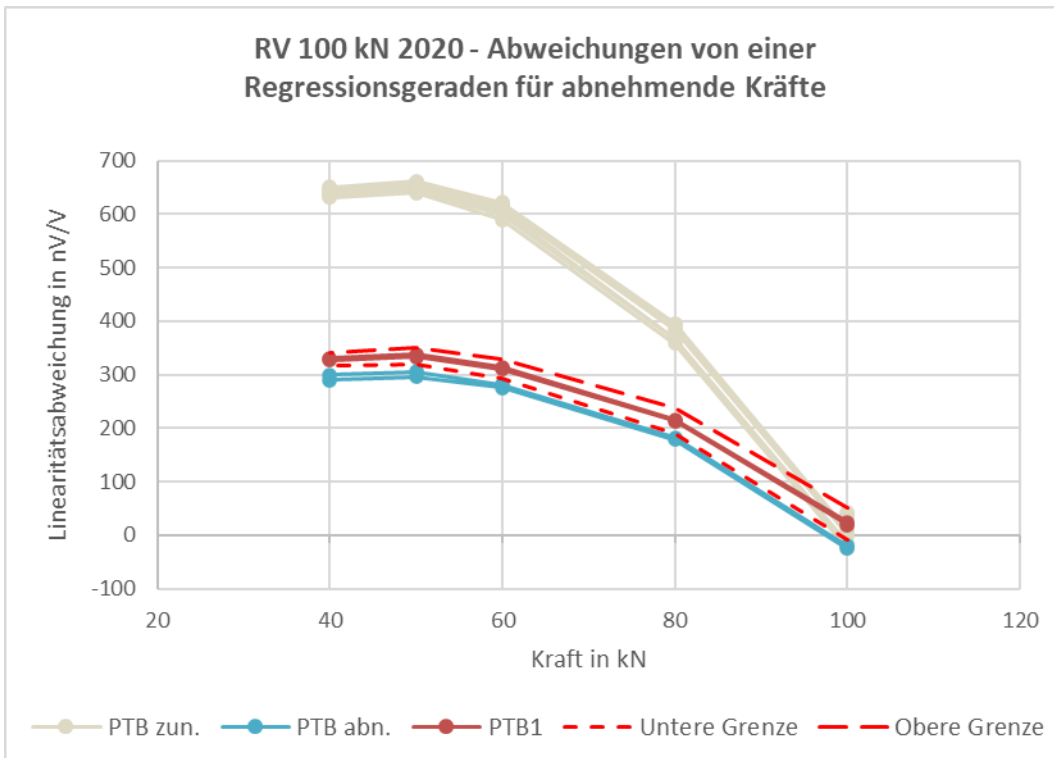
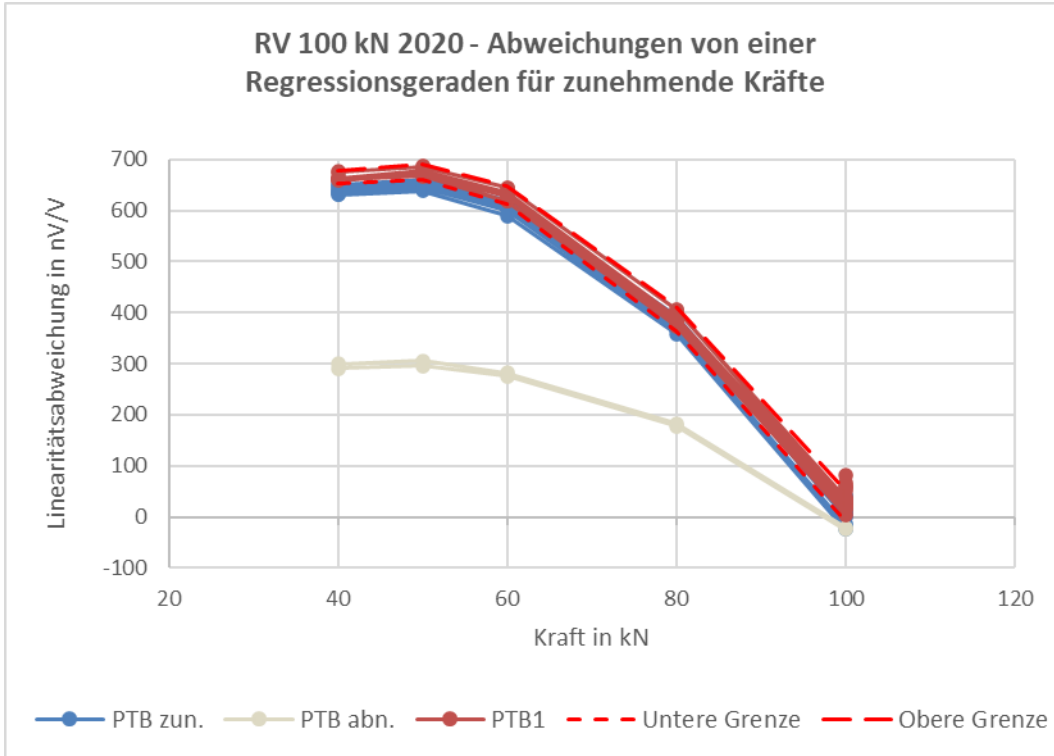
Zusätzlich werden die Reproduzierbarkeiten, die Wiederholbarkeiten sowie die Hysteresewerte für jede Kraftstufe in nV/V bestimmt und im Vergleich zu den in der PTB bestimmten Mittelwerten in Säulendiagrammen grafisch dargestellt.

Weiterhin wird der Rotationseinfluss über die Differenz der Mittelwerte für jede Einbaustellung im Vergleich zum Mittelwert aus allen Einbaustellungen in nV/V berechnet und in einem Netzdiagramm grafisch dargestellt. In dieser Art der Darstellung ist zu erkennen, wie sich die durch Rotation des Aufnehmers geänderte Einbauposition auf die Messergebnisse auswirkt. Hierbei spielen vor allem Effekte einer nicht idealen horizontalen Ausrichtung des Messgeräts, einer nicht ideal vertikalen Krafteinleitung und einer endlichen Steifigkeit der Messeinrichtung bei Belastung bzw. eine Kombination dieser und weiterer Effekte eine Rolle.

Abschließend werden die  $E_n$ -Werte grafisch dargestellt bzw. tabellarisch aufgeführt. Dies erfolgt getrennt für die Mittelwerte aus Auf- und Arbeitsmessreihen in der ersten Einbaustellung sowie für die Mittelwerte aus allen Aufwärtsreihen (auch die der ersten Einbaustellung).

**PTB1**

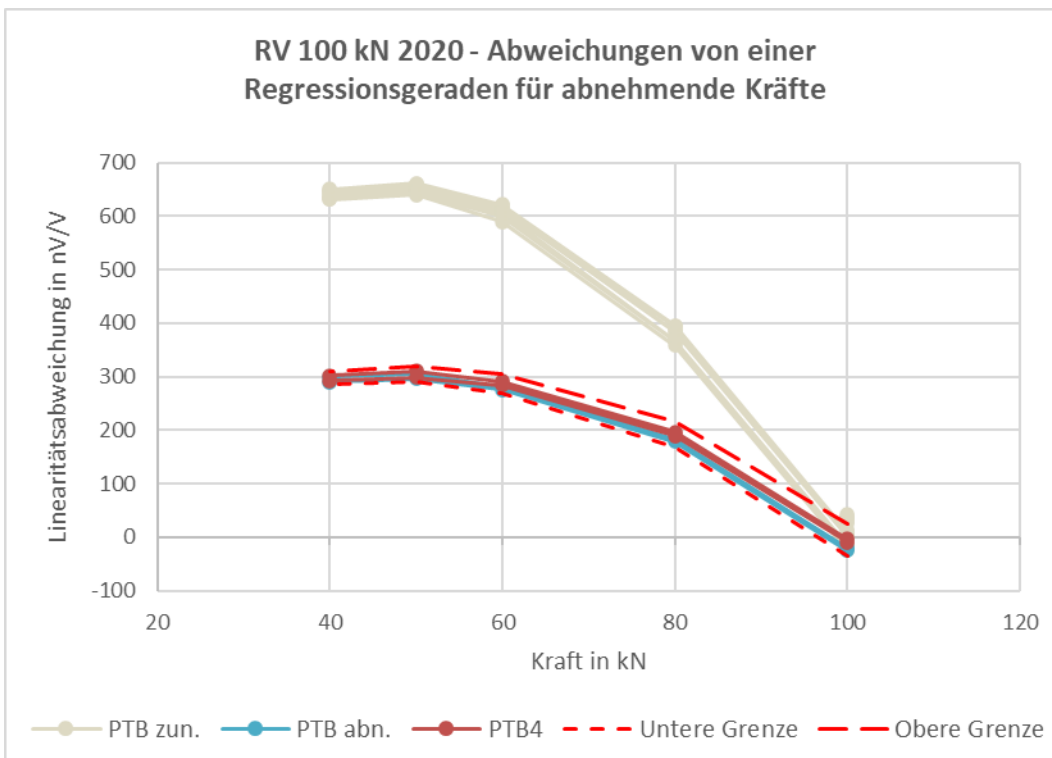
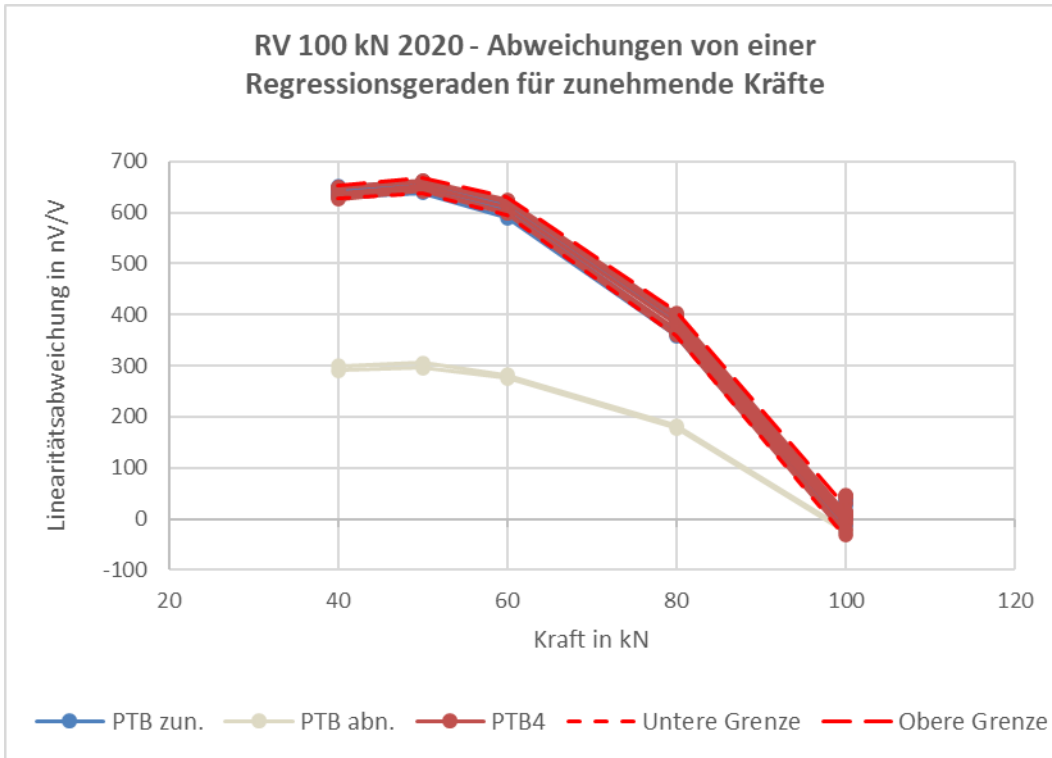
Bezugsnormal: 200-kN-Kraft-Normalmesseinrichtung,  $W = 1 \cdot 10^{-5}$



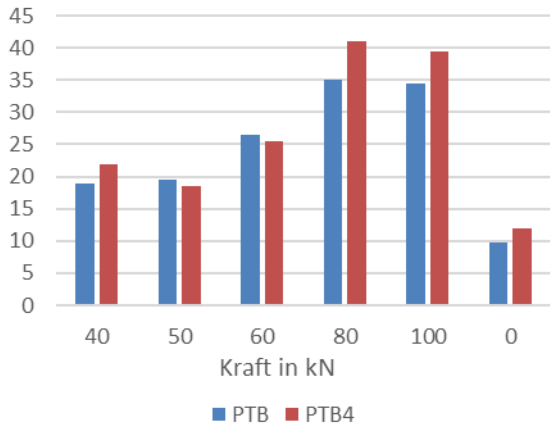


**PTB4**

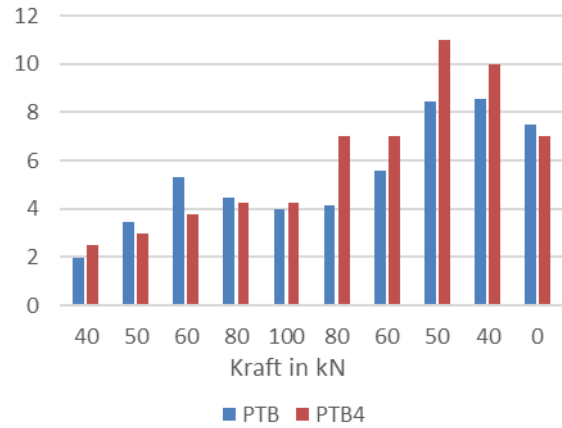
Bezugsnormal: 200-kN-Kraft-Normalmesseinrichtung,  $W = 1 \cdot 10^{-5}$



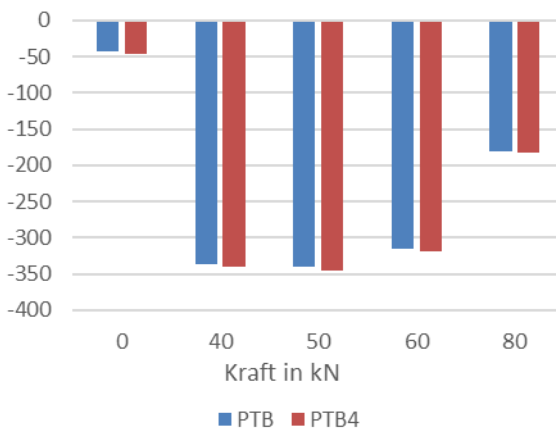
Reproduzierbarkeit in nV/V



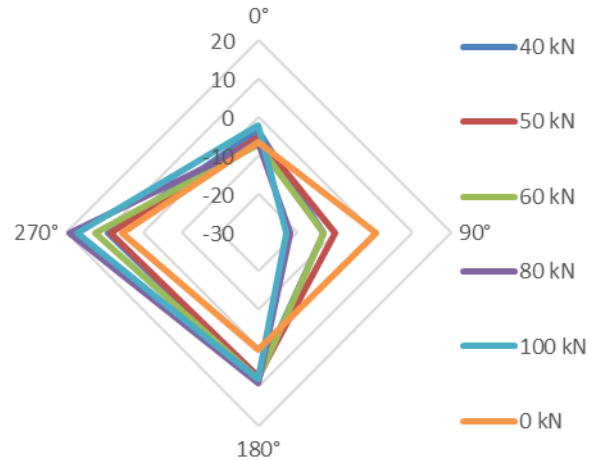
Wiederholbarkeit in nV/V



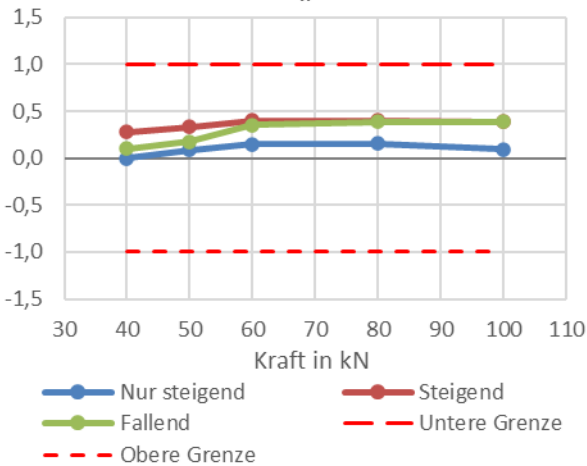
Hysterese in nV/V



Rotationseinfluss in nV/V



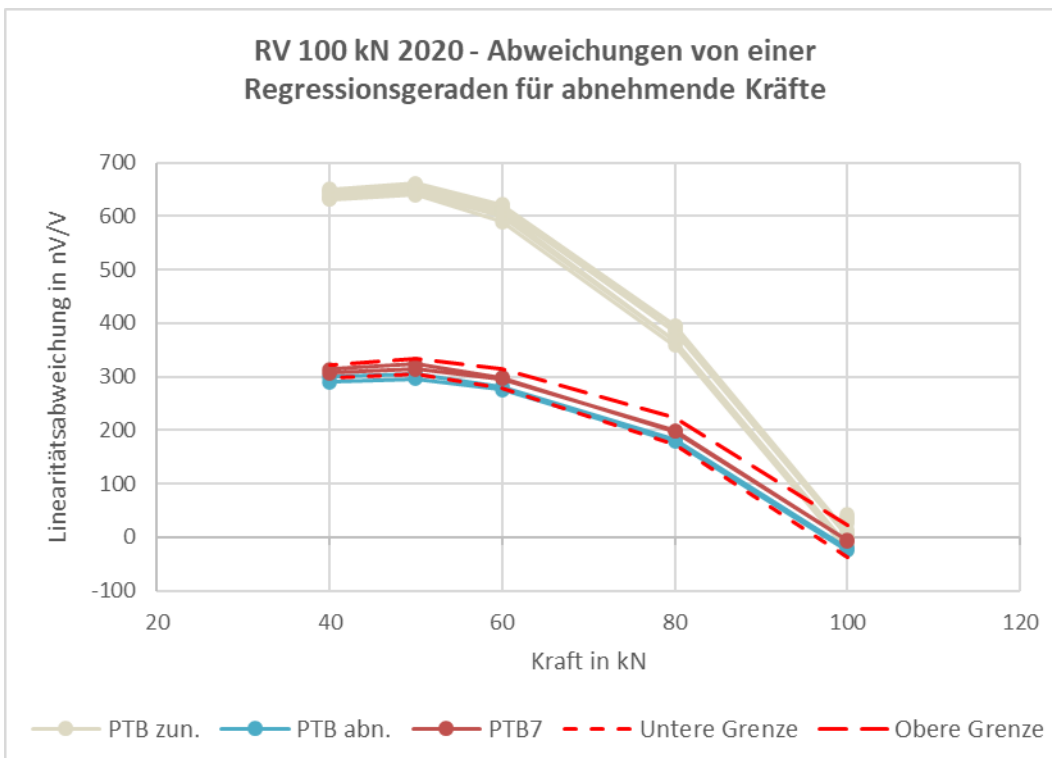
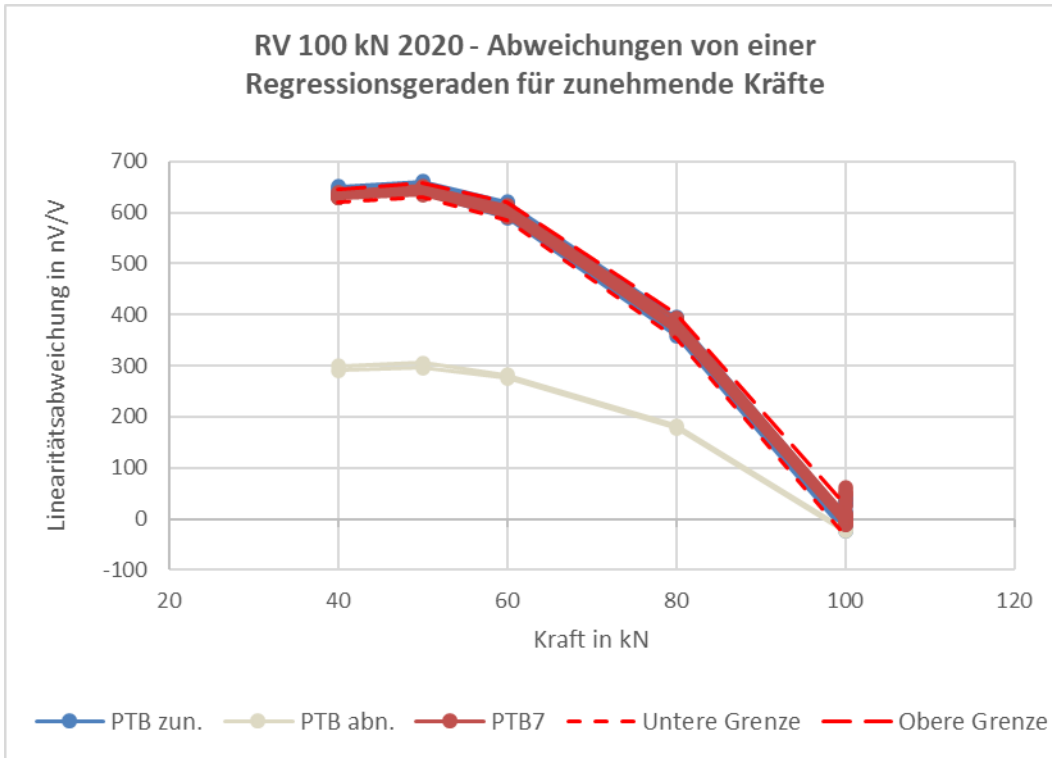
$E_n$

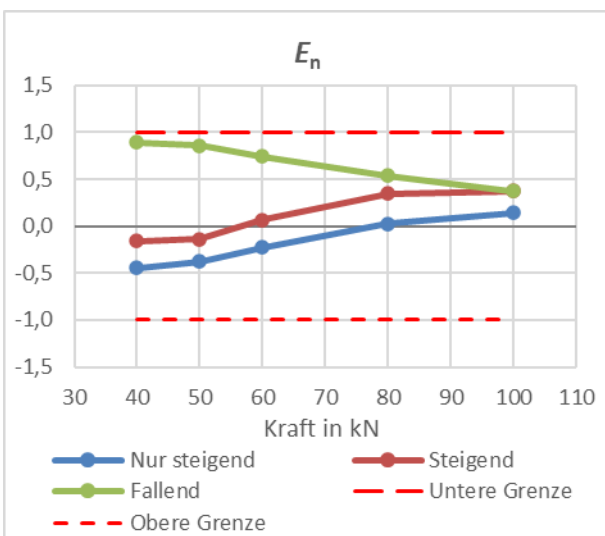
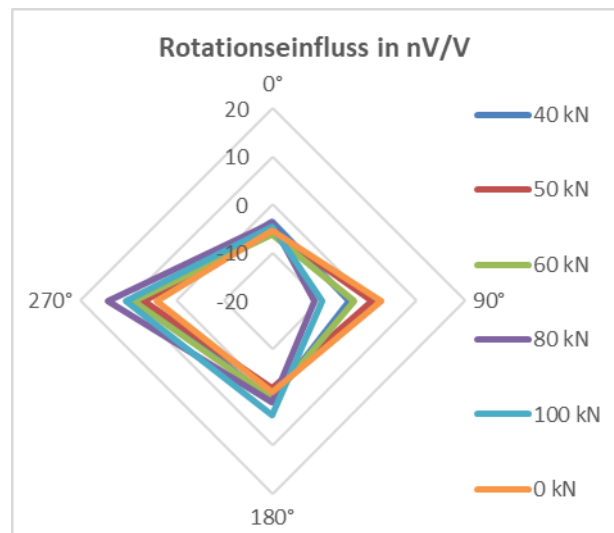
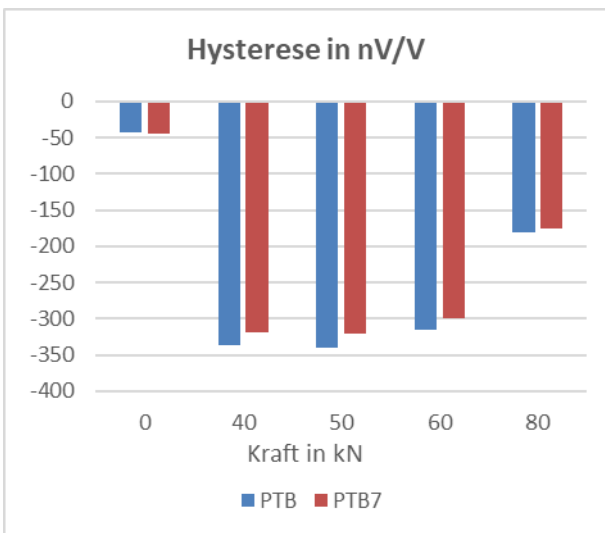
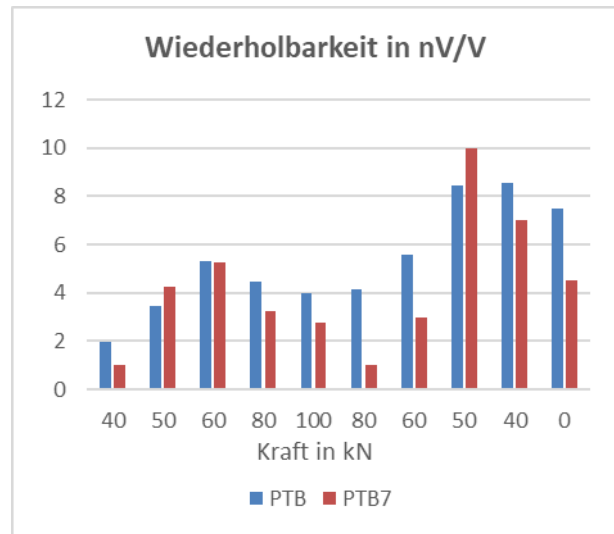
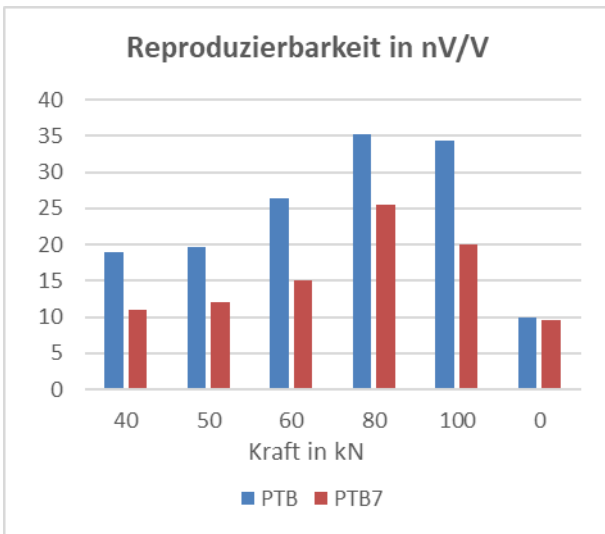


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,28	40	0,00
50	0,33	50	0,09
60	0,40	60	0,15
80	0,40	80	0,16
100	0,39	100	0,09
80	0,39	-	-
60	0,35	-	-
50	0,17	-	-
40	0,10	-	-

**PTB7**

Bezugsnormal: 200-kN-Kraft-Normalmesseinrichtung,  $W = 1 \cdot 10^{-5}$

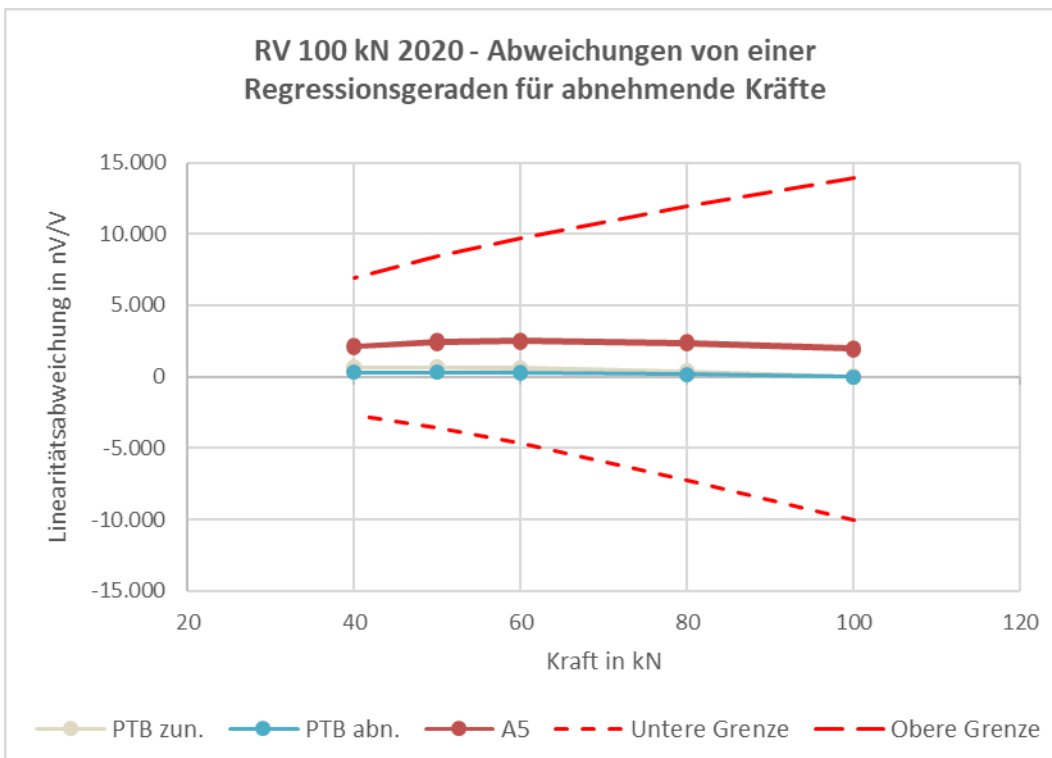
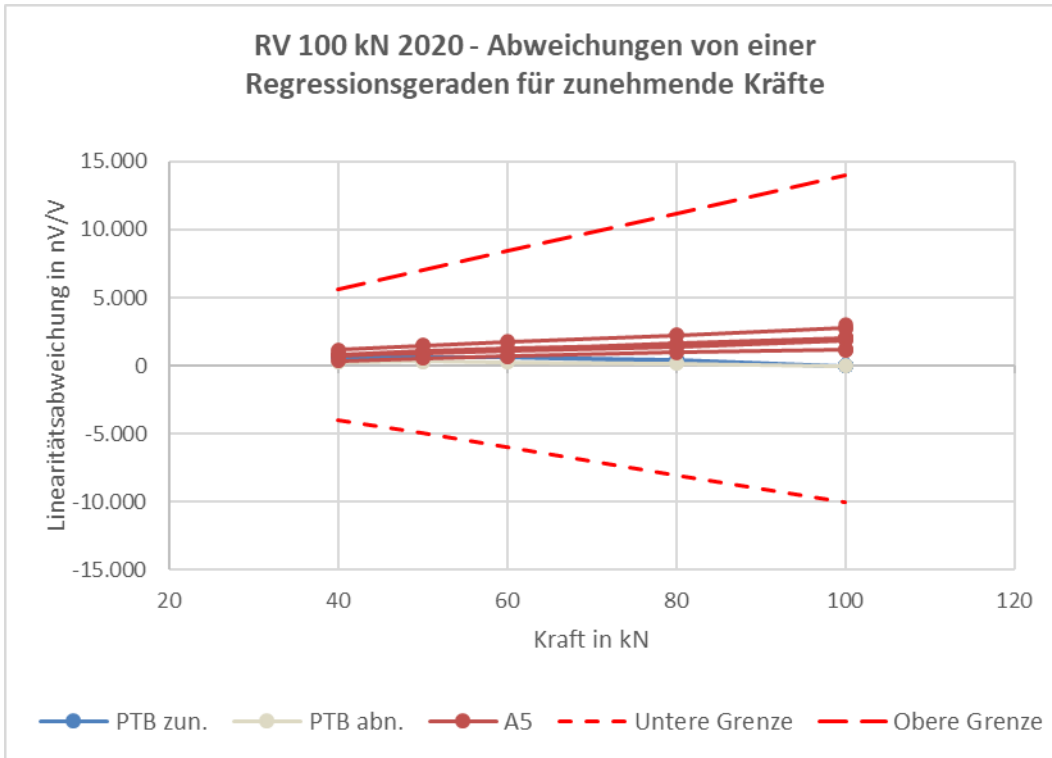


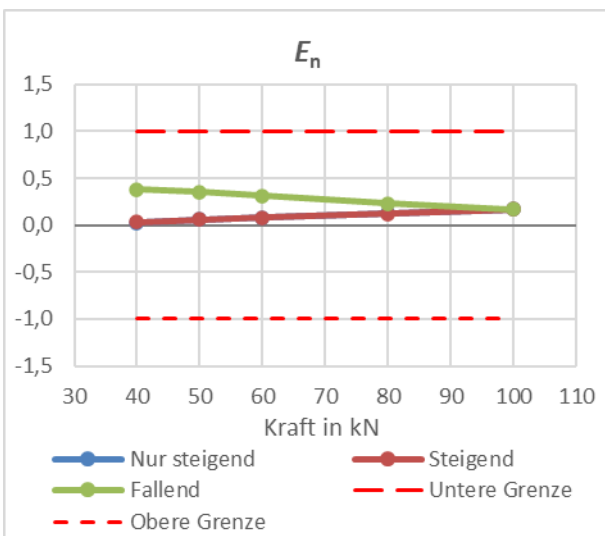
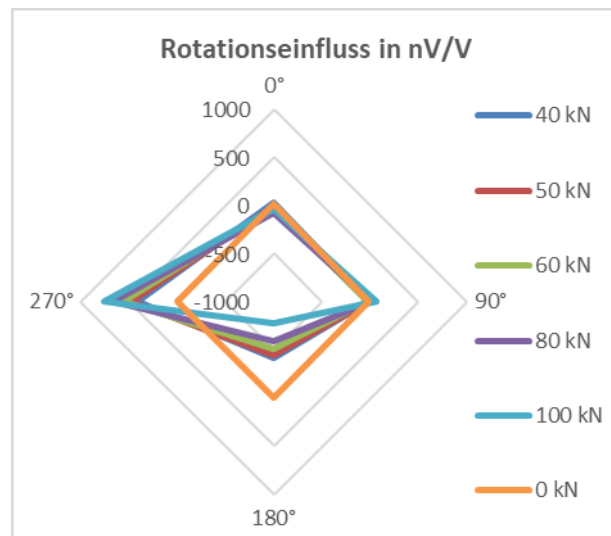
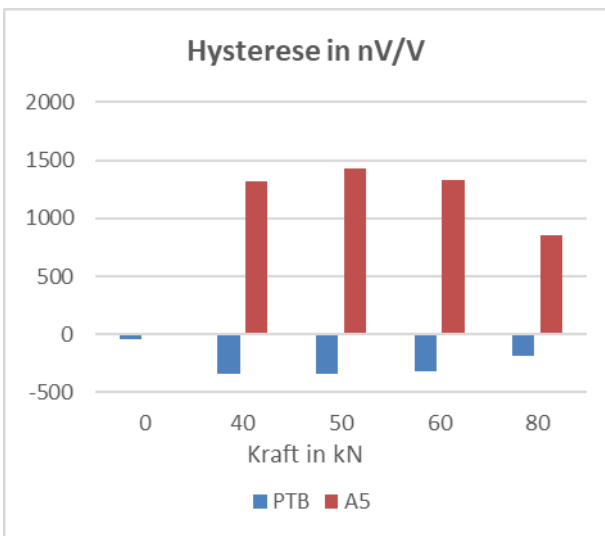
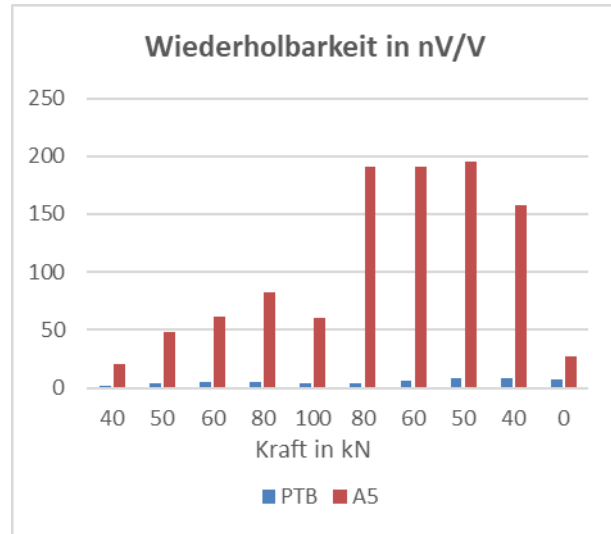
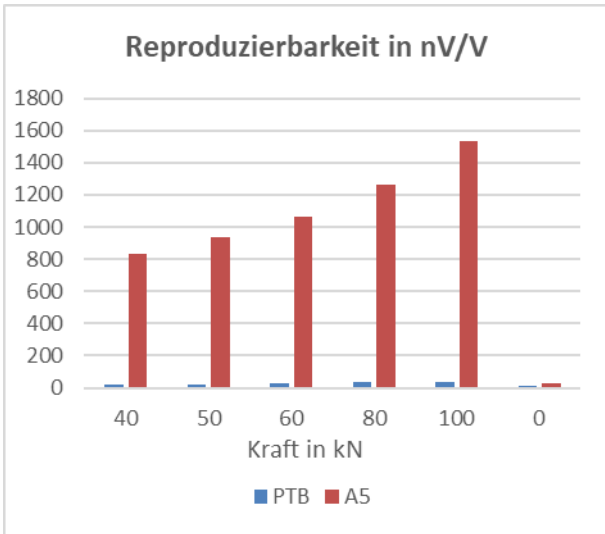


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,16	40	-0,45
50	-0,14	50	-0,38
60	0,07	60	-0,23
80	0,34	80	0,02
100	0,38	100	0,14
80	0,54	-	-
60	0,74	-	-
50	0,86	-	-
40	0,89	-	-

**A5**

Bezugsnormal:  $W = 4 \cdot 10^{-3}$

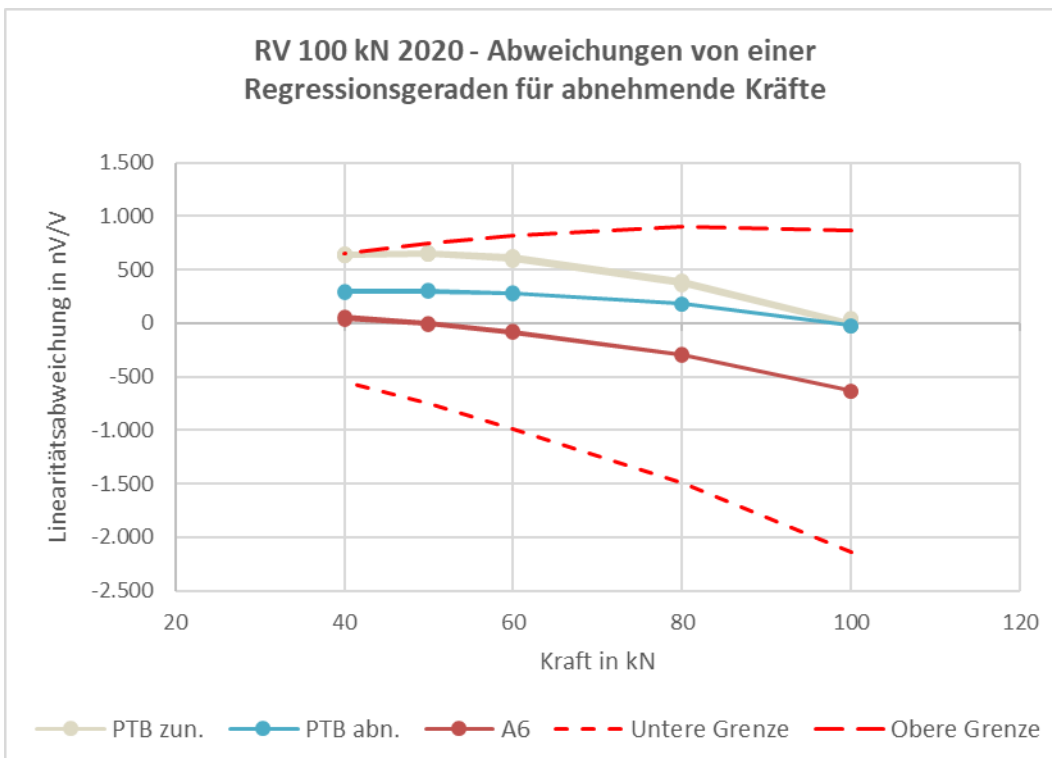
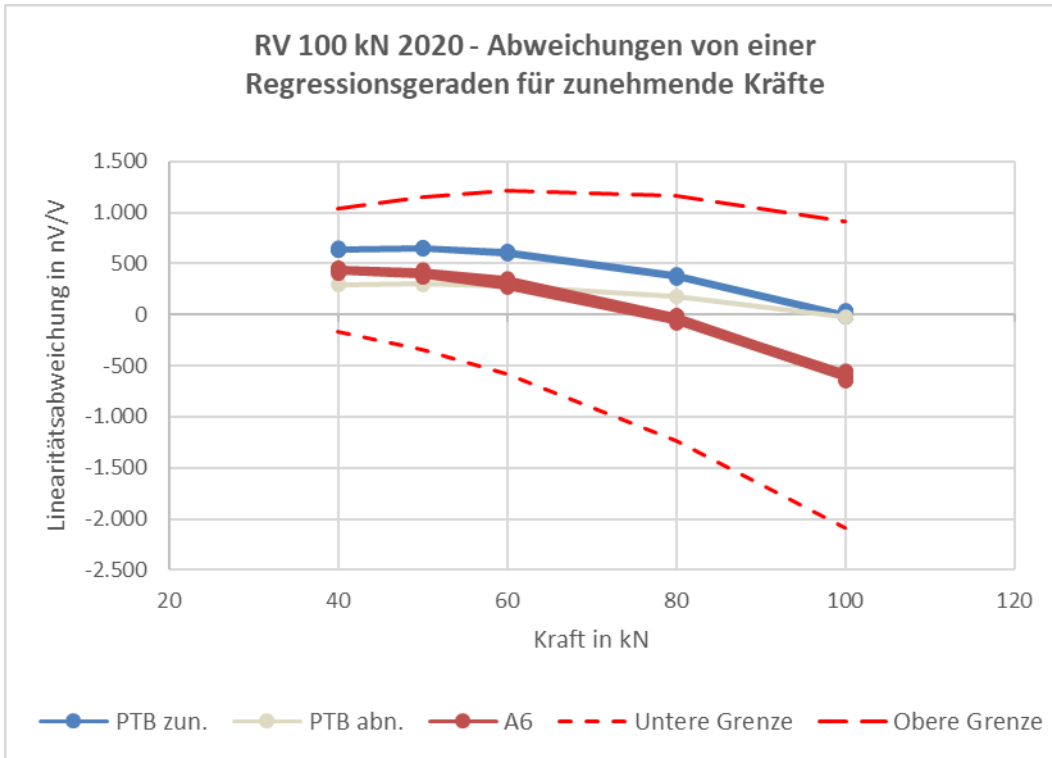


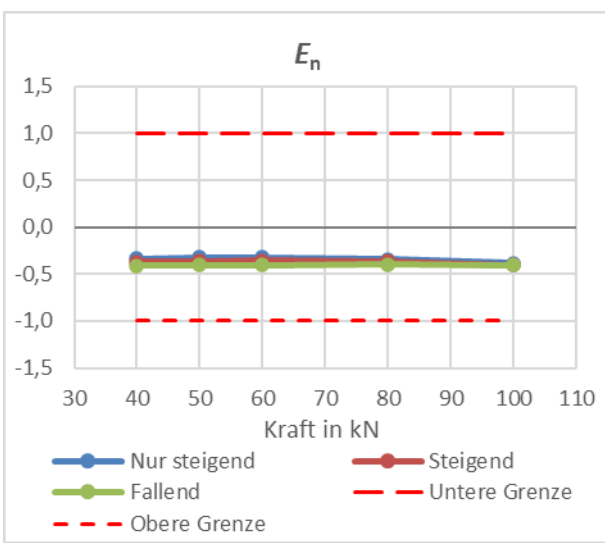
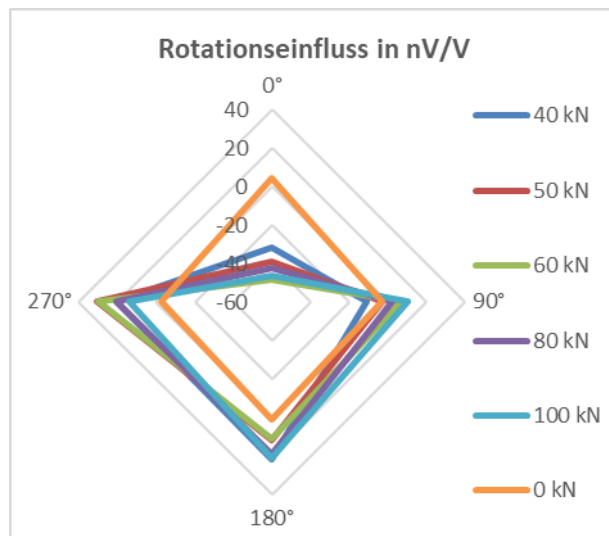
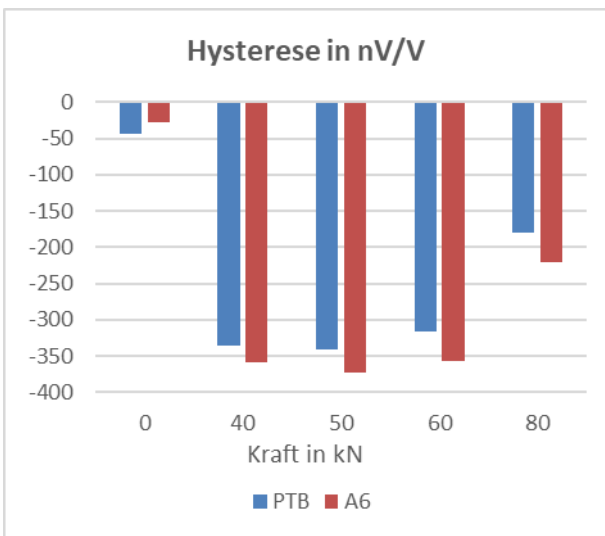
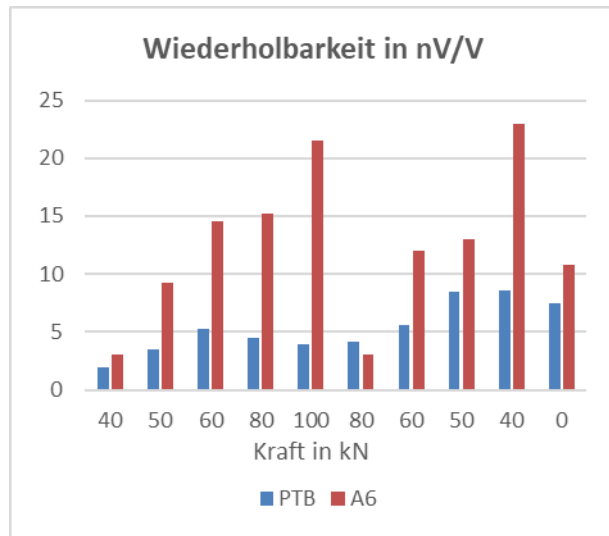
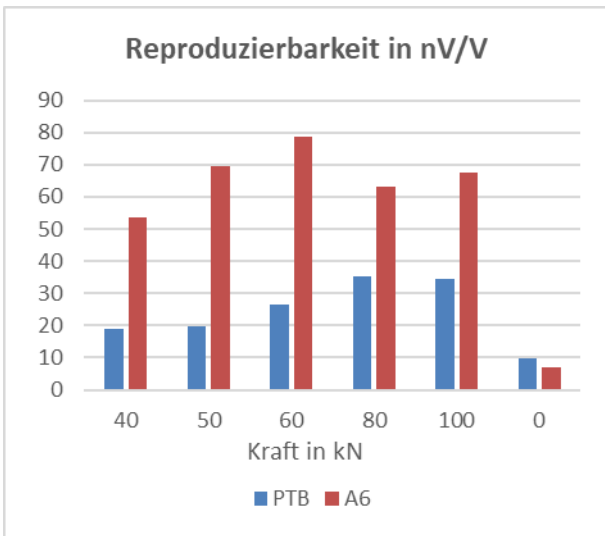


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,03	40	0,03
50	0,06	50	0,06
60	0,08	60	0,08
80	0,12	80	0,13
100	0,17	100	0,17
80	0,23	-	-
60	0,31	-	-
50	0,36	-	-
40	0,38	-	-

**A6**

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-4}$



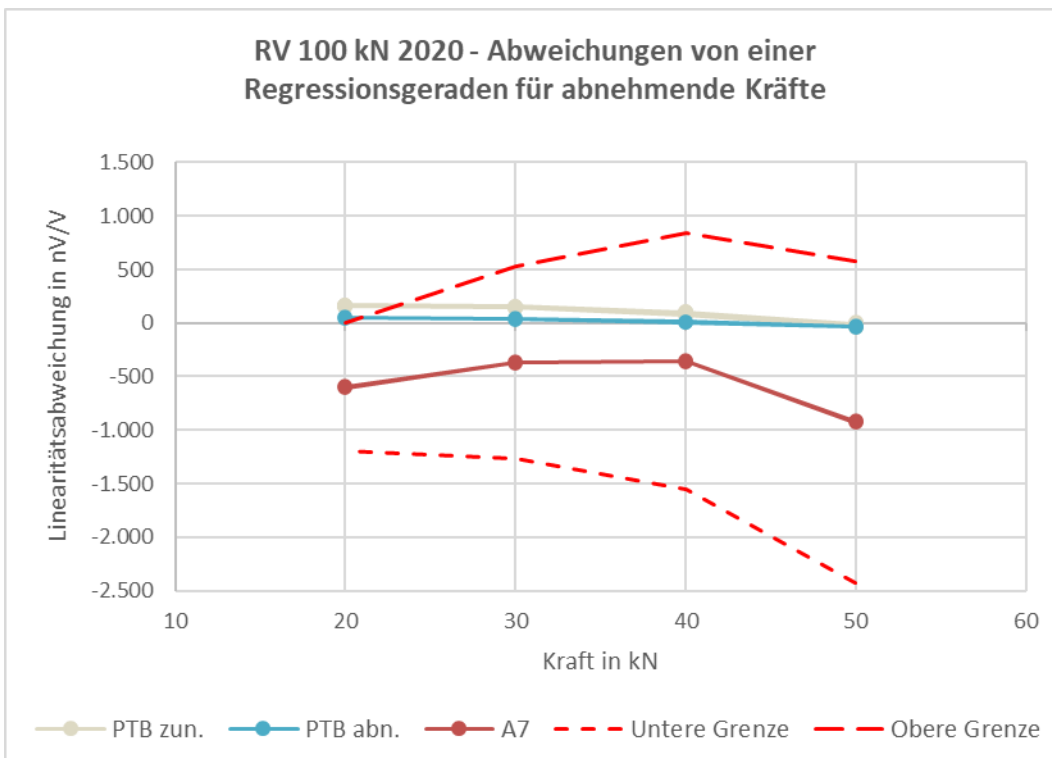
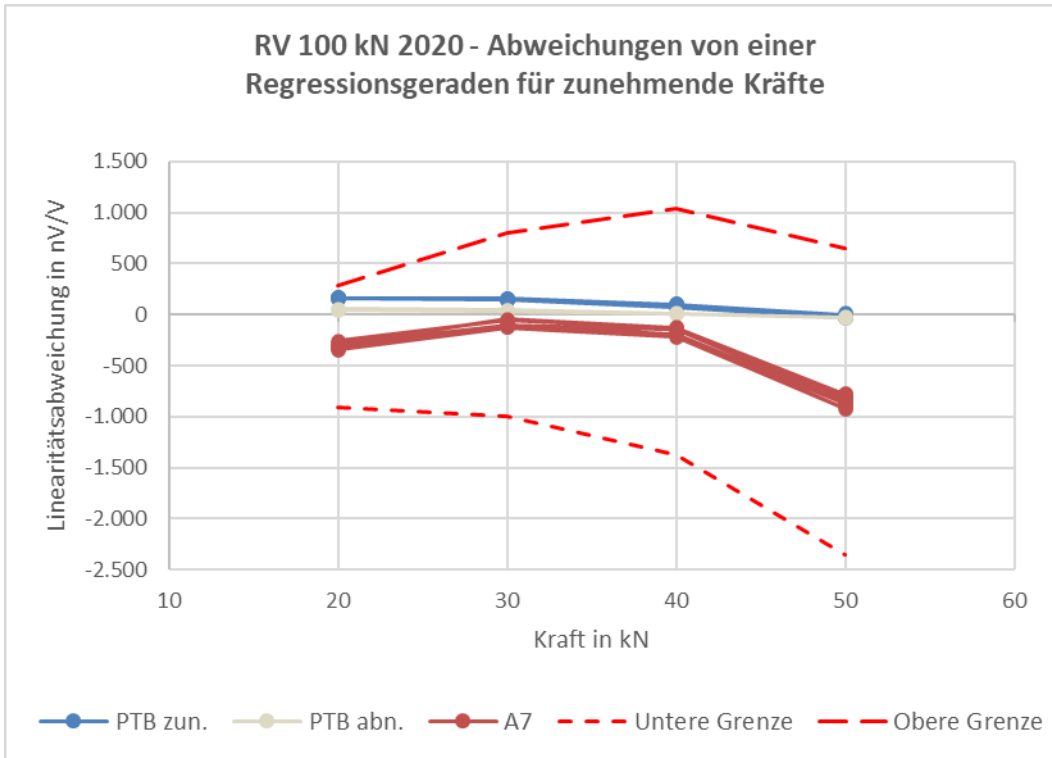


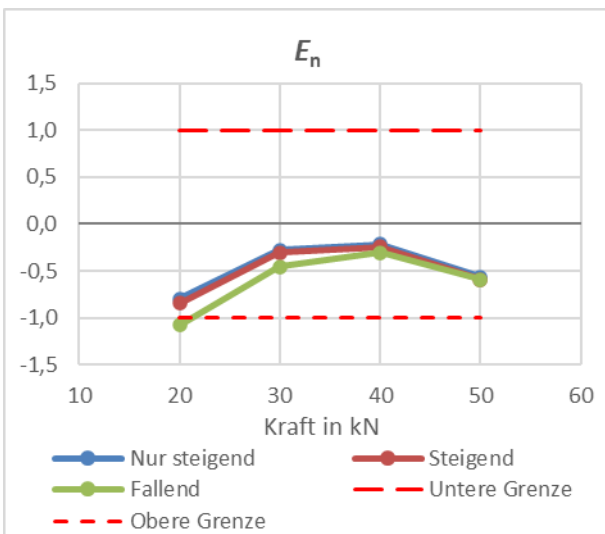
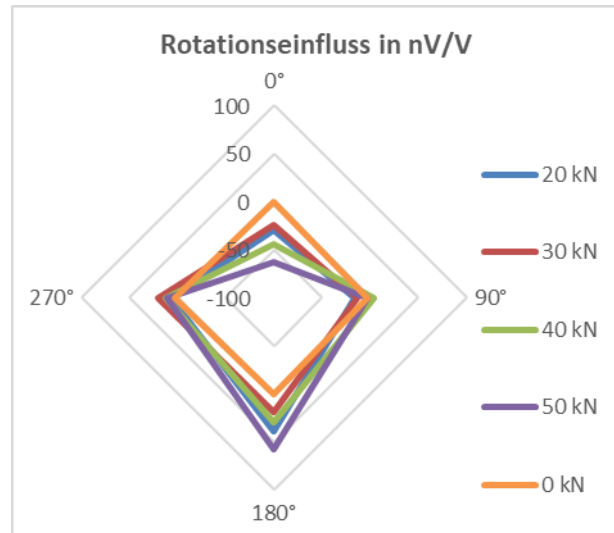
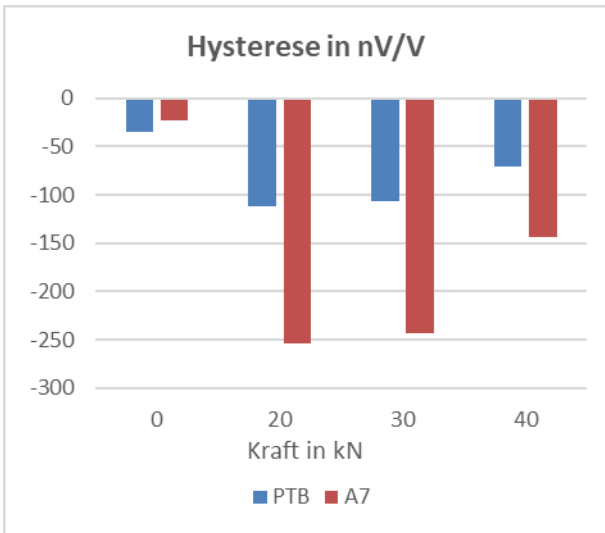
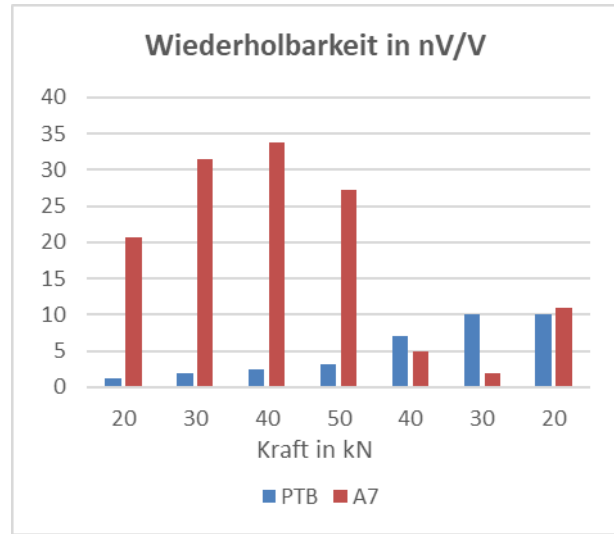
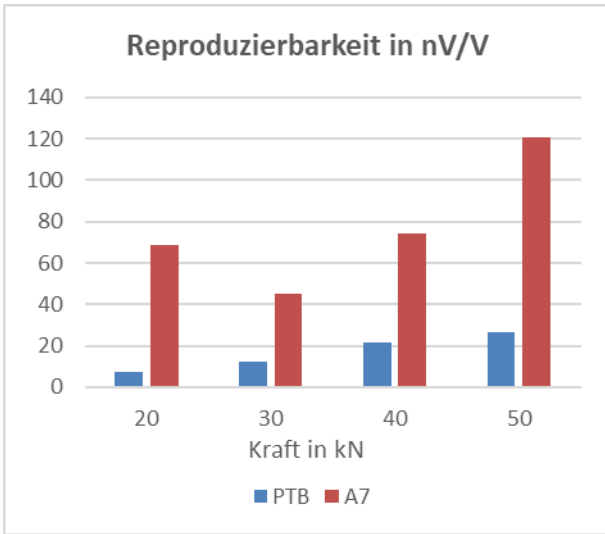
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
<u>40</u>	<u>-0,37</u>	<u>40</u>	<u>-0,33</u>
<u>50</u>	<u>-0,36</u>	<u>50</u>	<u>-0,32</u>
<u>60</u>	<u>-0,36</u>	<u>60</u>	<u>-0,32</u>
<u>80</u>	<u>-0,36</u>	<u>80</u>	<u>-0,34</u>
<u>100</u>	<u>-0,41</u>	<u>100</u>	<u>-0,39</u>
<u>80</u>	<u>-0,40</u>	-	-
<u>60</u>	<u>-0,40</u>	-	-
<u>50</u>	<u>-0,40</u>	-	-
<u>40</u>	<u>-0,41</u>	-	-



**A7**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$

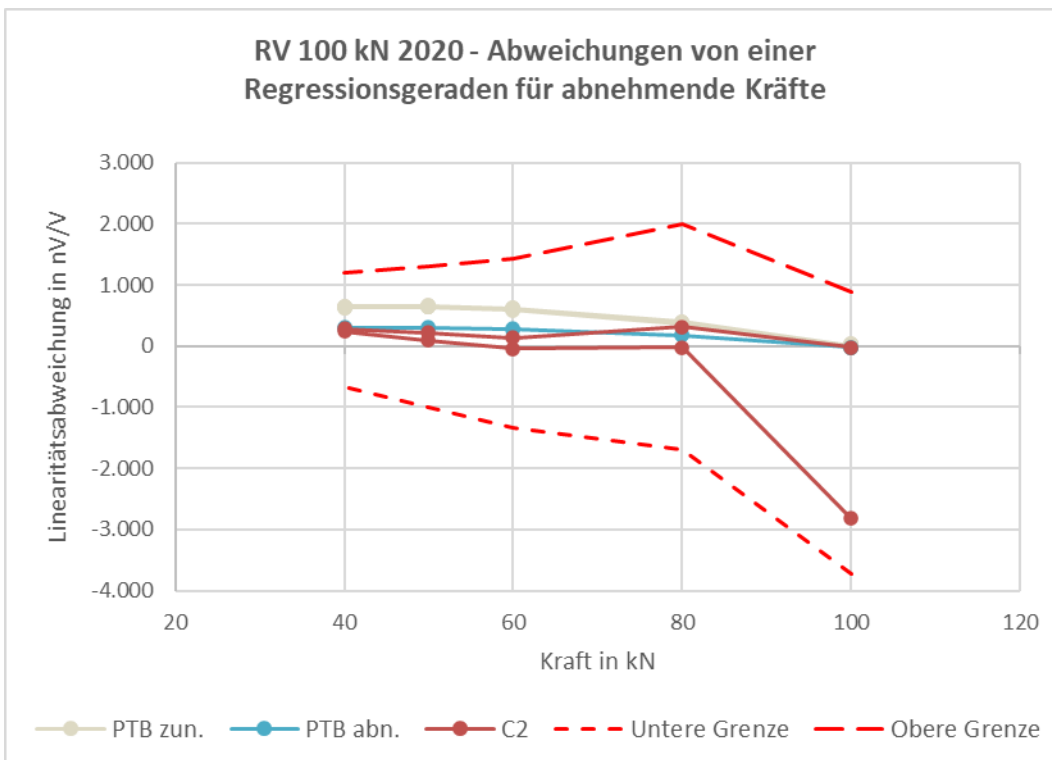
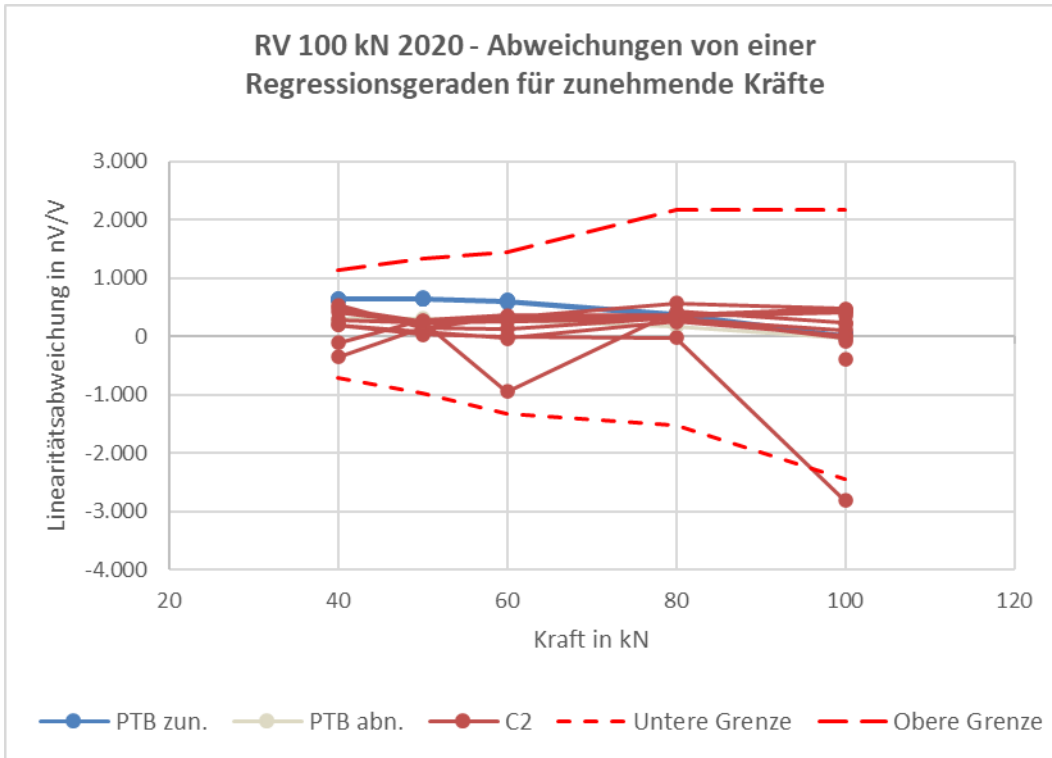


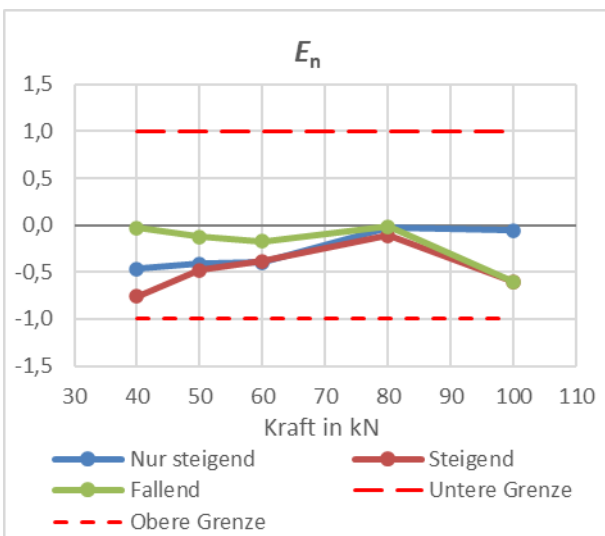
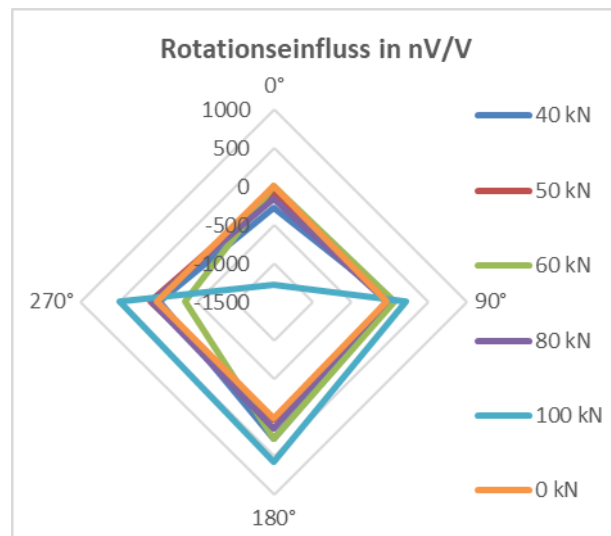
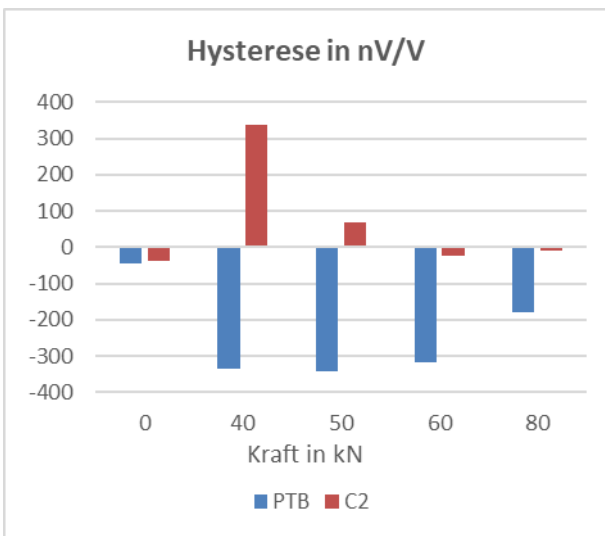
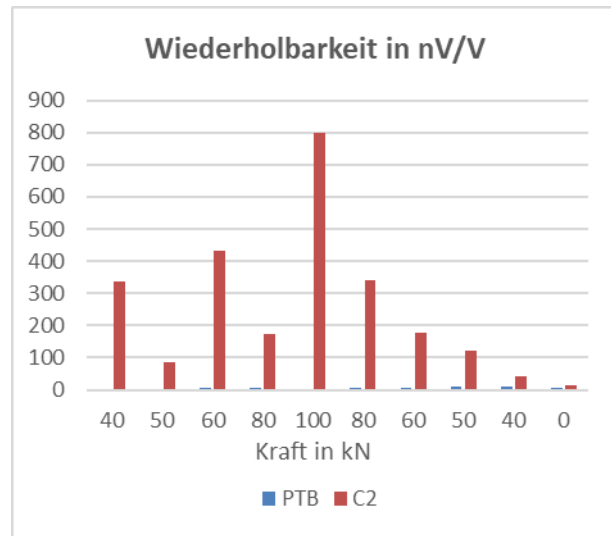
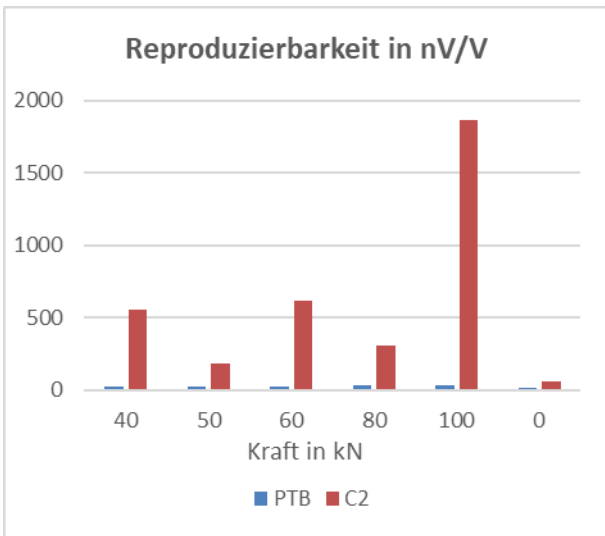


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
20	-0,84	20	-0,79
30	-0,30	30	-0,28
40	-0,24	40	-0,22
50	-0,59	50	-0,56
40	-0,30	-	-
30	-0,45	-	-
20	-1,08	-	-

**C2**

Bezugsnormal:  $W = 7,7 \cdot 10^{-4}$

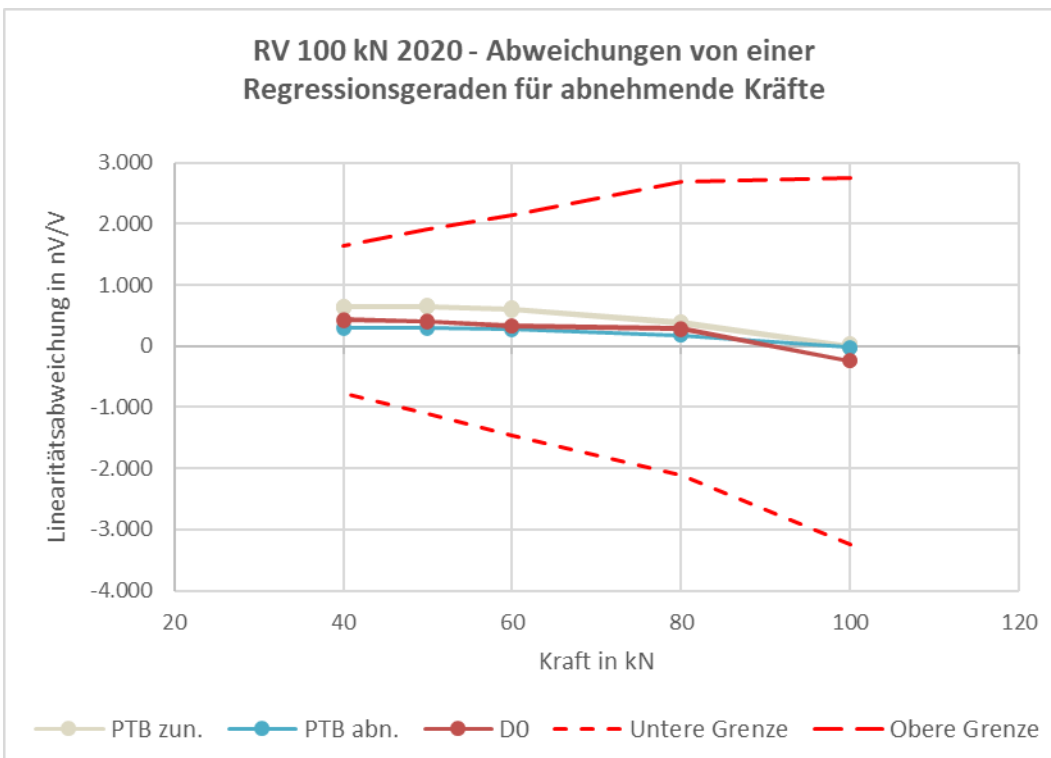
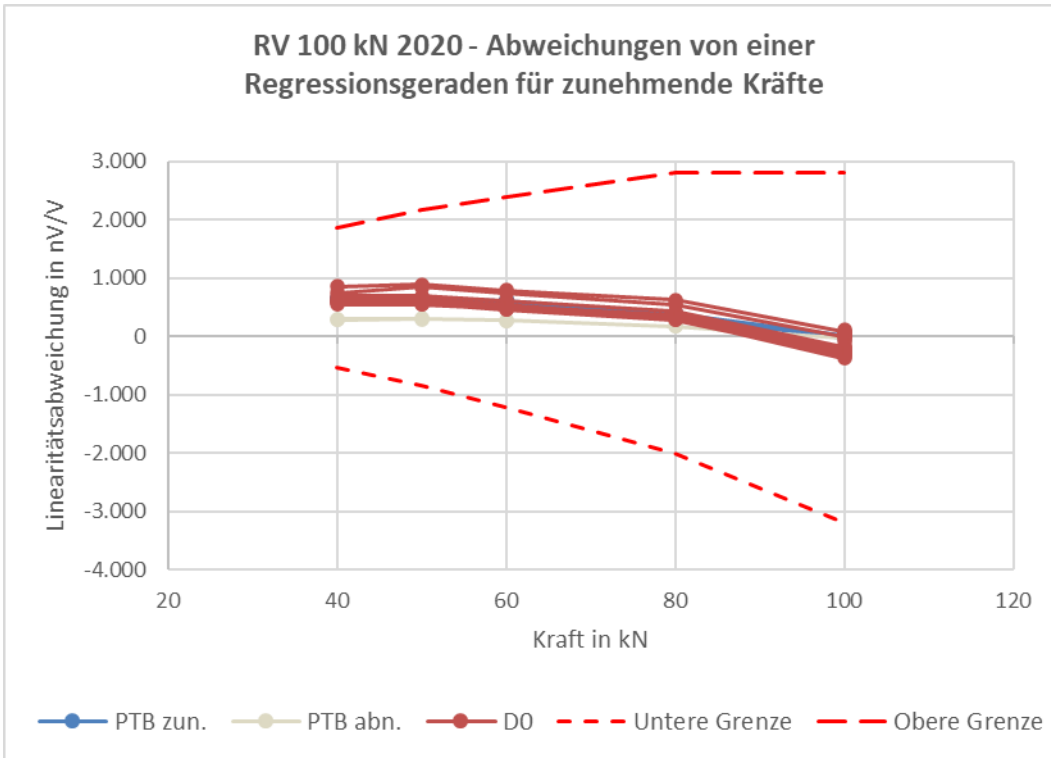


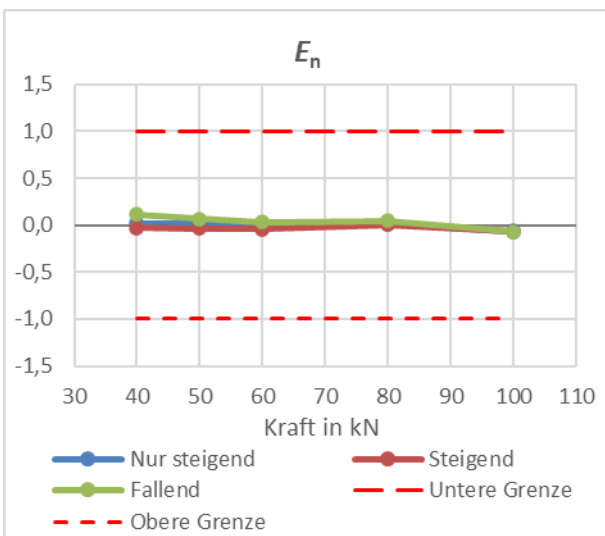
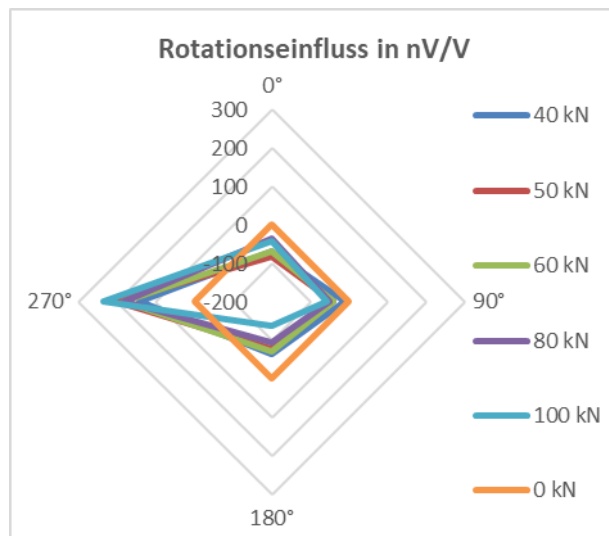
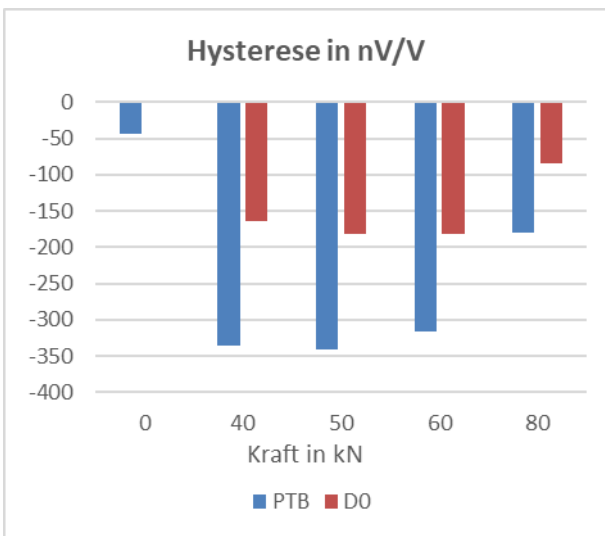
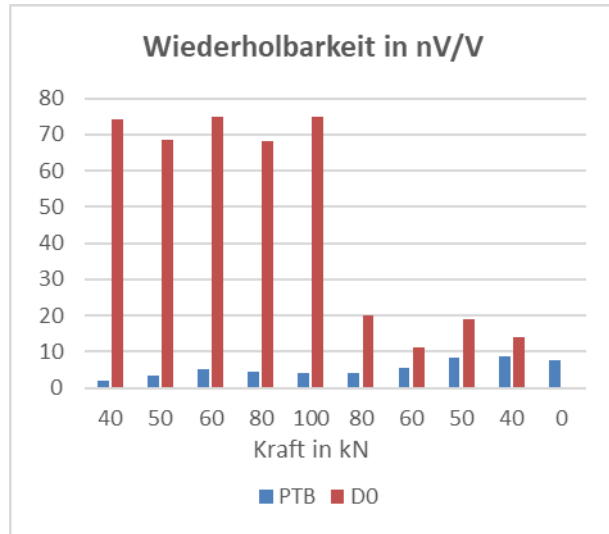
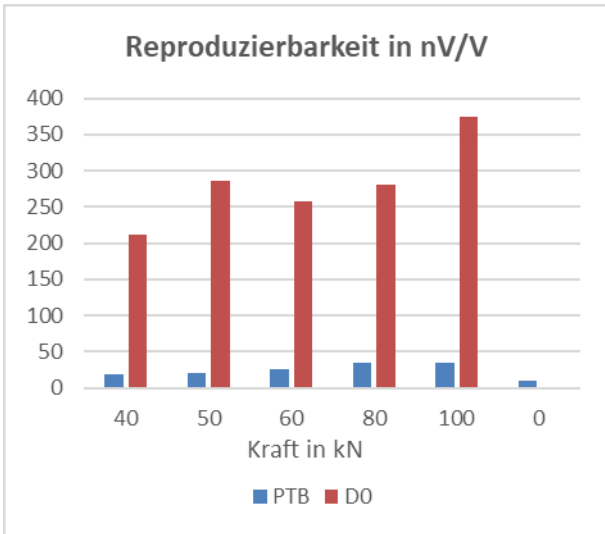


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,76	40	-0,46
50	-0,48	50	-0,41
60	-0,38	60	-0,40
80	-0,11	80	-0,03
100	-0,60	100	-0,06
80	-0,02	-	-
60	-0,17	-	-
50	-0,12	-	-
40	-0,03	-	-

**D0**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$

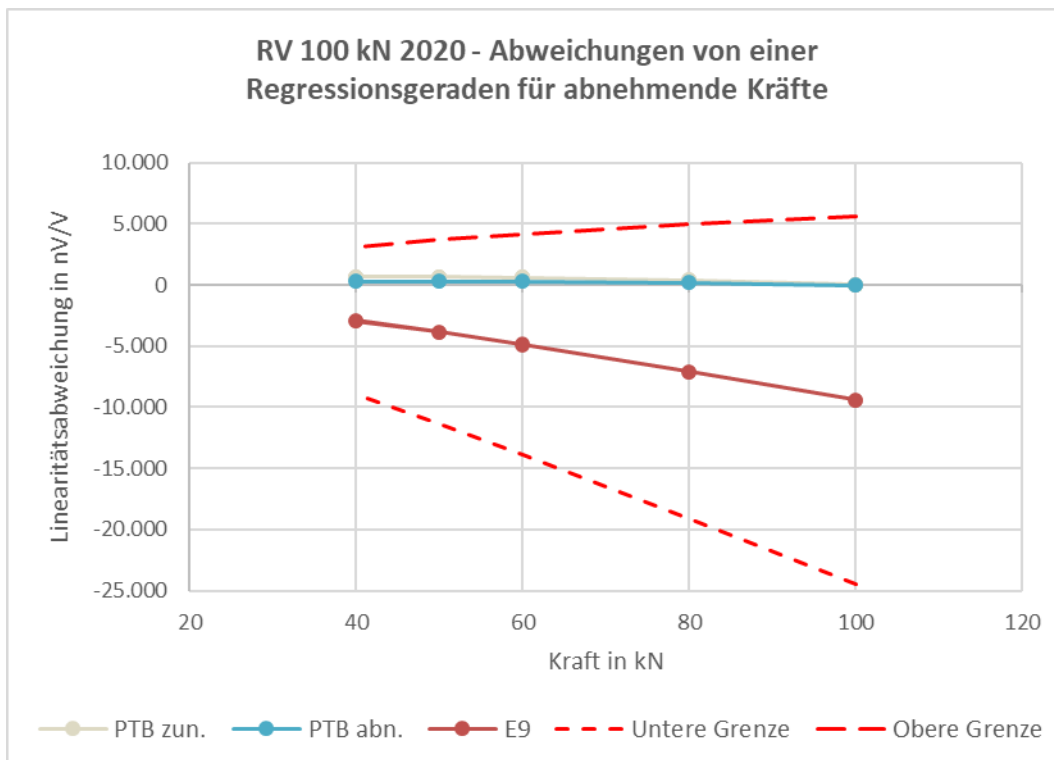
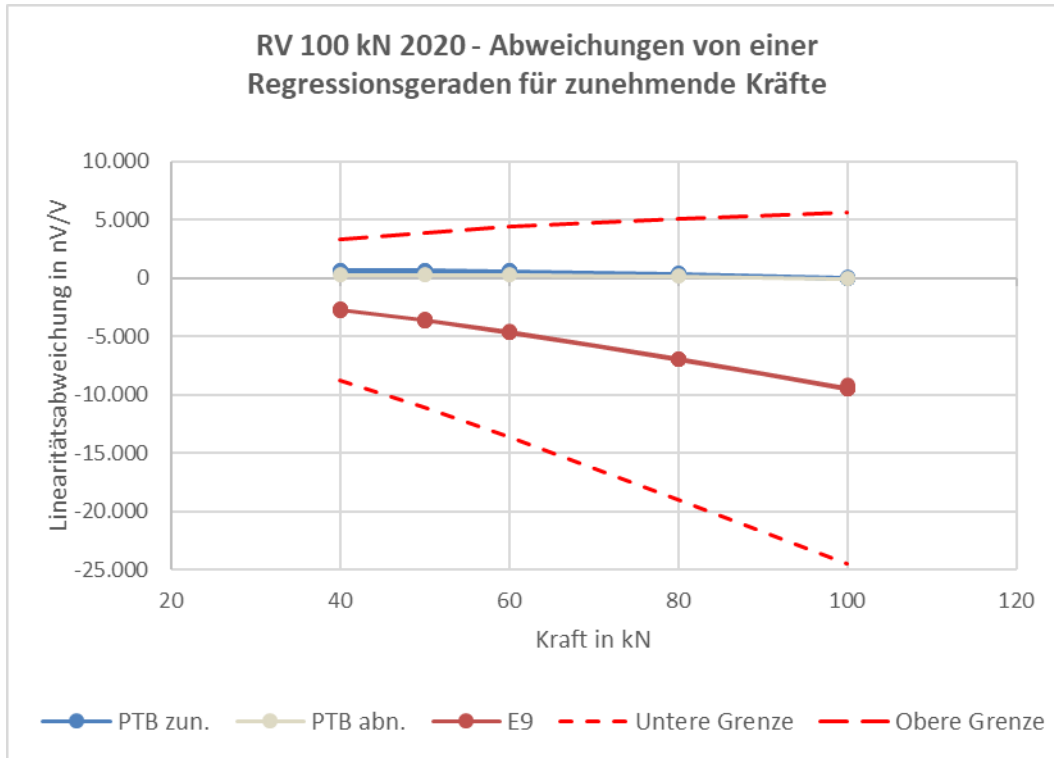


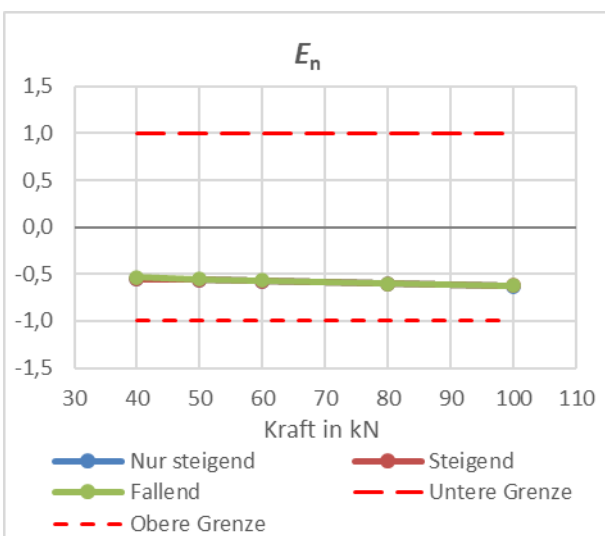
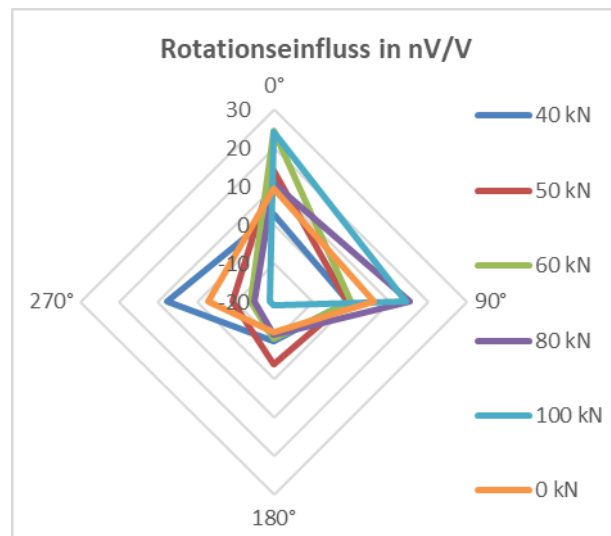
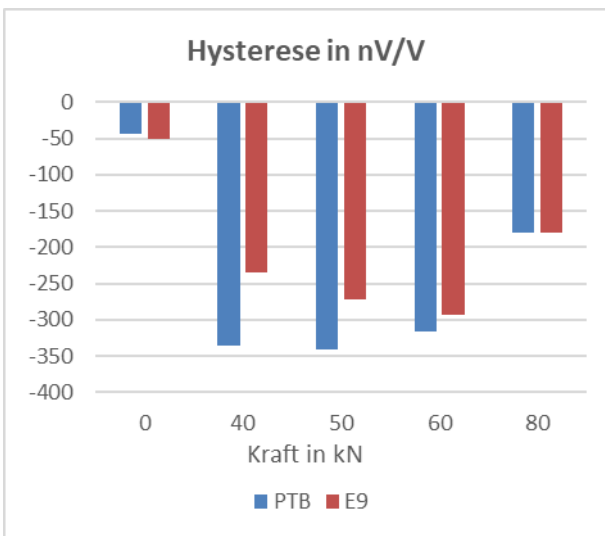
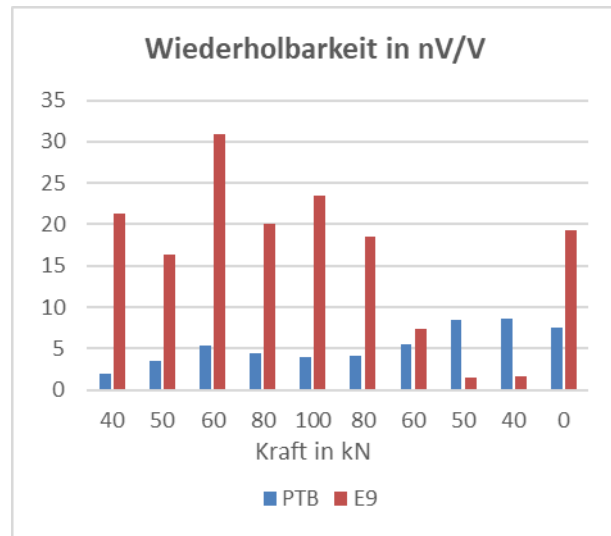
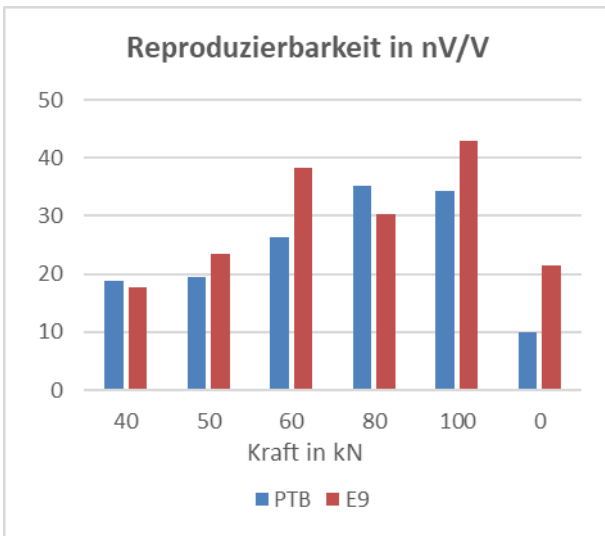


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,03	40	0,02
50	-0,04	50	0,01
60	-0,04	60	-0,01
80	0,00	80	0,01
100	-0,07	100	-0,06
80	0,04	-	-
60	0,03	-	-
50	0,07	-	-
40	0,11	-	-

**E9**

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-3}$



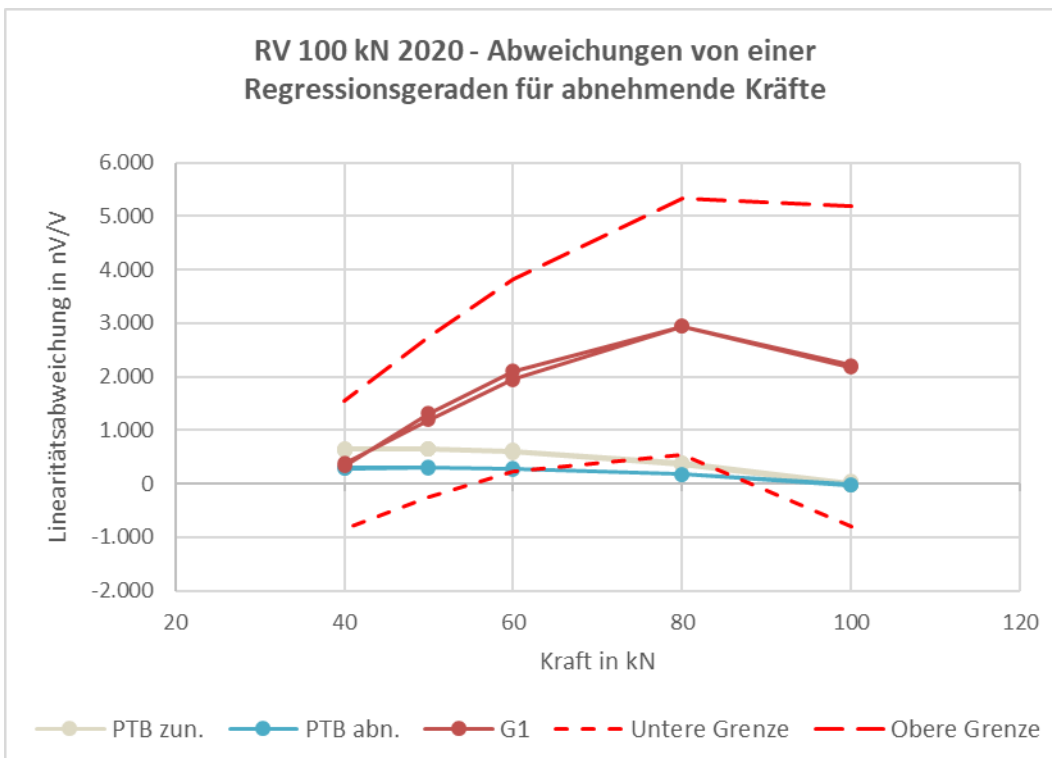
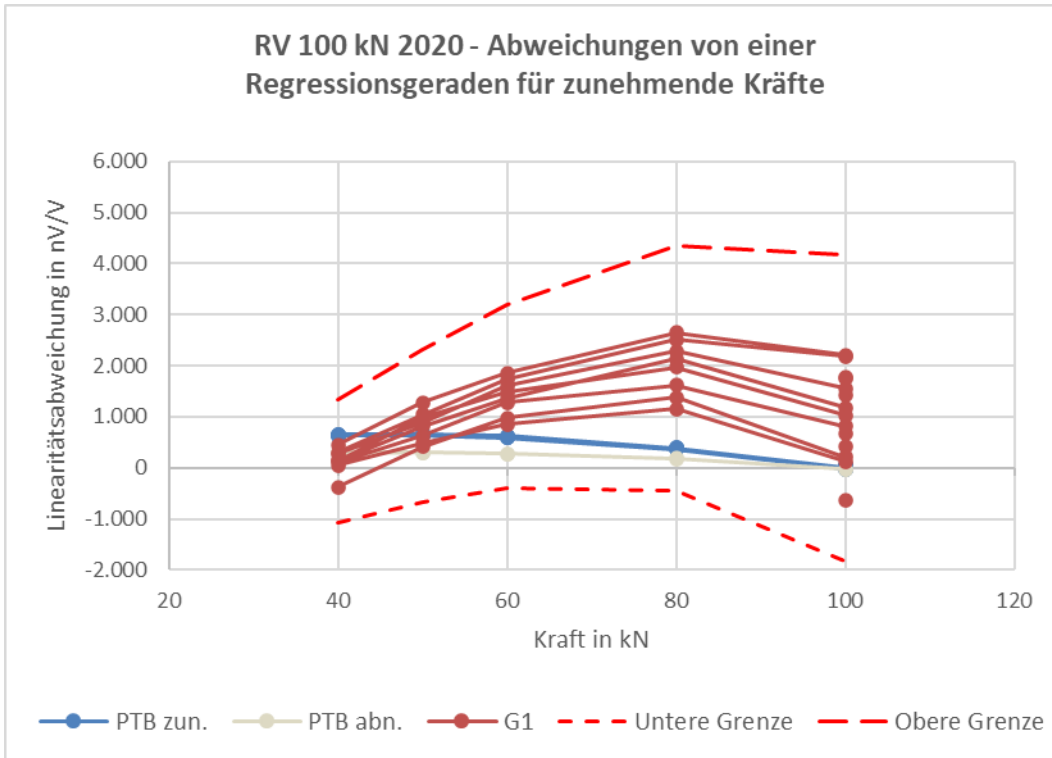


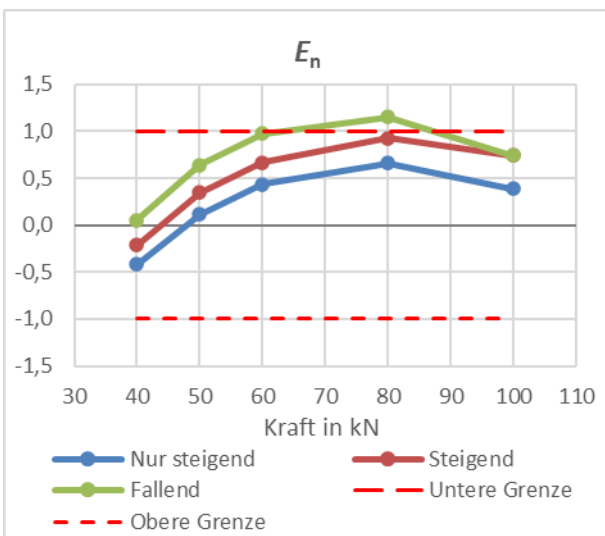
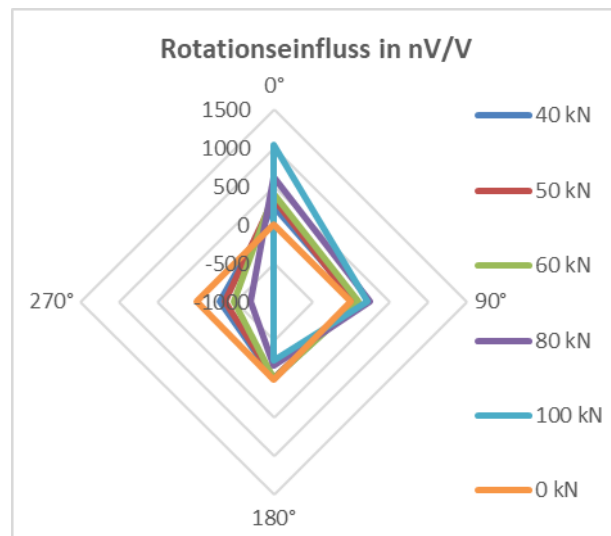
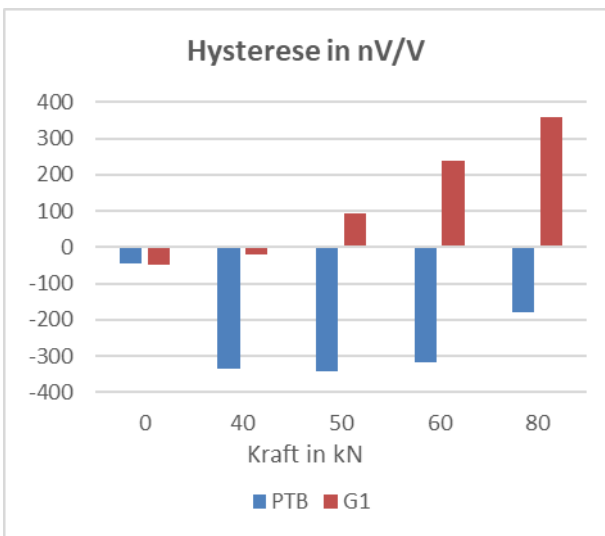
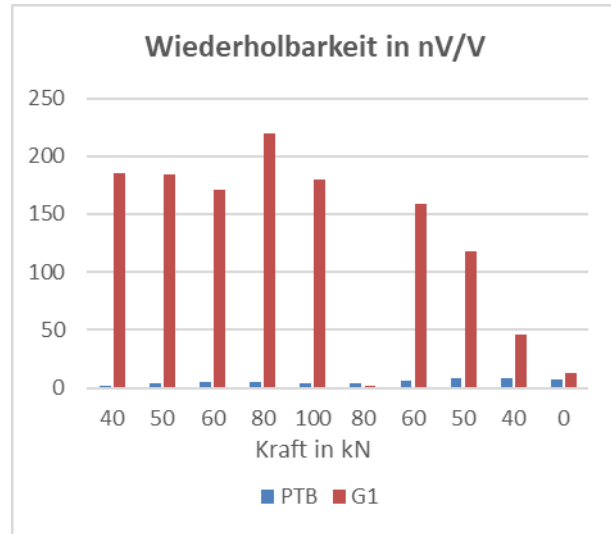
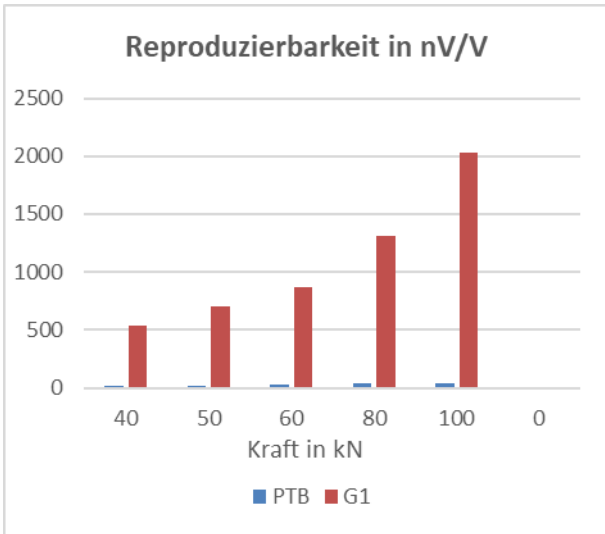
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,55	40	-0,56
50	-0,56	50	-0,56
60	-0,57	60	-0,58
80	-0,60	80	-0,61
100	-0,62	100	-0,63
80	-0,60	-	-
60	-0,57	-	-
50	-0,55	-	-
40	-0,54	-	-



**G1**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$

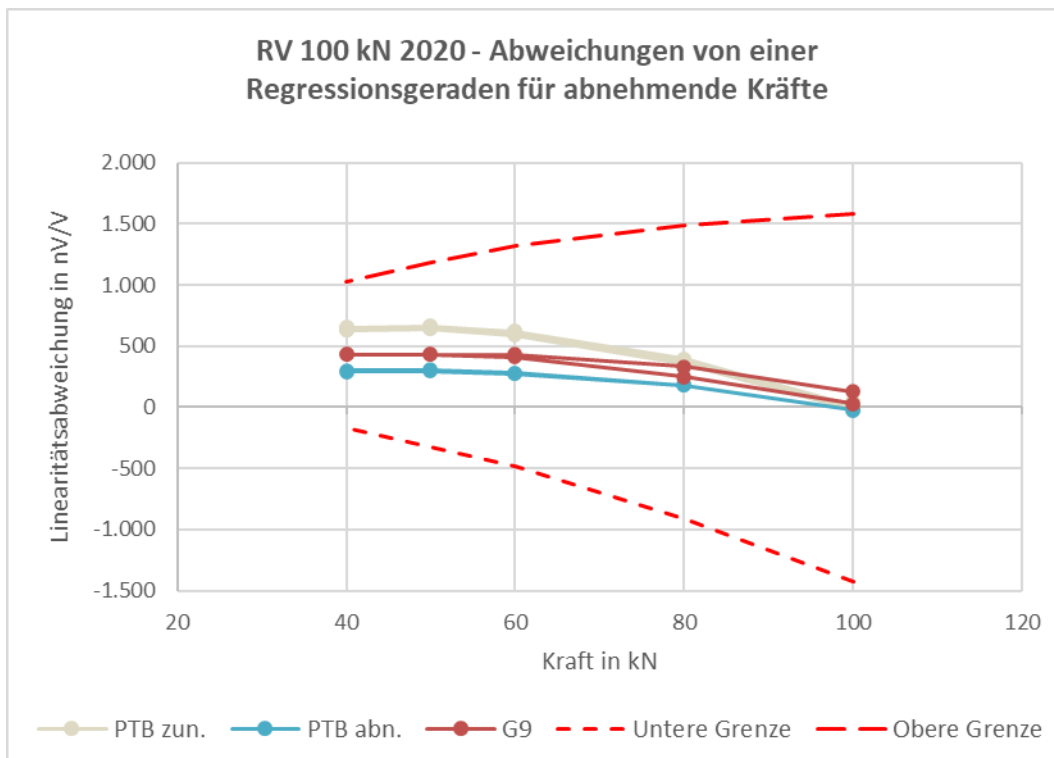
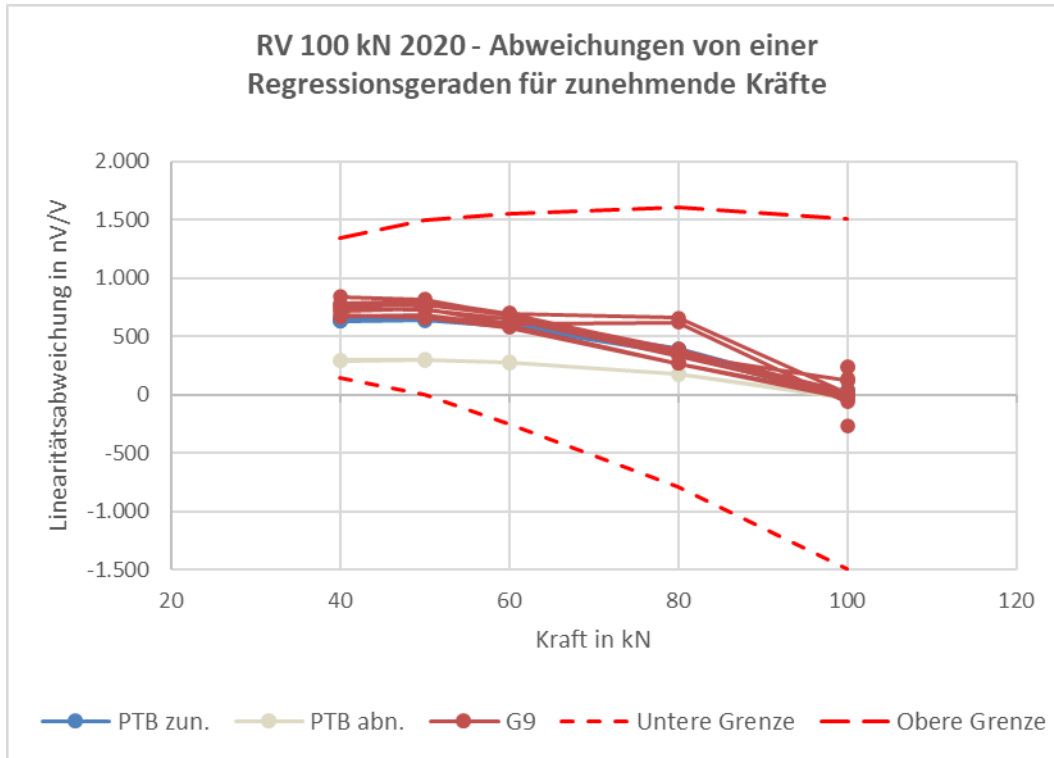


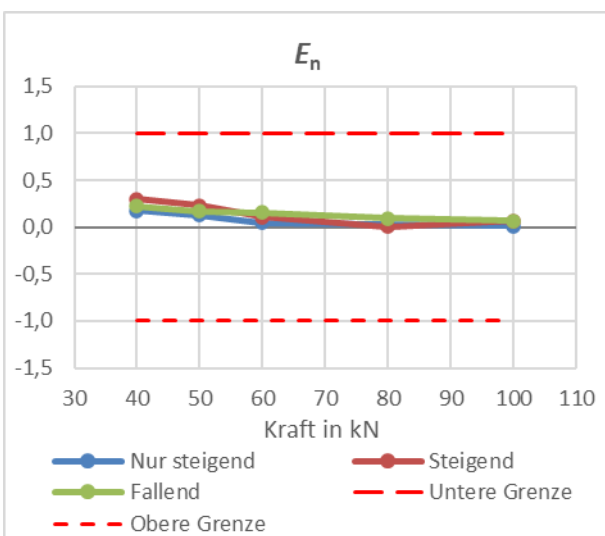
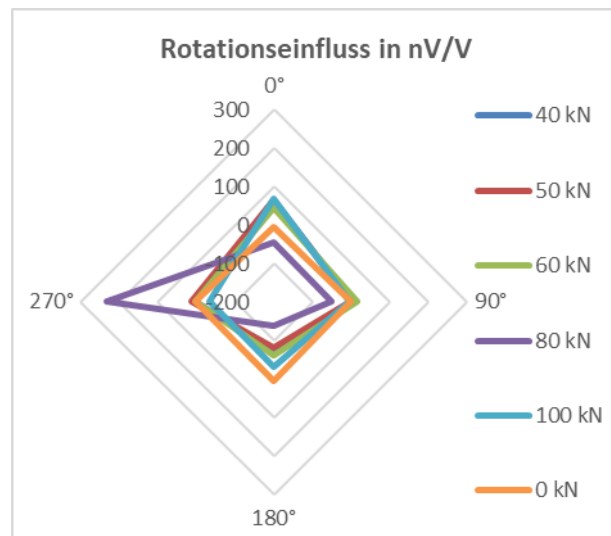
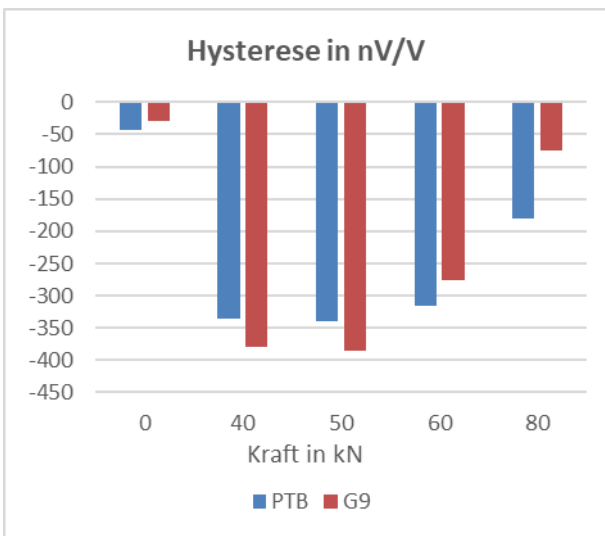
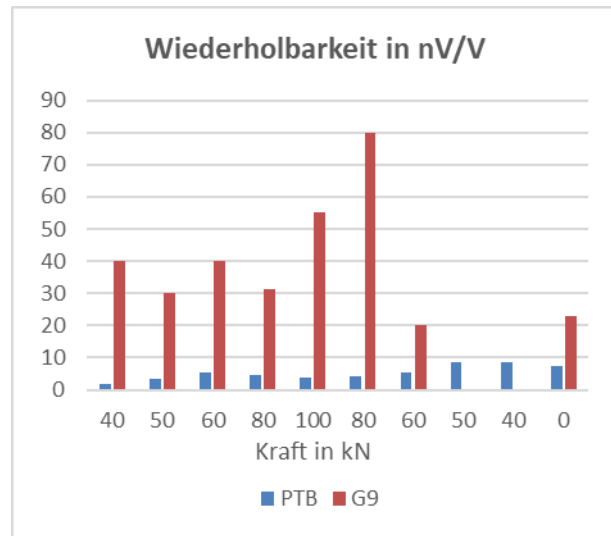
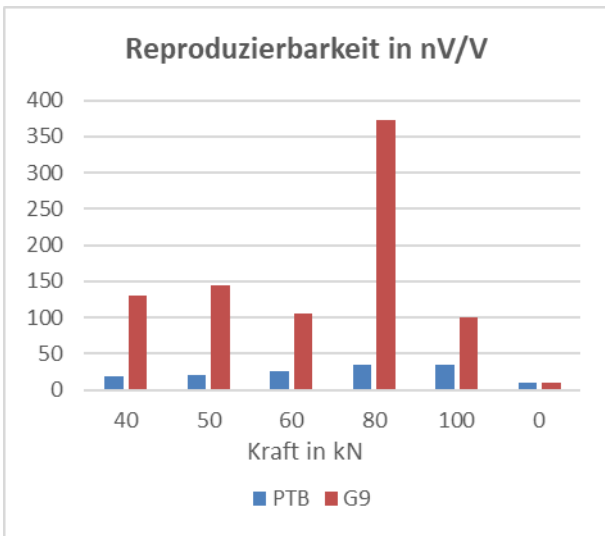


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,21	40	-0,42
50	0,35	50	0,11
60	0,67	60	0,44
80	0,92	80	0,66
100	0,74	100	0,39
80	1,15	-	-
60	0,97	-	-
50	0,64	-	-
40	0,05	-	-

**G9**

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-4}$

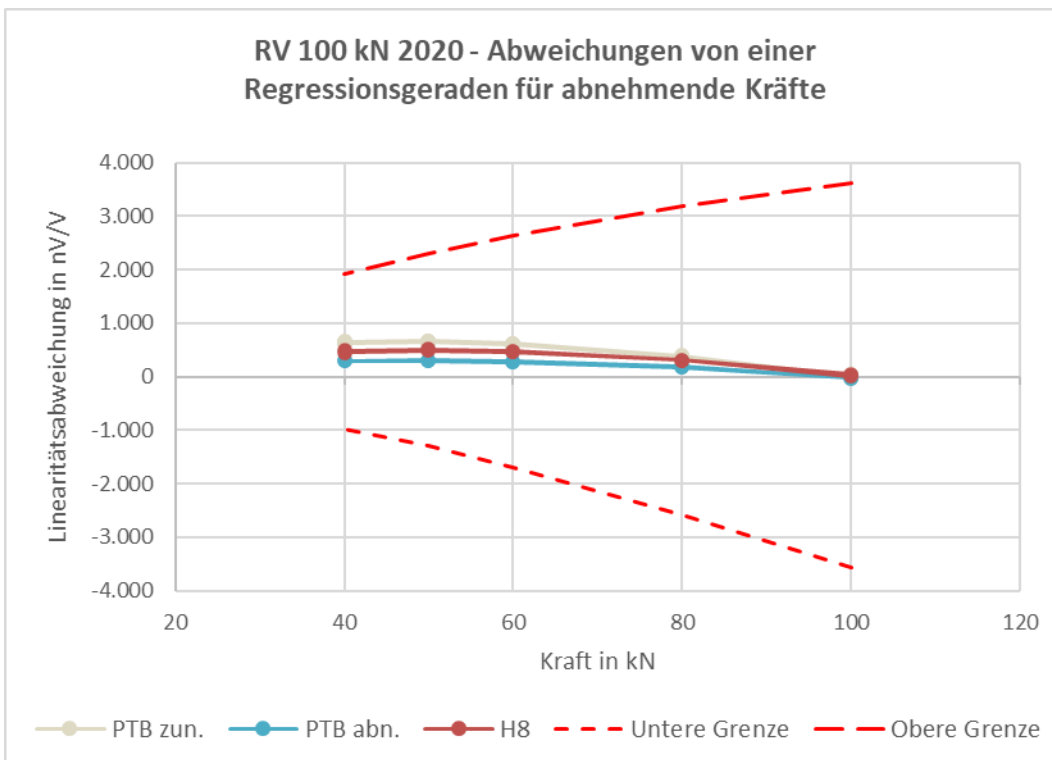
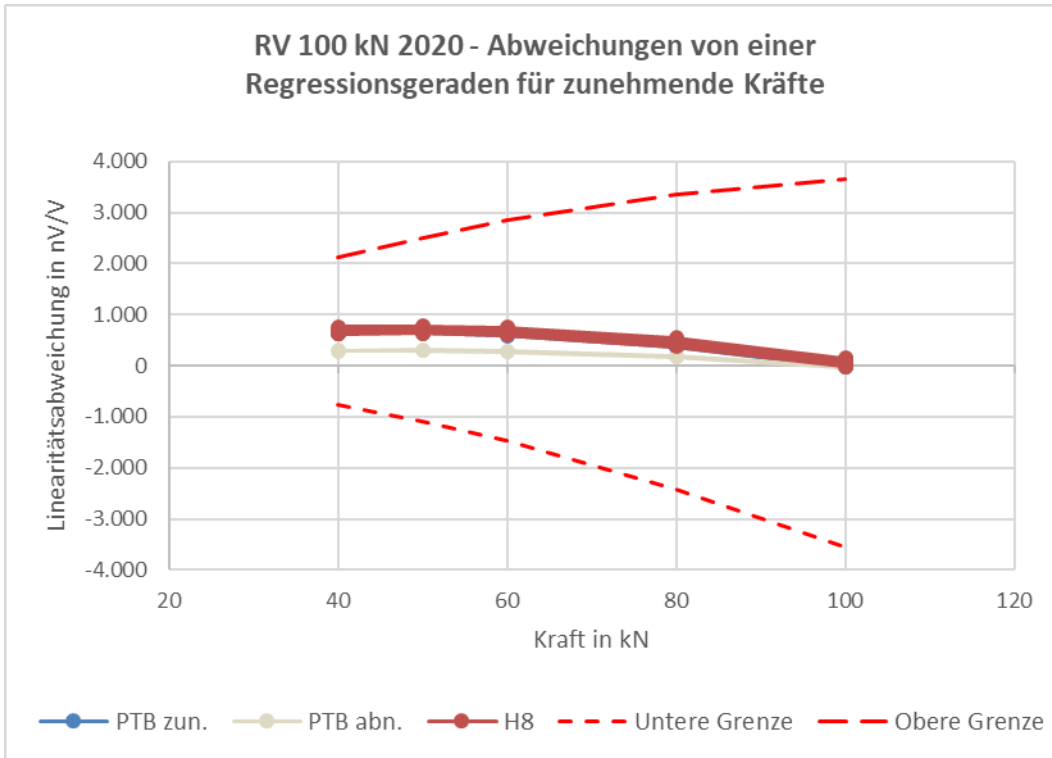


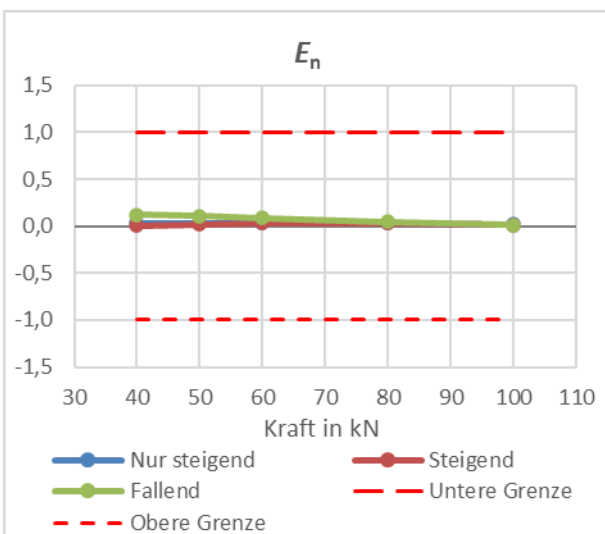
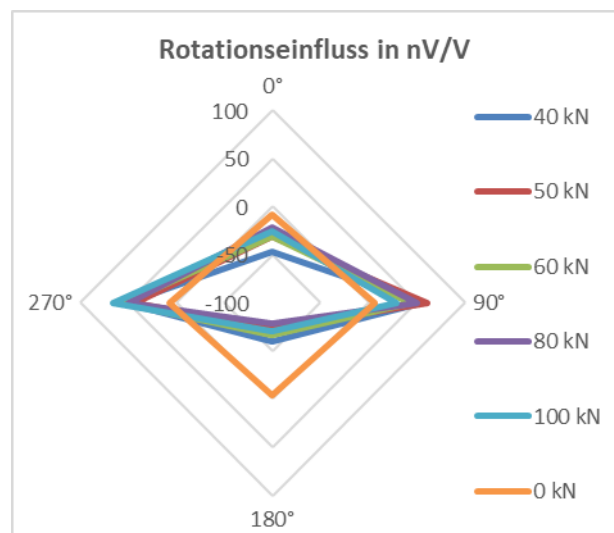
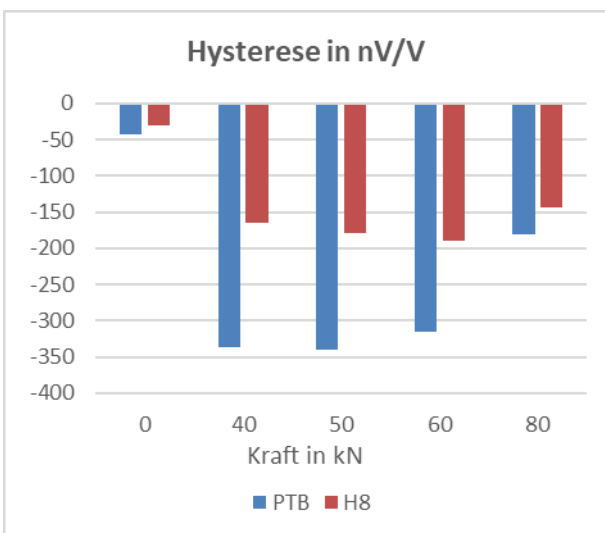
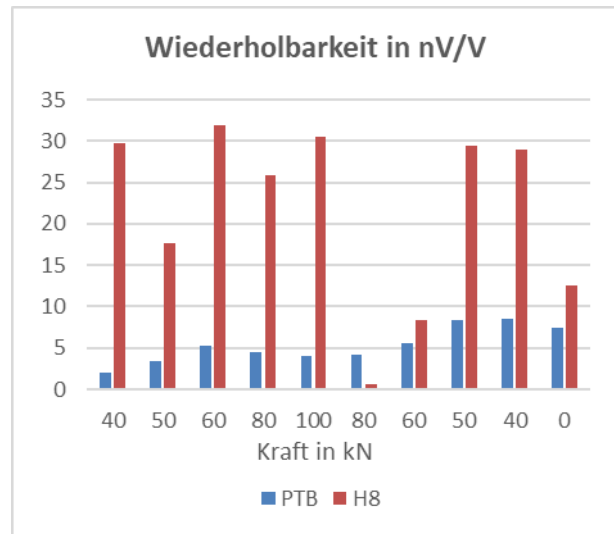
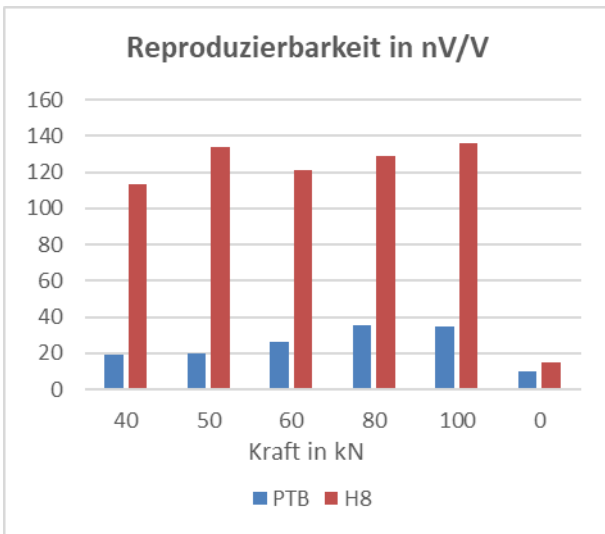


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,30	40	0,18
50	0,23	50	0,13
60	0,11	60	0,05
80	0,00	80	0,03
100	0,07	100	0,01
80	0,09	-	-
60	0,16	-	-
50	0,17	-	-
40	0,22	-	-

**H8**

Bezugsnormal:  $W = 1,2 \cdot 10^{-3}$

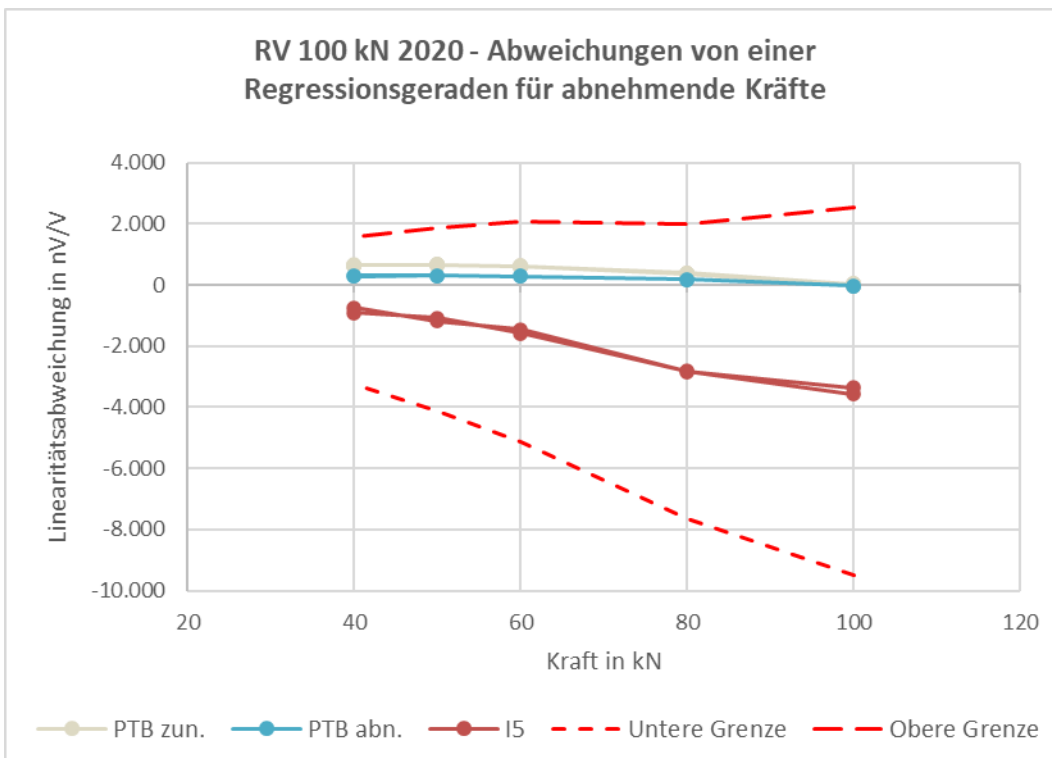
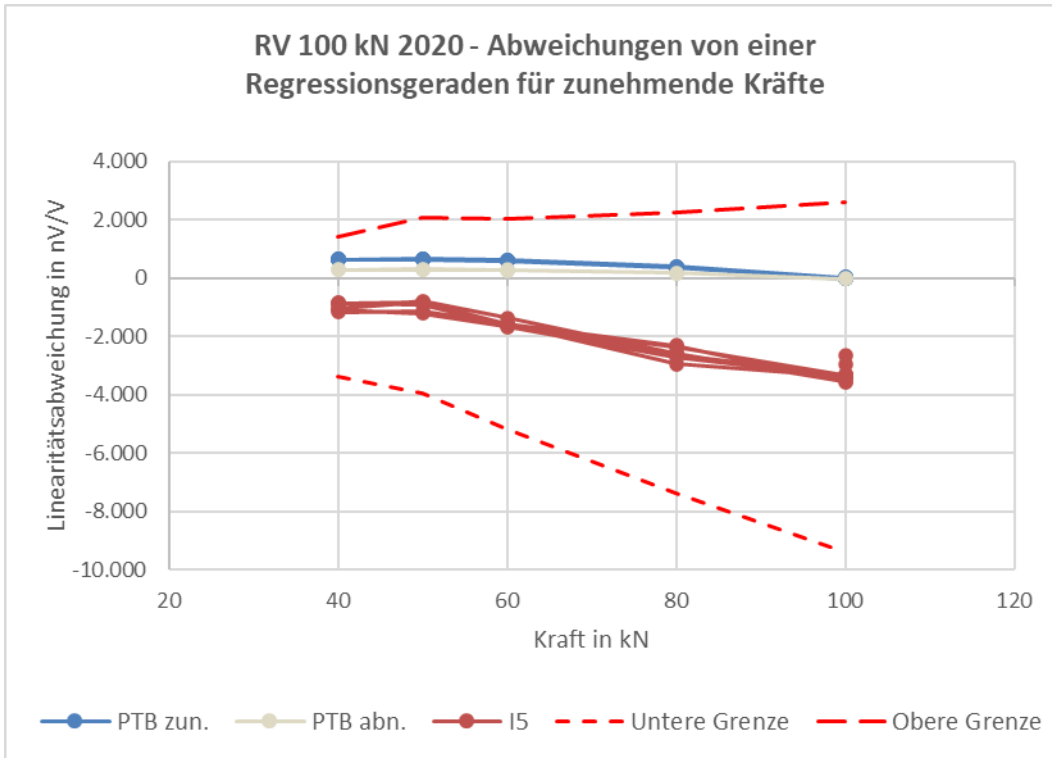


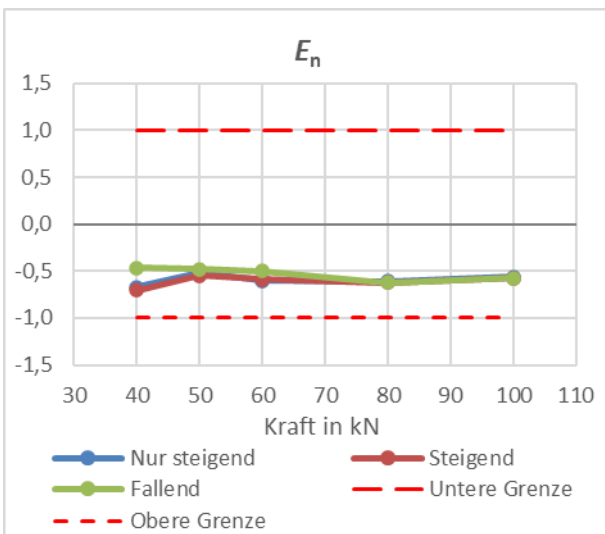
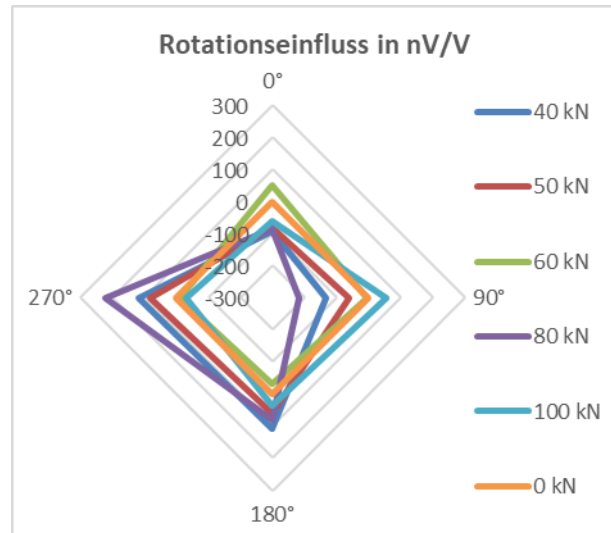
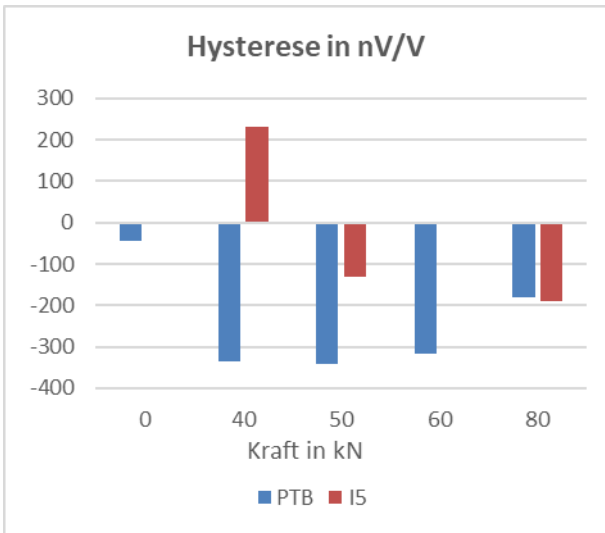
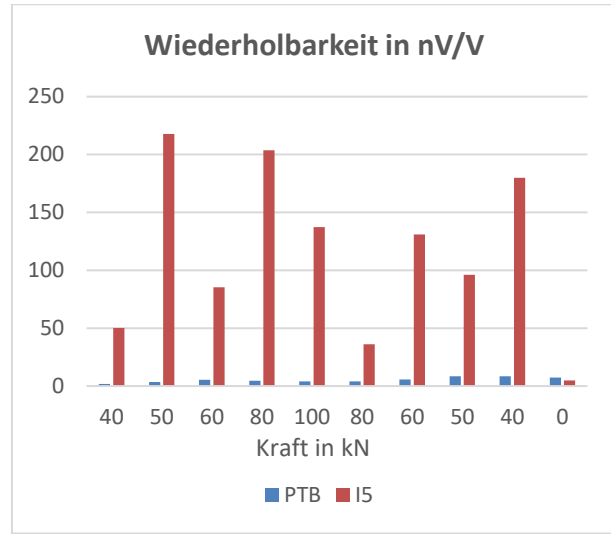
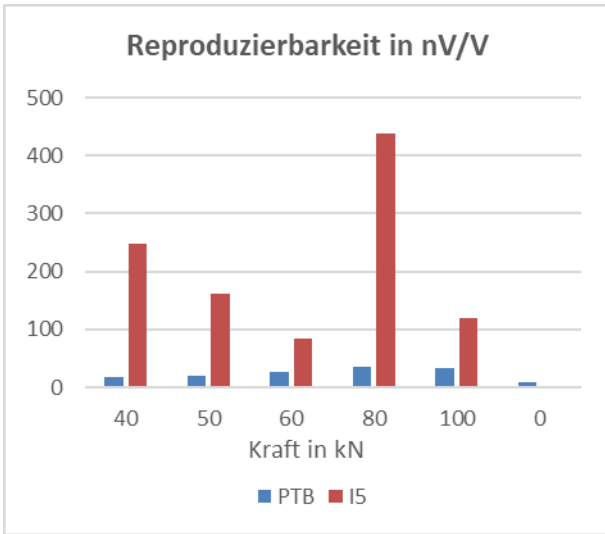


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,02	40	-1,00
50	0,01	50	-0,75
60	-0,10	60	-0,70
80	-0,12	80	-0,63
100	-0,15	100	-0,47
80	-0,67	-	-
60	-0,12	-	-
50	-0,08	-	-
40	0,19	-	-

I5

Bezugsnormal:  $W = 2 \cdot 10^{-3}$



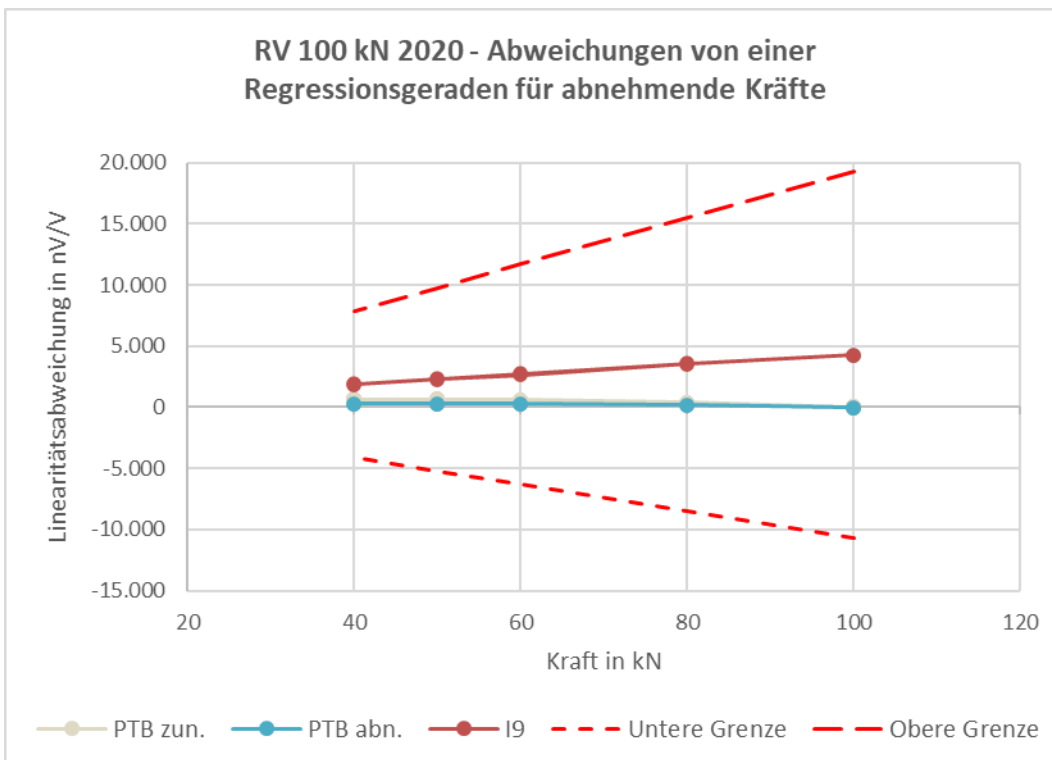
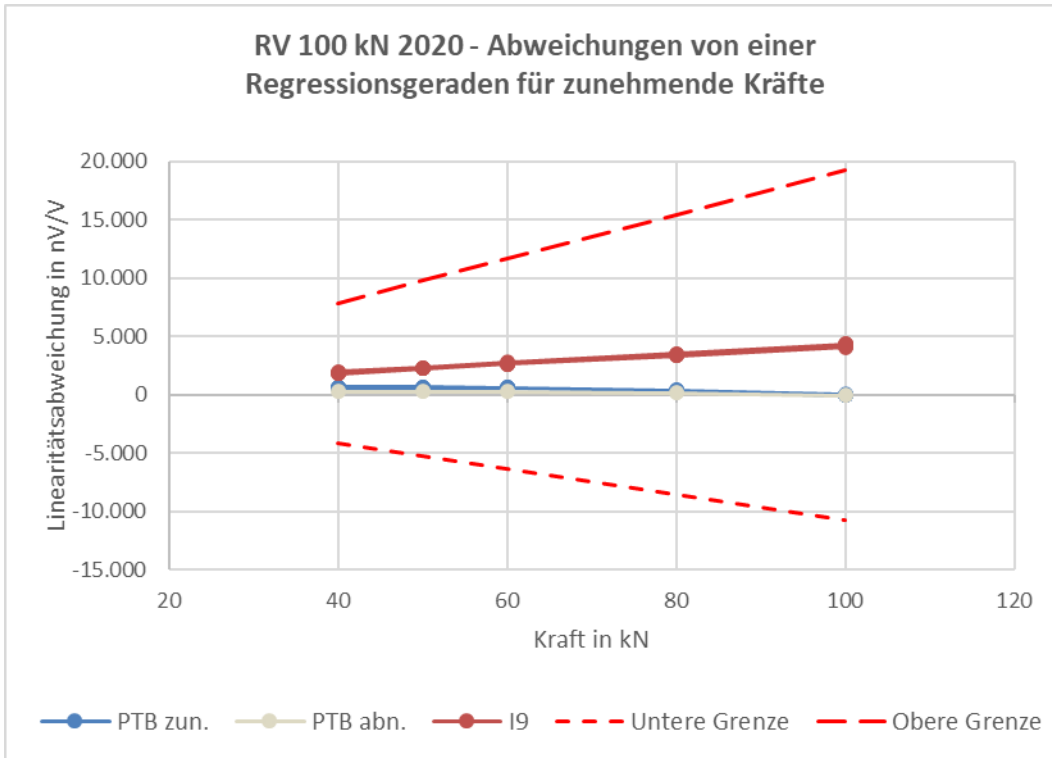


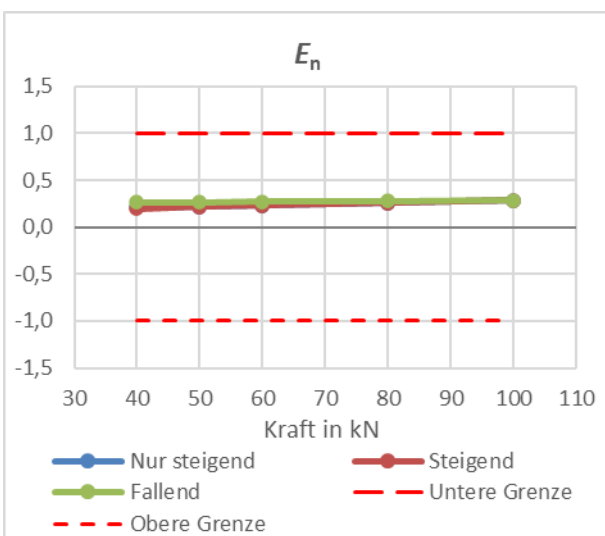
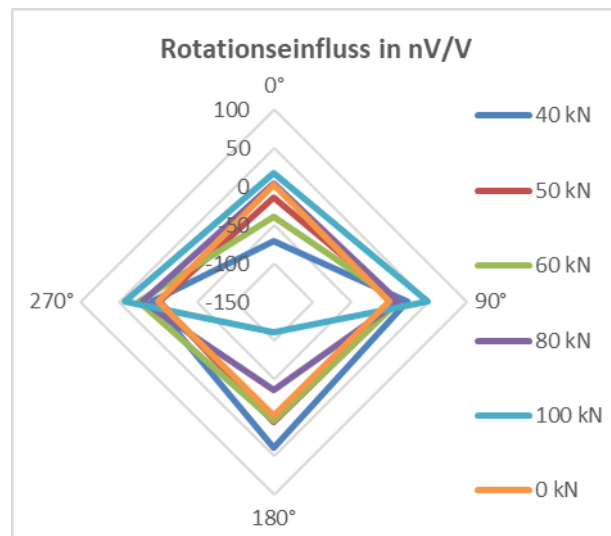
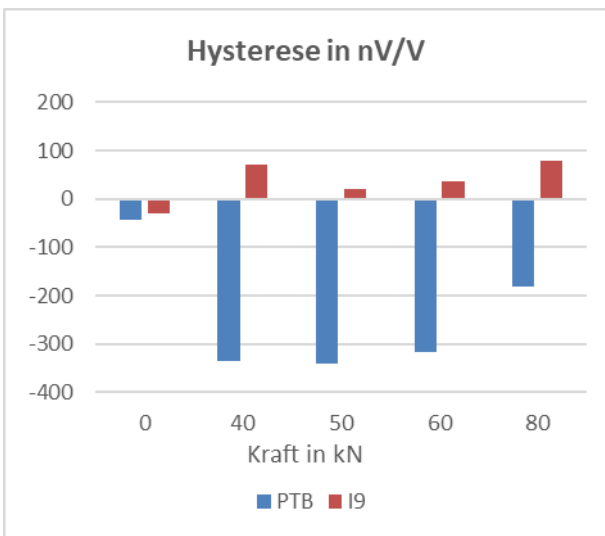
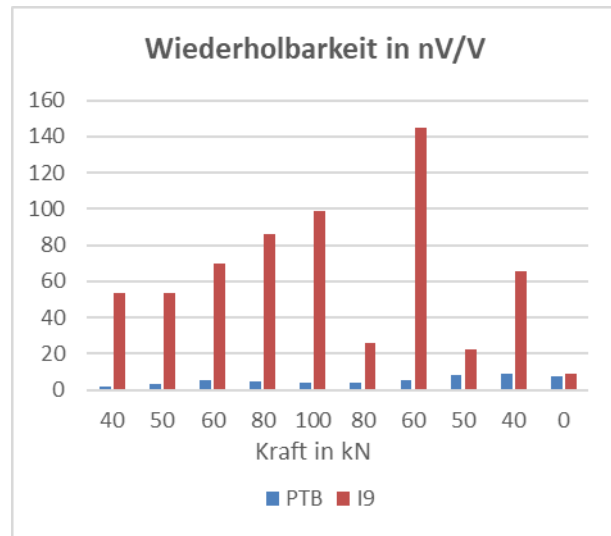
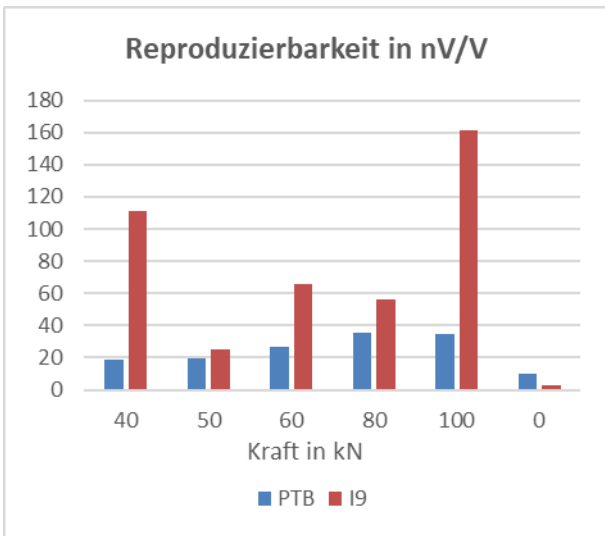
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,71	40	-0,67
50	-0,55	50	-0,52
60	-0,59	60	-0,60
80	-0,62	80	-0,61
100	-0,57	100	-0,56
80	-0,63	-	-
60	-0,50	-	-
50	-0,48	-	-
40	-0,47	-	-



I9

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-3}$

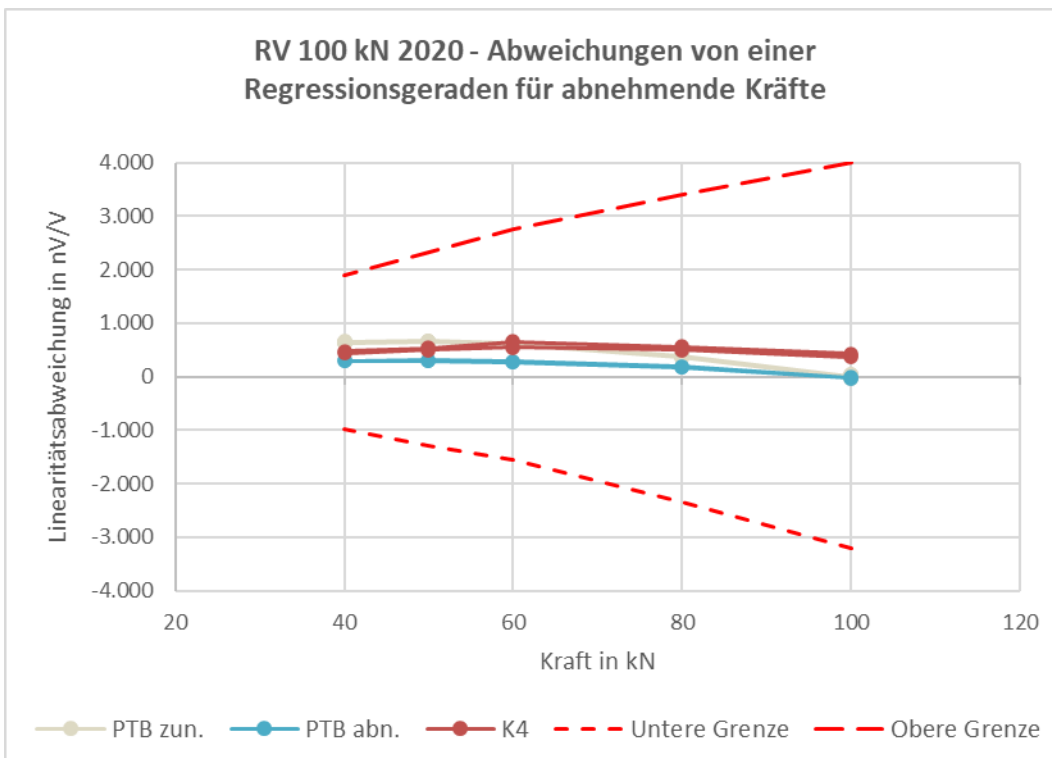
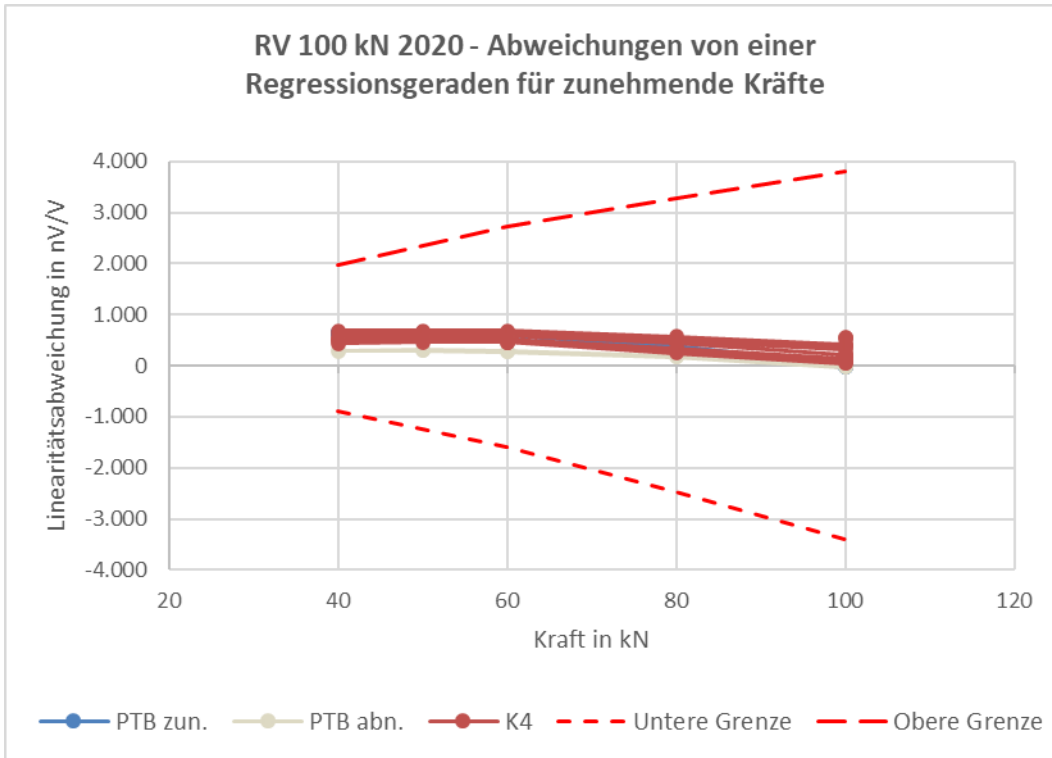


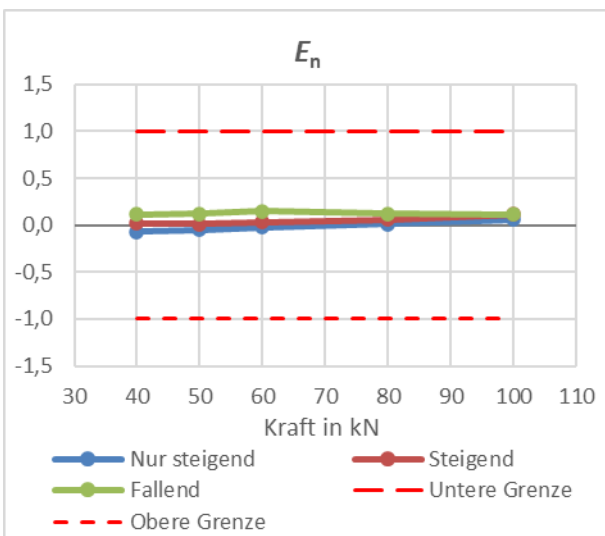
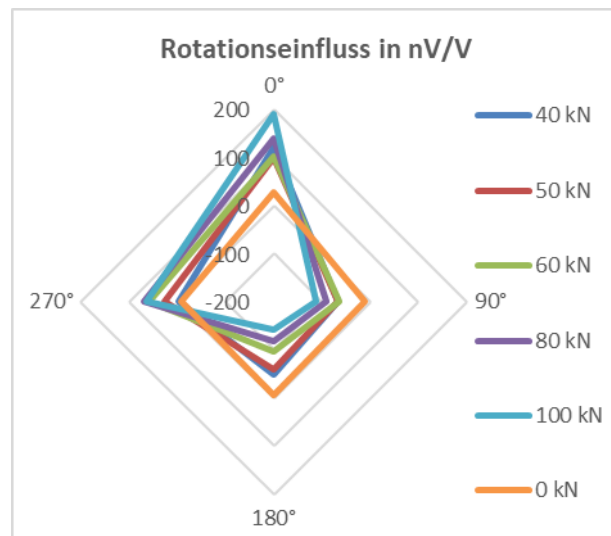
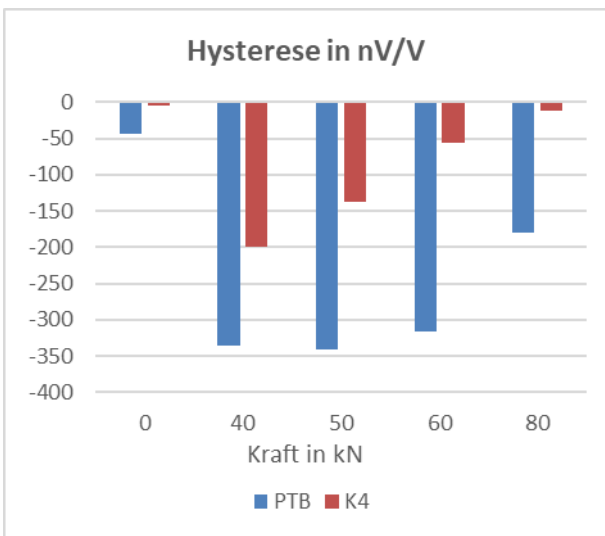
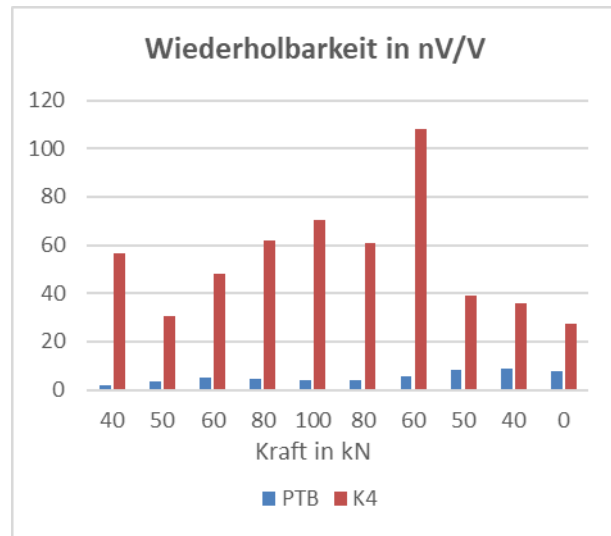
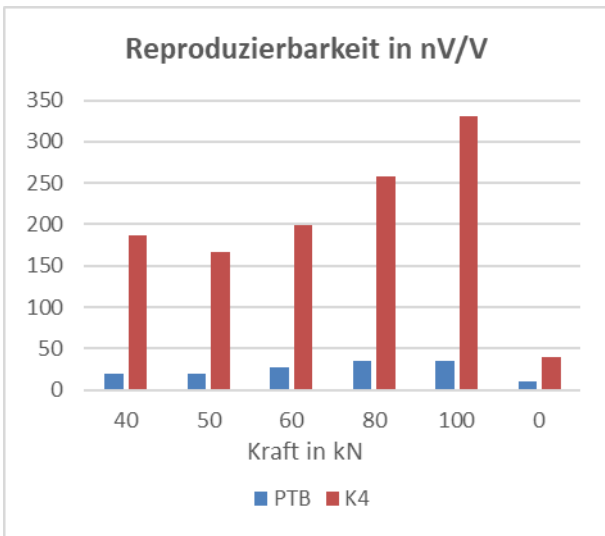


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,20	40	0,21
50	0,22	50	0,22
60	0,23	60	0,23
80	0,26	80	0,26
100	0,29	100	0,28
80	0,28	-	-
60	0,27	-	-
50	0,27	-	-
40	0,27	-	-

#### K4

Bezugsnormal:  $W = 1,2 \cdot 10^{-3}$

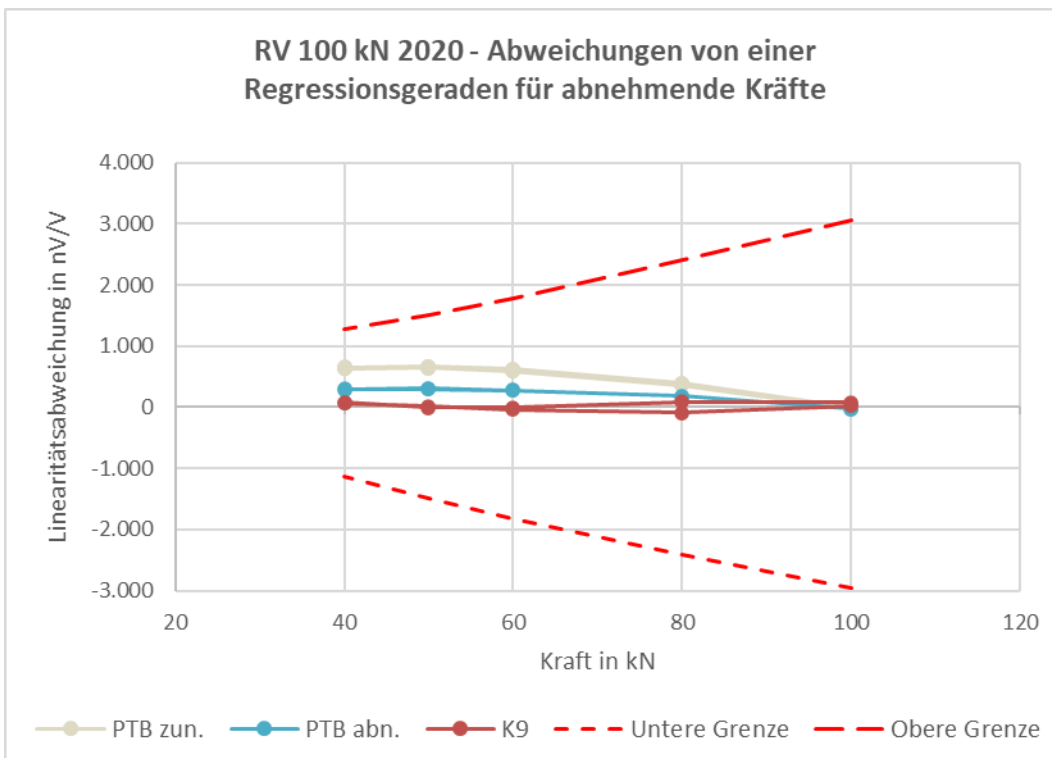
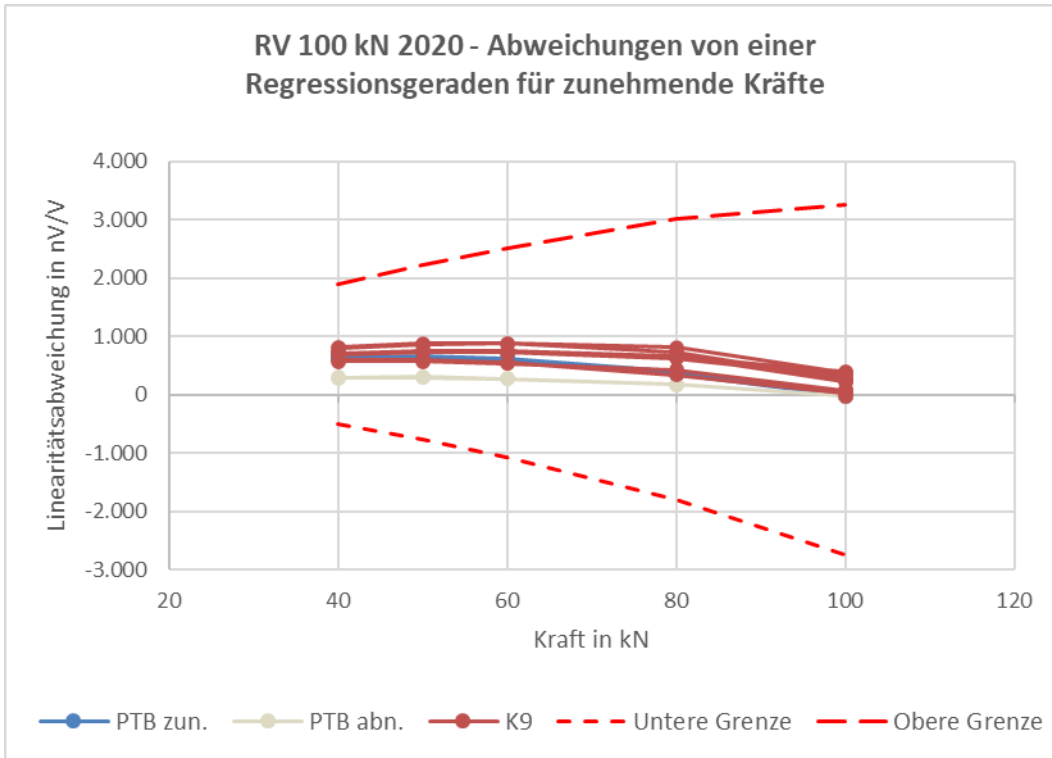


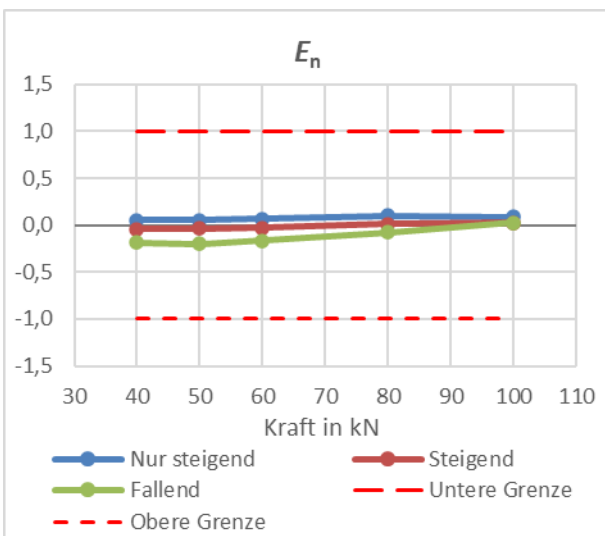
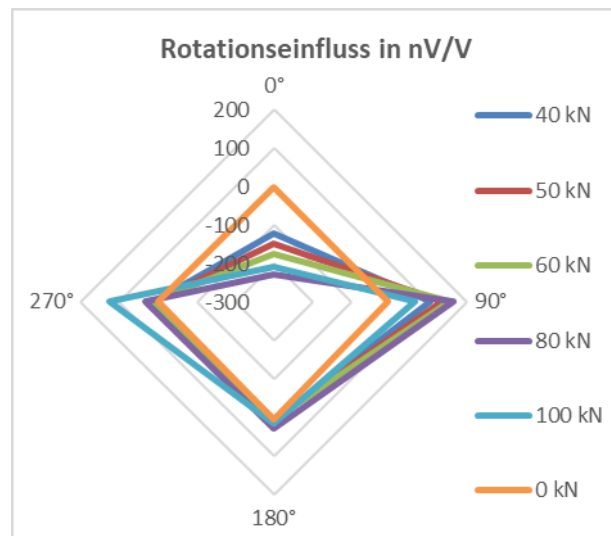
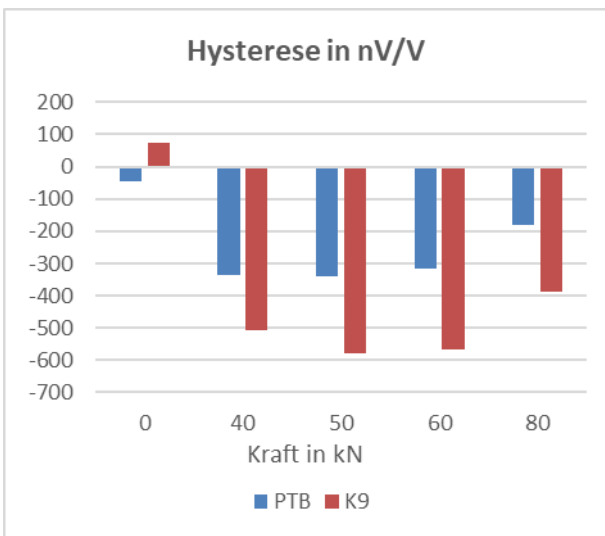
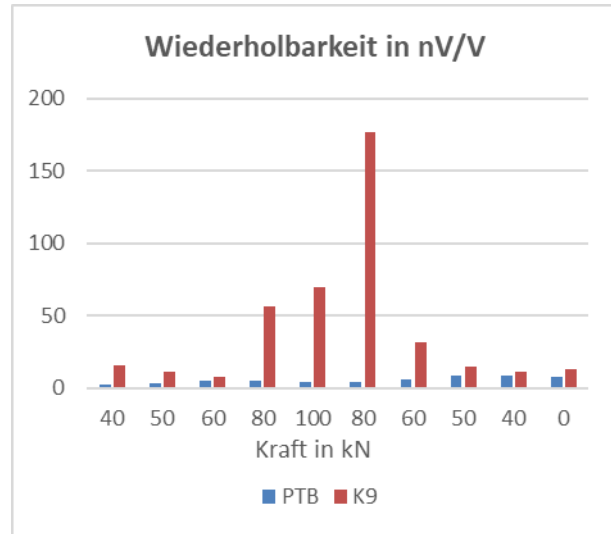
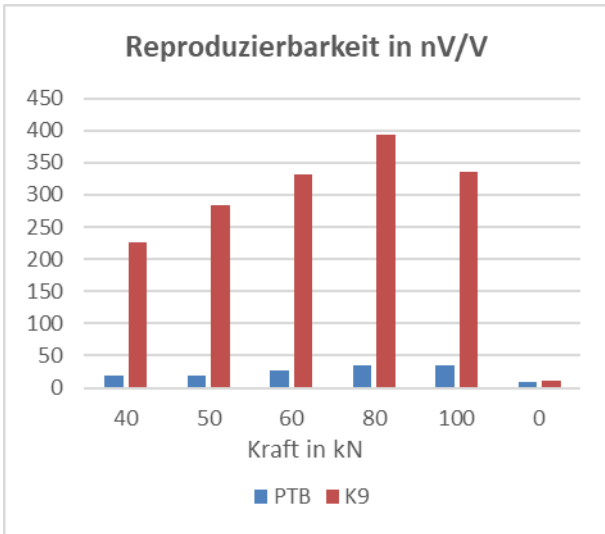


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,02	40	-0,07
50	0,01	50	-0,05
60	0,03	60	-0,02
80	0,06	80	0,01
100	0,12	100	0,06
80	0,12	-	-
60	0,15	-	-
50	0,12	-	-
40	0,11	-	-

**K9**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$

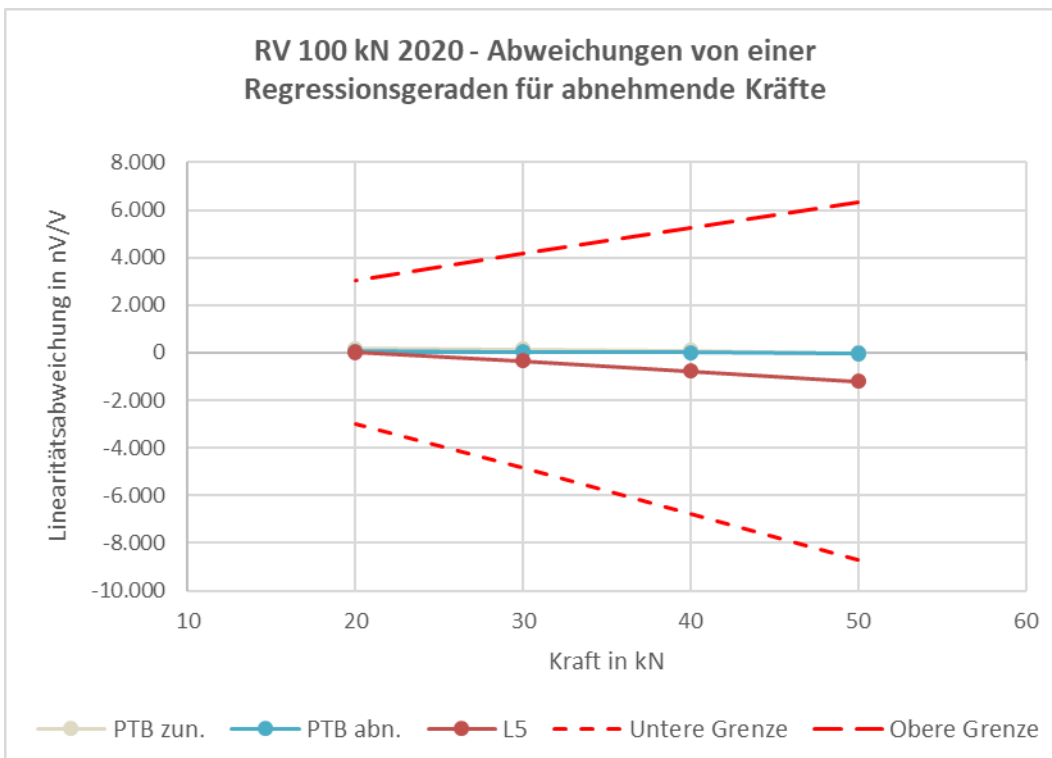
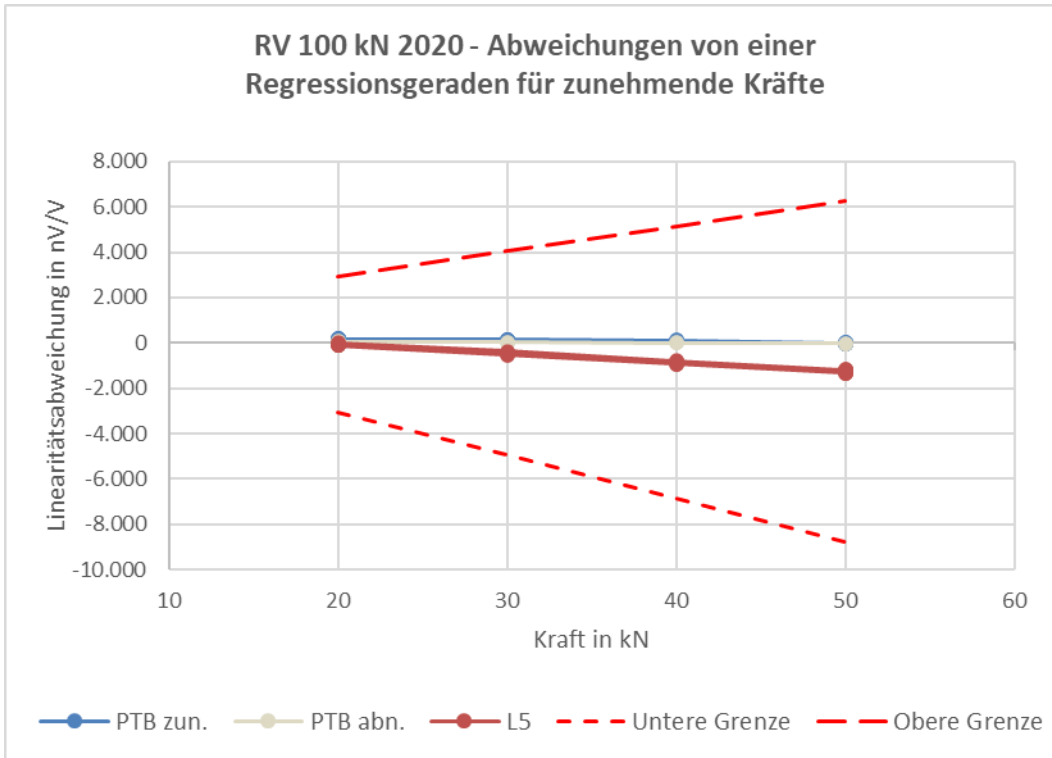


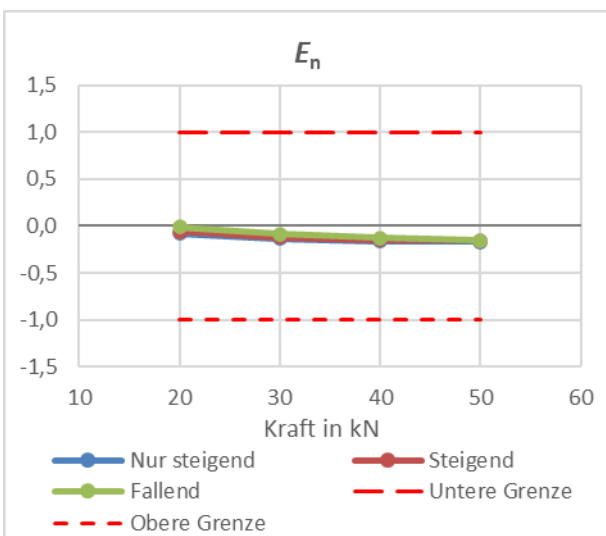
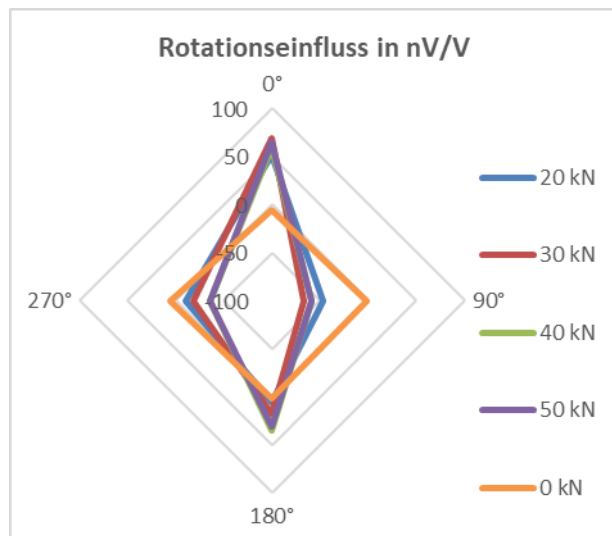
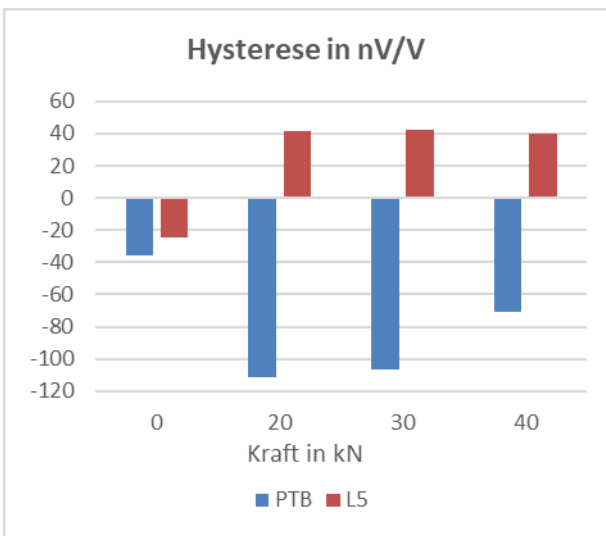
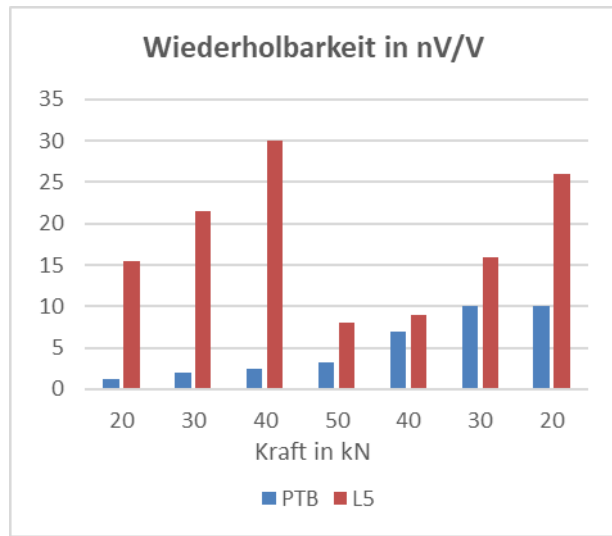
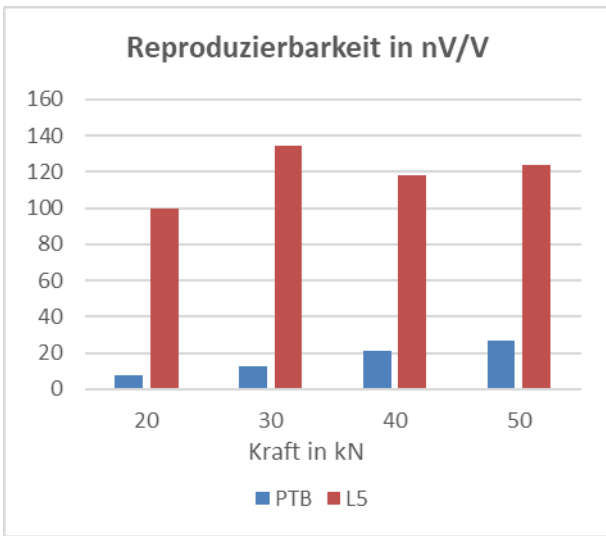


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,04	40	0,05
50	-0,04	50	0,05
60	-0,03	60	0,06
80	0,01	80	0,10
100	0,02	100	0,09
80	-0,08	-	-
60	-0,16	-	-
50	-0,20	-	-
40	-0,18	-	-

### L5

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-3}$



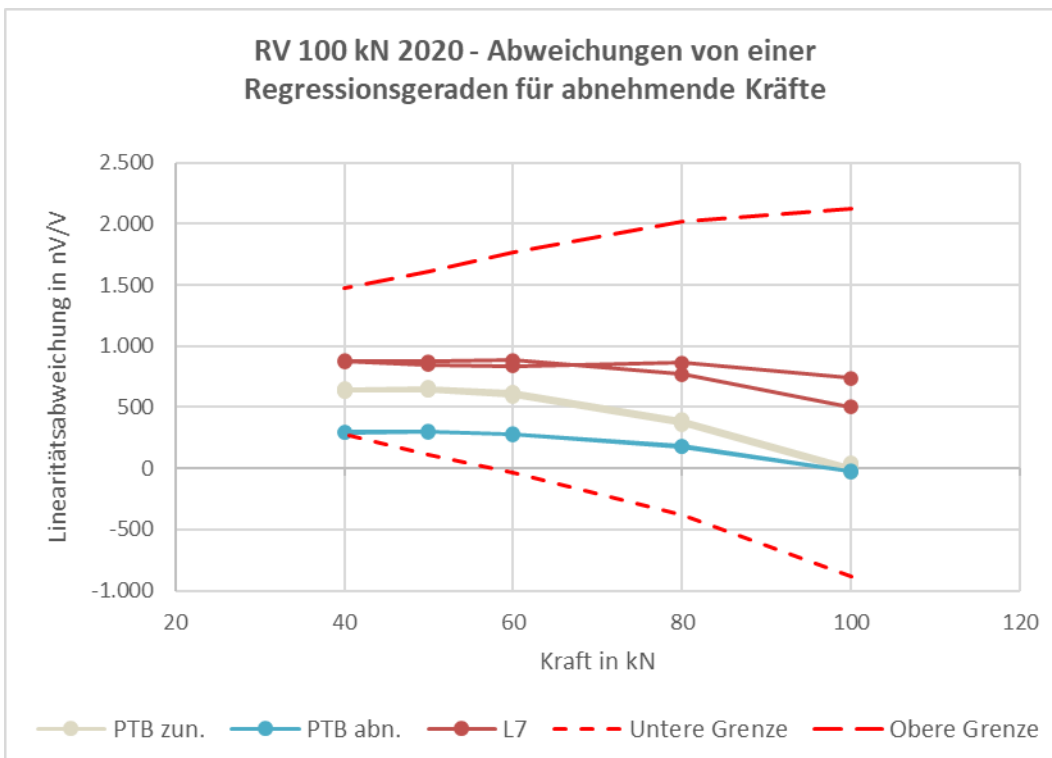
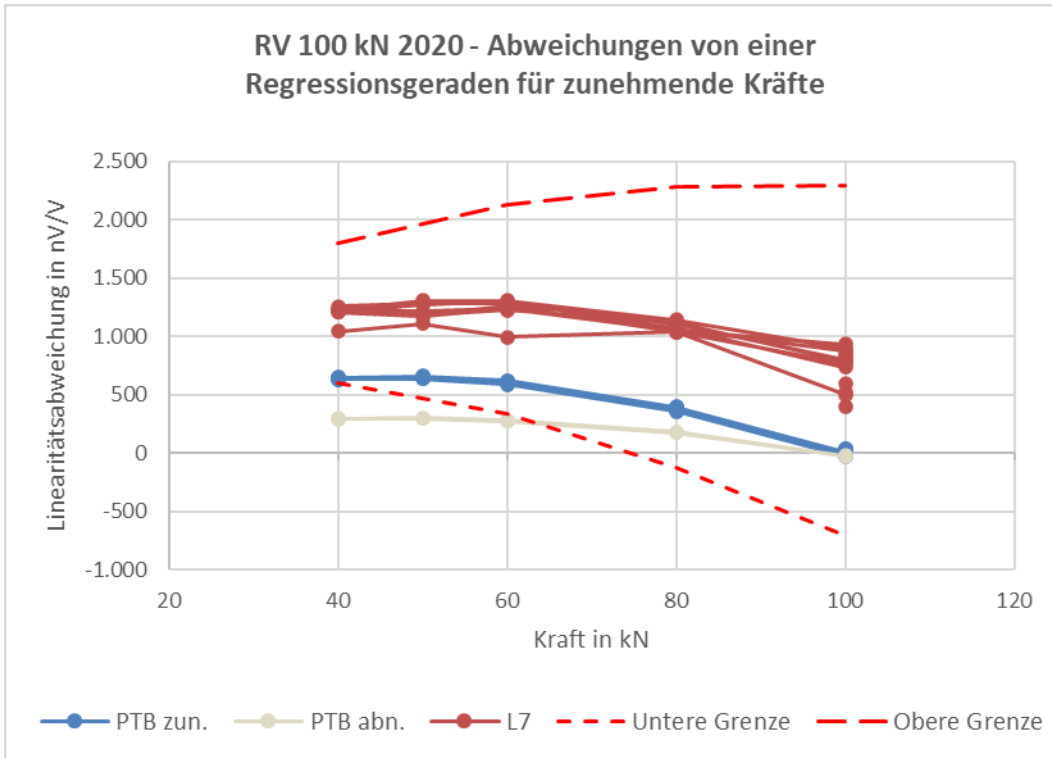


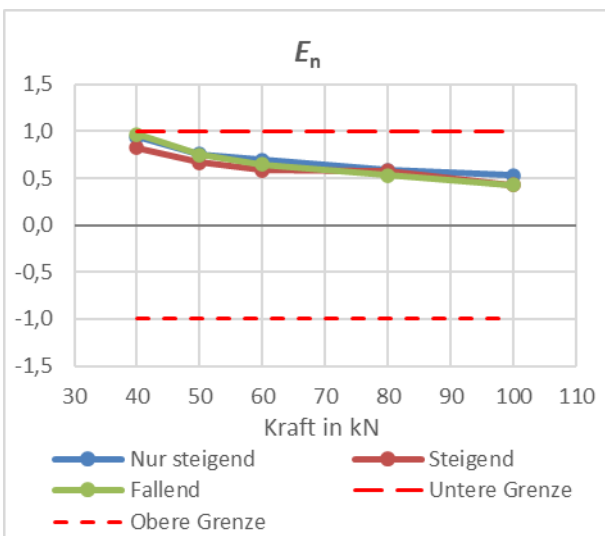
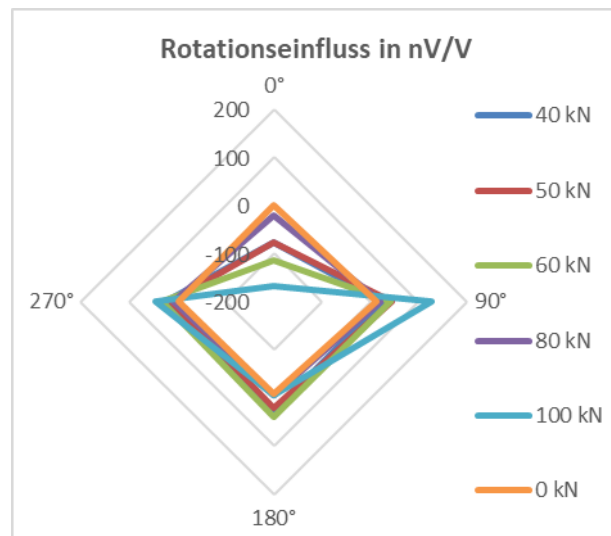
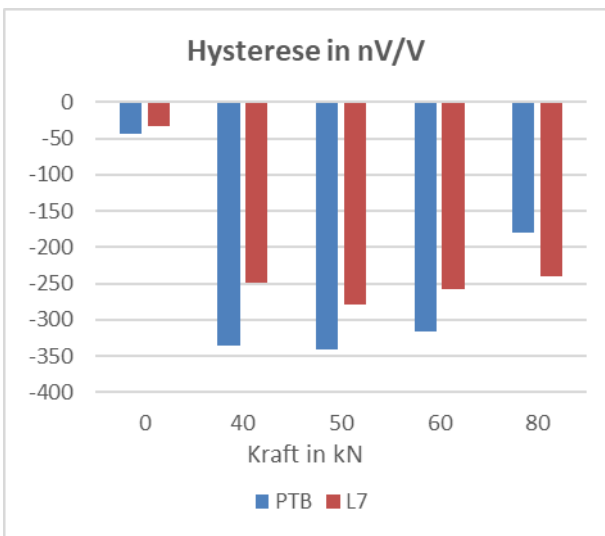
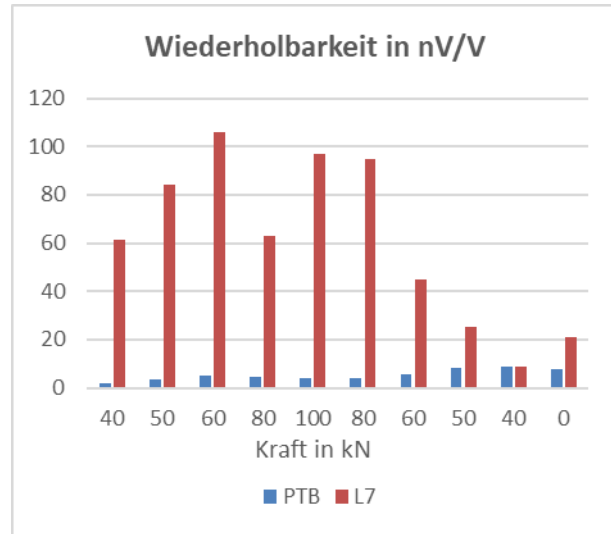
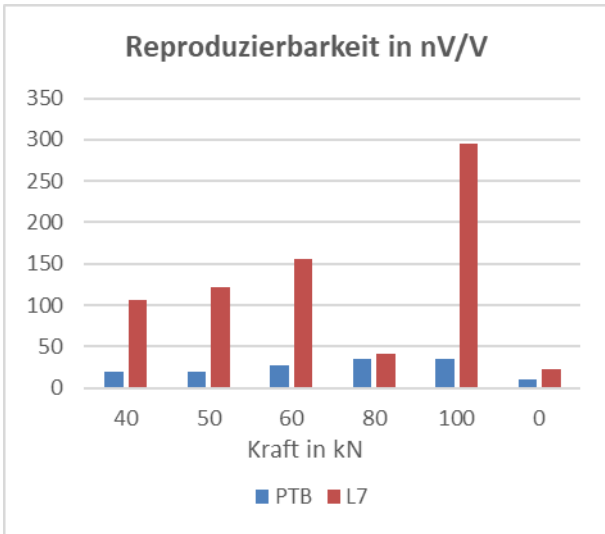
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
20	-0,06	20	-0,08
30	-0,12	30	-0,13
40	-0,15	40	-0,16
50	-0,16	50	-0,17
40	-0,13	-	-
30	-0,09	-	-
20	-0,01	-	-



### L7 – Messung 1

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-4}$

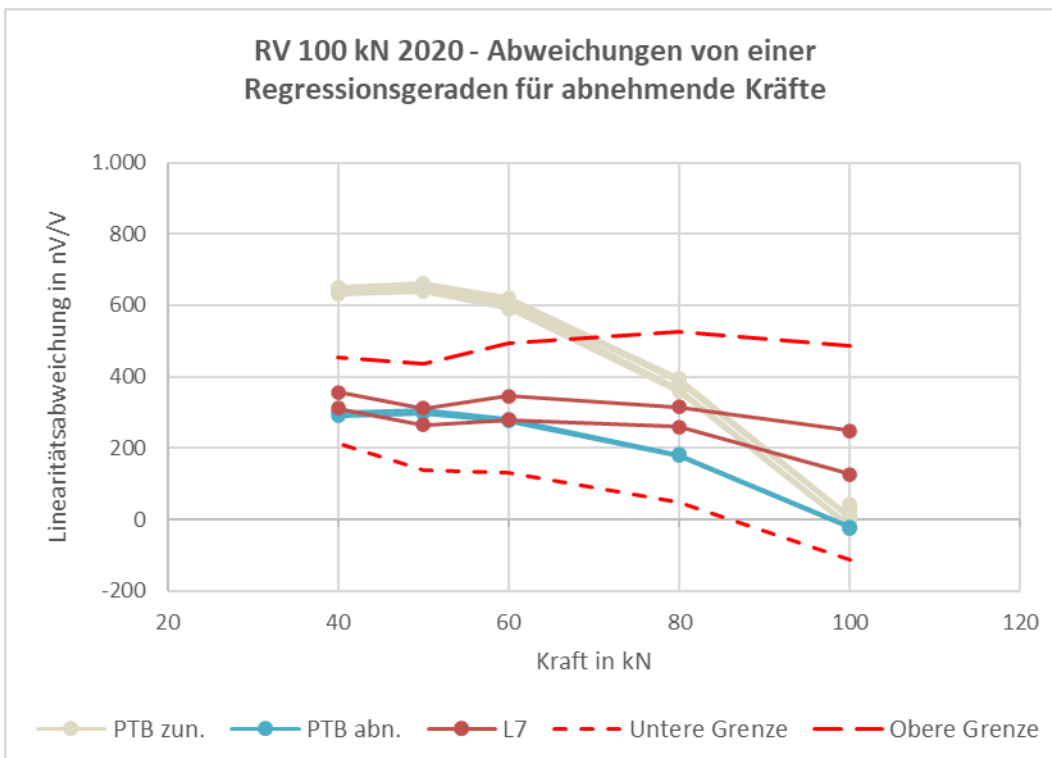
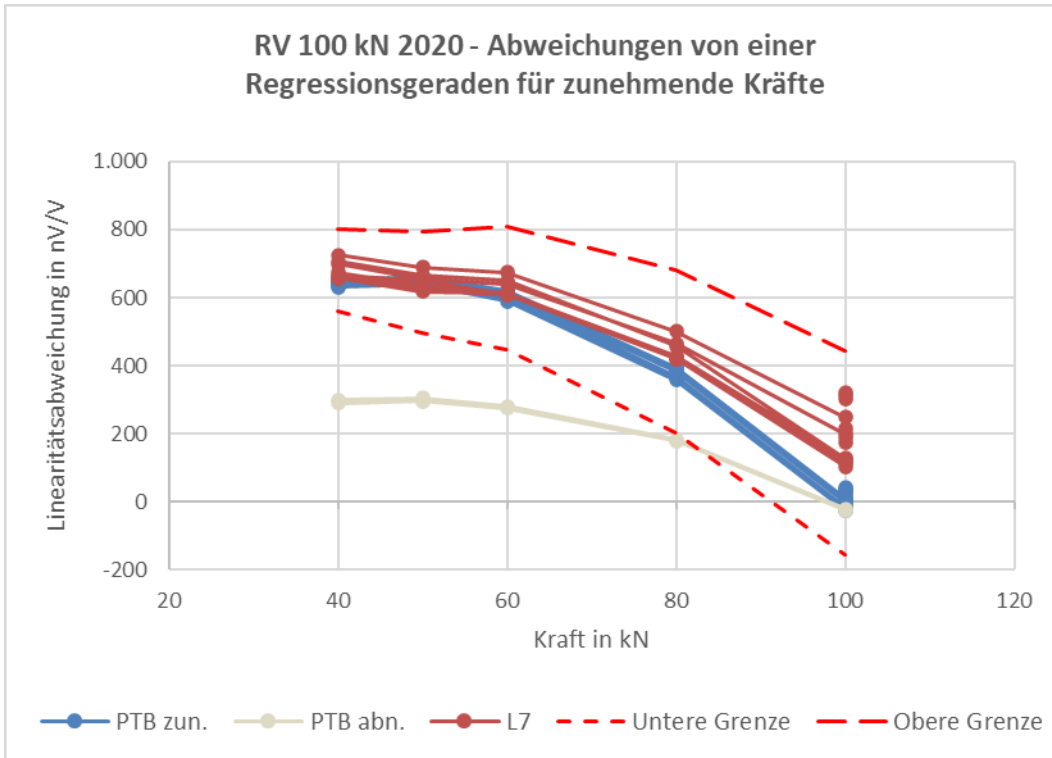


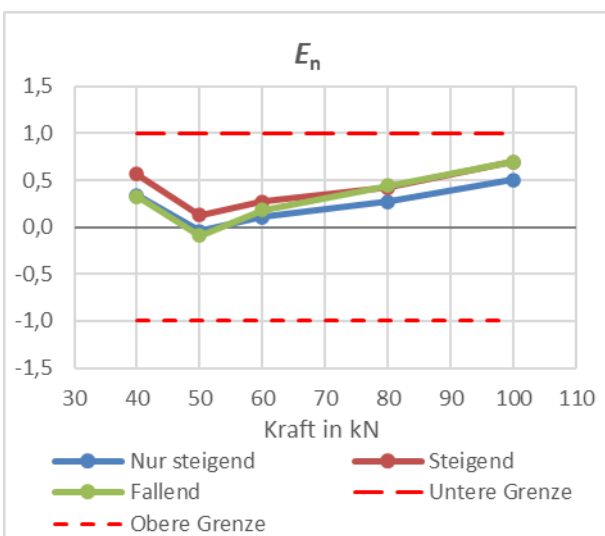
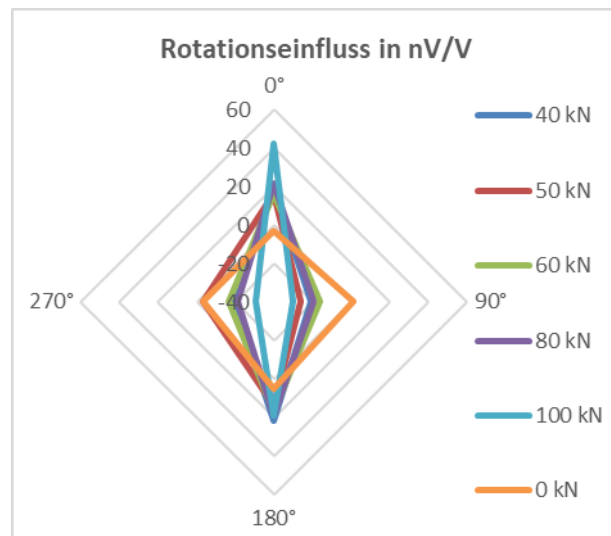
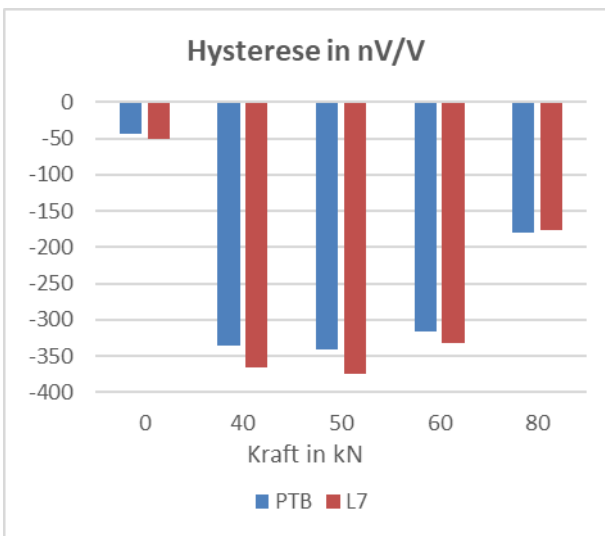
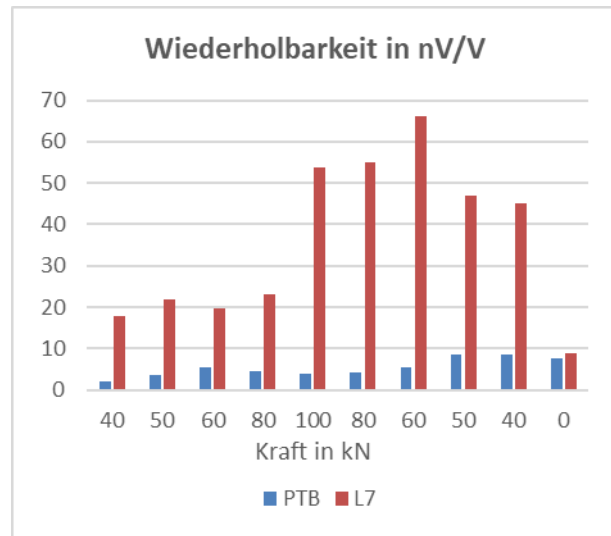
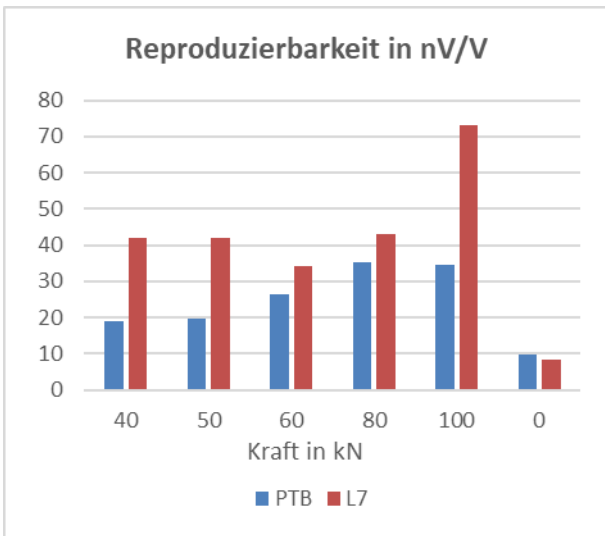


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,82	40	0,94
50	0,66	50	0,75
60	0,58	60	0,69
80	0,58	80	0,59
100	0,43	100	0,53
80	0,53	-	-
60	0,65	-	-
50	0,75	-	-
40	0,97	-	-

## L7 – Messung 2

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-4}$

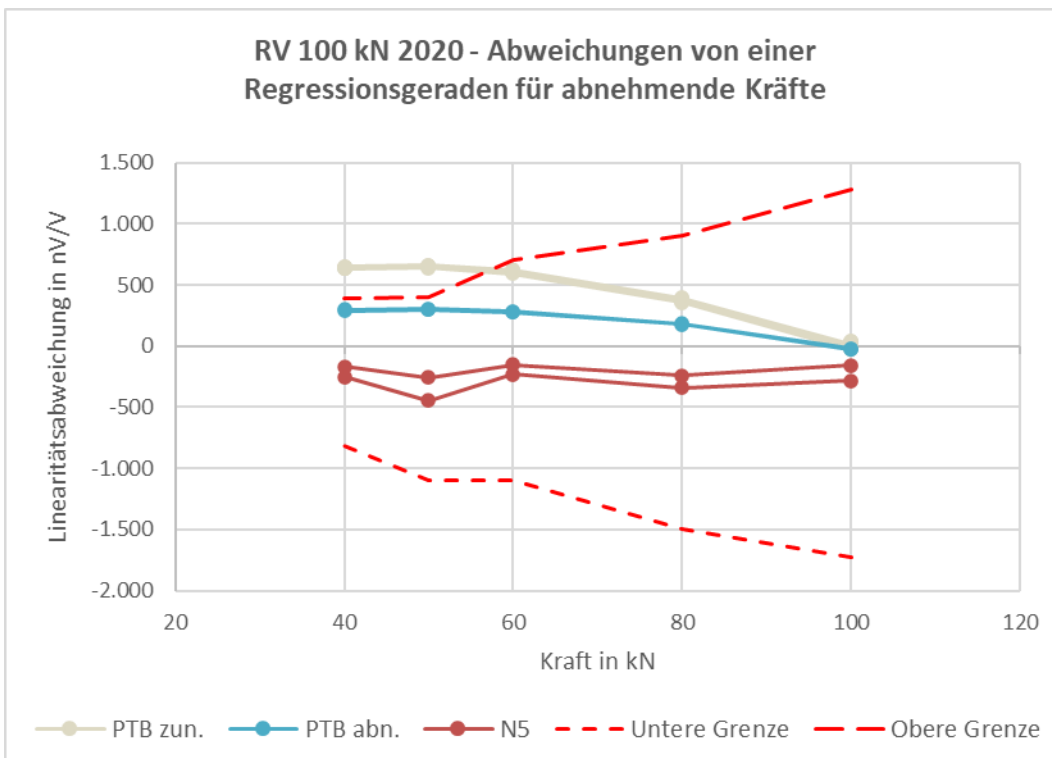
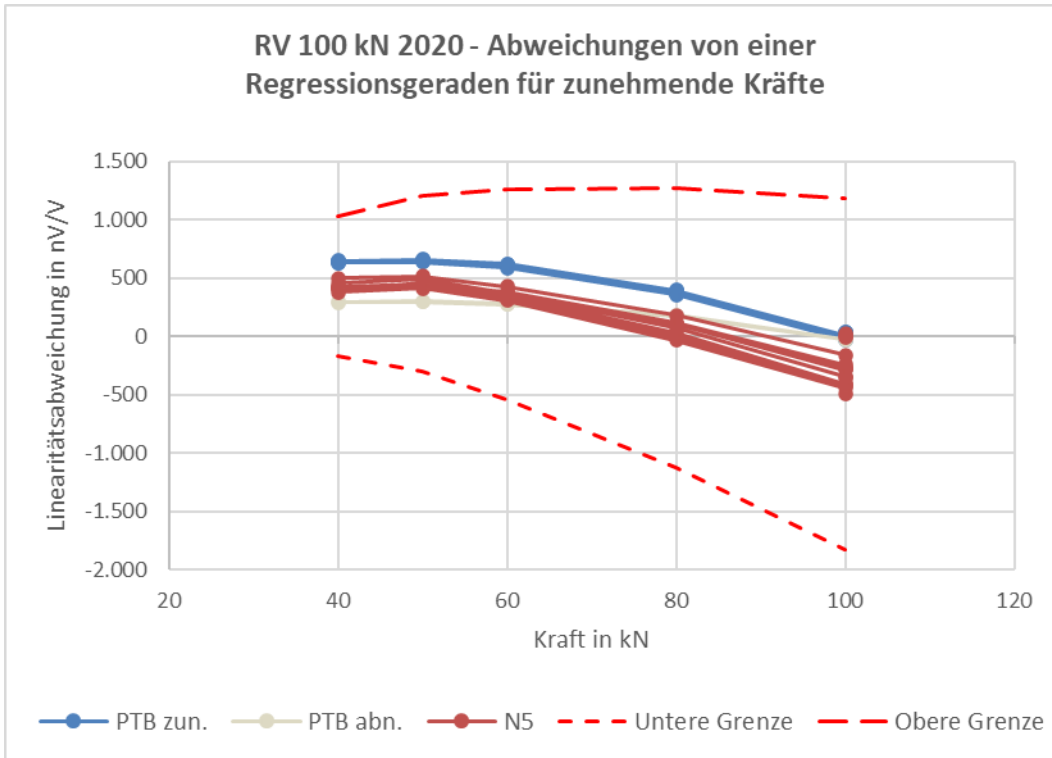


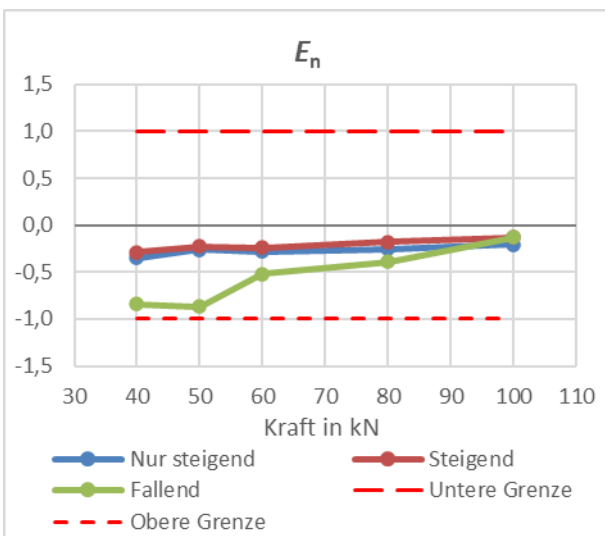
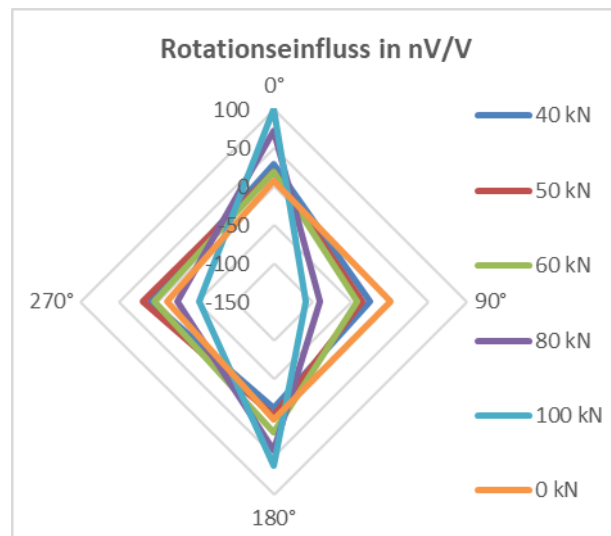
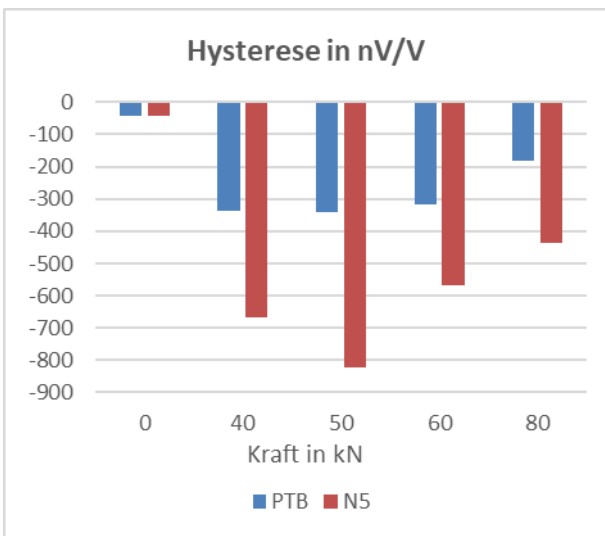
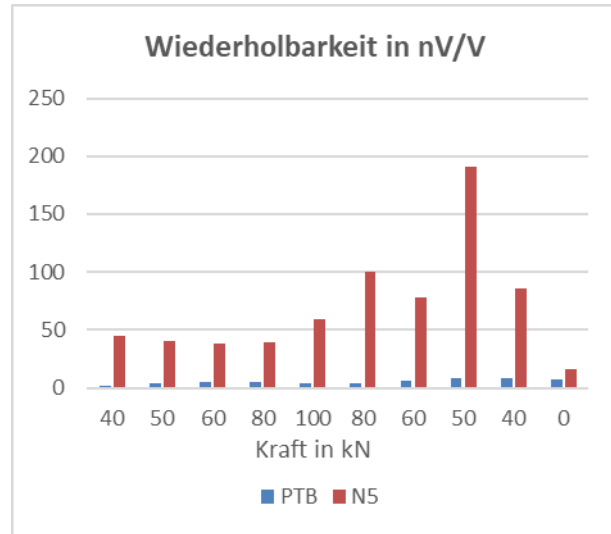
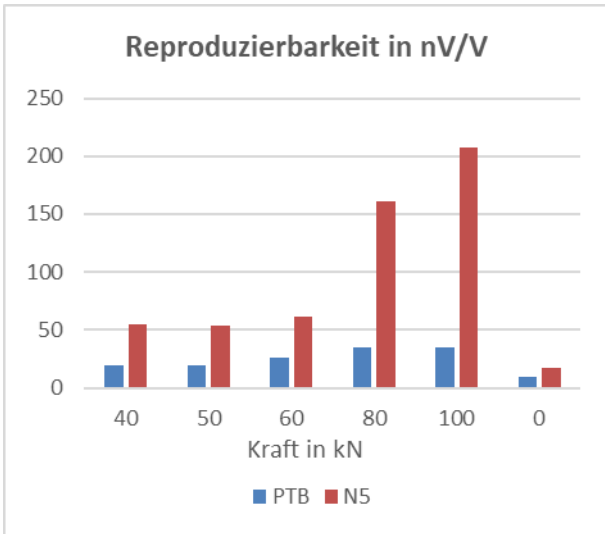


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,56	40	0,34
50	0,13	50	-0,04
60	0,27	60	0,11
80	0,42	80	0,27
100	0,69	100	0,51
80	0,44	-	-
60	0,18	-	-
50	-0,09	-	-
40	0,32	-	-

**N5**

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-4}$

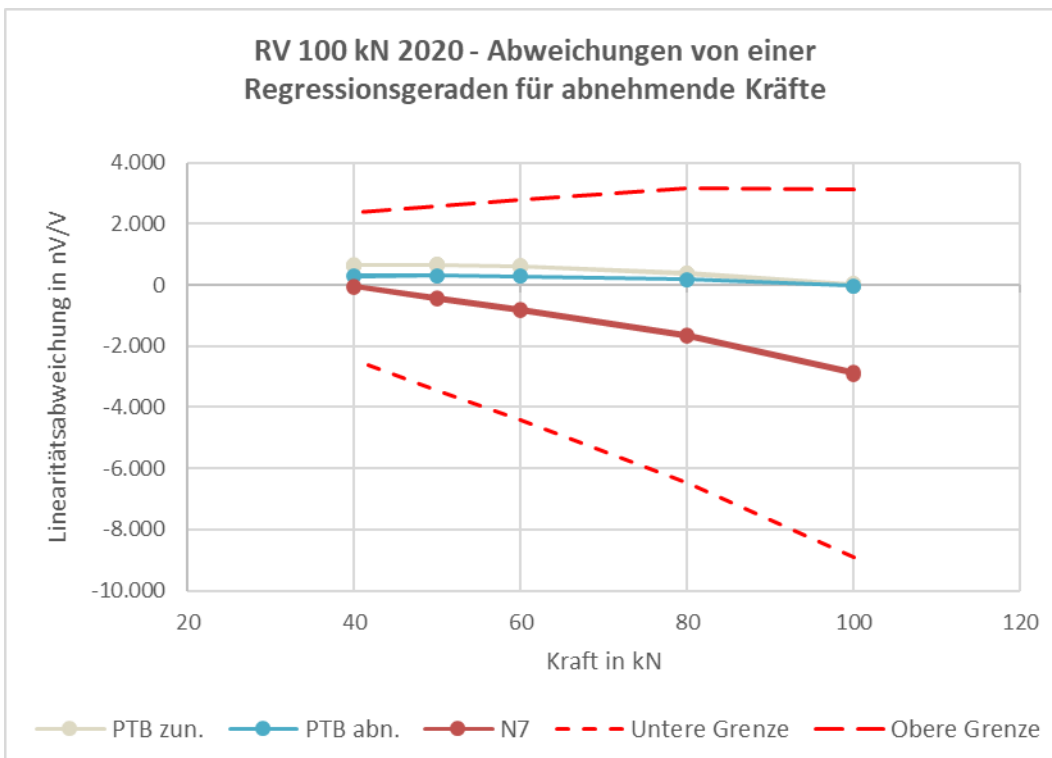
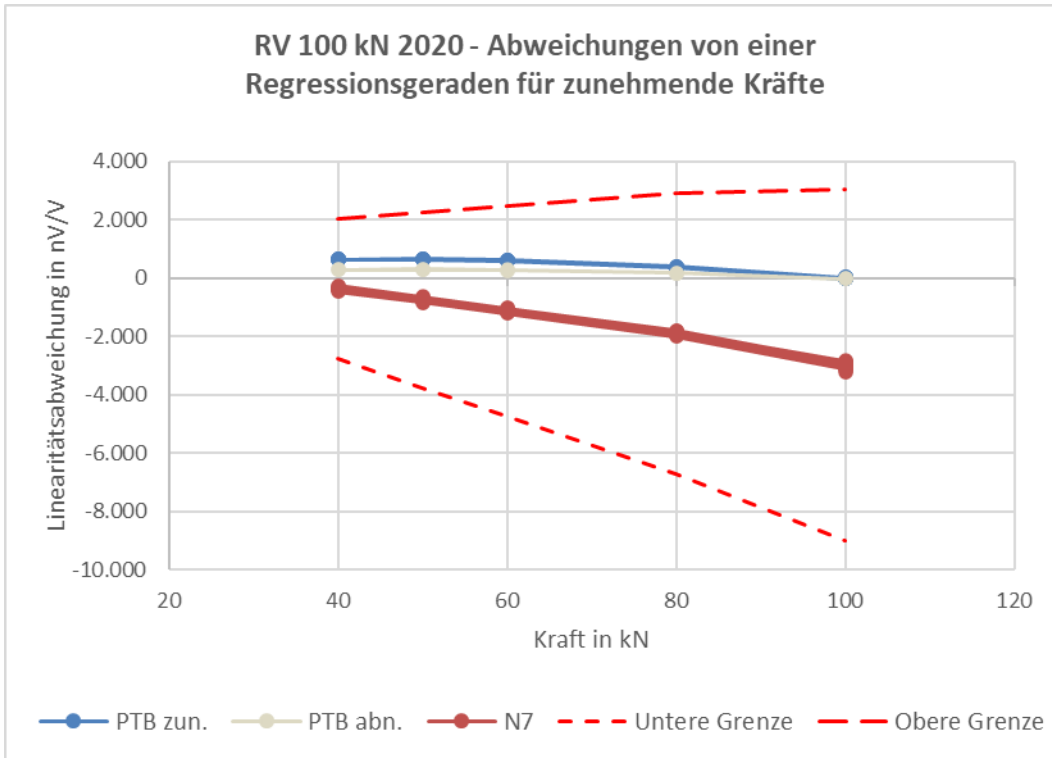


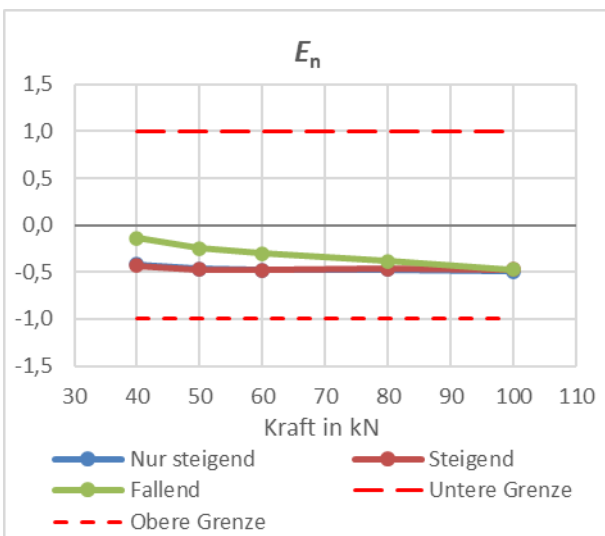
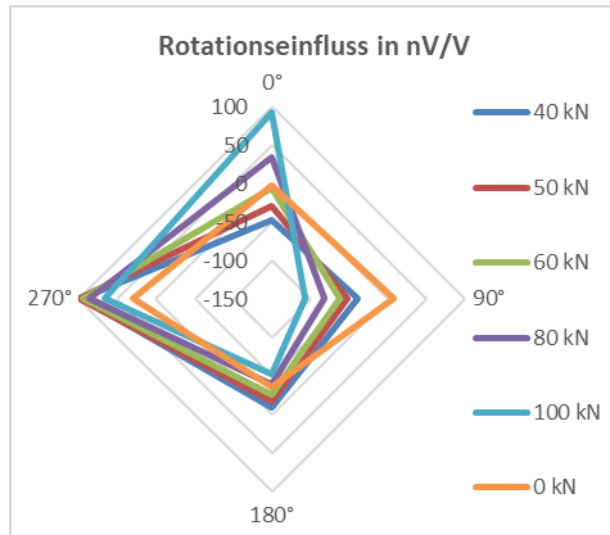
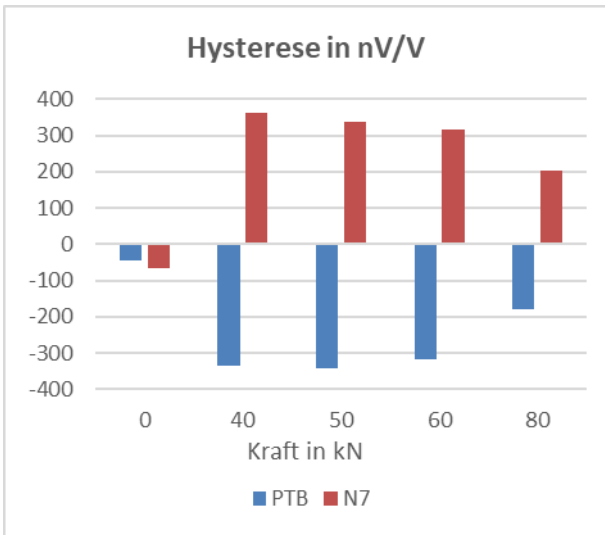
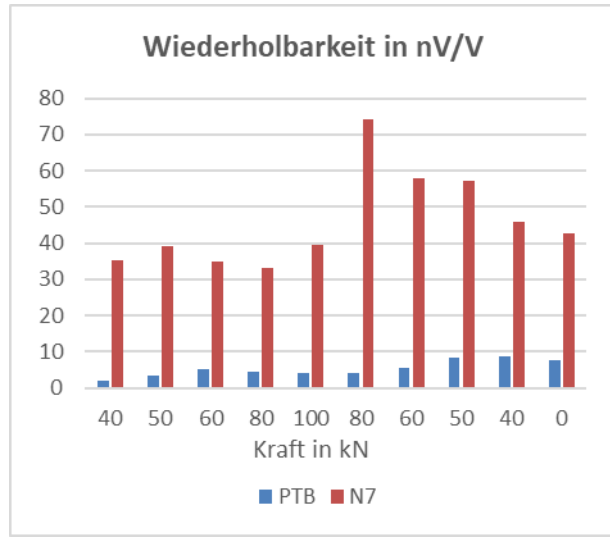
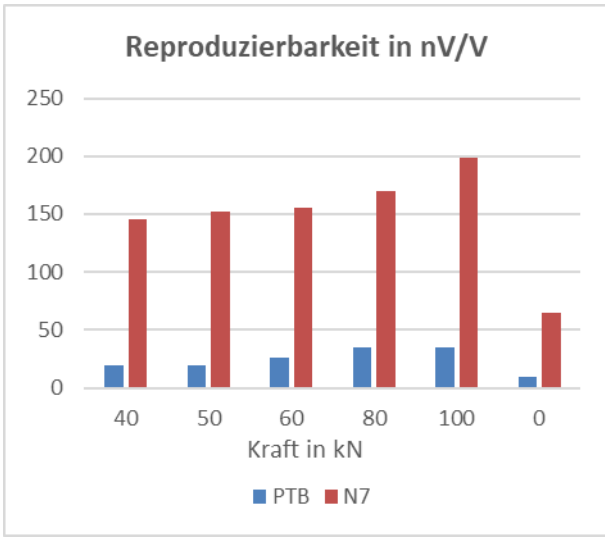


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,29	40	-0,35
50	-0,23	50	-0,26
60	-0,24	60	-0,28
80	-0,18	80	-0,25
100	-0,13	100	-0,21
80	-0,39	-	-
60	-0,52	-	-
50	-0,87	-	-
40	-0,84	-	-

**N7**

Bezugsnormal:  $W = 2 \cdot 10^{-3}$



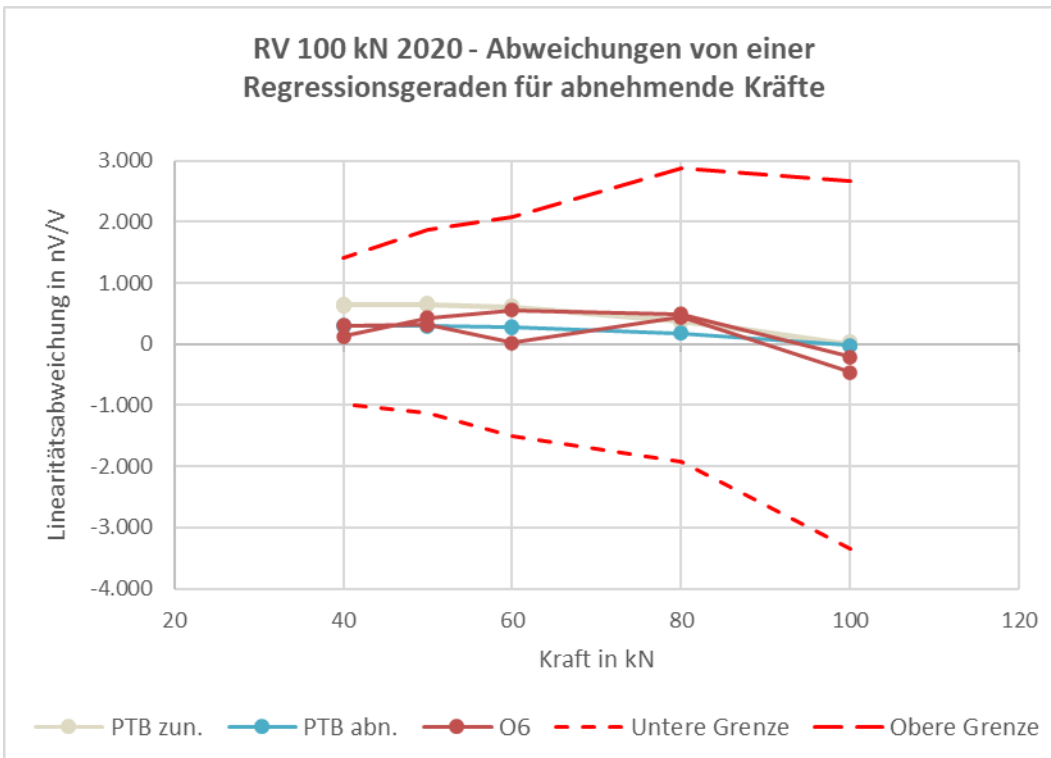
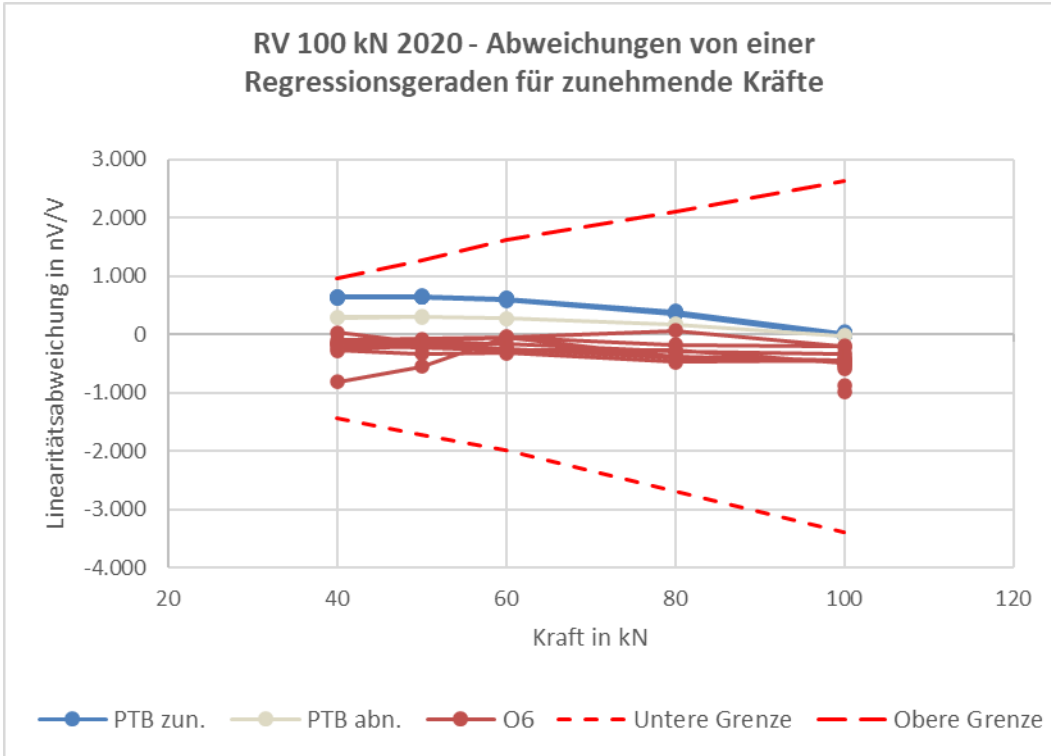


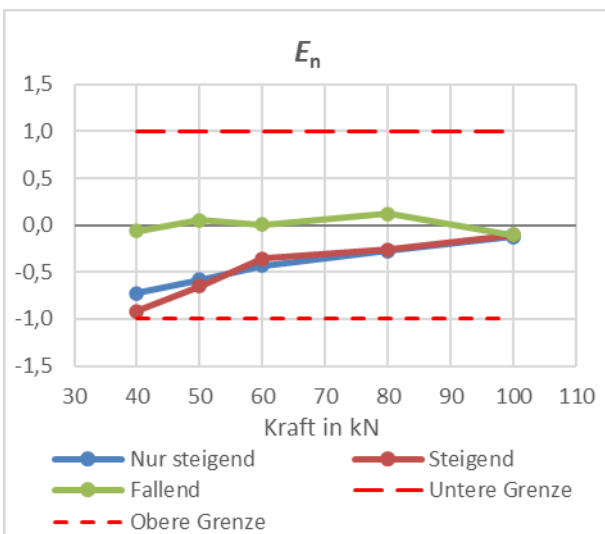
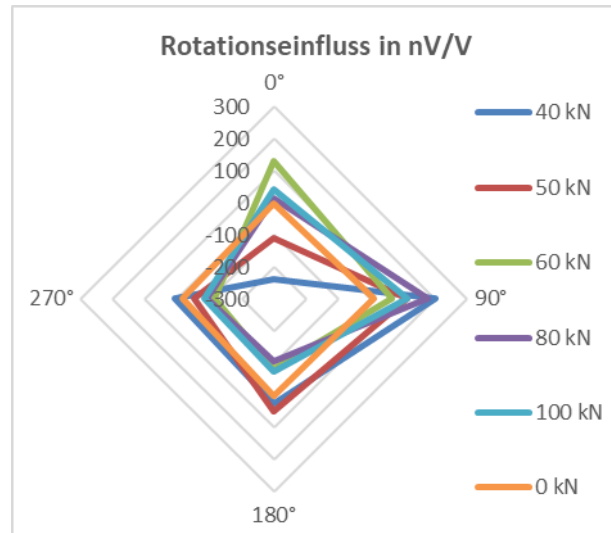
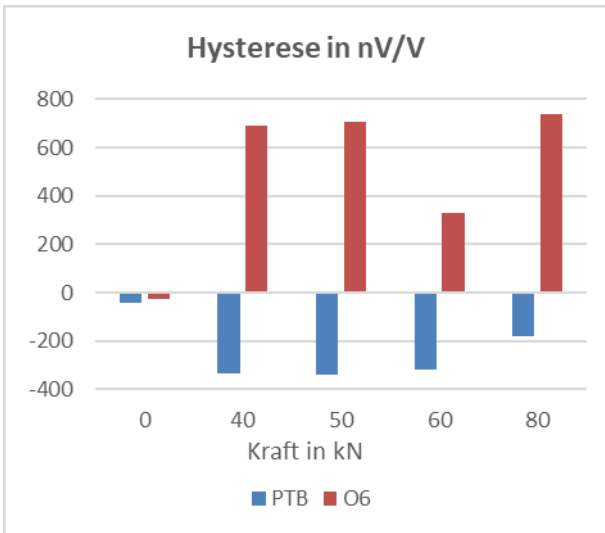
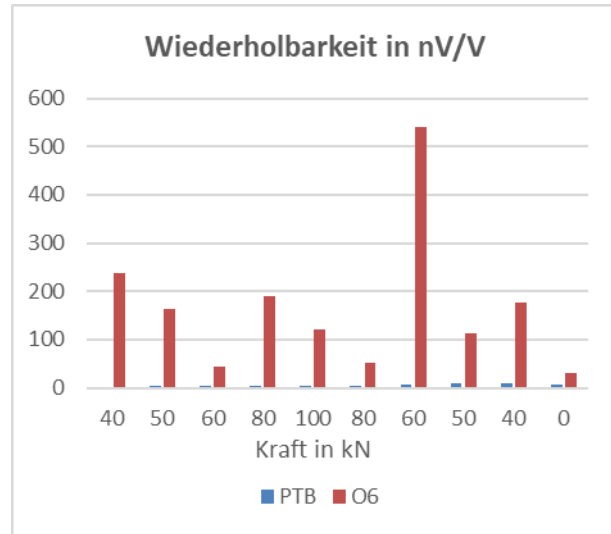
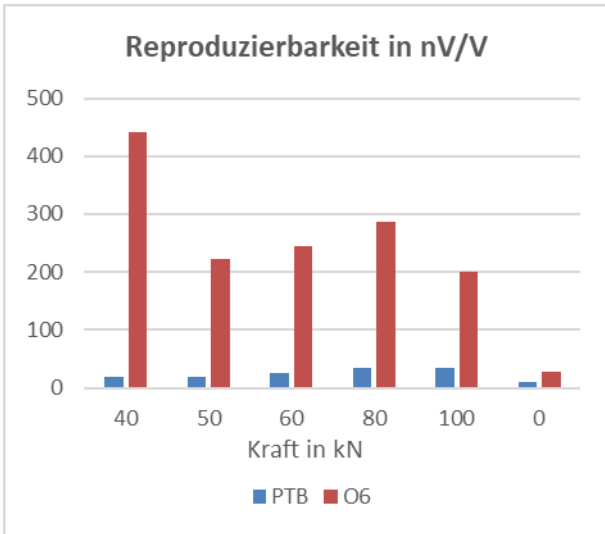
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,43	40	-0,42
50	-0,47	50	-0,47
60	-0,48	60	-0,48
80	-0,46	80	-0,47
100	-0,48	100	-0,49
80	-0,38	-	-
60	-0,30	-	-
50	-0,25	-	-
40	-0,14	-	-



**O6**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$

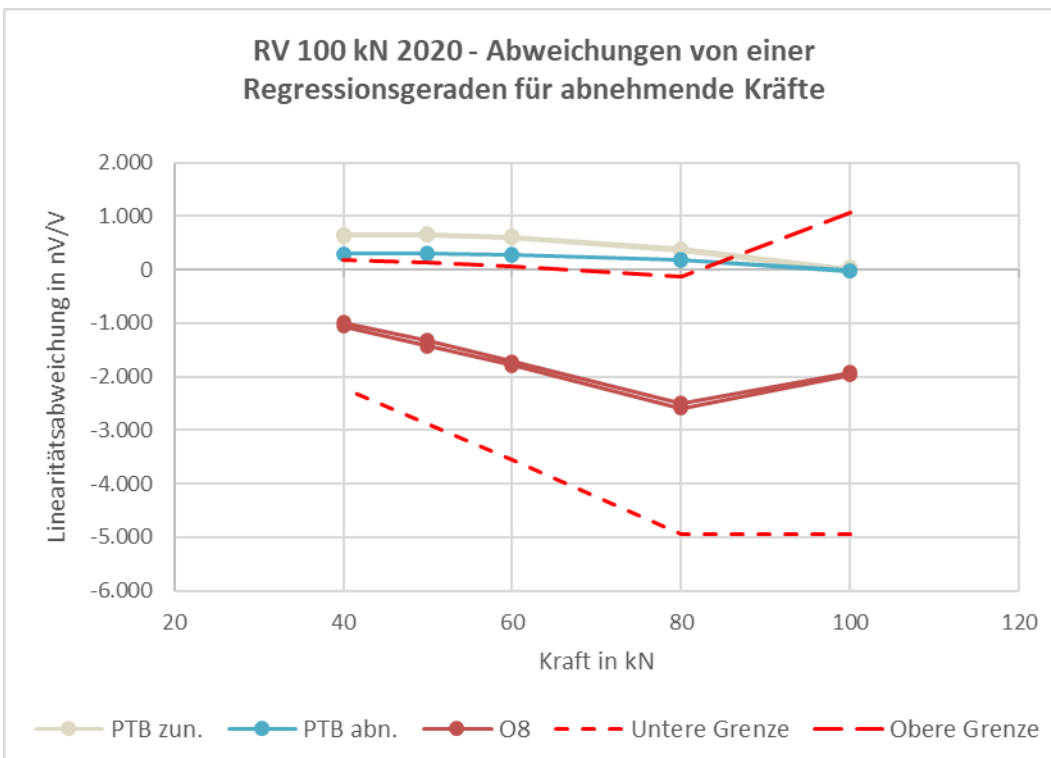
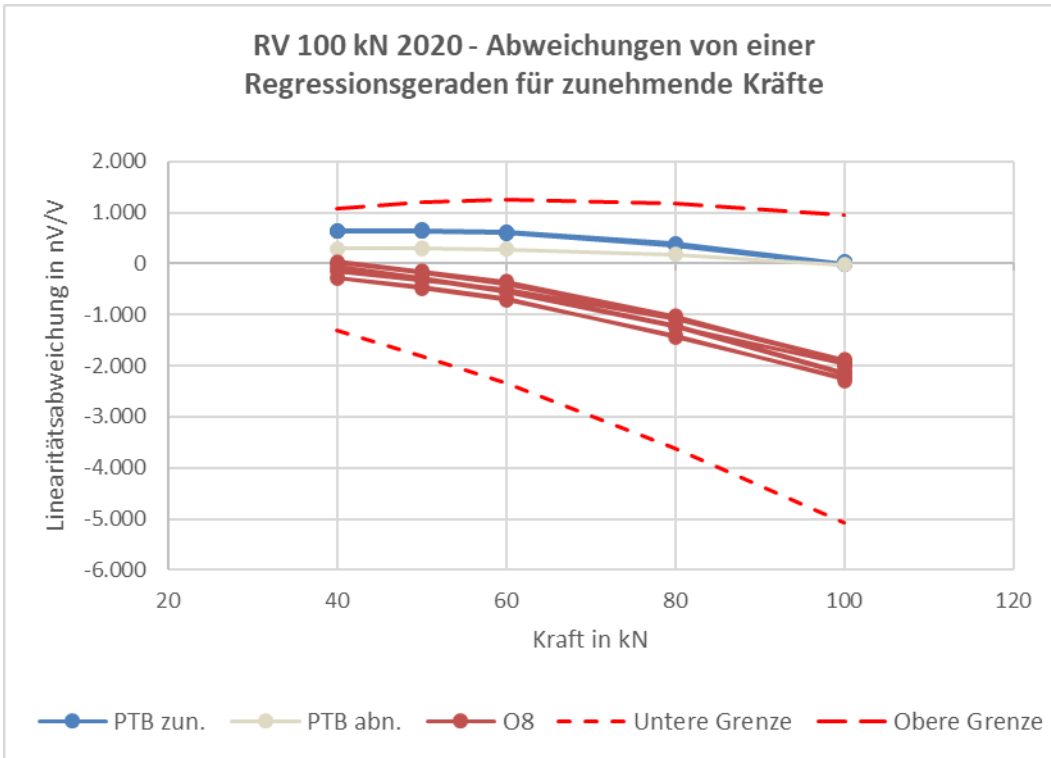


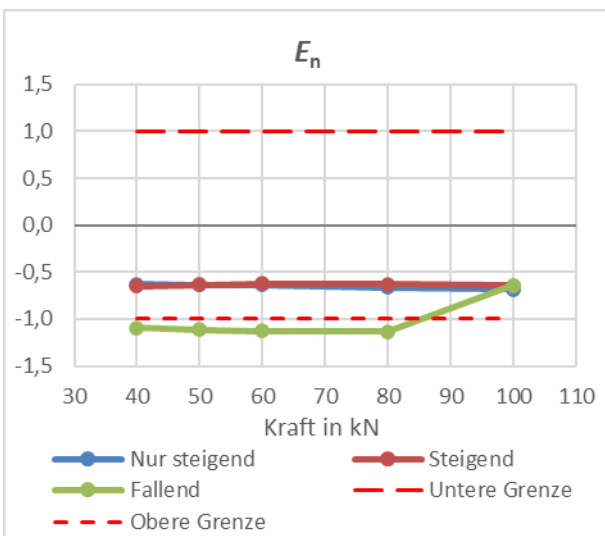
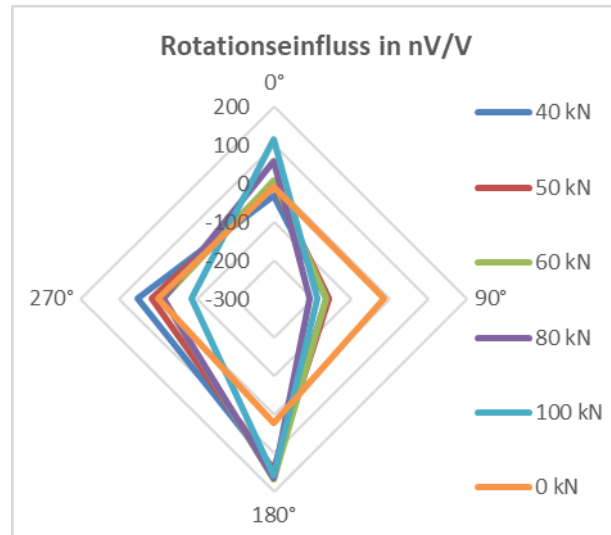
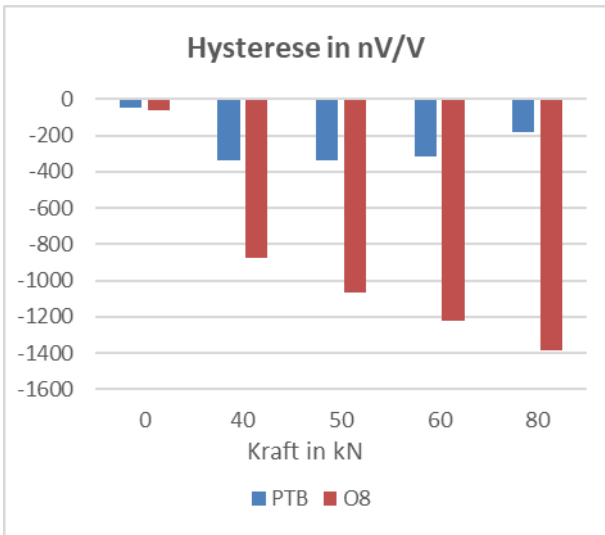
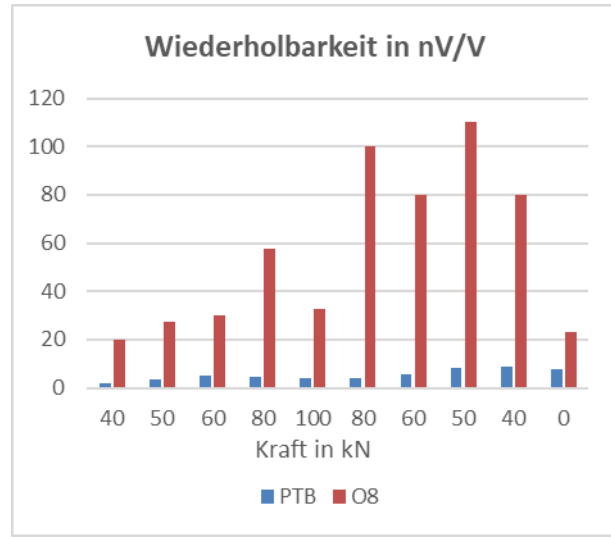
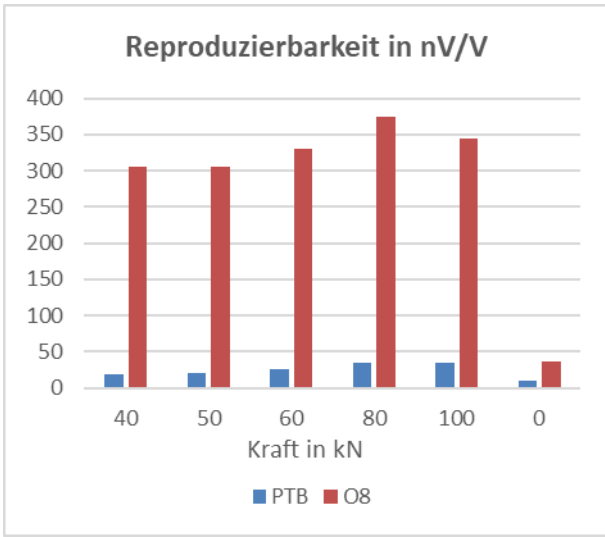


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,92	40	-0,73
50	-0,65	50	-0,58
60	-0,35	60	-0,43
80	-0,26	80	-0,28
100	-0,10	100	-0,12
80	0,12	-	-
60	0,00	-	-
50	0,05	-	-
40	-0,06	-	-

**O8**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$

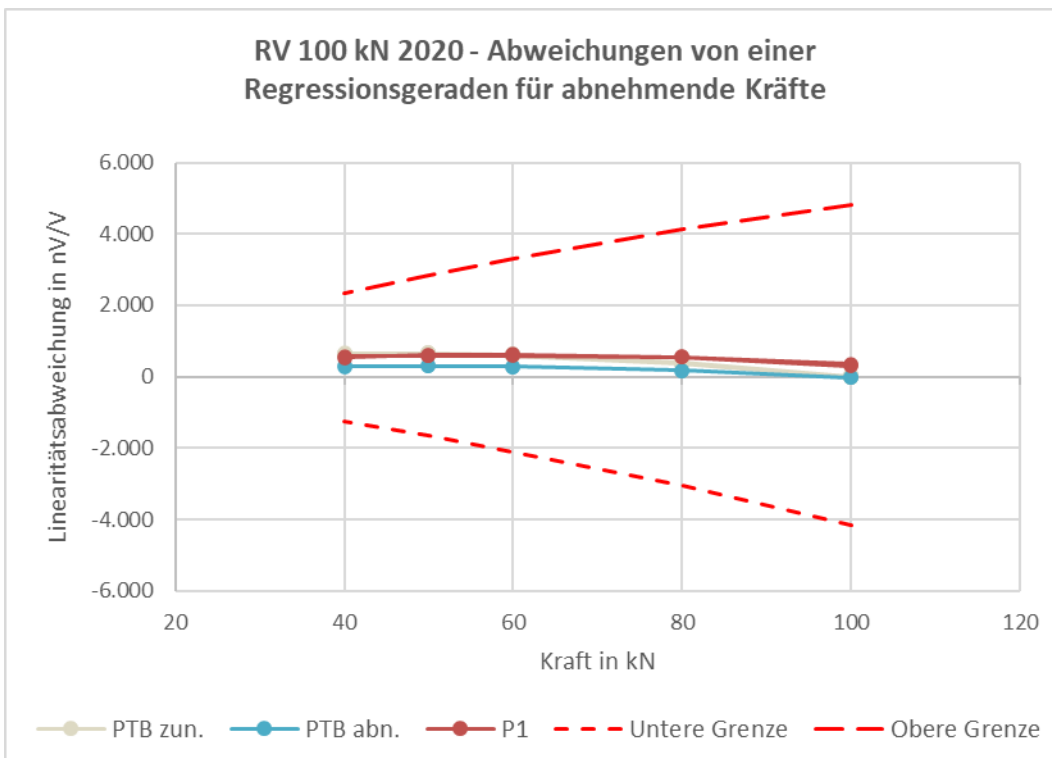
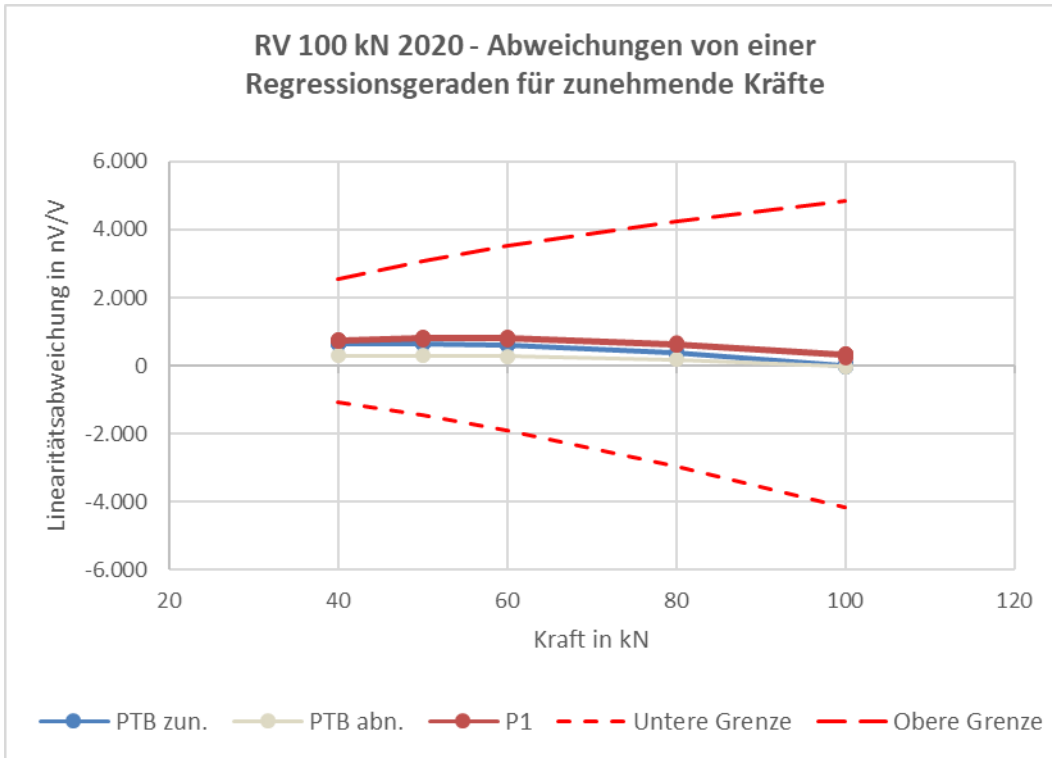


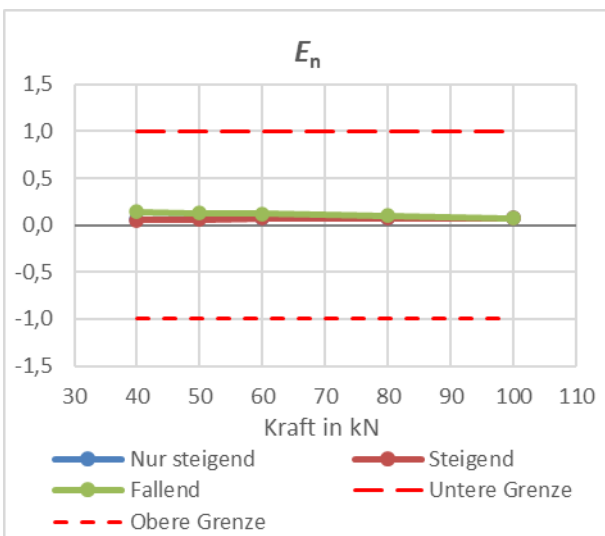
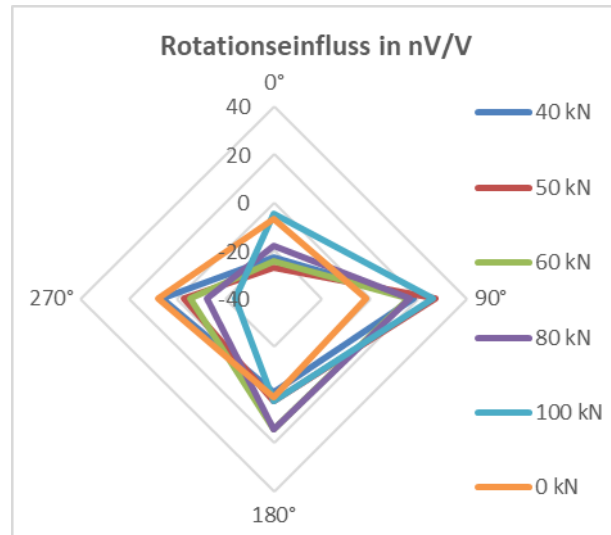
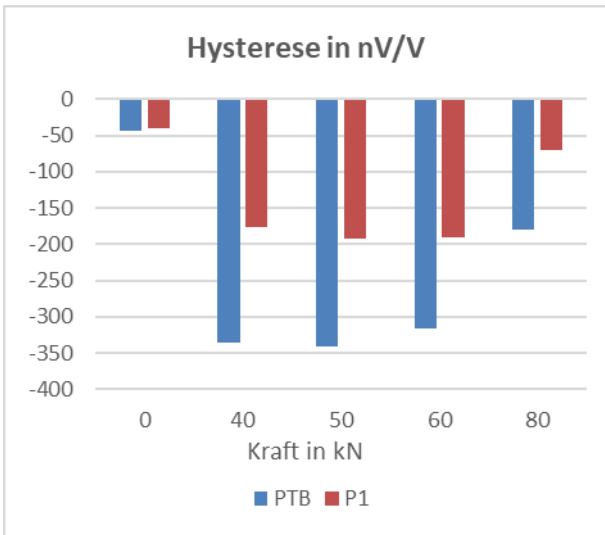
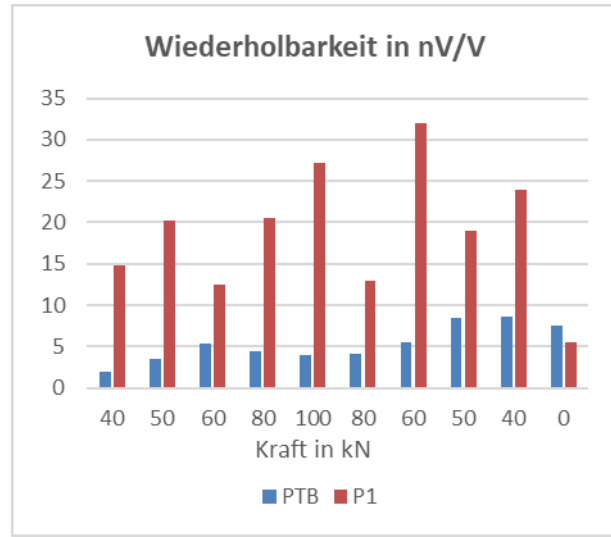
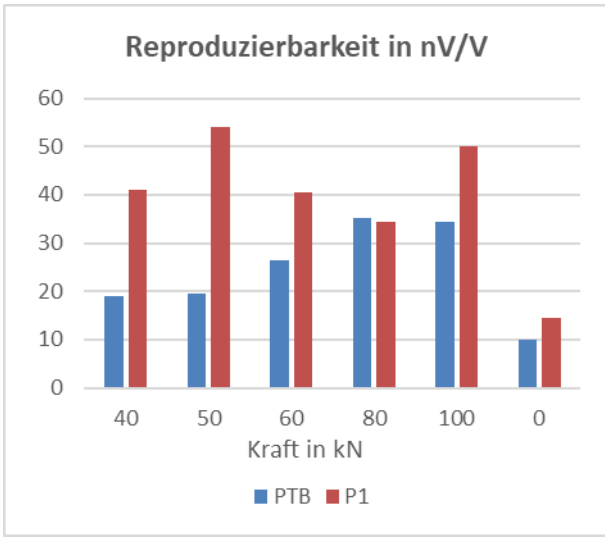


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,65	40	-0,63
50	-0,63	50	-0,64
60	-0,62	60	-0,64
80	-0,63	80	-0,66
100	-0,64	100	-0,68
80	-1,13	-	-
60	-1,13	-	-
50	-1,12	-	-
40	-1,09	-	-

**P1**

Bezugsnormal:  $W = 1,5 \cdot 10^{-3}$

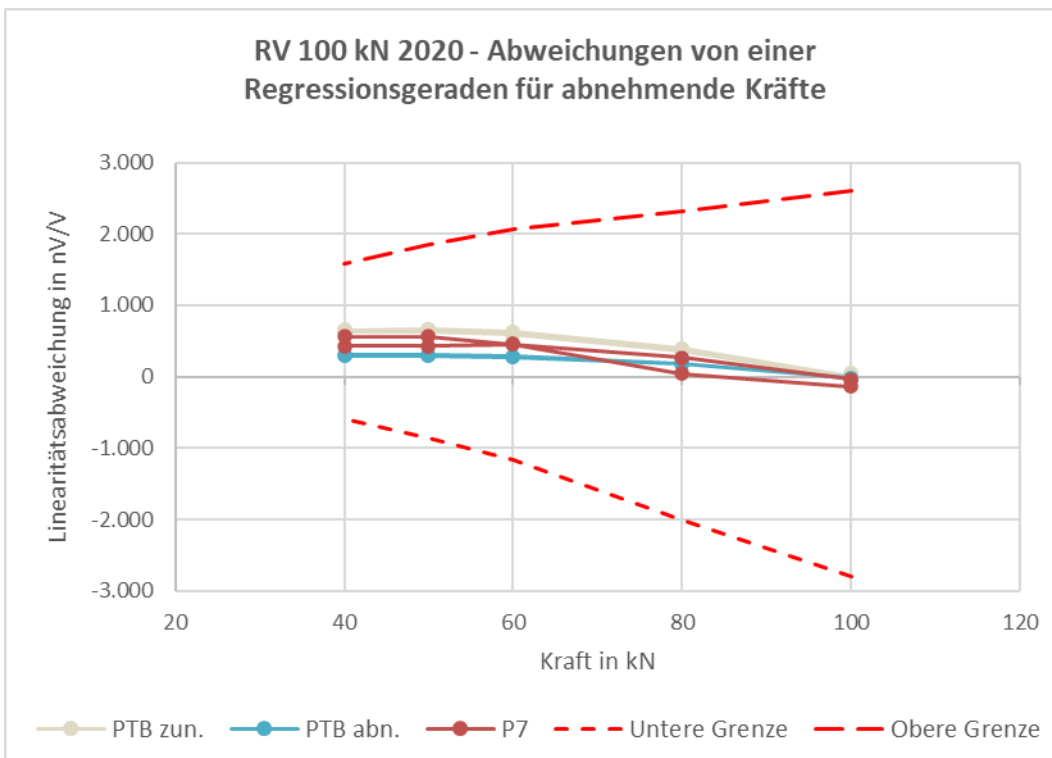
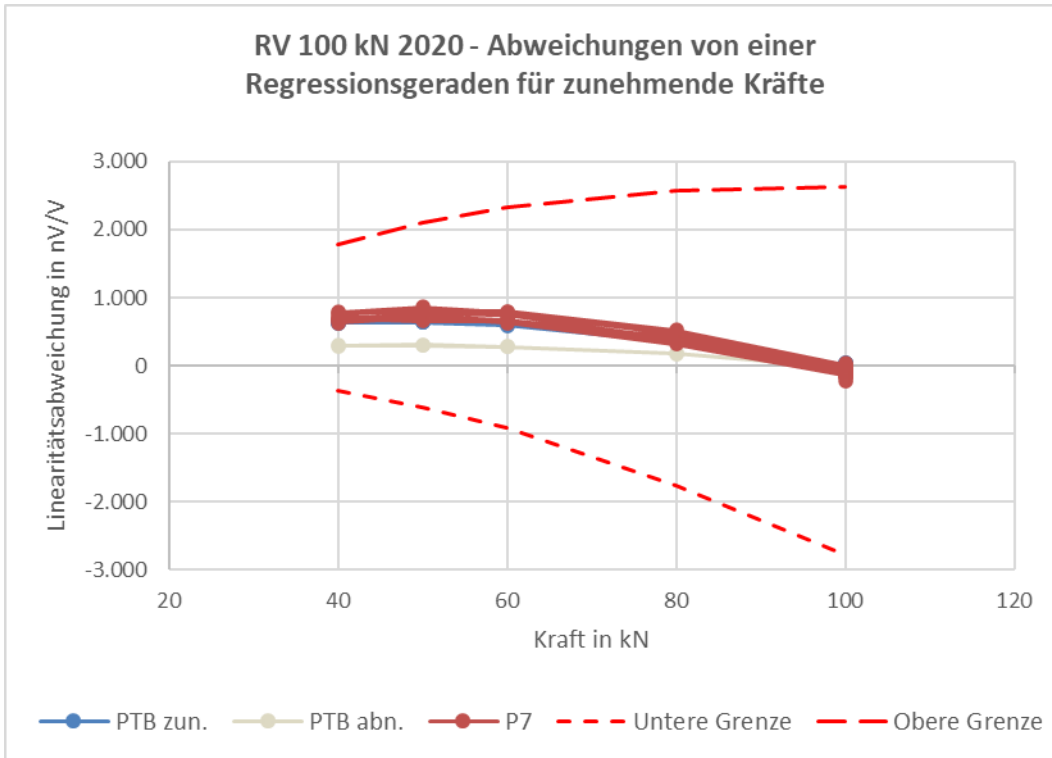


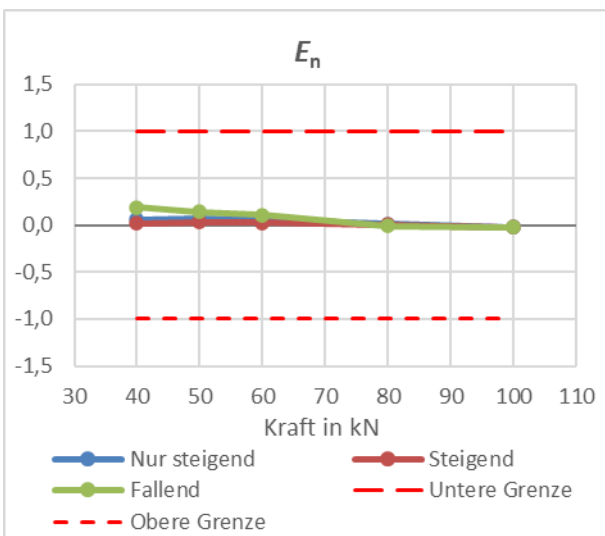
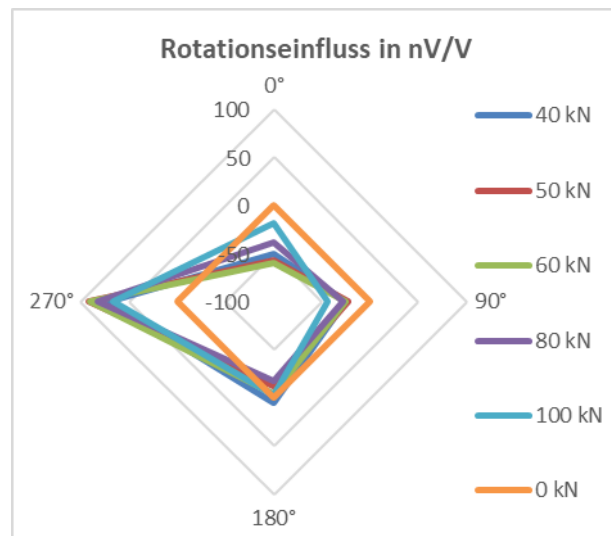
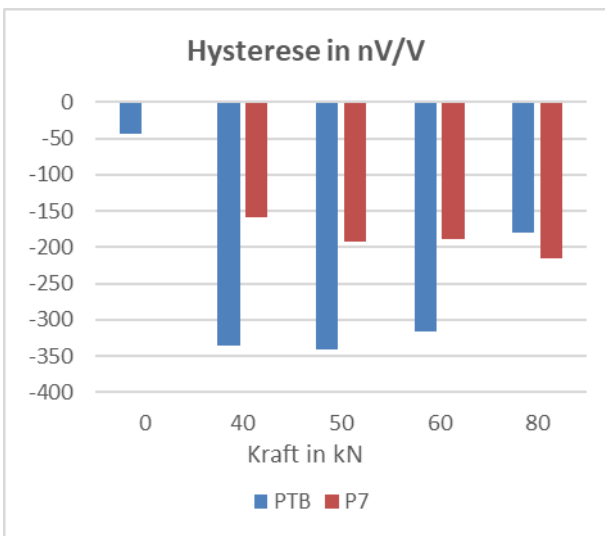
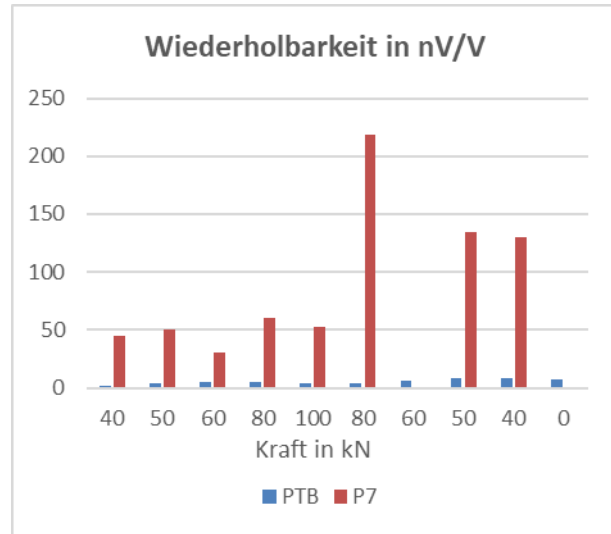
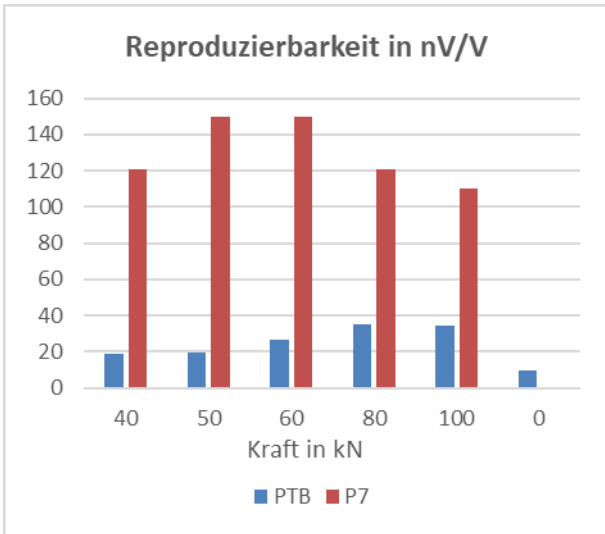


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,05	40	0,06
50	0,06	50	0,07
60	0,07	60	0,08
80	0,07	80	0,07
100	0,08	100	0,07
80	0,10	-	-
60	0,12	-	-
50	0,13	-	-
40	0,14	-	-

**P7**

Bezugsnormal:  $W = 9 \cdot 10^{-4}$



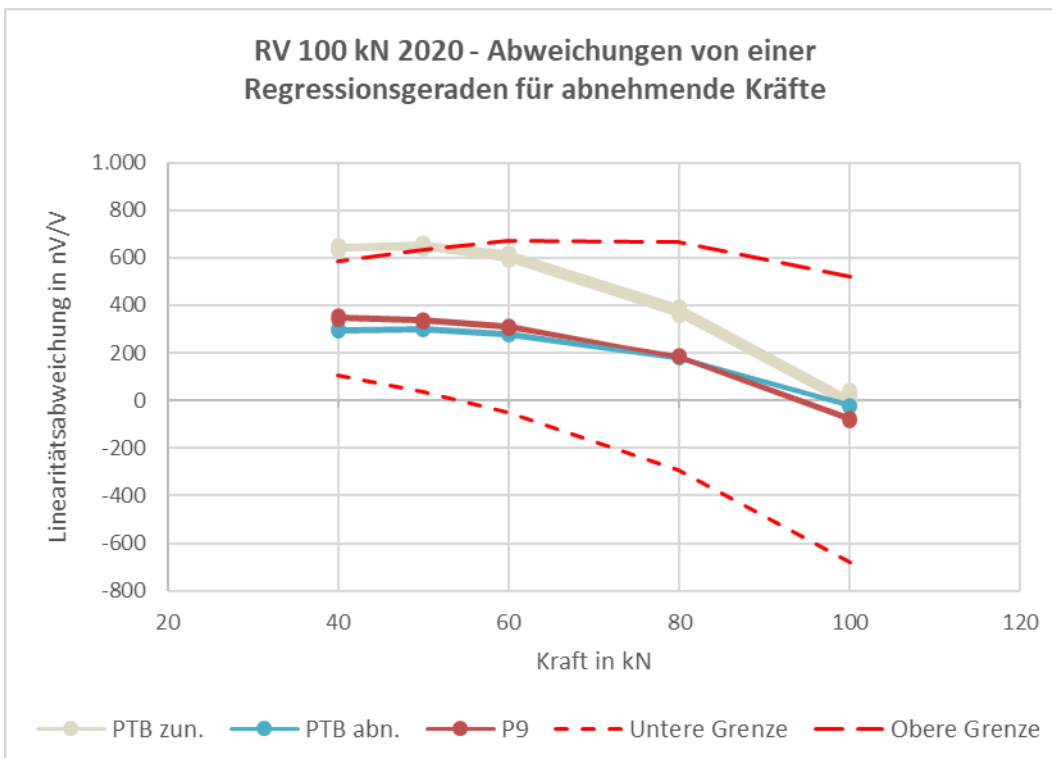
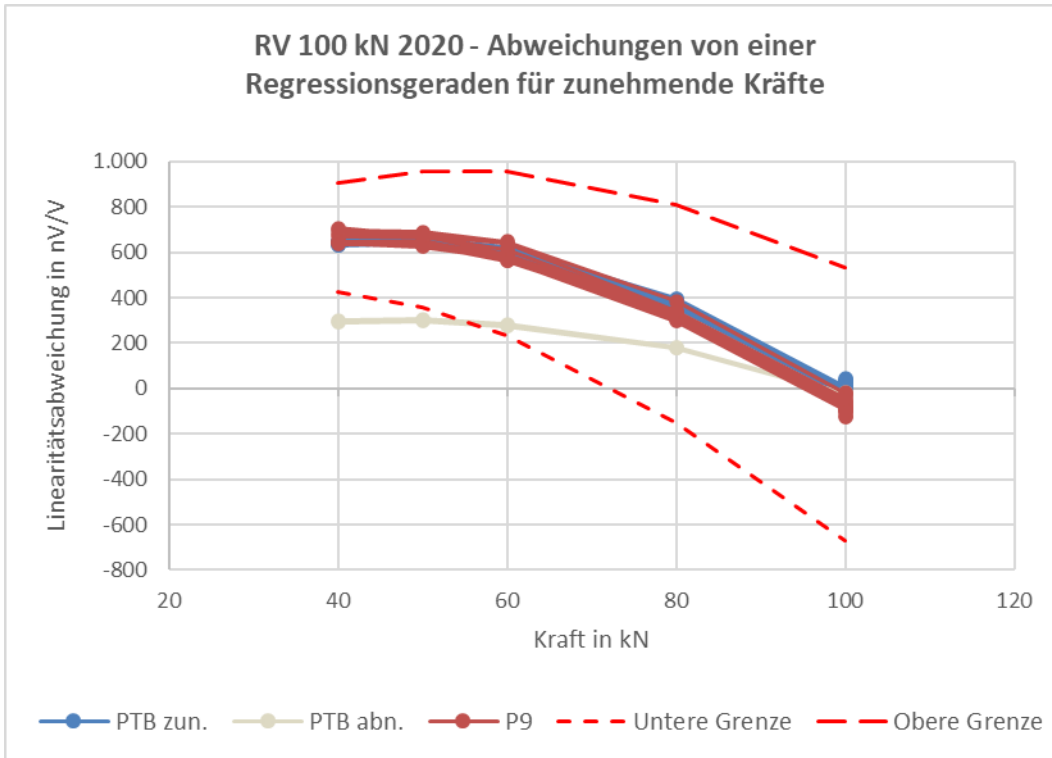


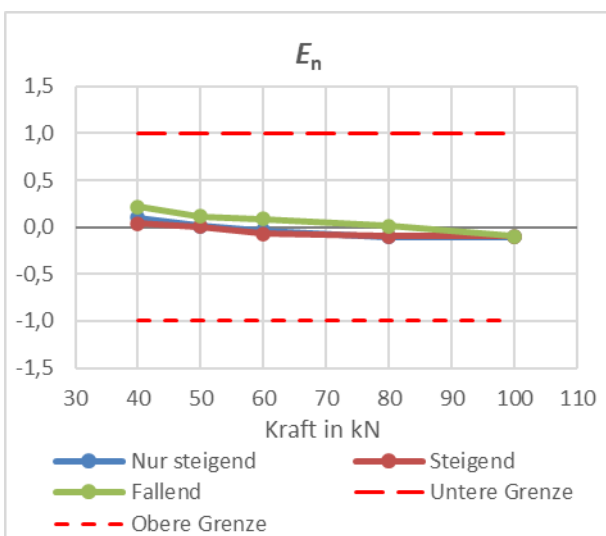
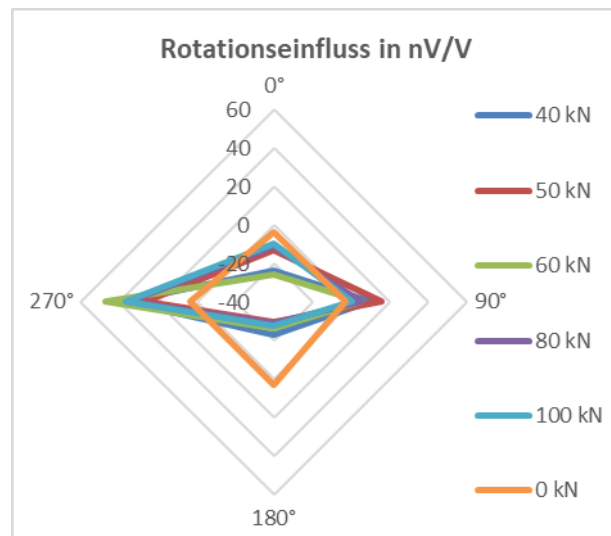
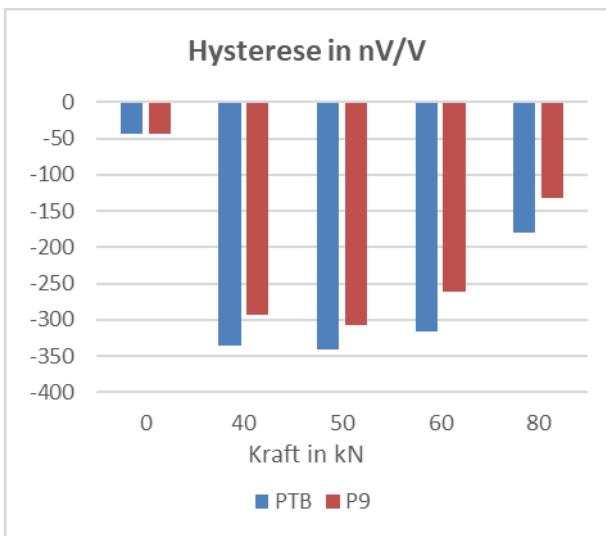
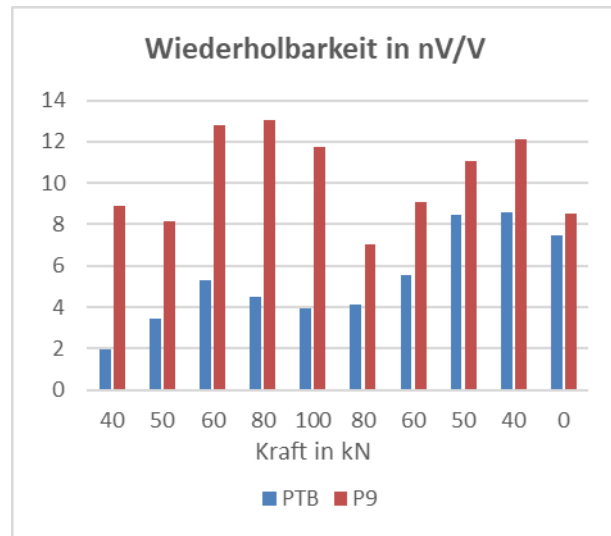
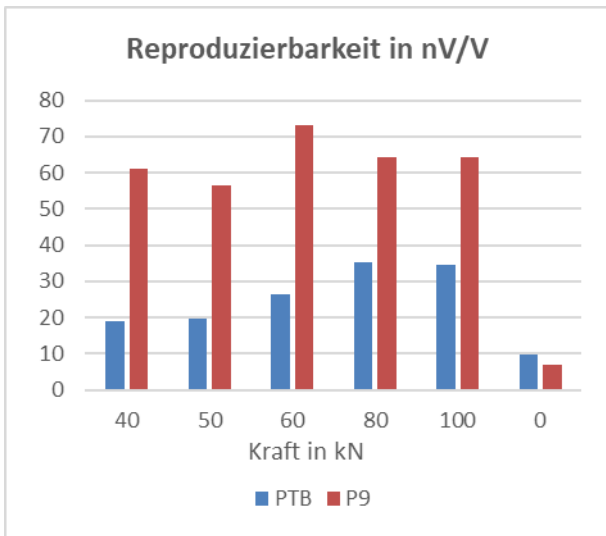
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,02	40	0,06
50	0,03	50	0,07
60	0,03	60	0,06
80	0,00	80	0,01
100	-0,03	100	-0,02
80	-0,01	-	-
60	0,11	-	-
50	0,14	-	-
40	0,19	-	-



**P9**

Bezugsnormal:  $W = 2 \cdot 10^{-4}$

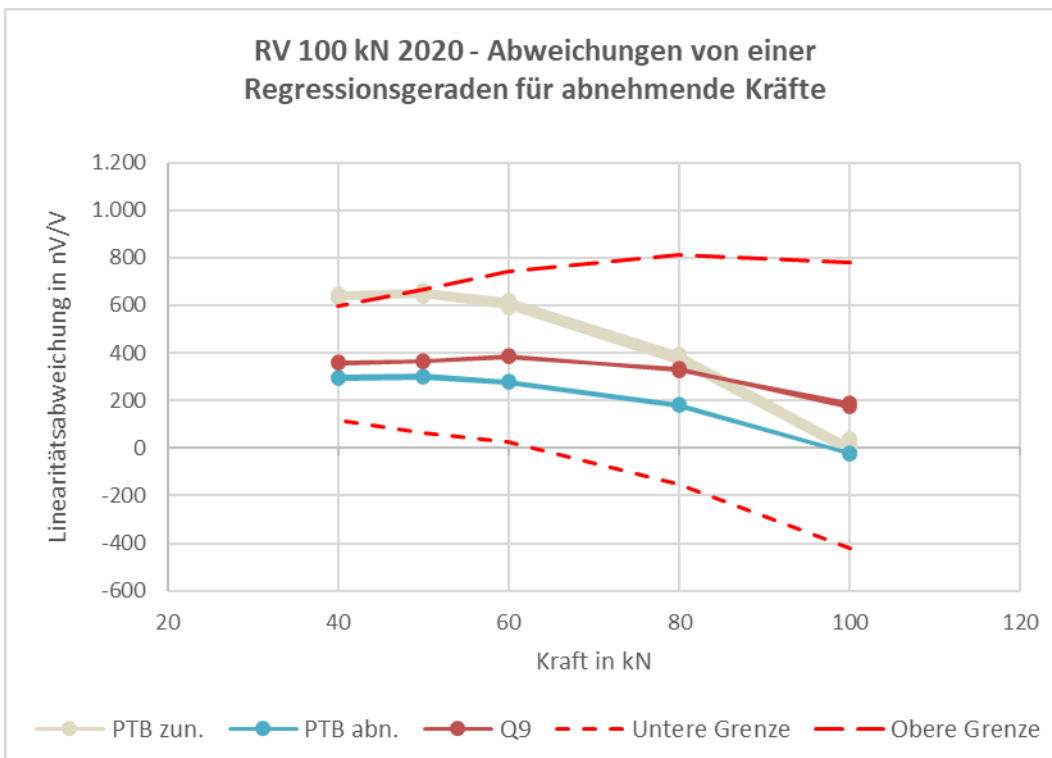
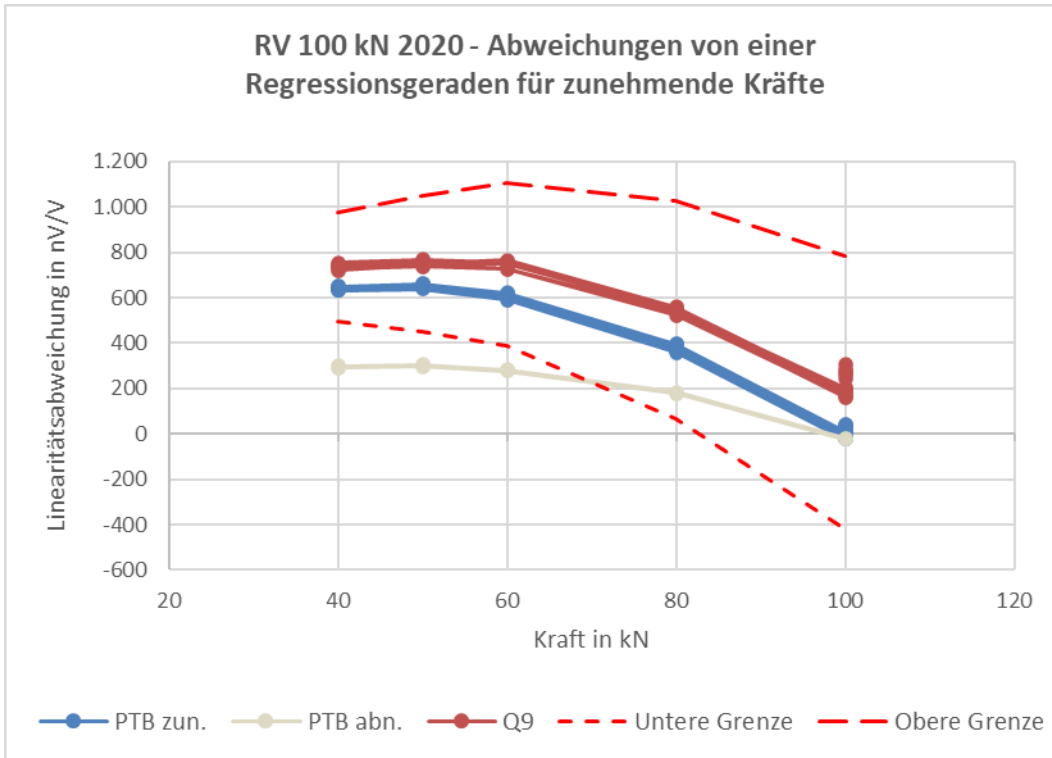


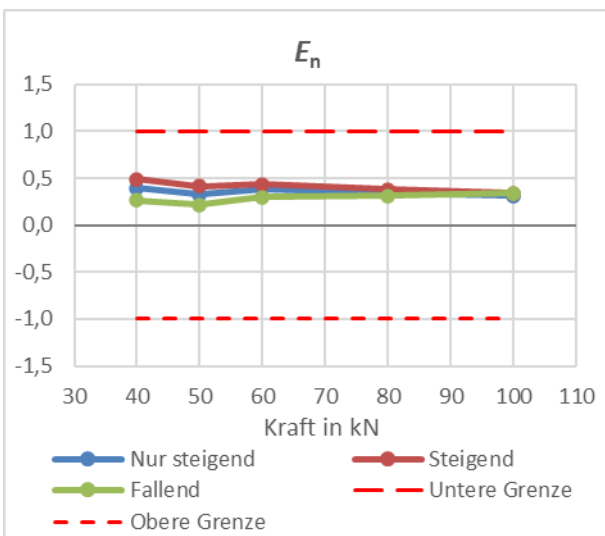
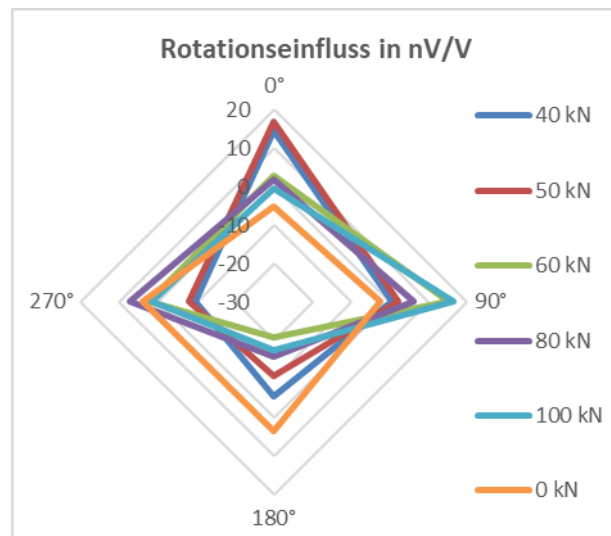
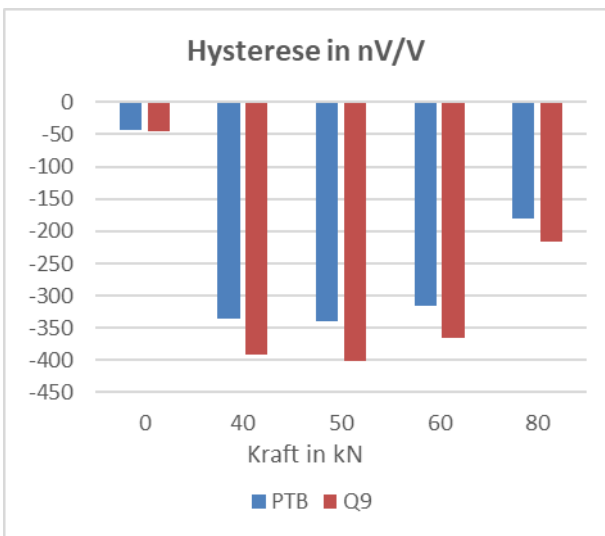
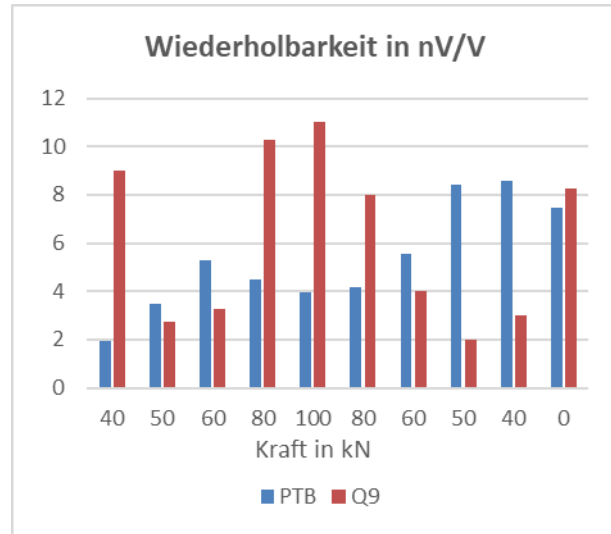
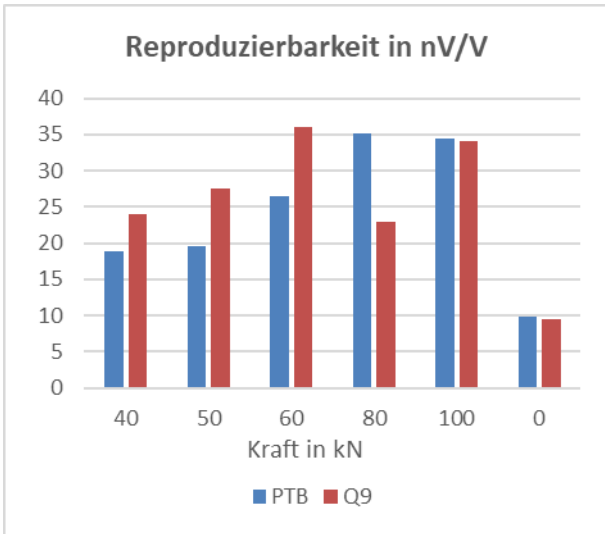


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,04	40	0,10
50	0,00	50	0,01
60	-0,07	60	-0,04
80	-0,10	80	-0,10
100	-0,09	100	-0,10
80	0,01	-	-
60	0,08	-	-
50	0,12	-	-
40	0,22	-	-

**Q9**

Bezugsnormal:  $W = 2 \cdot 10^{-4}$

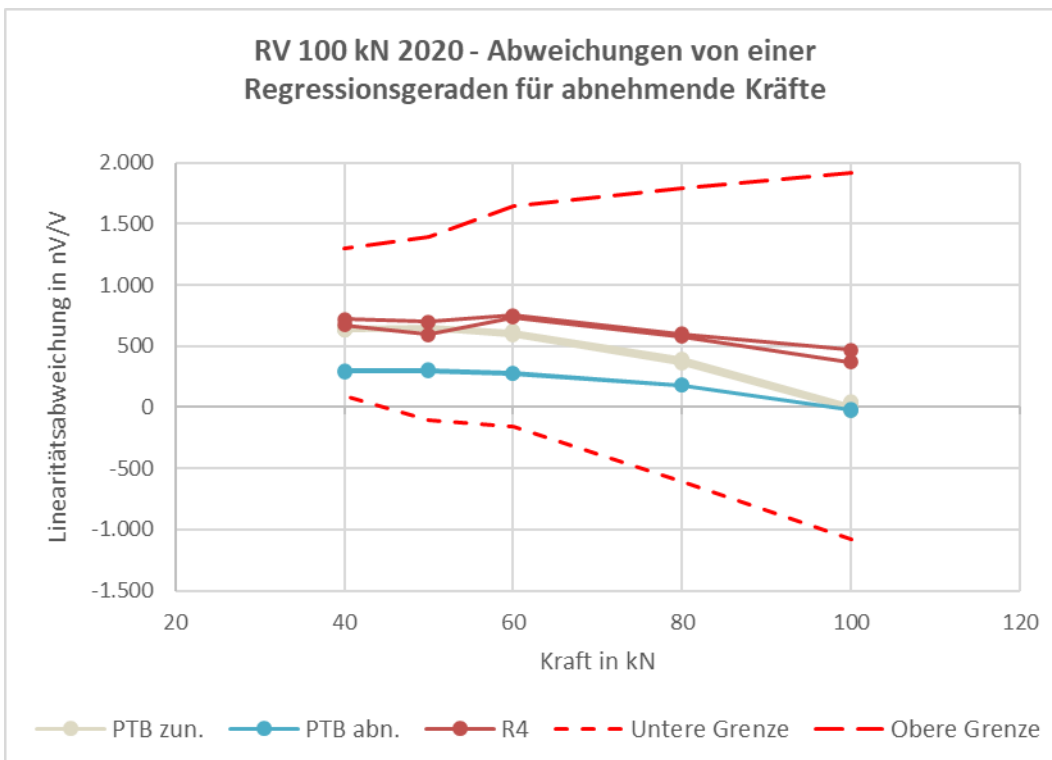
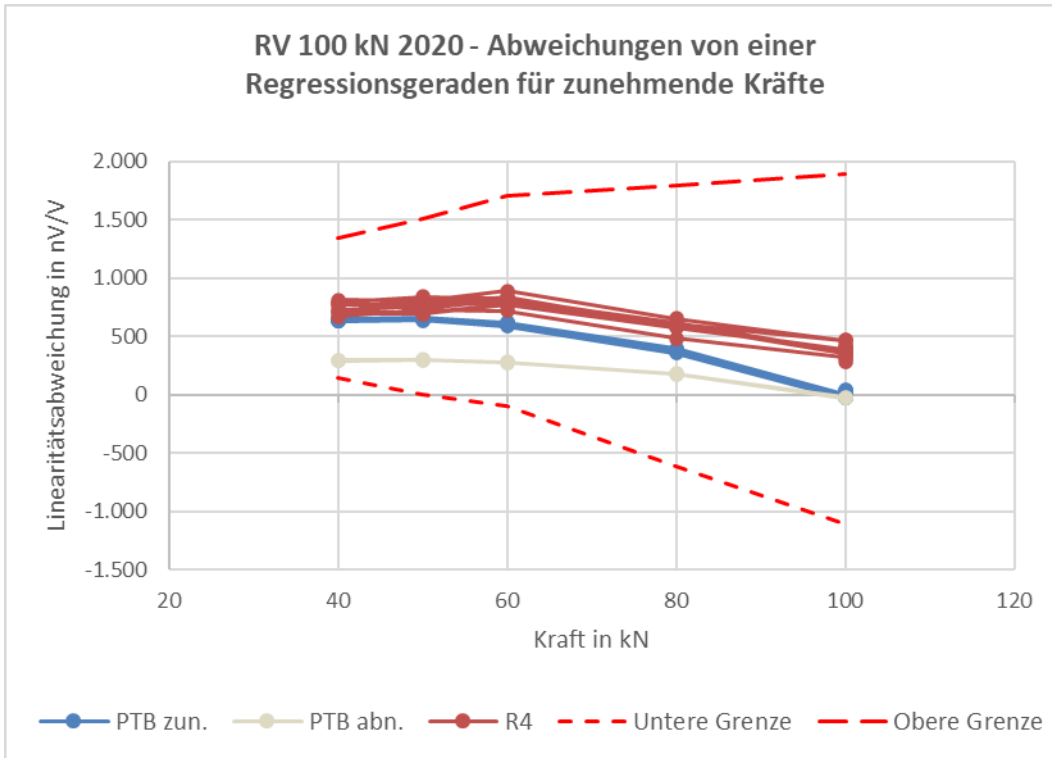


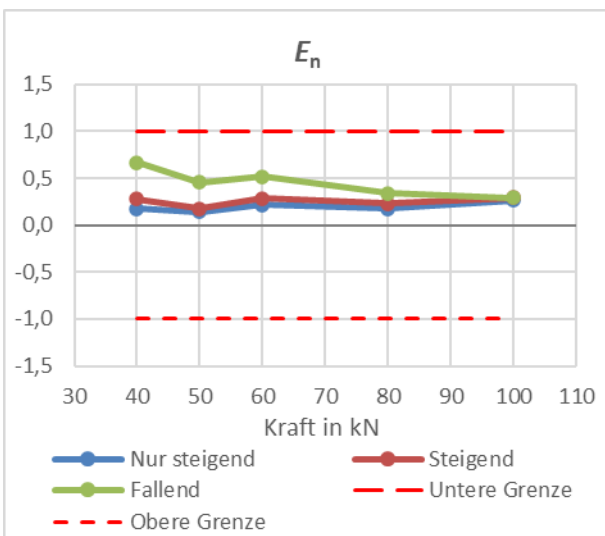
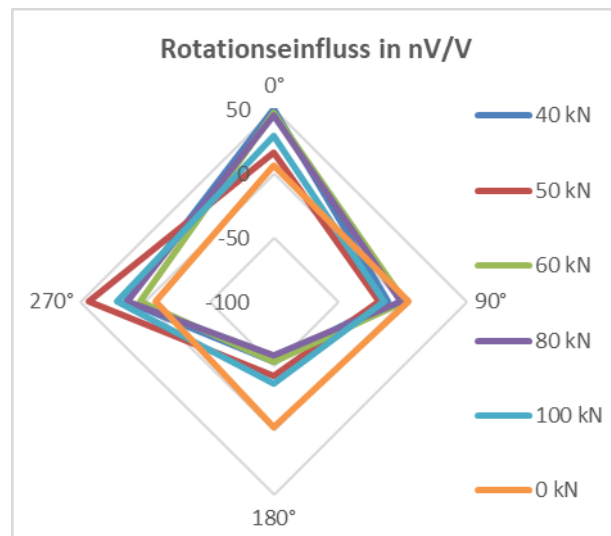
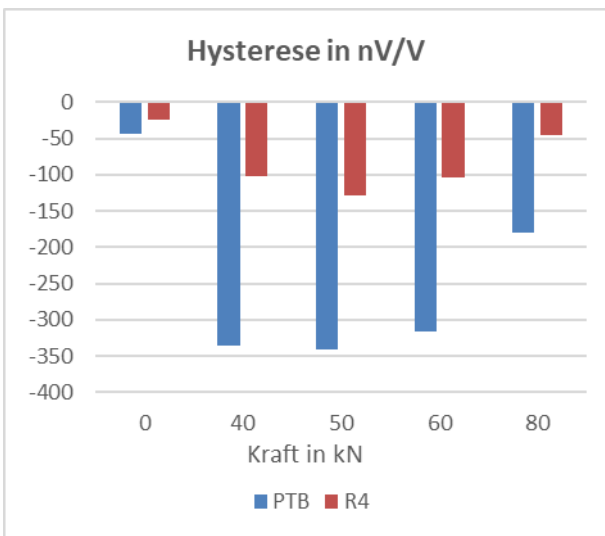
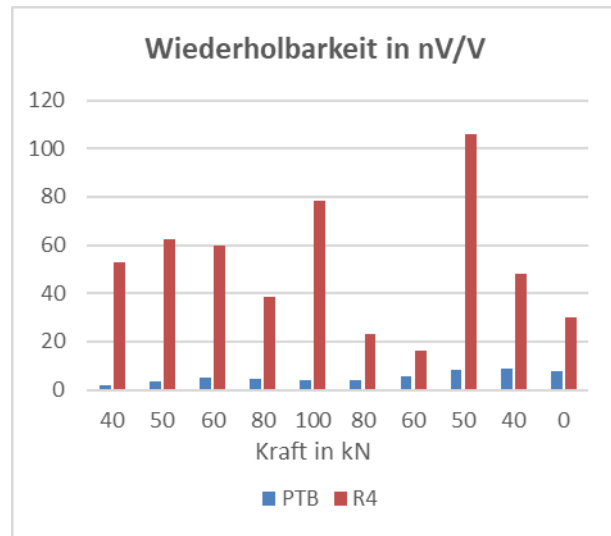
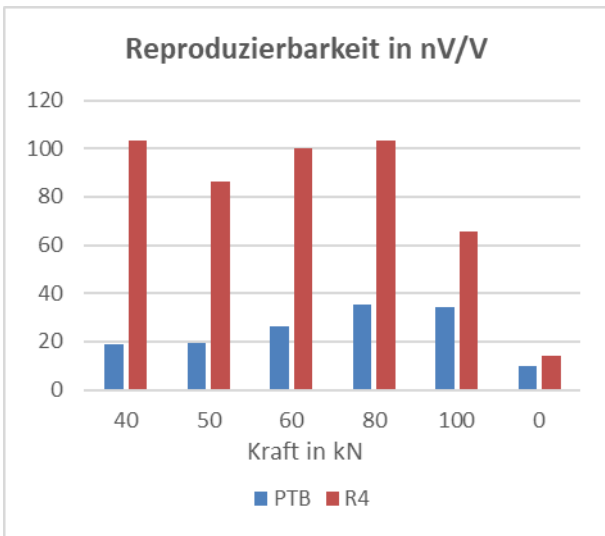


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,49	40	0,40
50	0,41	50	0,32
60	0,43	60	0,39
80	0,38	80	0,35
100	0,34	100	0,31
80	0,31	-	-
60	0,30	-	-
50	0,22	-	-
40	0,26	-	-

**R4**

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-4}$

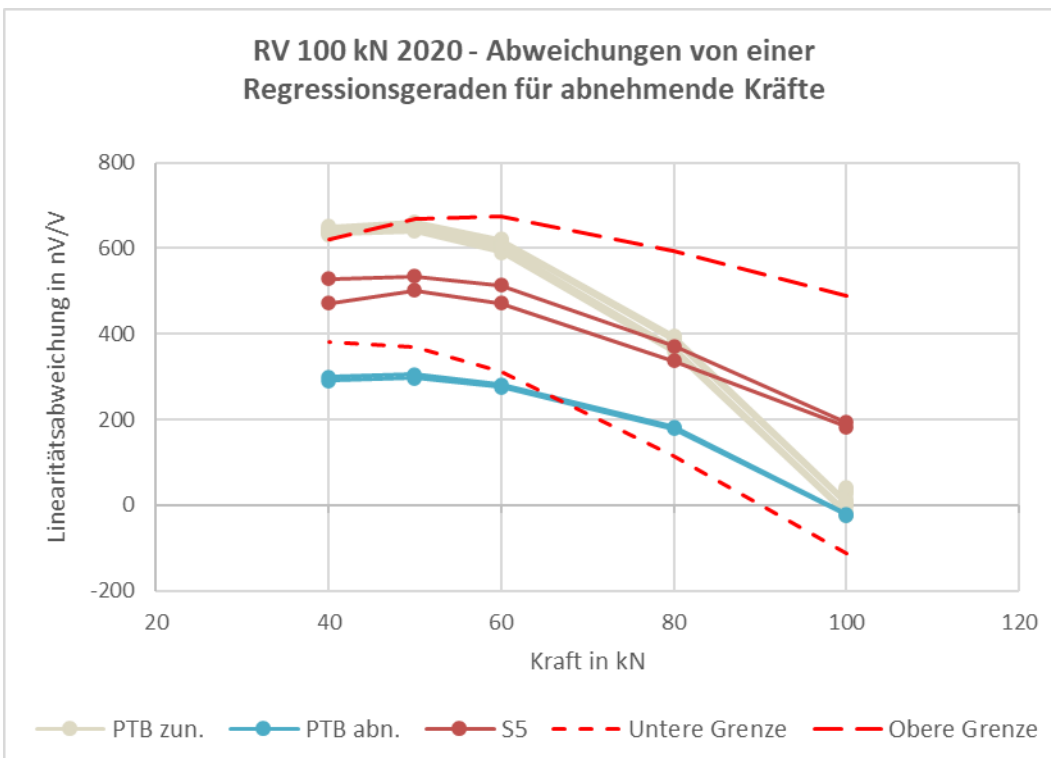
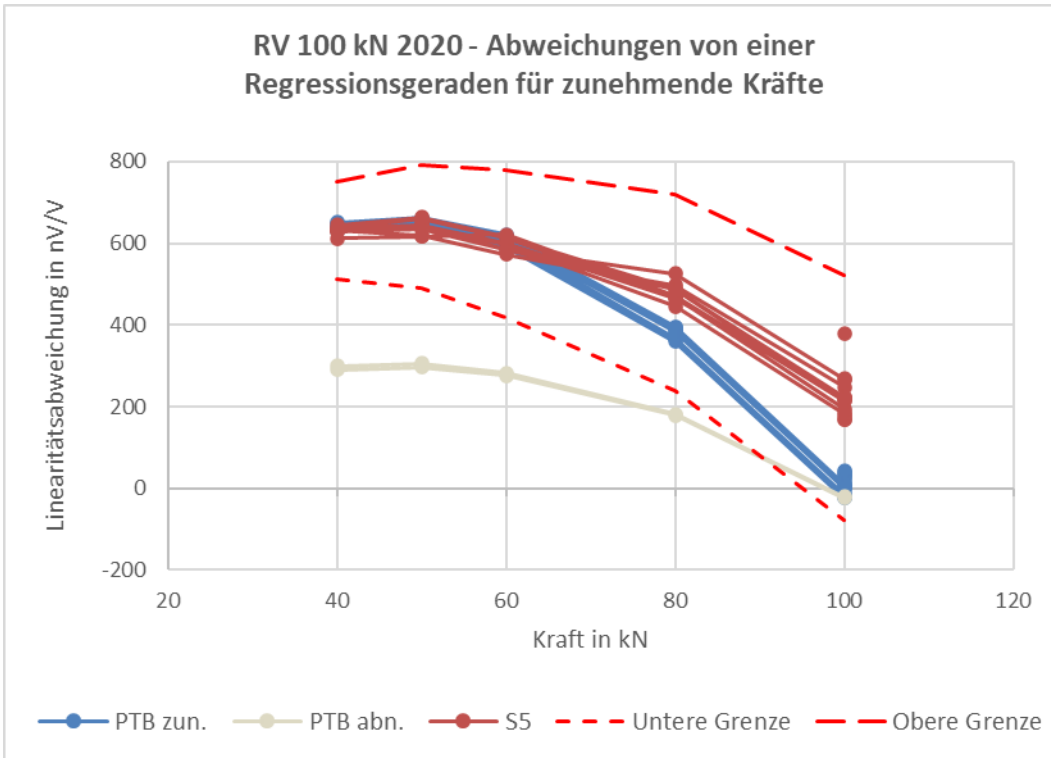




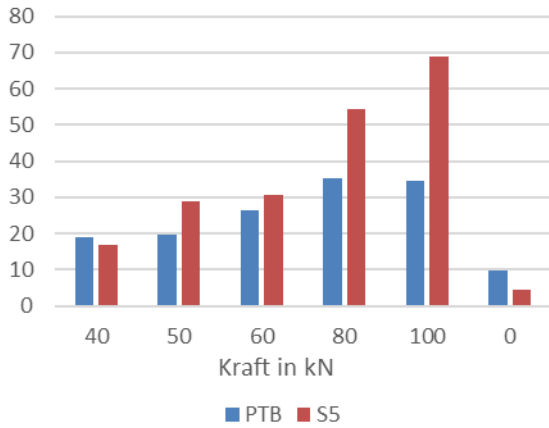
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,28	40	0,18
50	0,18	50	0,14
60	0,28	60	0,22
80	0,23	80	0,18
100	0,29	100	0,26
80	0,34	-	-
60	0,52	-	-
50	0,46	-	-
40	0,67	-	-

**S5**

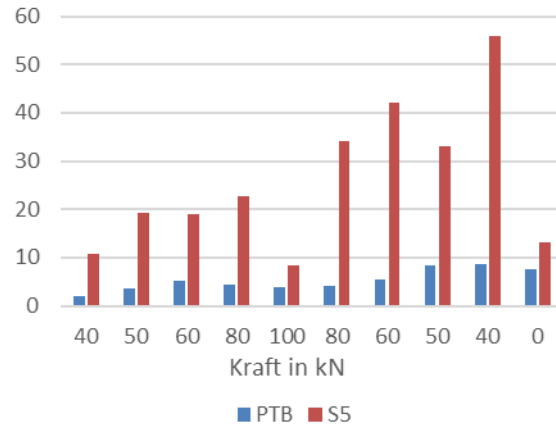
Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-4}$



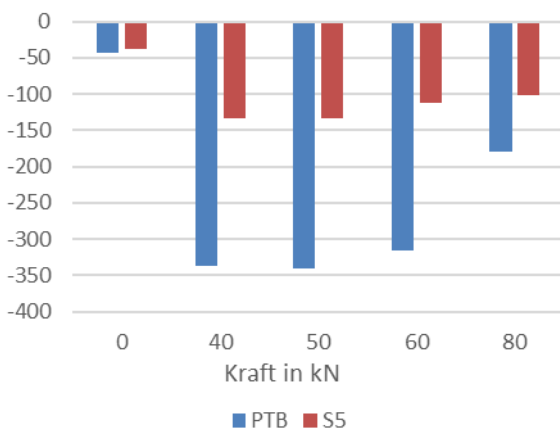
Reproduzierbarkeit in nV/V



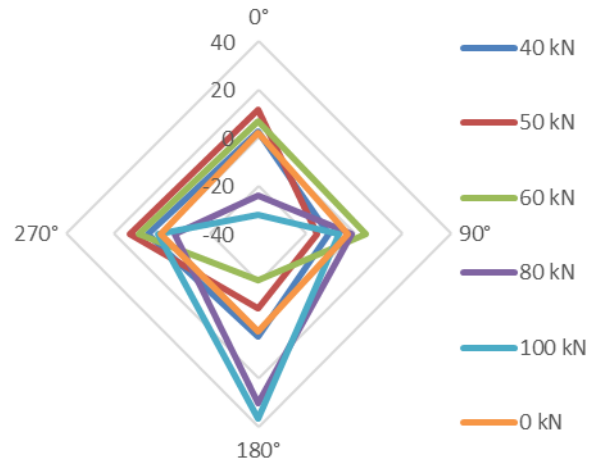
Wiederholbarkeit in nV/V



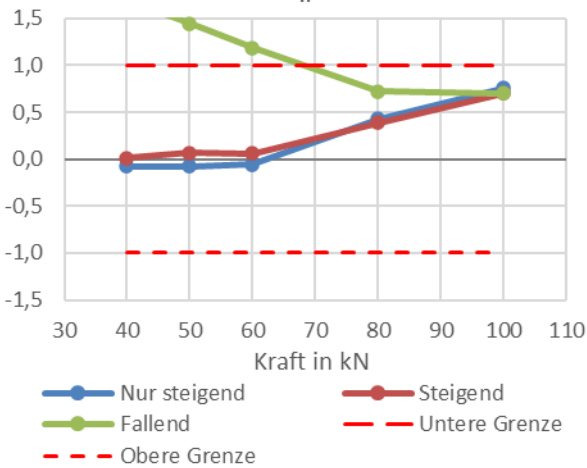
Hysterese in nV/V



Rotationseinfluss in nV/V



$E_n$

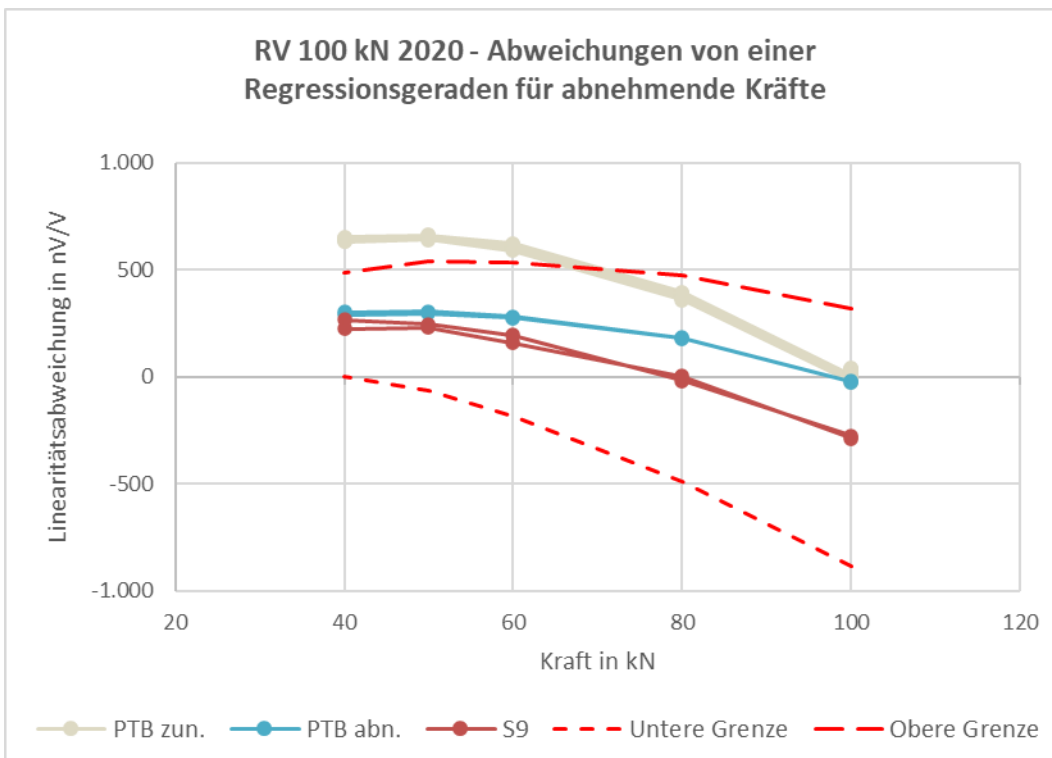
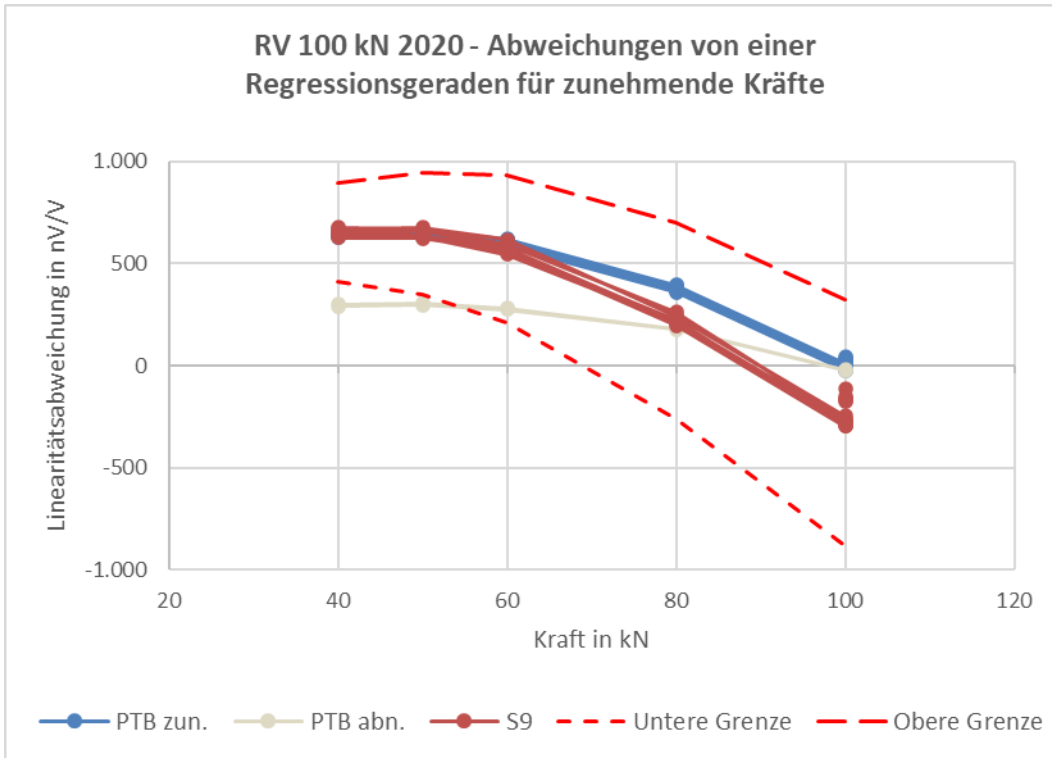


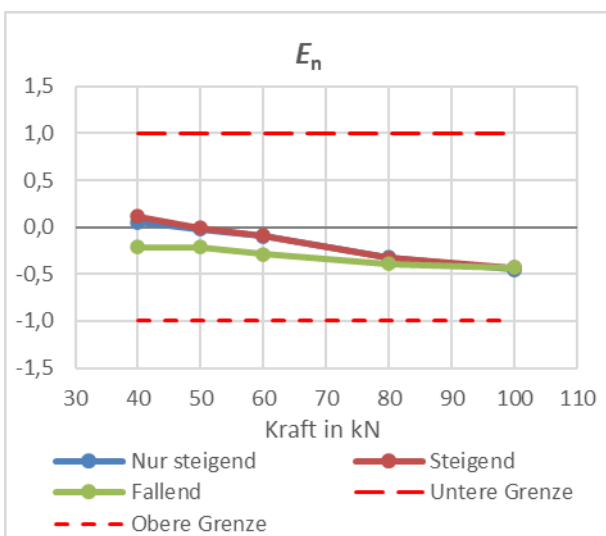
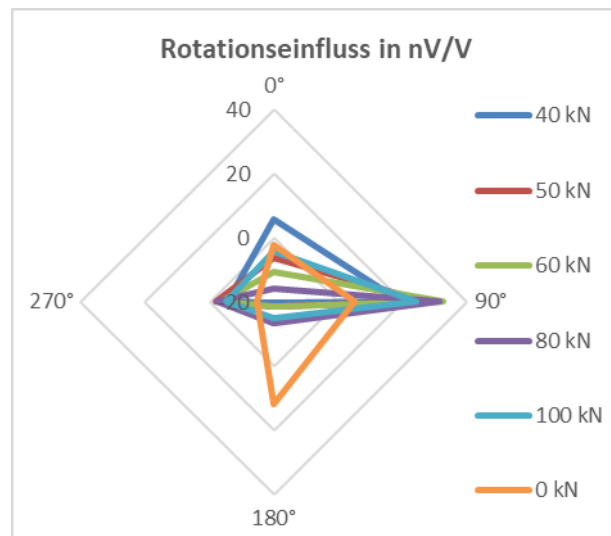
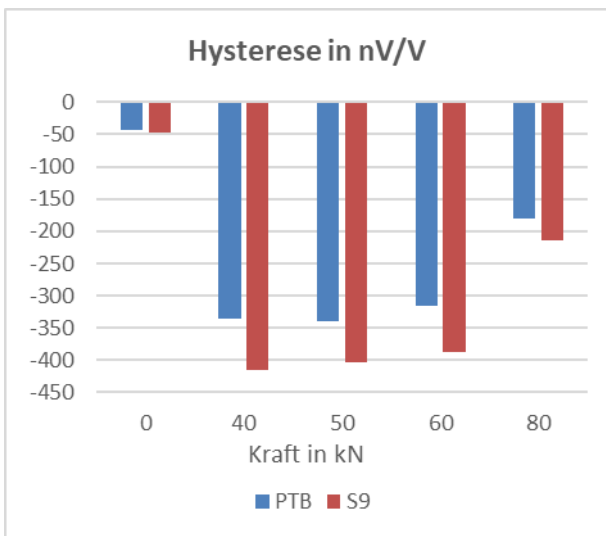
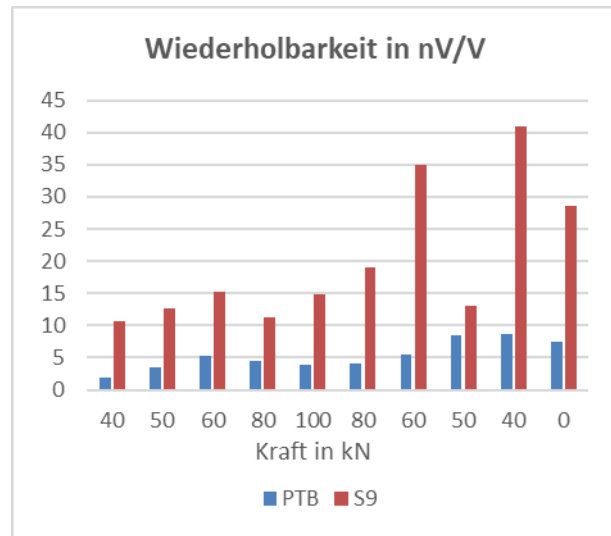
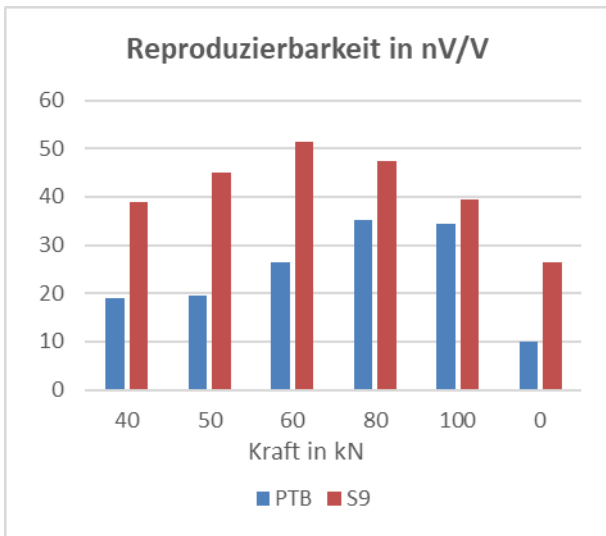
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,01	40	-0,07
50	0,07	50	-0,08
60	0,06	60	-0,06
80	0,39	80	0,43
100	0,70	100	0,76
80	0,72	-	-
60	1,19	-	-
50	1,44	-	-
40	1,70	-	-



### S9 – Messung 1

Bezugsnormal:  $W = 2 \cdot 10^{-4}$

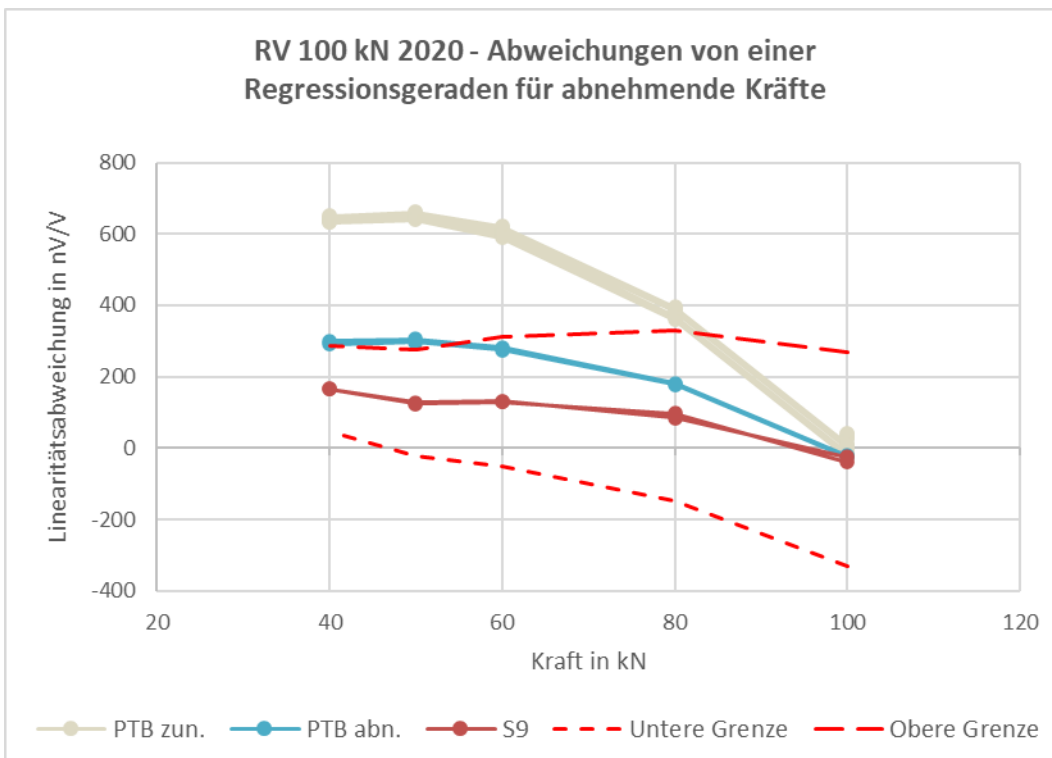
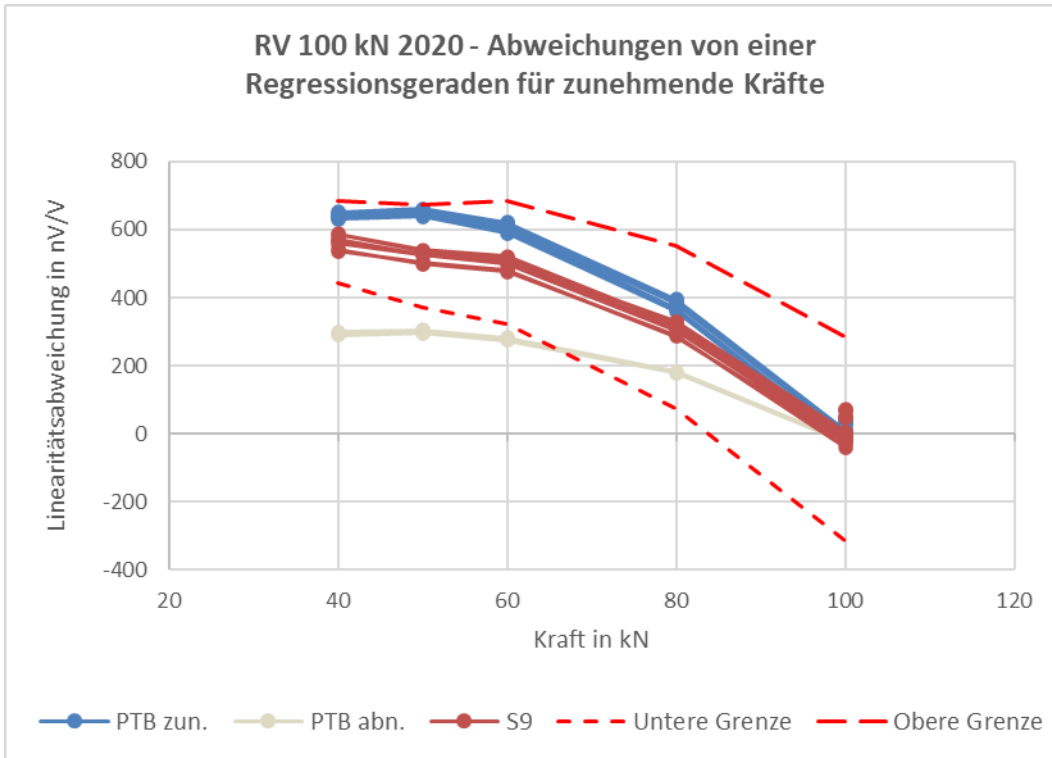


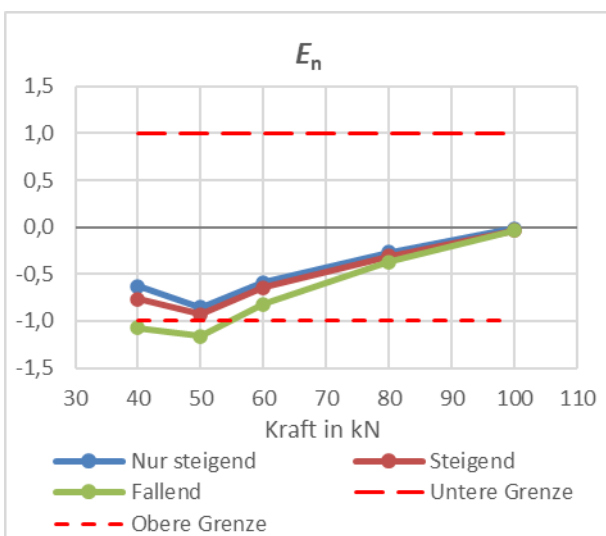
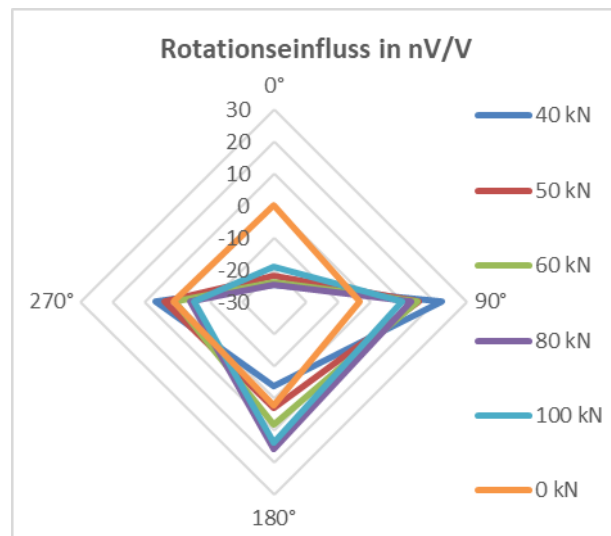
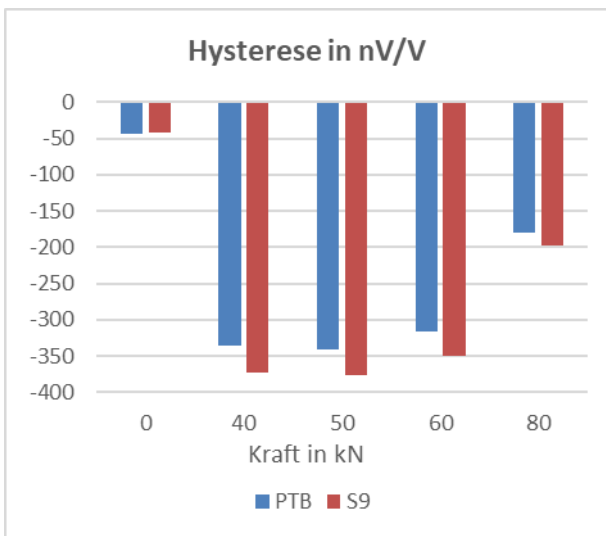
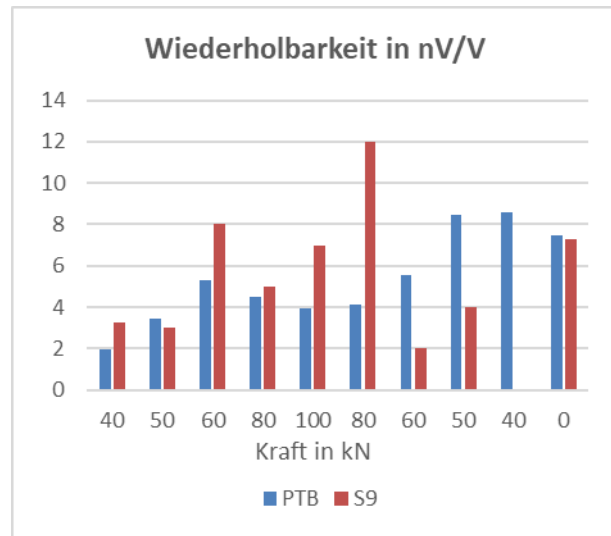
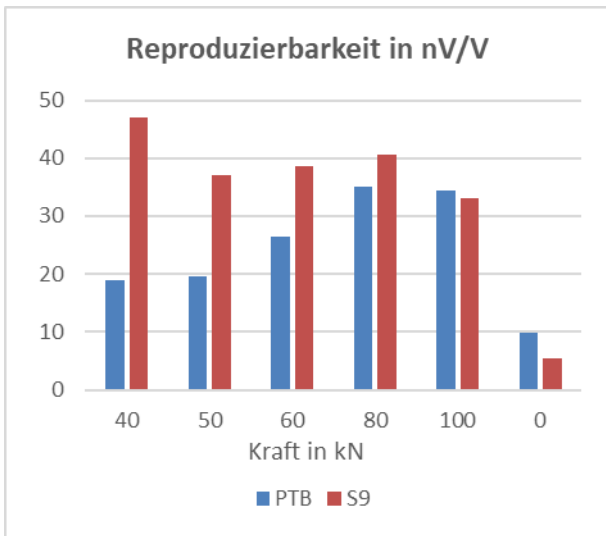


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,11	40	0,05
50	-0,01	50	-0,02
60	-0,09	60	-0,10
80	-0,33	80	-0,32
100	-0,43	100	-0,45
80	-0,39	-	-
60	-0,29	-	-
50	-0,21	-	-
40	-0,21	-	-

## S9 – Messung 2

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-4}$

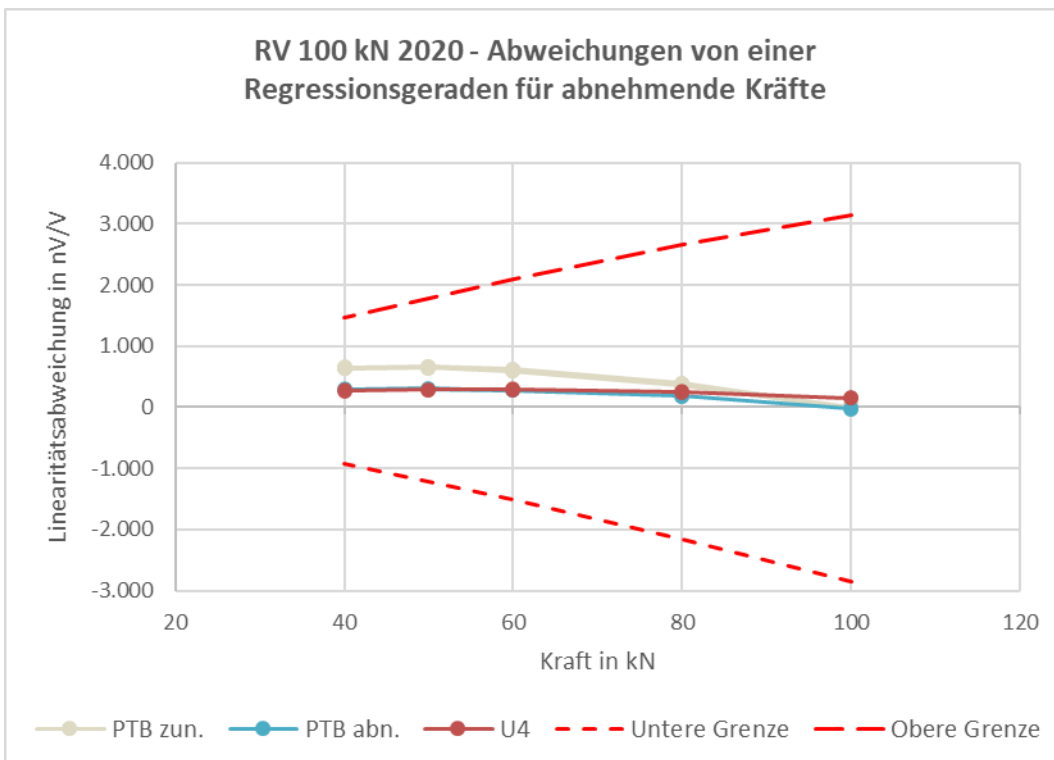
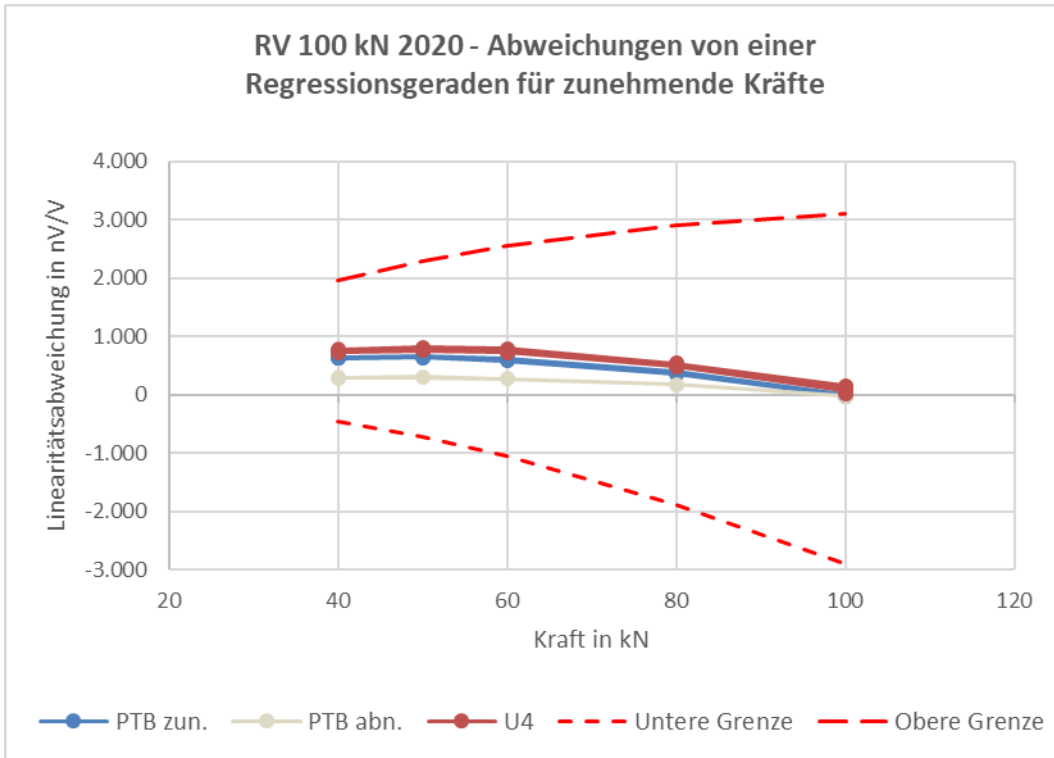


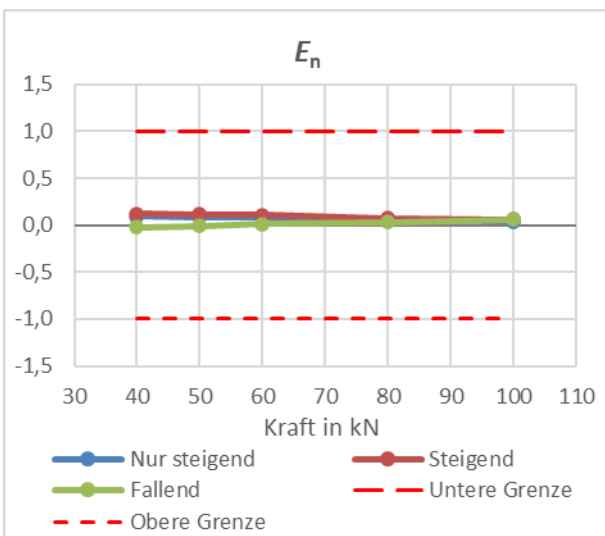
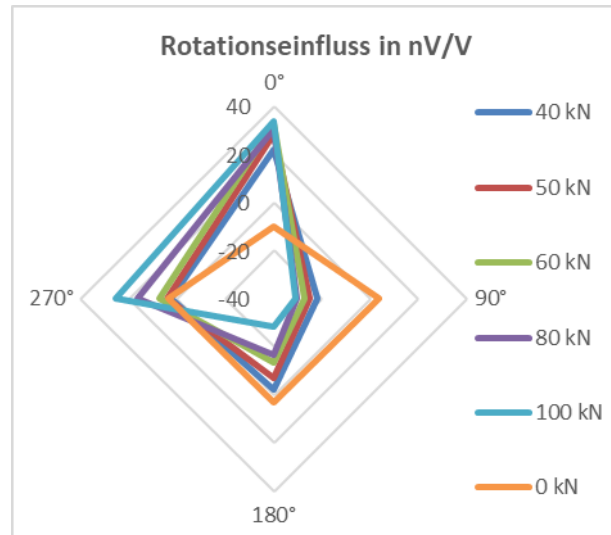
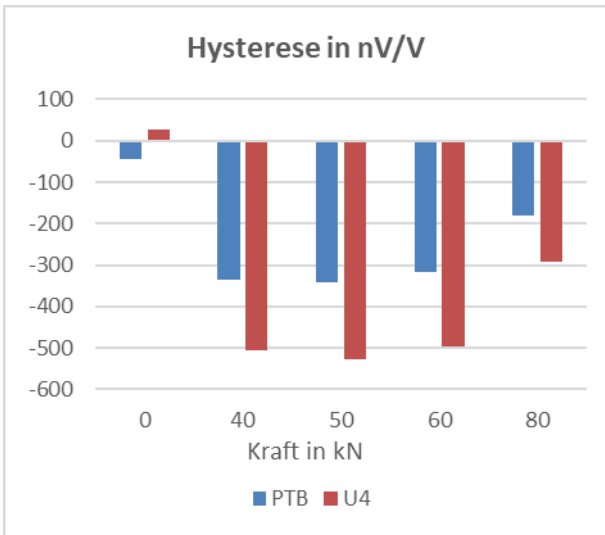
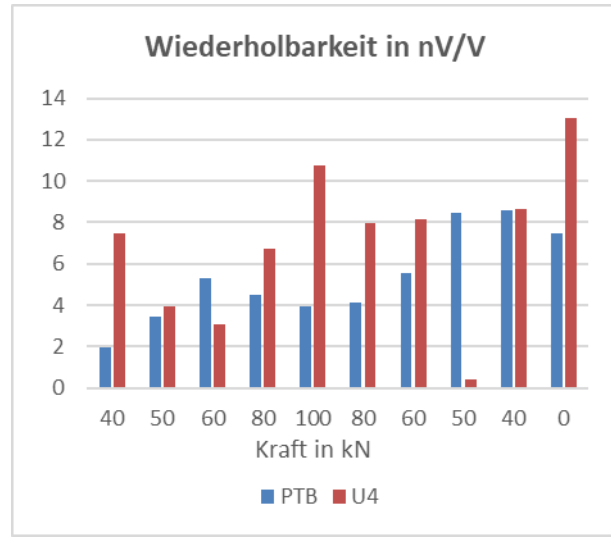
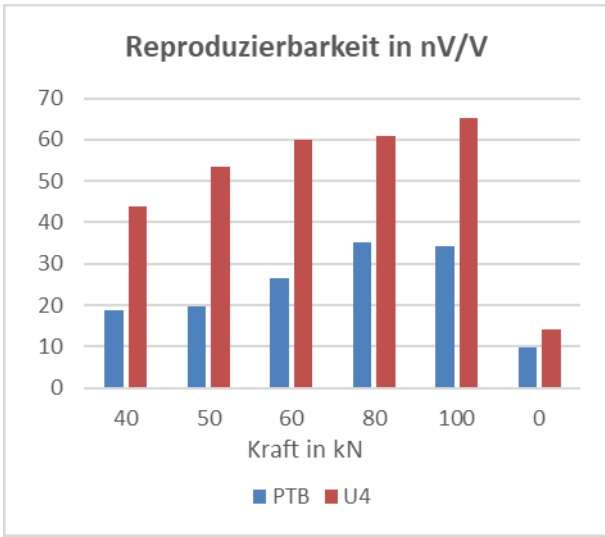


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,77	40	-0,63
50	-0,93	50	-0,85
60	-0,64	60	-0,59
80	-0,31	80	-0,27
100	-0,03	100	-0,02
80	-0,37	-	-
60	-0,82	-	-
50	-1,16	-	-
40	-1,07	-	-

#### U4

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$

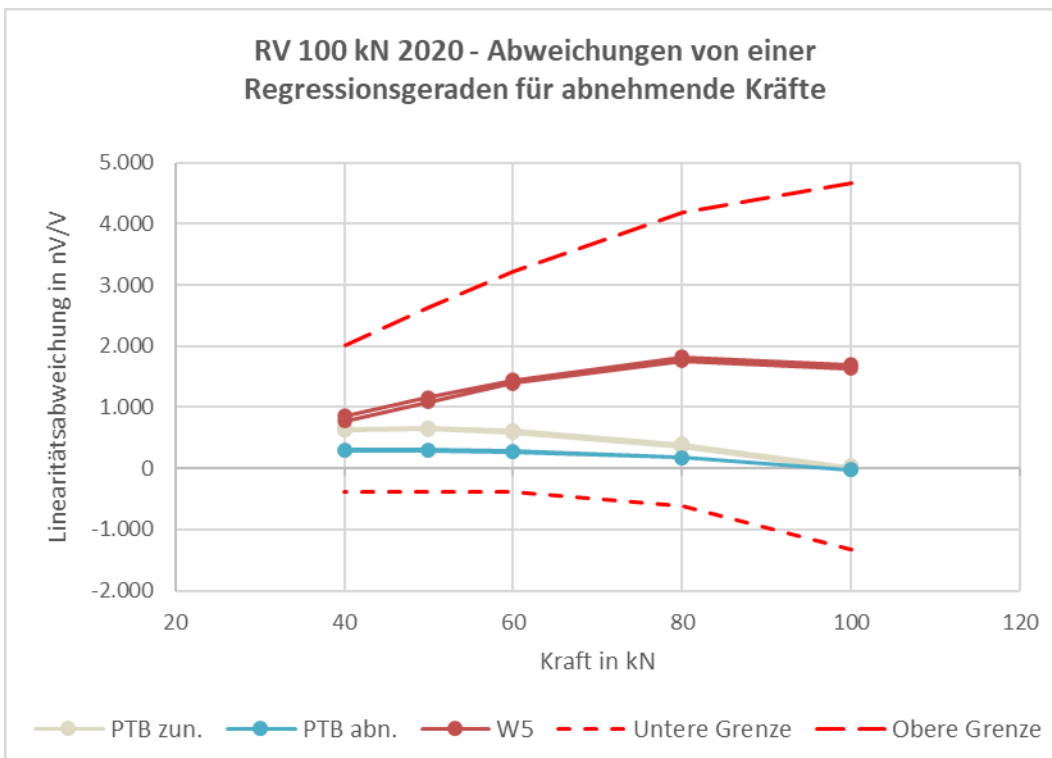
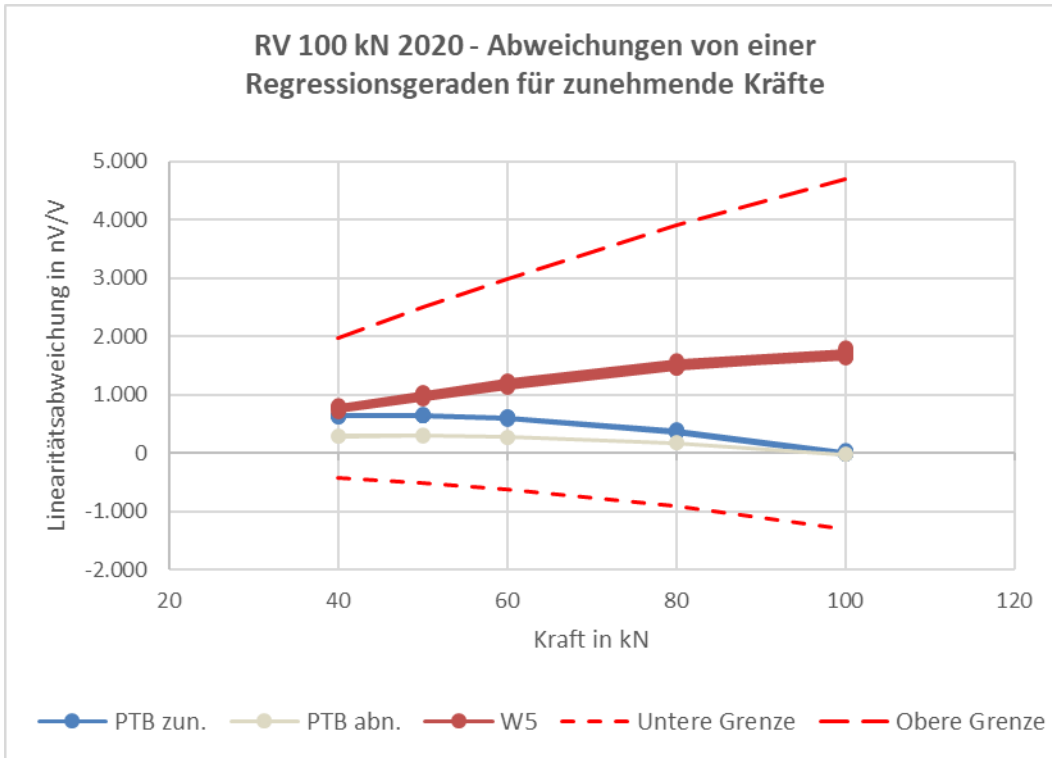


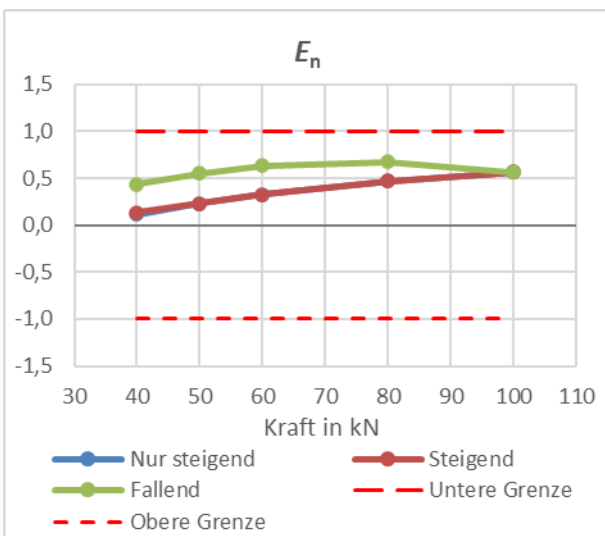
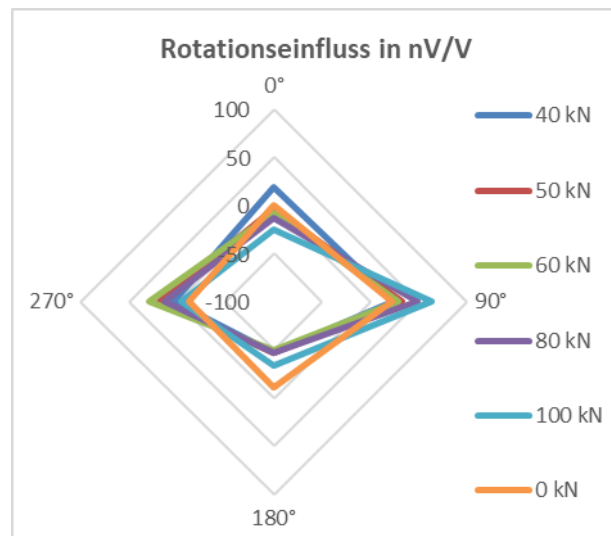
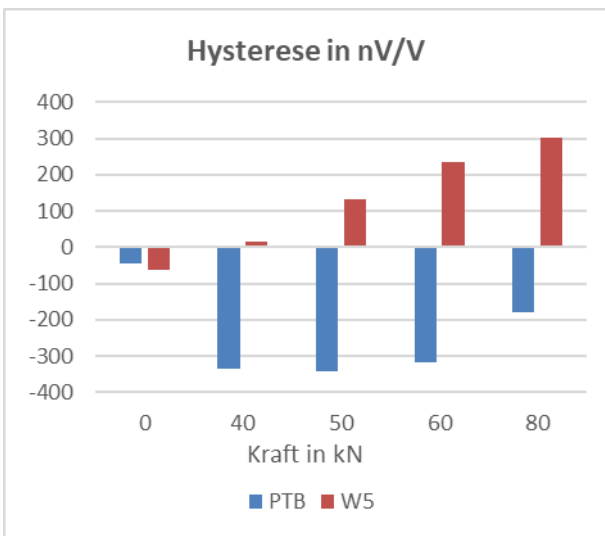
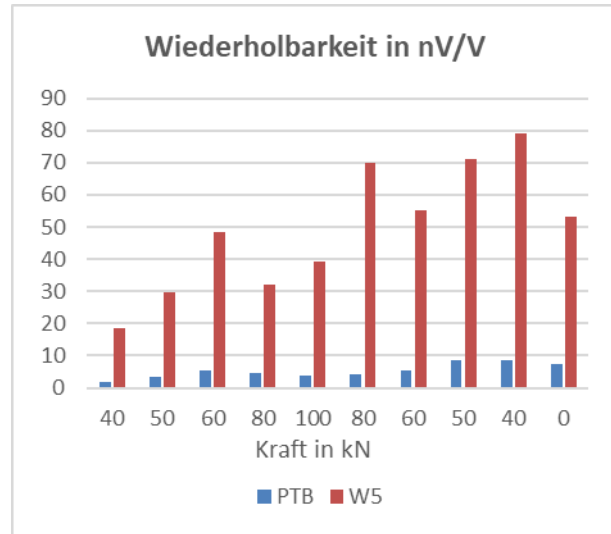
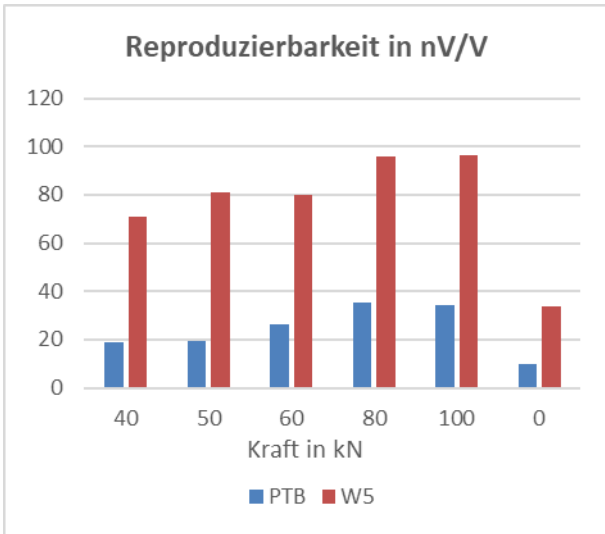


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,12	40	0,09
50	0,12	50	0,09
60	0,11	60	0,08
80	0,08	80	0,06
100	0,06	100	0,04
80	0,03	-	-
60	0,01	-	-
50	-0,01	-	-
40	-0,02	-	-

**W5**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$



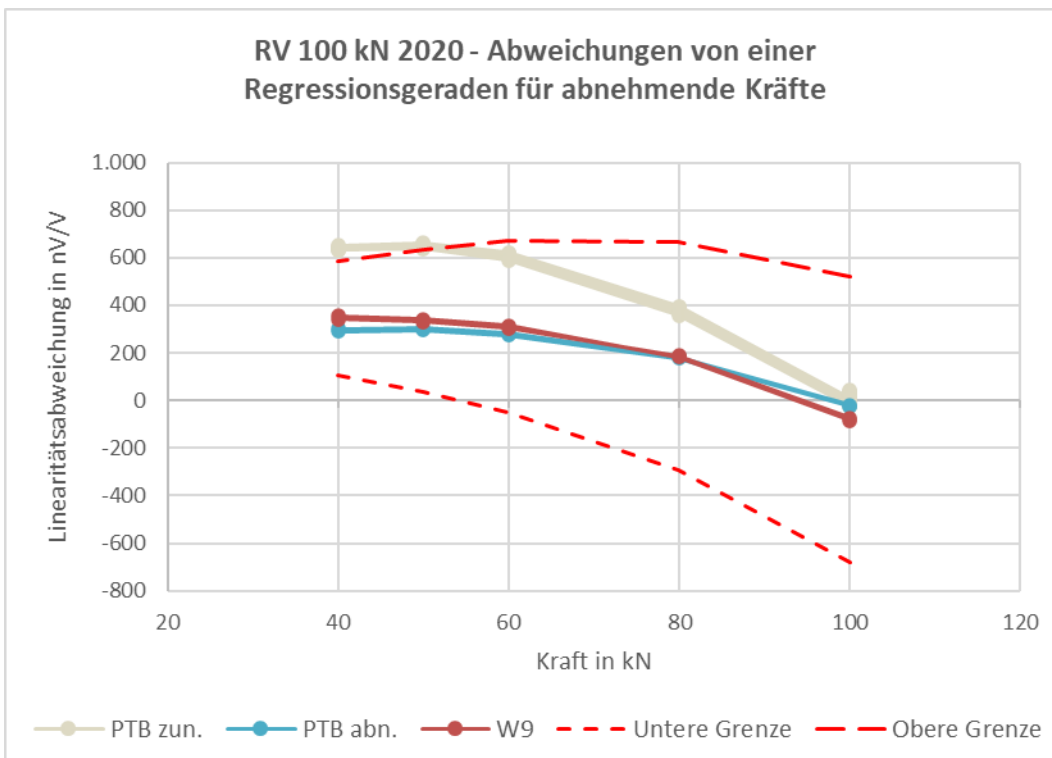
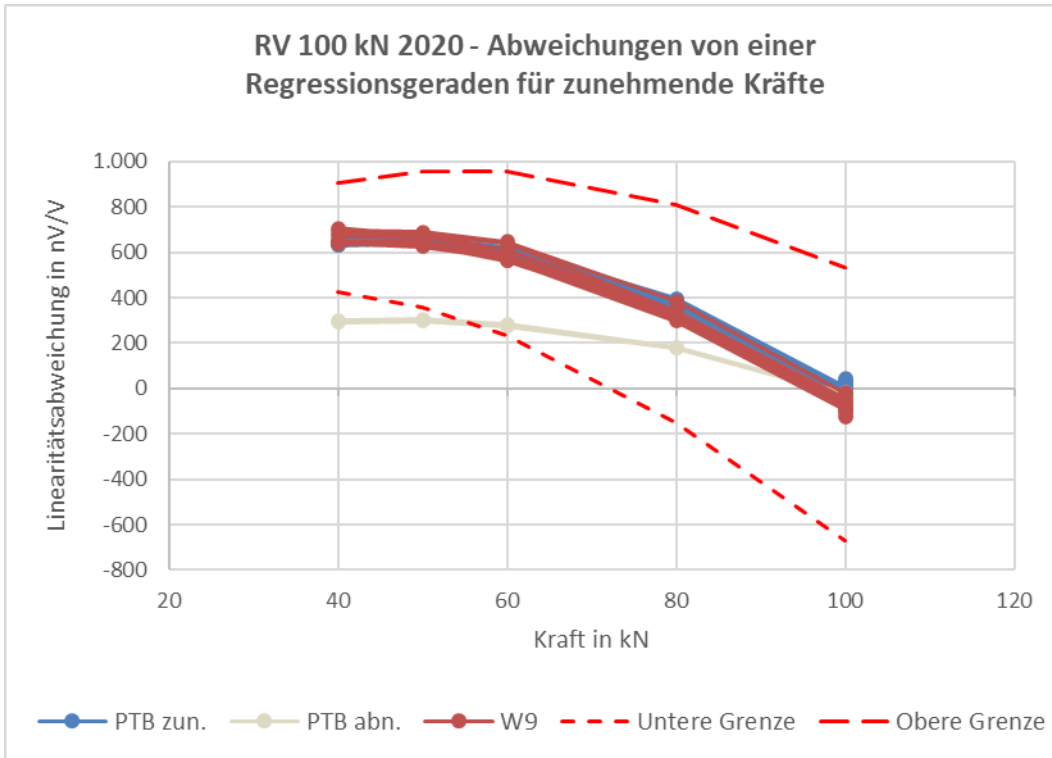


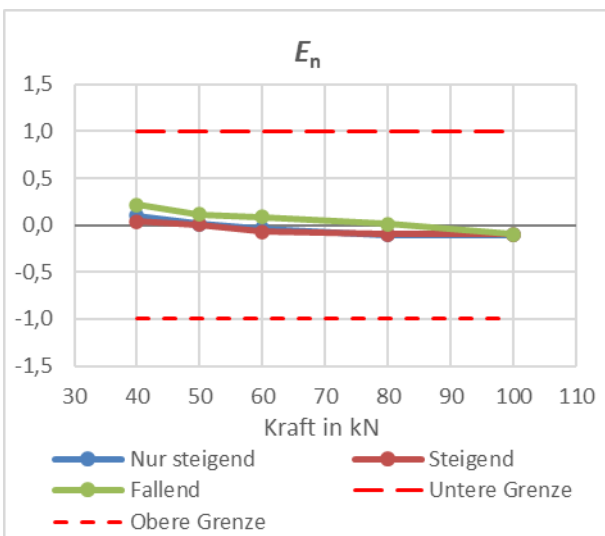
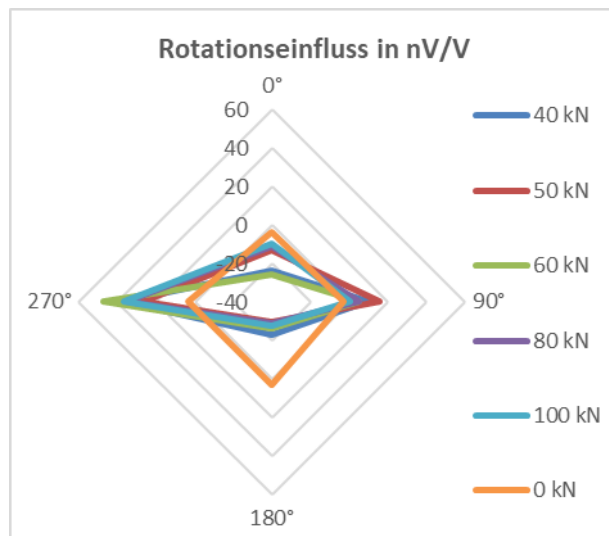
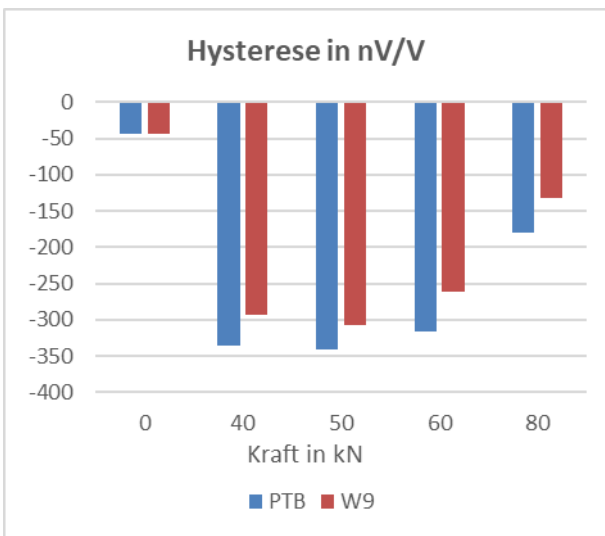
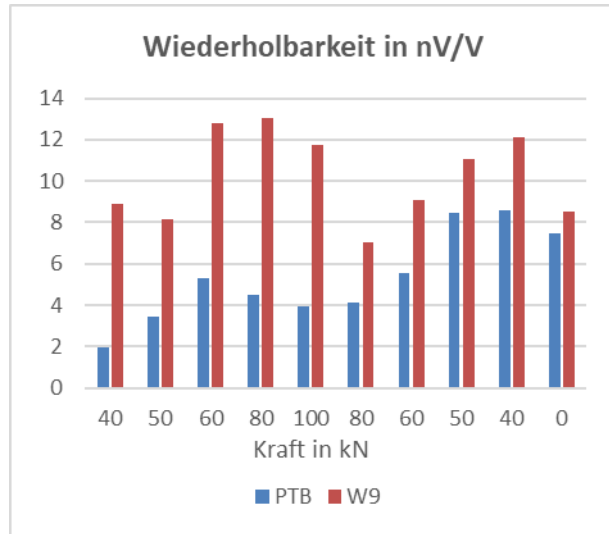
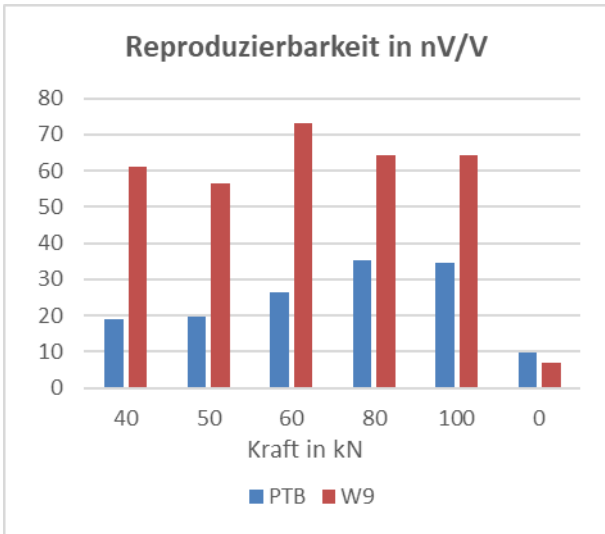
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,14	40	0,11
50	0,23	50	0,23
60	0,33	60	0,32
80	0,47	80	0,47
100	0,56	100	0,57
80	0,67	-	-
60	0,63	-	-
50	0,55	-	-
40	0,43	-	-



**W9**

Bezugsnormal:  $W = 2 \cdot 10^{-4}$

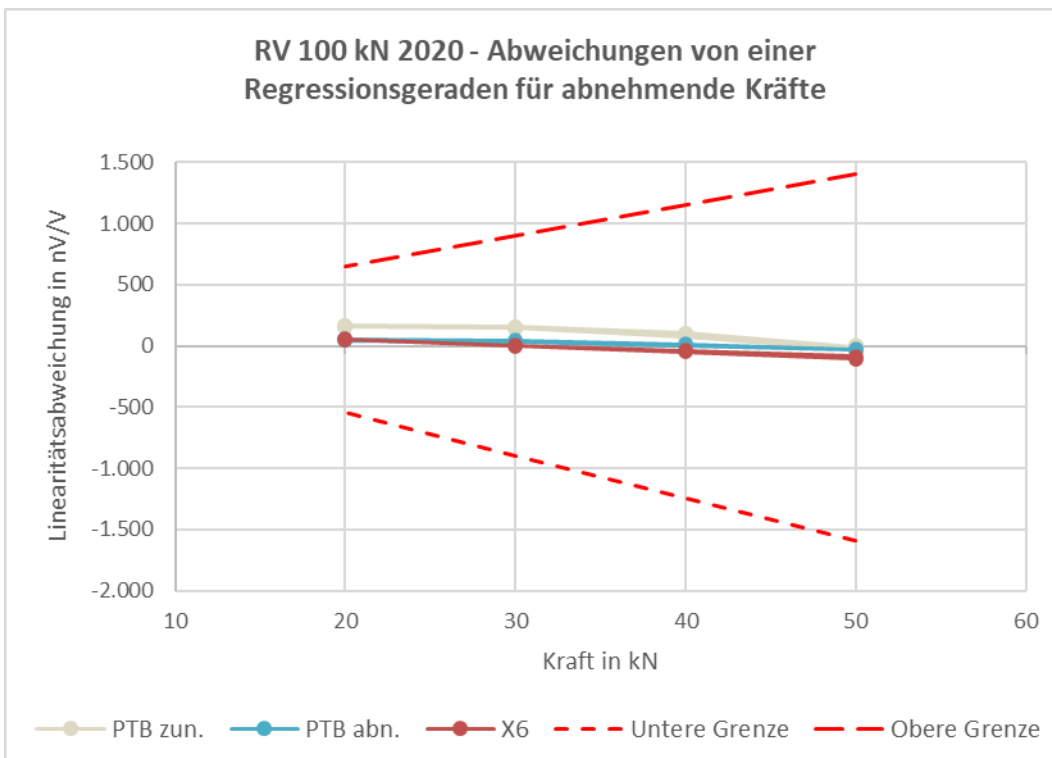
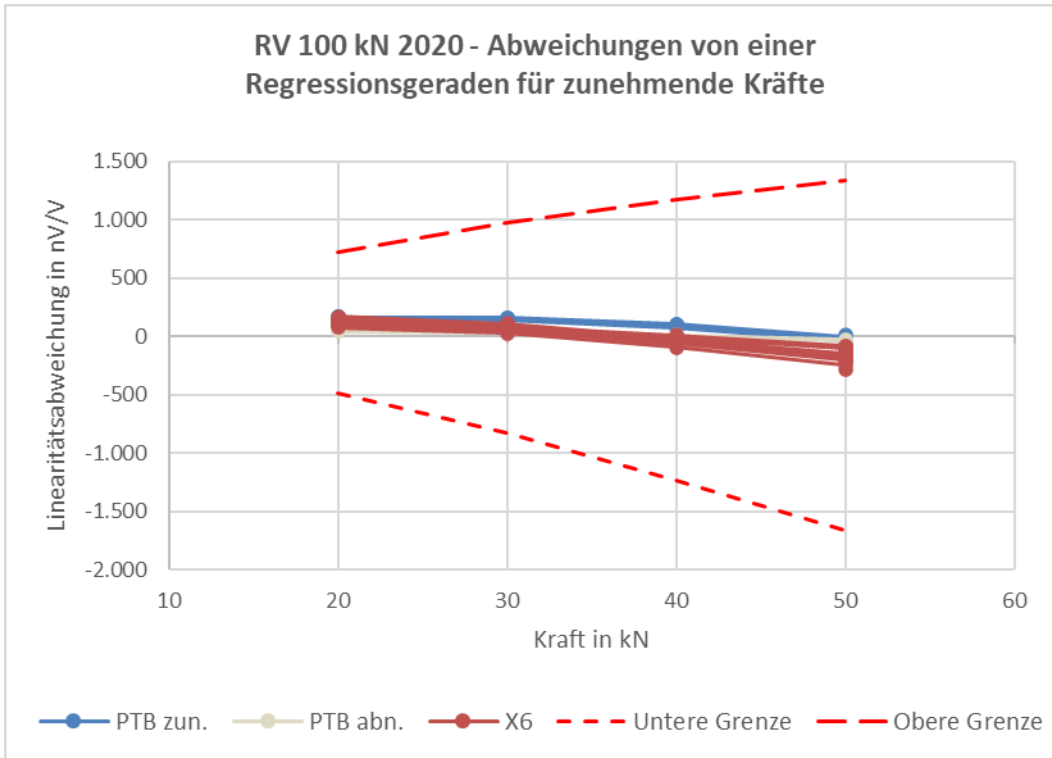


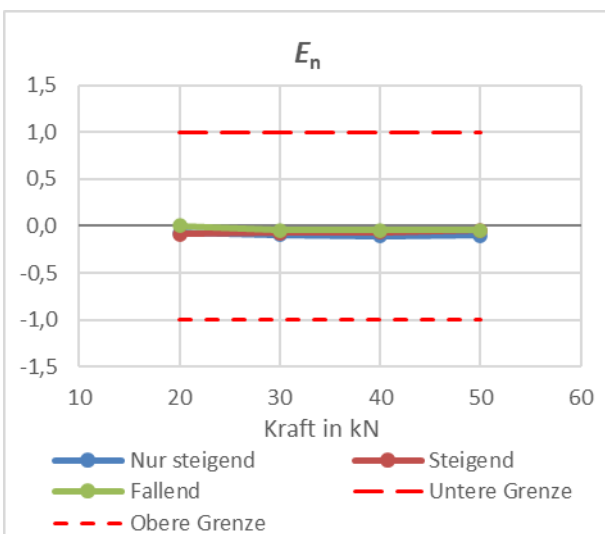
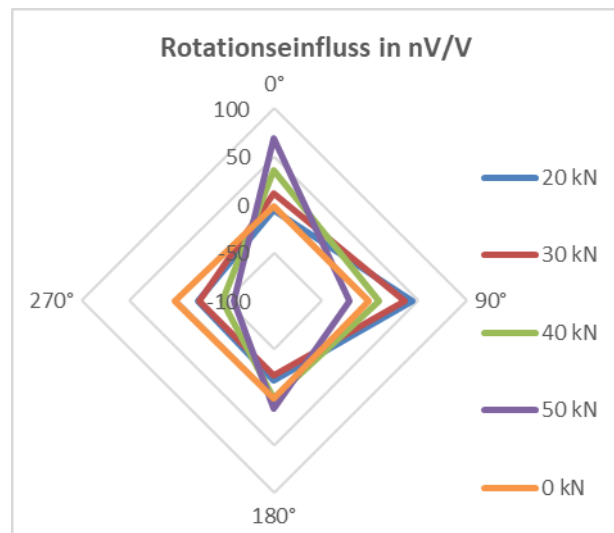
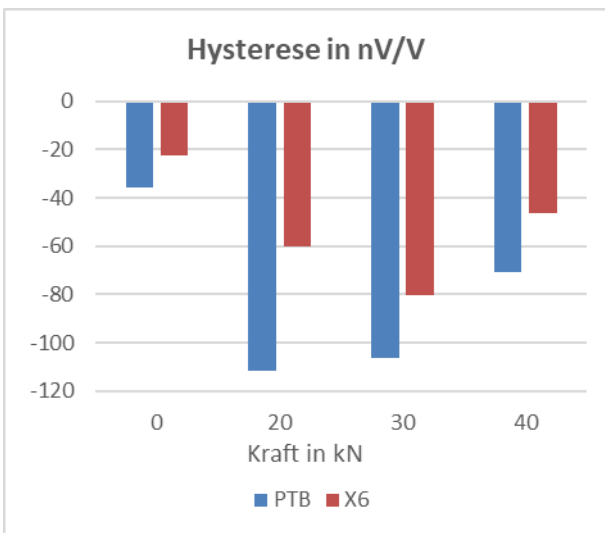
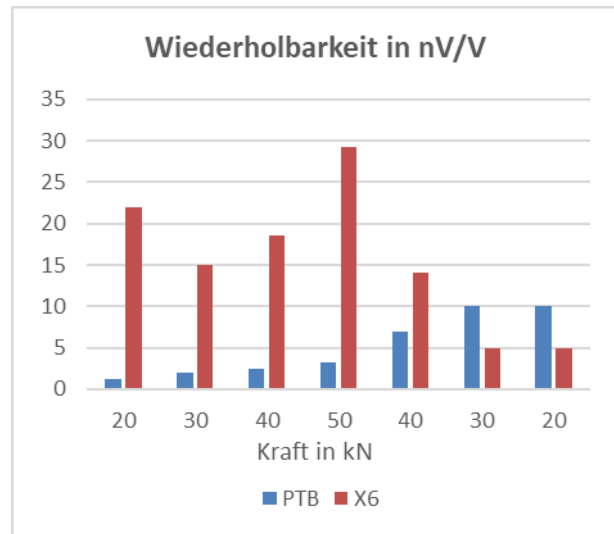
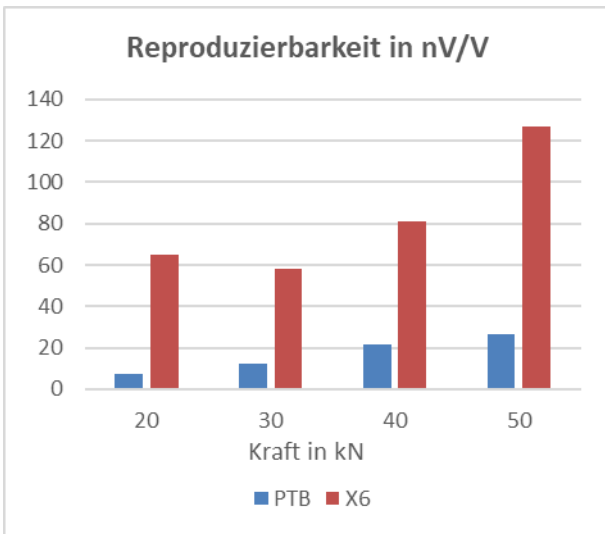


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,04	40	0,10
50	0,00	50	0,01
60	-0,07	60	-0,04
80	-0,10	80	-0,10
100	-0,09	100	-0,10
80	0,01	-	-
60	0,08	-	-
50	0,12	-	-
40	0,22	-	-

**X6**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$

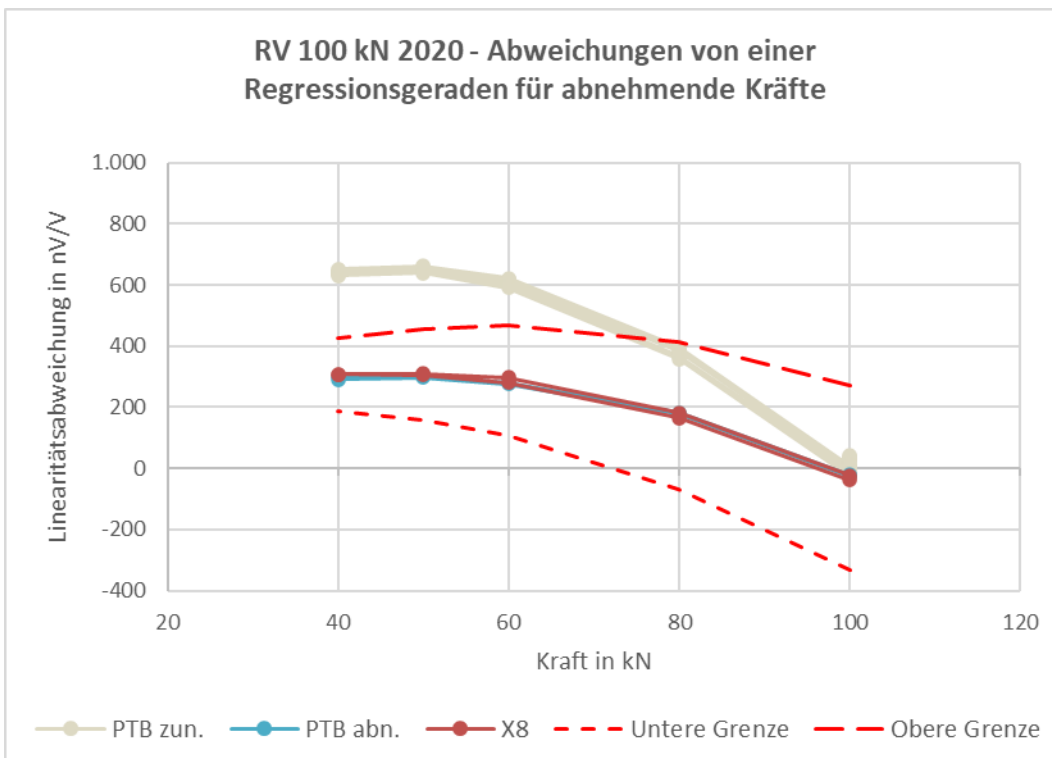
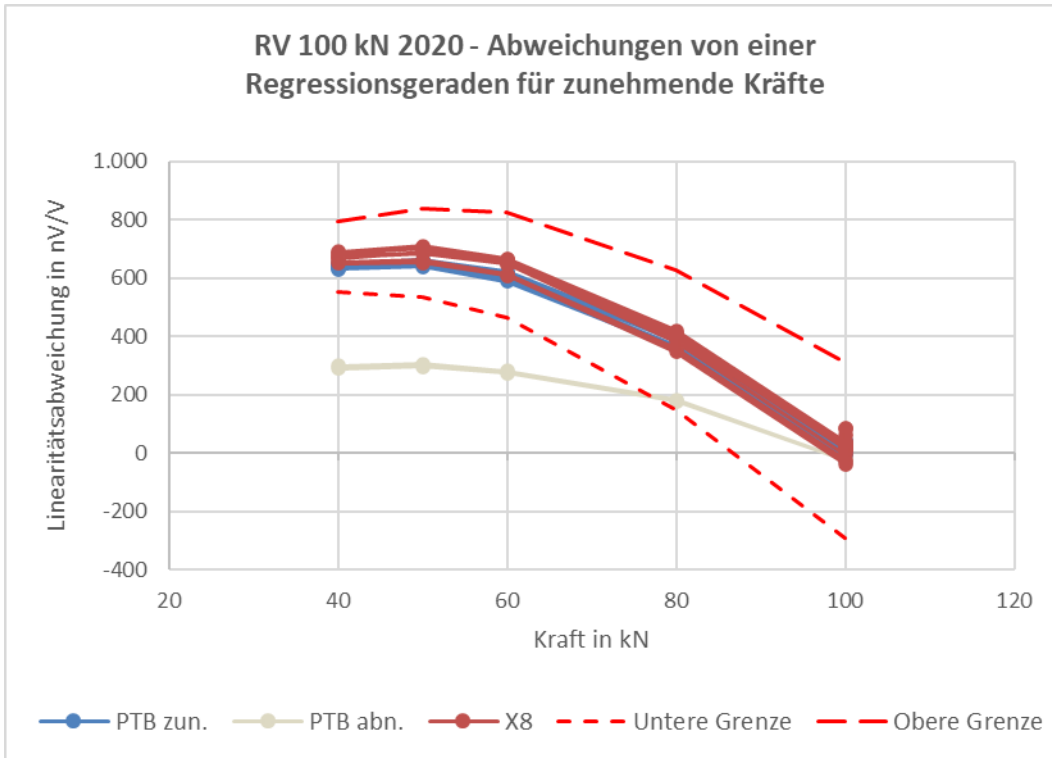


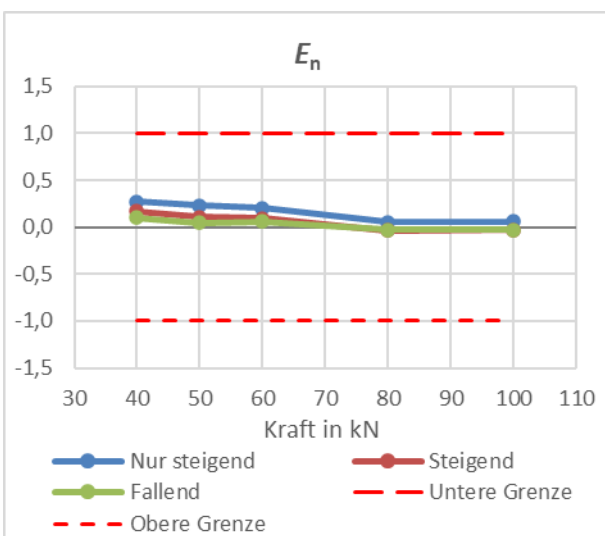
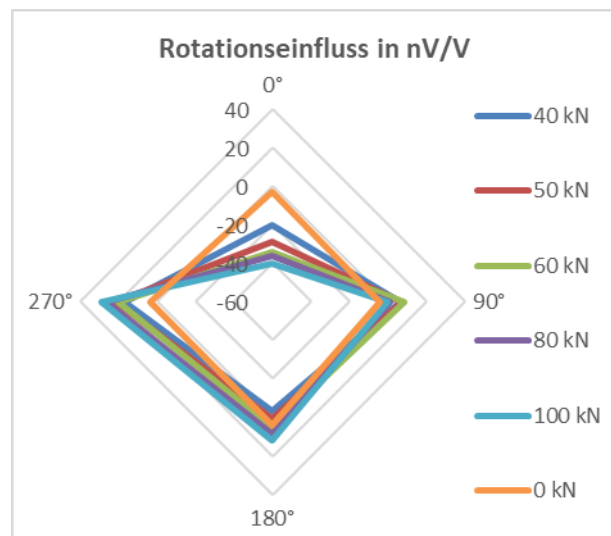
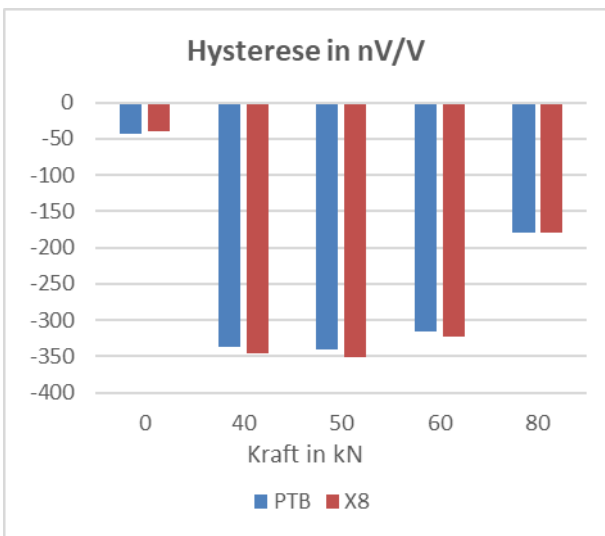
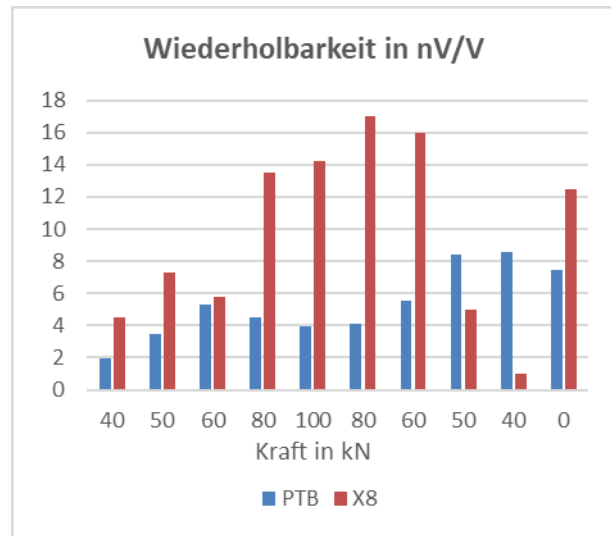
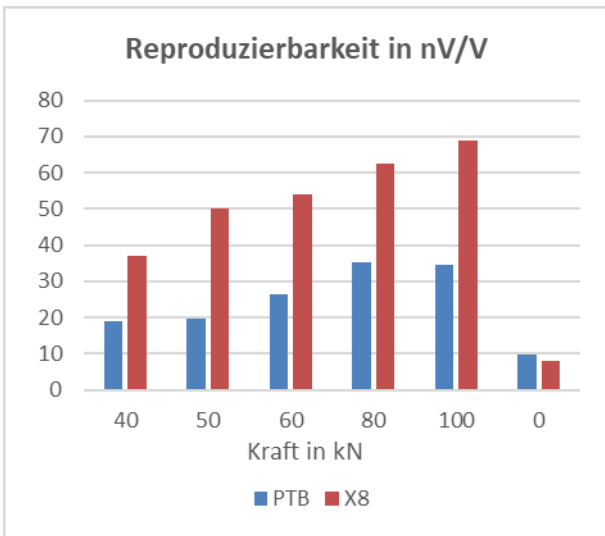


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
20	-0,08	20	-0,07
30	-0,07	30	-0,09
40	-0,06	40	-0,10
50	-0,04	50	-0,10
40	-0,04	-	-
30	-0,04	-	-
20	0,00	-	-

**X8**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-4}$

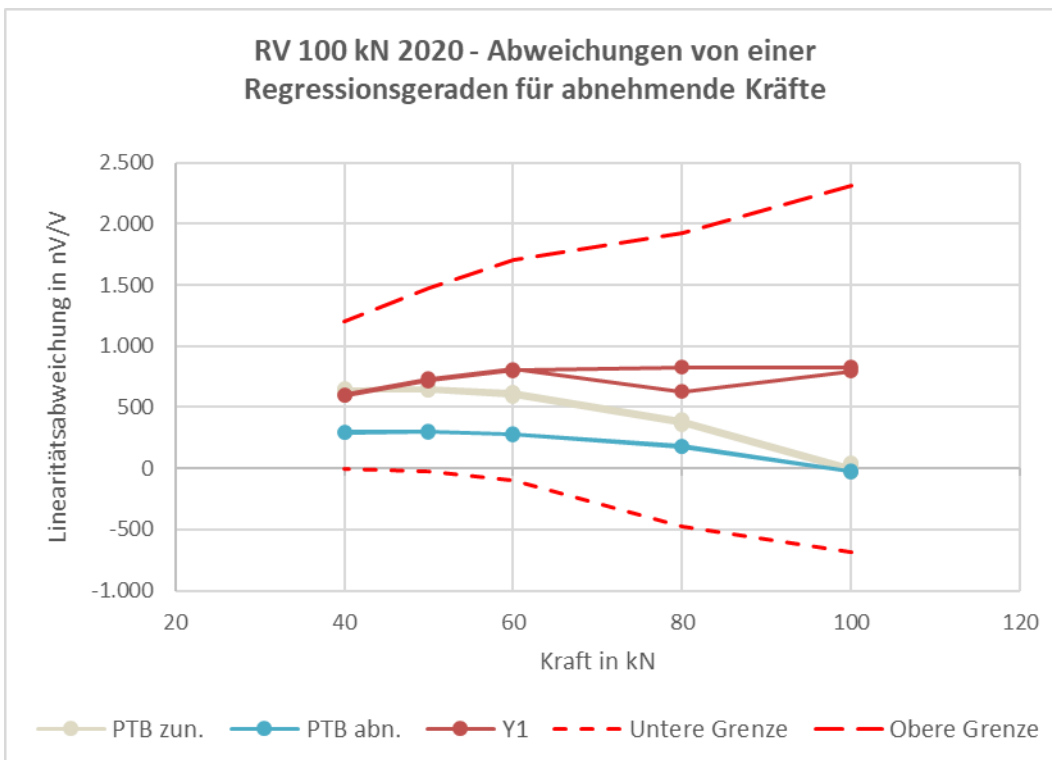
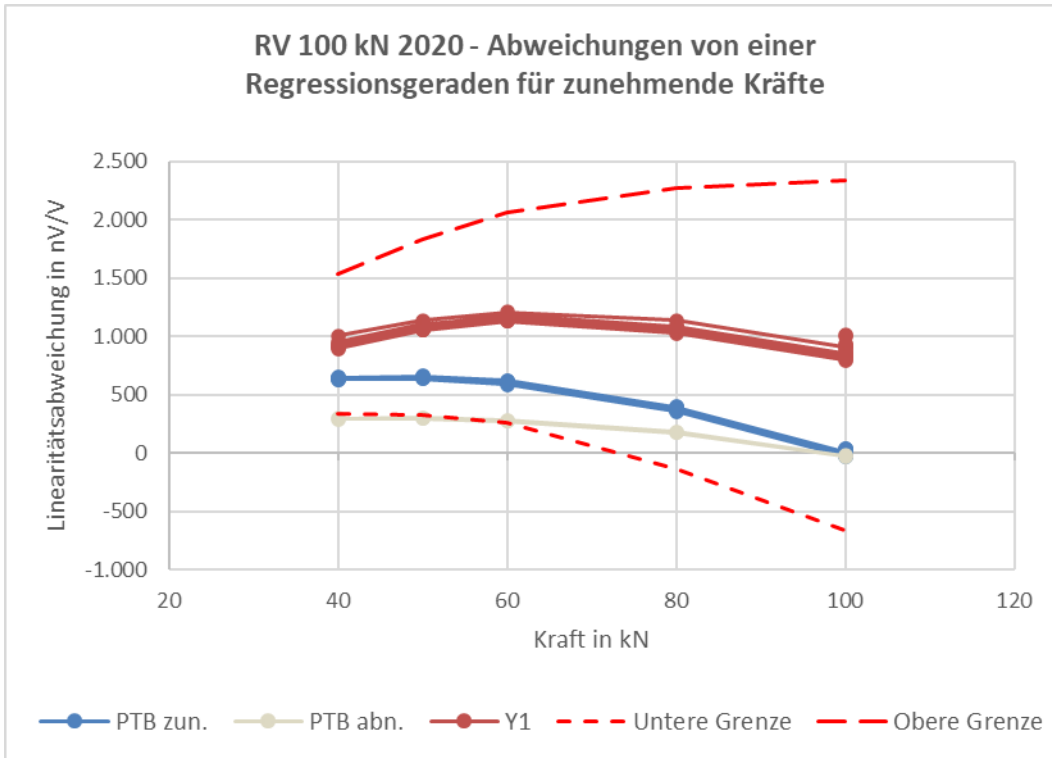


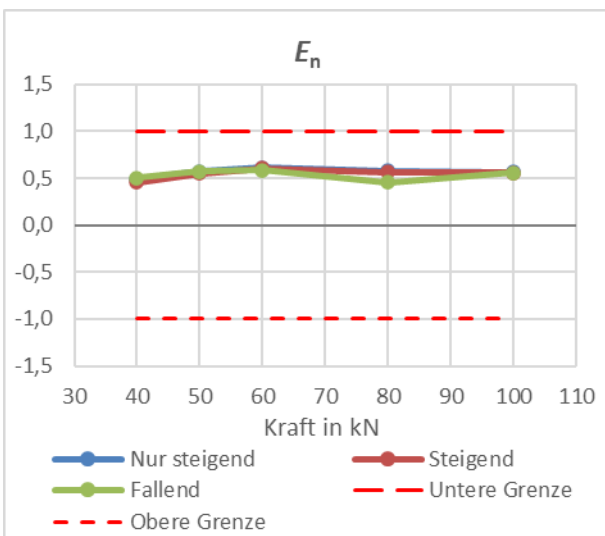
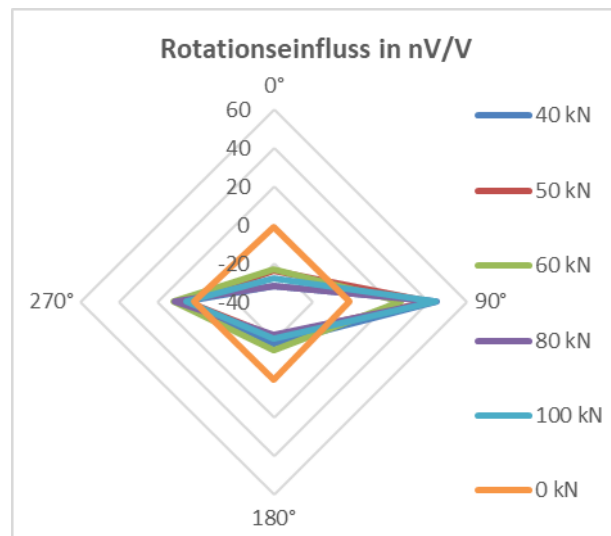
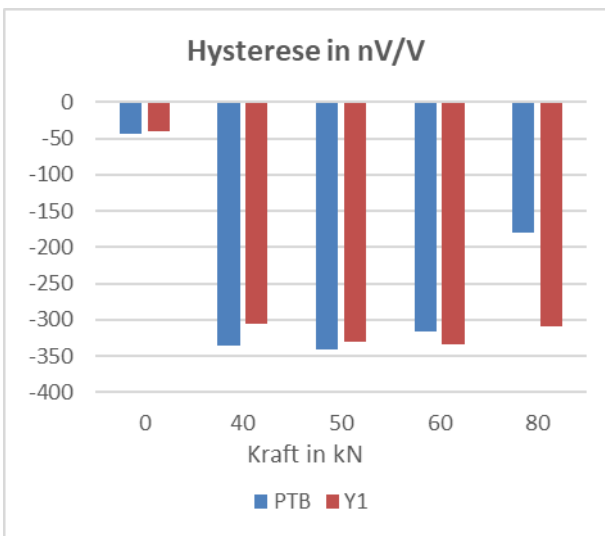
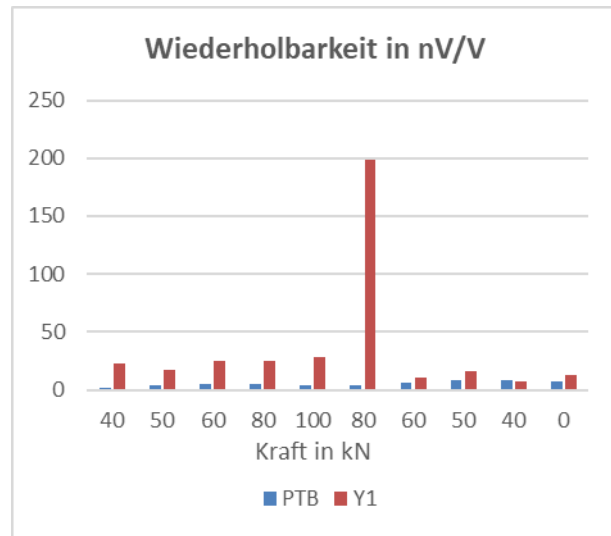
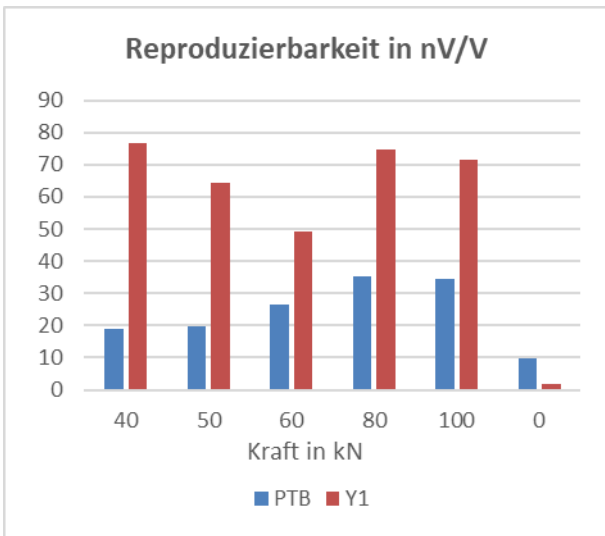


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,17	40	0,27
50	0,11	50	0,23
60	0,09	60	0,20
80	-0,04	80	0,05
100	-0,03	100	0,06
80	-0,03	-	-
60	0,06	-	-
50	0,04	-	-
40	0,10	-	-

### Y1 – Messung 1

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-4}$



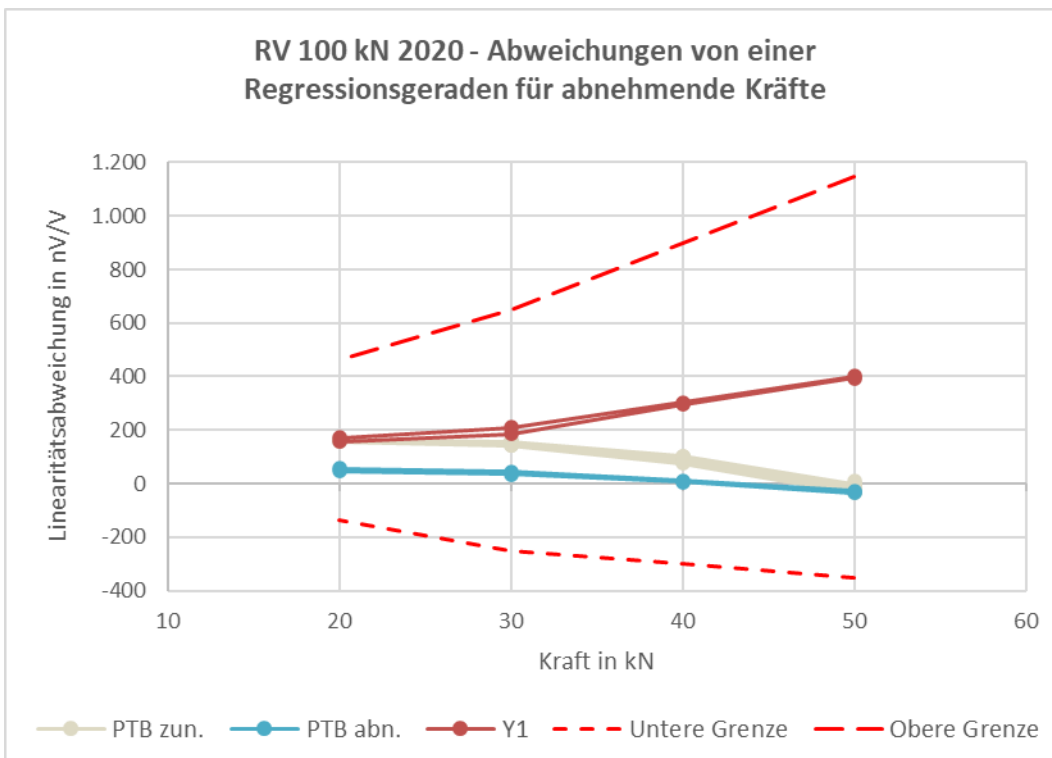
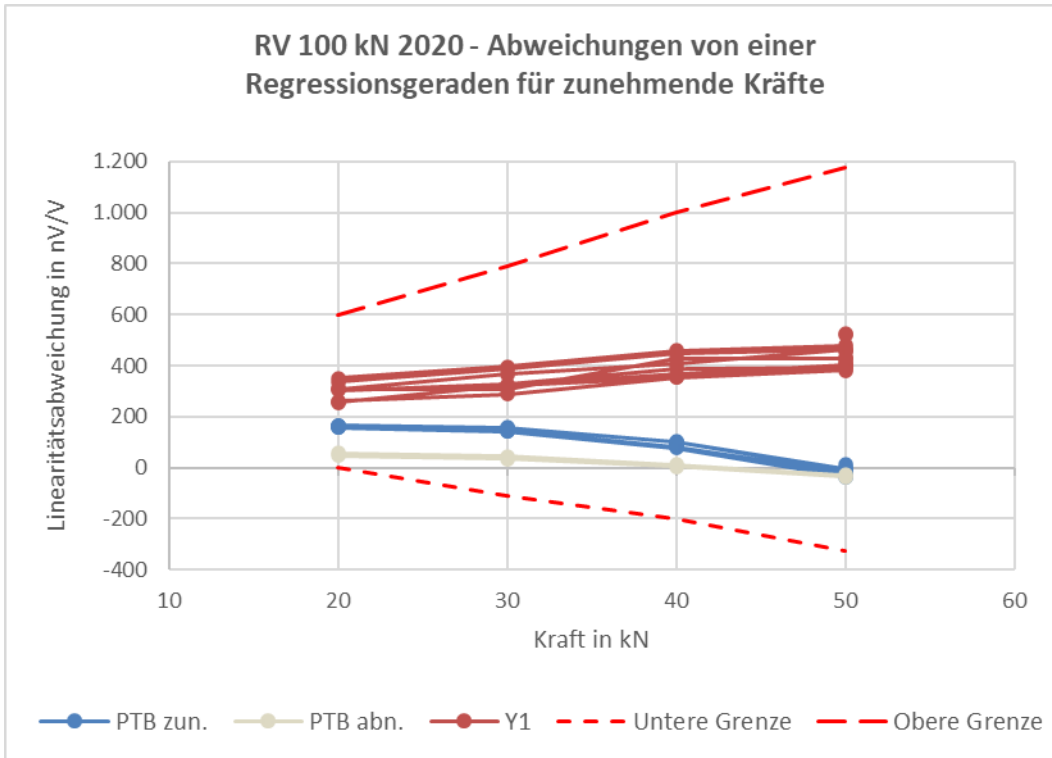


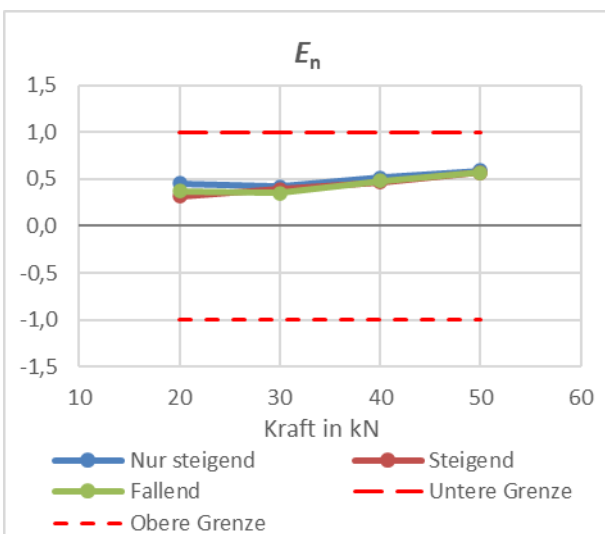
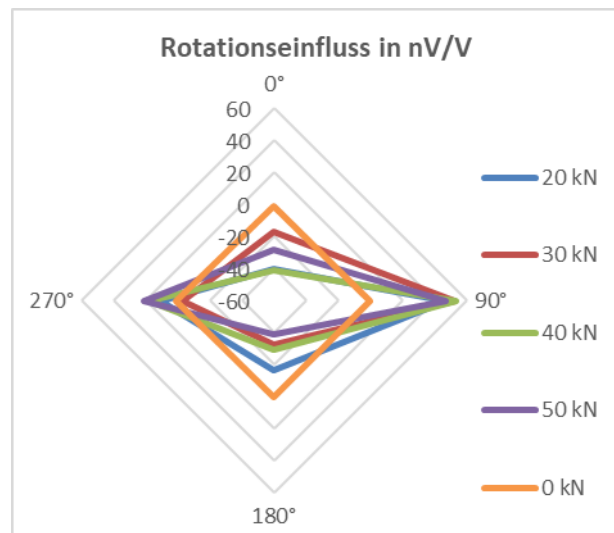
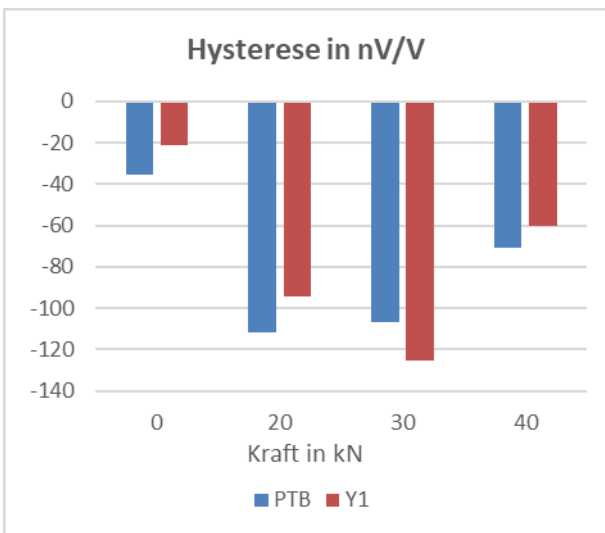
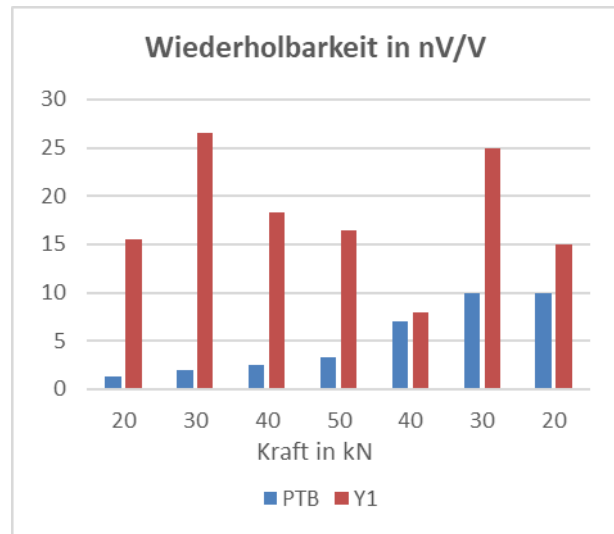
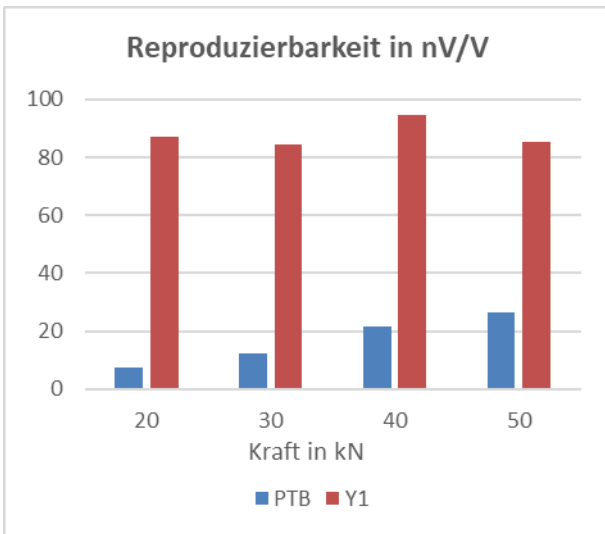
Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	0,45	40	0,49
50	0,55	50	0,57
60	0,60	60	0,61
80	0,56	80	0,58
100	0,56	100	0,57
80	0,46	-	-
60	0,59	-	-
50	0,57	-	-
40	0,51	-	-



## Y1 – Messung 2

Bezugsnormal:  $W = 5 \cdot 10^{-4}$

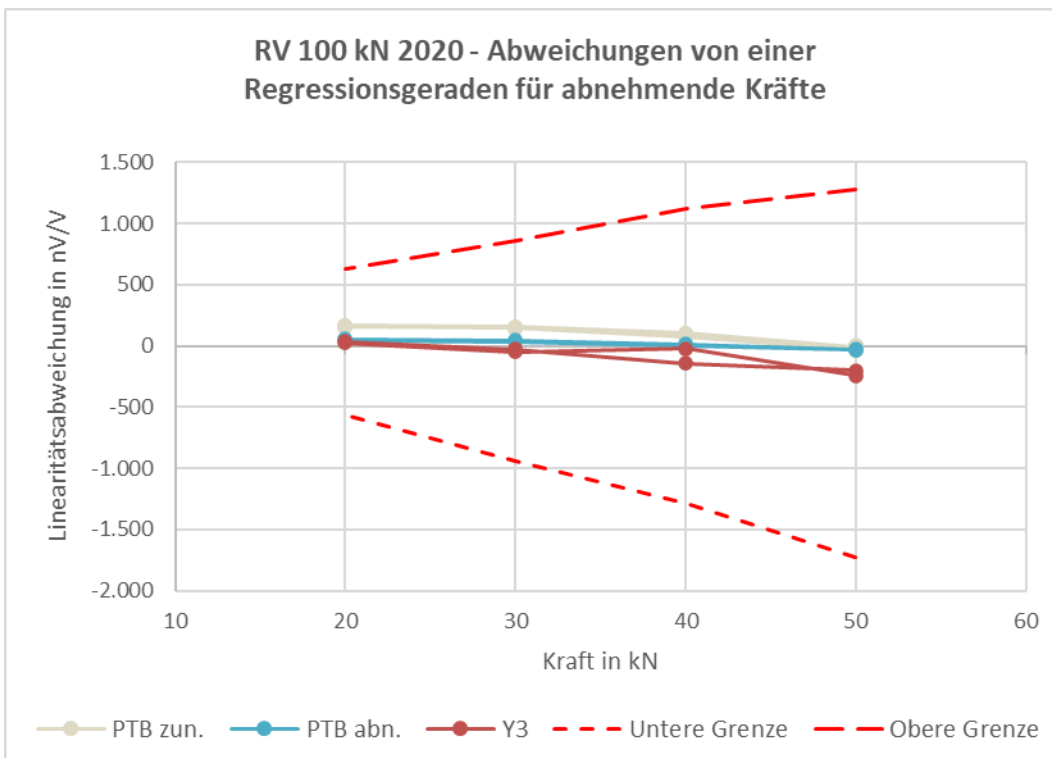
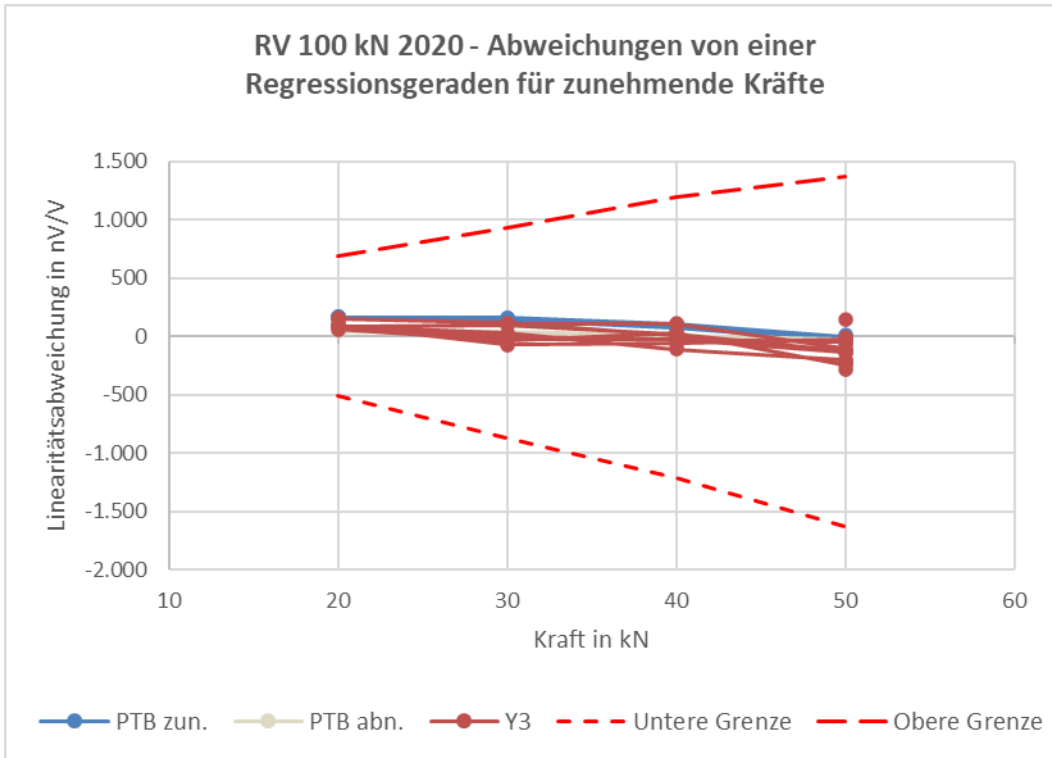


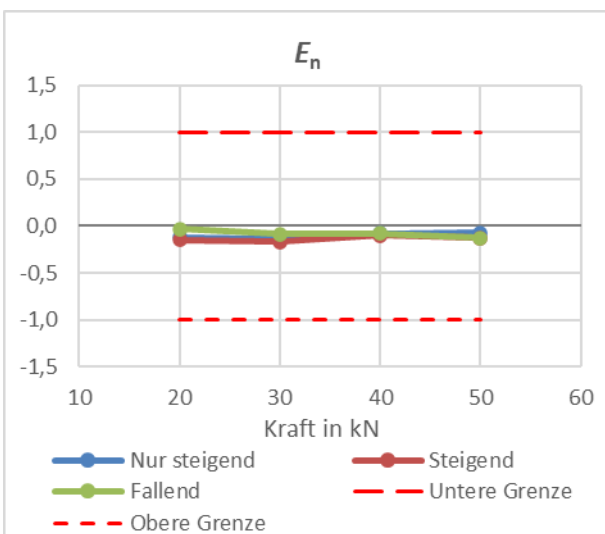
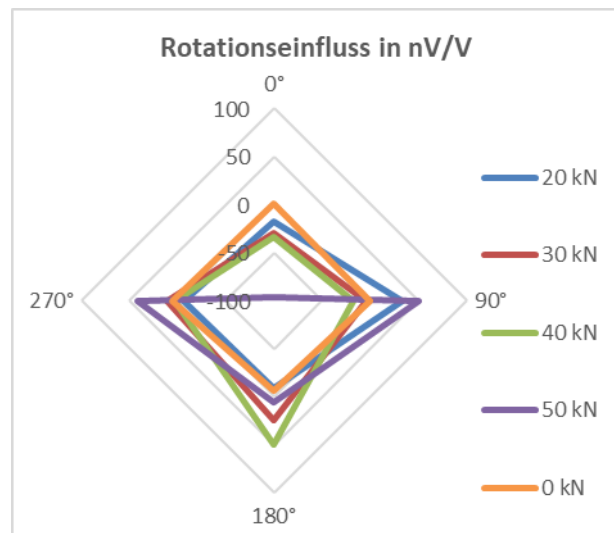
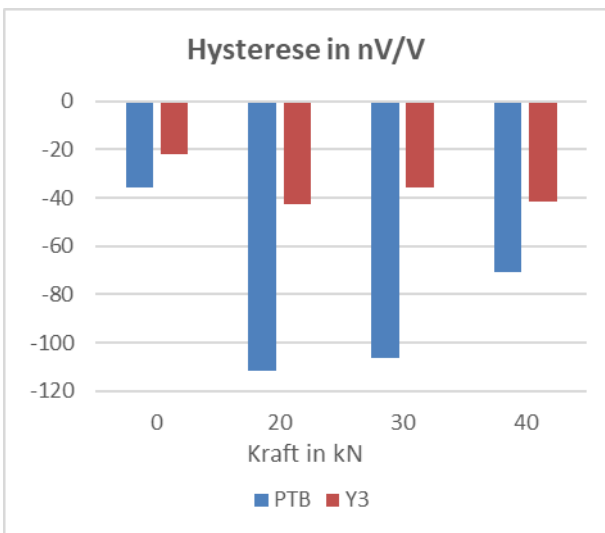
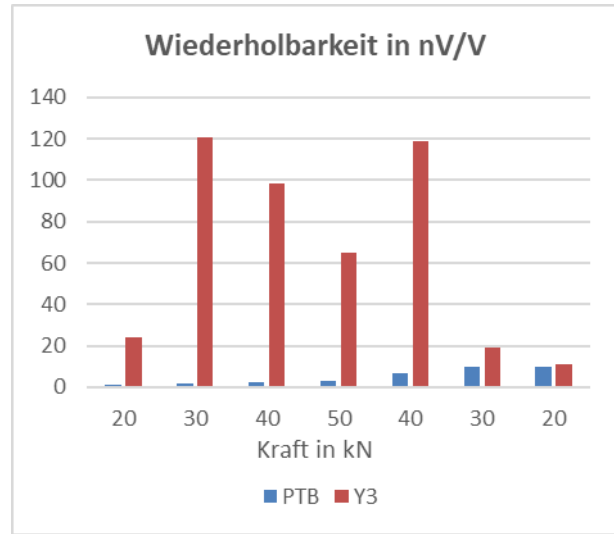
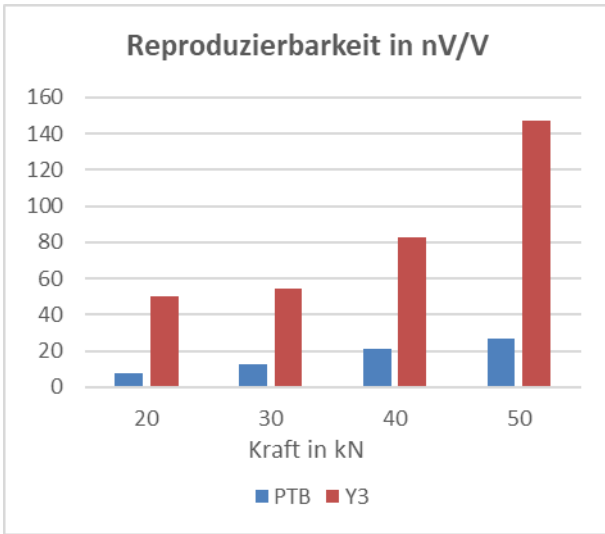


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
20	0,32	20	0,45
30	0,39	30	0,42
40	0,47	40	0,52
50	0,57	50	0,59
40	0,48	-	-
30	0,35	-	-
20	0,38	-	-

**Y3**

Bezugsnormal:  $W = 1 \cdot 10^{-3}$

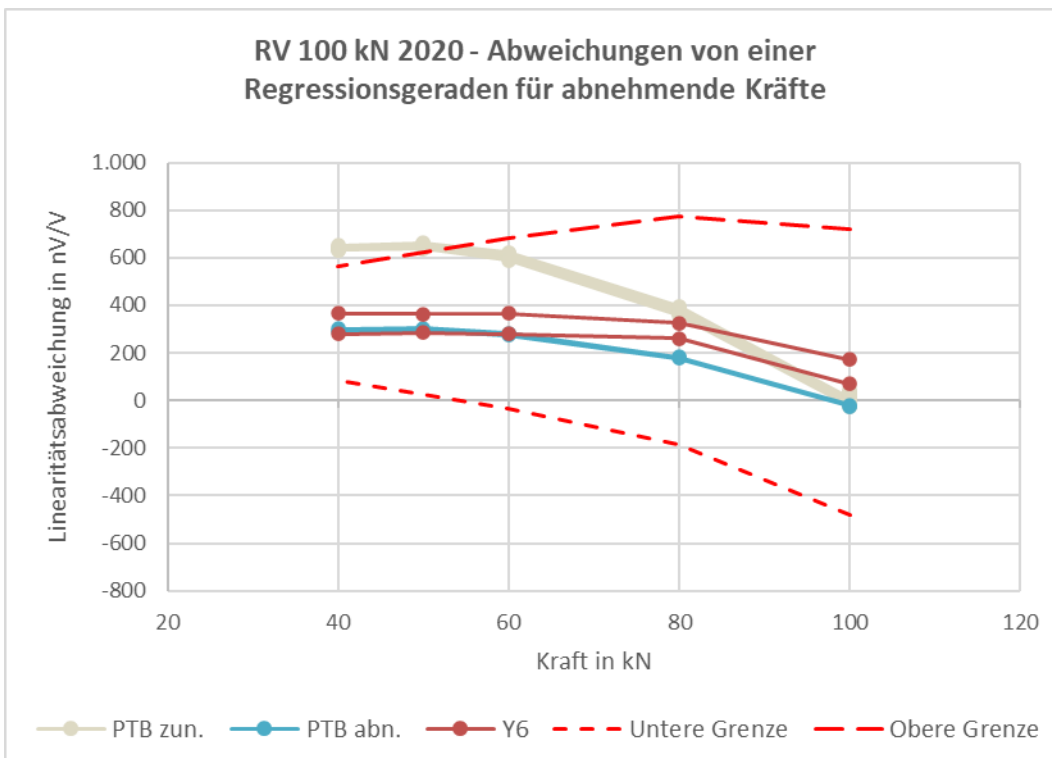
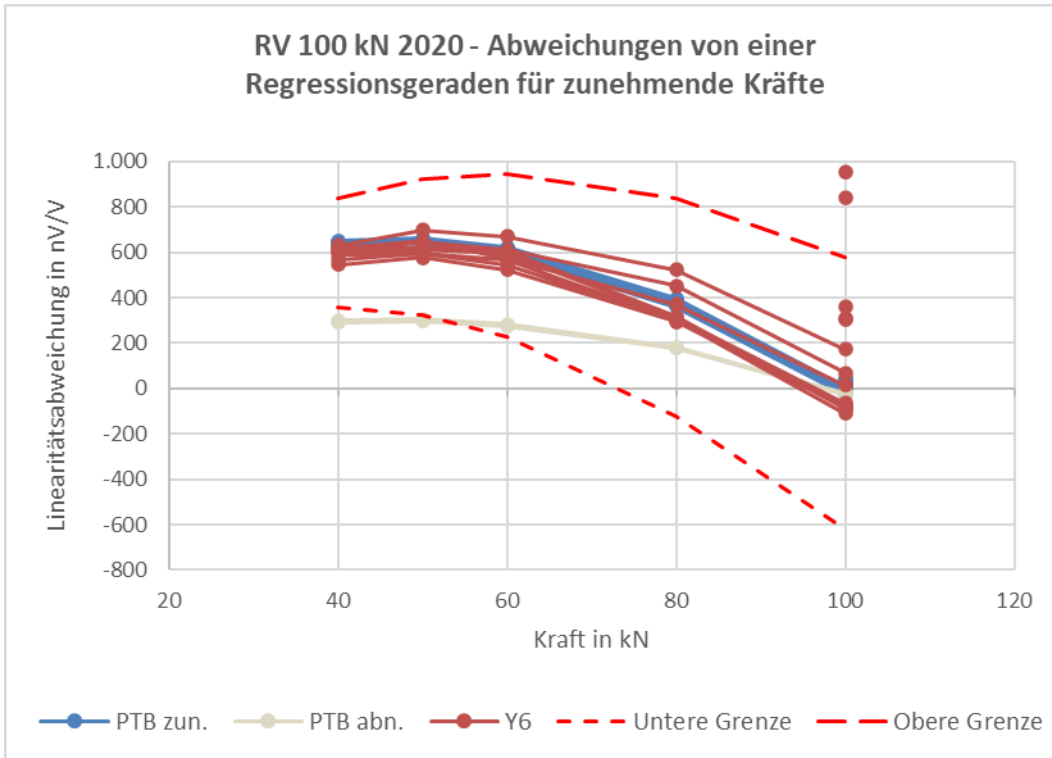


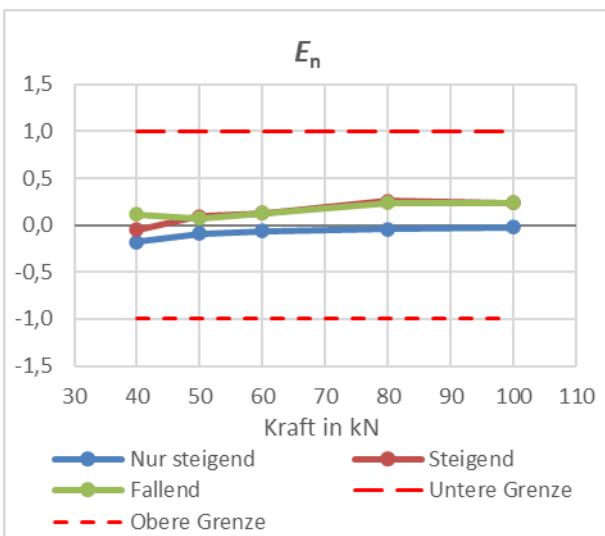
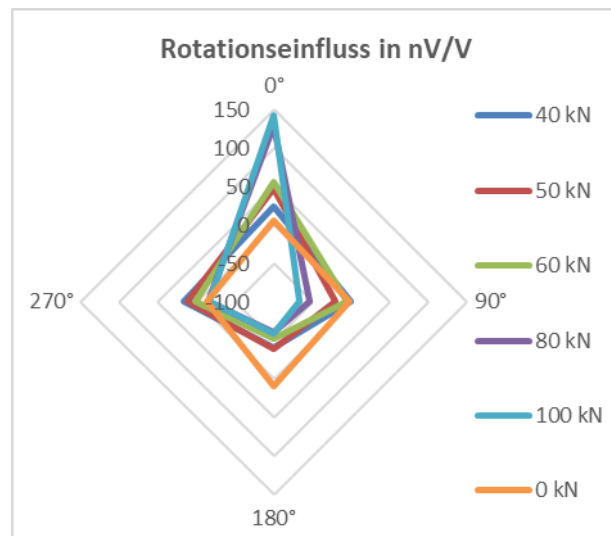
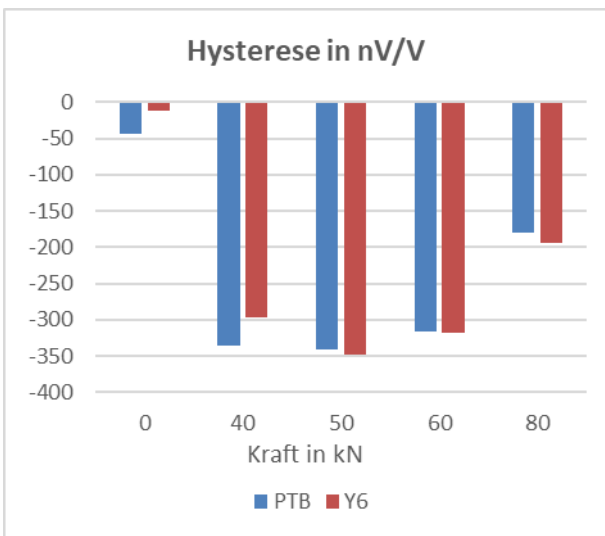
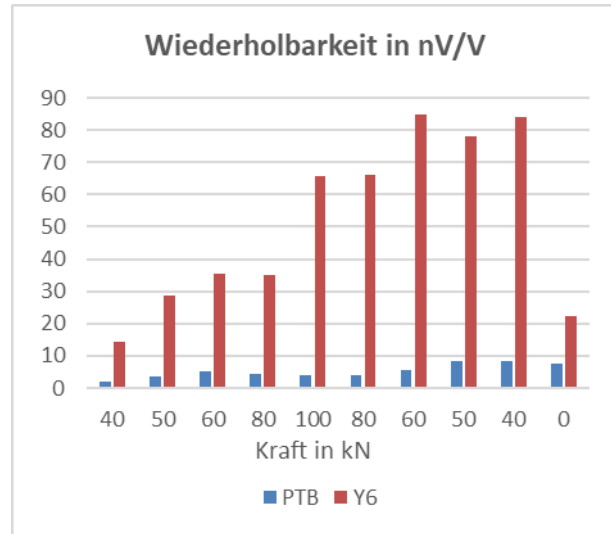
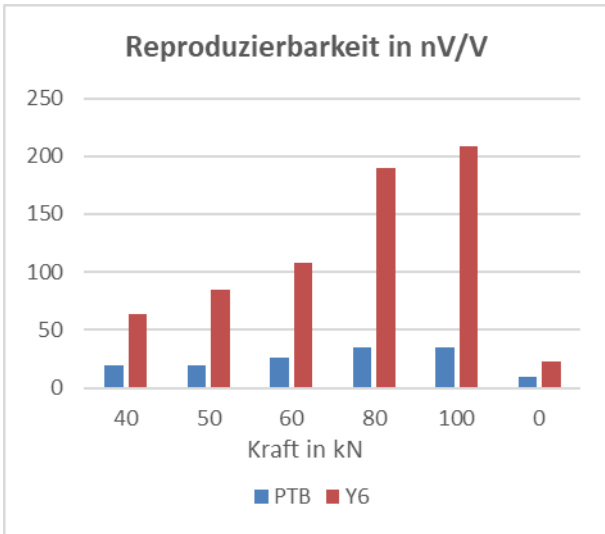


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
20	-0,15	20	-0,12
30	-0,16	30	-0,14
40	-0,10	40	-0,08
50	-0,13	50	-0,07
40	-0,08	-	-
30	-0,09	-	-
20	-0,03	-	-

**Y6**

Bezugsnormal:  $W = 2 \cdot 10^{-4}$



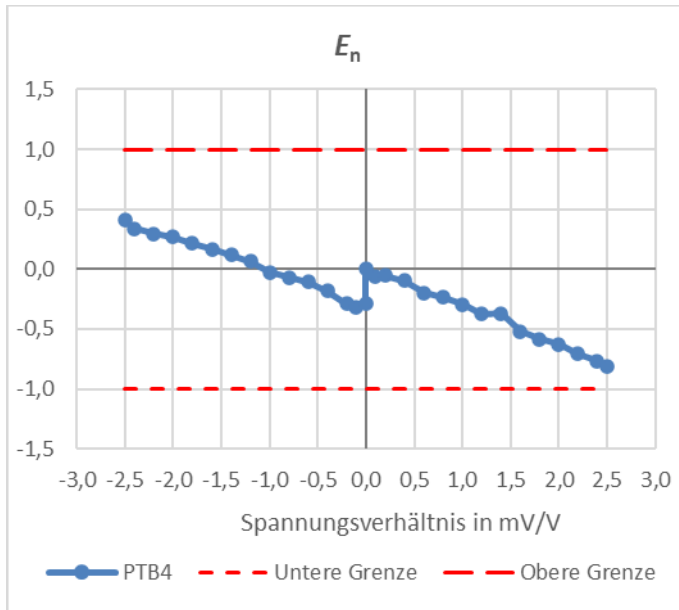


Zu- und abnehmende Kräfte		Nur zunehmende Kräfte	
Kraft in kN	$E_n$	Kraft in kN	$E_n$
40	-0,05	40	-0,18
50	0,10	50	-0,09
60	0,13	60	-0,06
80	0,26	80	-0,04
100	0,24	100	-0,02
80	0,23	-	-
60	0,12	-	-
50	0,07	-	-
40	0,12	-	-

## 7.4 Einzelergebnisse Spannungsverhältnis

### PTB4

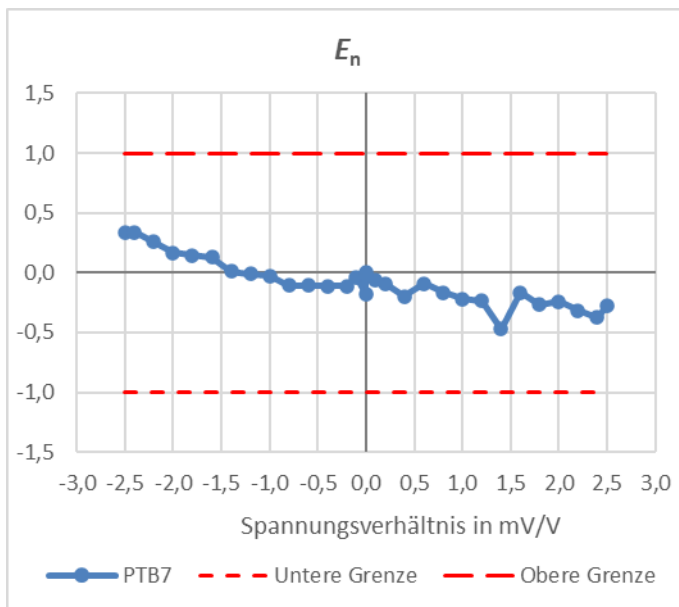
Bezugsnormal: HBM BN100A, Seriennr. 07109,  $U(\text{ermittelt}) = 20 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	-0,28	0,0	0,00
-0,1	-0,32	0,1	-0,06
-0,2	-0,29	0,2	-0,05
-0,4	-0,18	0,4	-0,09
-0,6	-0,11	0,6	-0,20
-0,8	-0,07	0,8	-0,24
-1,0	-0,03	1,0	-0,29
-1,2	0,06	1,2	-0,38
-1,4	0,12	1,4	-0,37
-1,6	0,16	1,6	-0,52
-1,8	0,22	1,8	-0,58
-2,0	0,27	2,0	-0,63
-2,2	0,29	2,2	-0,71
-2,4	0,34	2,4	-0,77
-2,5	0,41	2,5	-0,81

### PTB7

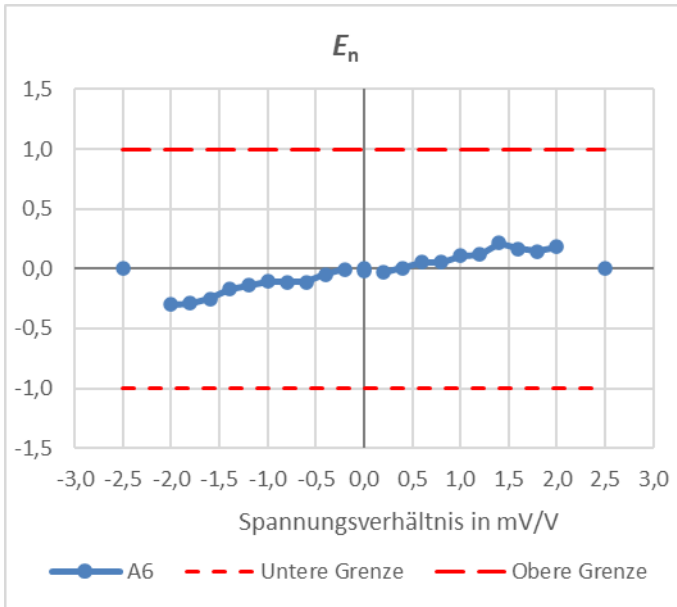
Bezugsnormal: HBM BN100A, Seriennr. 07109,  $U(\text{ermittelt}) = 20 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	-0,18	0,0	0,00
-0,1	-0,04	0,1	-0,06
-0,2	-0,11	0,2	-0,09
-0,4	-0,11	0,4	-0,20
-0,6	-0,11	0,6	-0,09
-0,8	-0,11	0,8	-0,17
-1,0	-0,03	1,0	-0,22
-1,2	-0,01	1,2	-0,24
-1,4	0,01	1,4	-0,47
-1,6	0,13	1,6	-0,17
-1,8	0,14	1,8	-0,27
-2,0	0,16	2,0	-0,24
-2,2	0,26	2,2	-0,32
-2,4	0,34	2,4	-0,38
-2,5	0,34	2,5	-0,28

**A6**

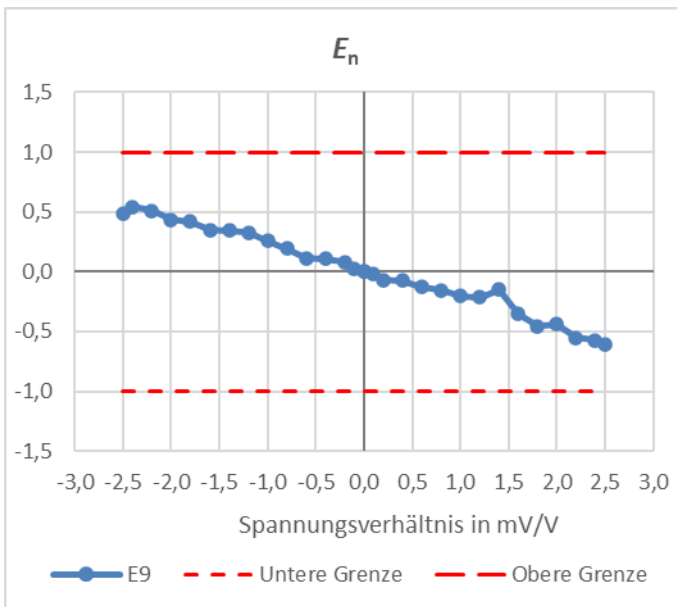
Bezugsnormal: HBM K148, PRI K148,  $U(\text{ermittelt}) = 40 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	-0,02	0,0	0,00
-0,1	-	0,1	-
-0,2	0,00	0,2	-0,03
-0,4	-0,05	0,4	0,01
-0,6	-0,11	0,6	0,05
-0,8	-0,11	0,8	0,05
-1,0	-0,11	1,0	0,11
-1,2	-0,14	1,2	0,12
-1,4	-0,17	1,4	0,21
-1,6	-0,25	1,6	0,16
-1,8	-0,29	1,8	0,15
-2,0	-0,30	2,0	0,18
-2,2	-	2,2	-
-2,4	-	2,4	-
-2,5	-	2,5	-

**E9**

Bezugsnormal: BN 100 A, SN: 21182 (Kal. 28179 PTB 20),  $U(\text{ermittelt}) = 30 \text{ nV/V}$

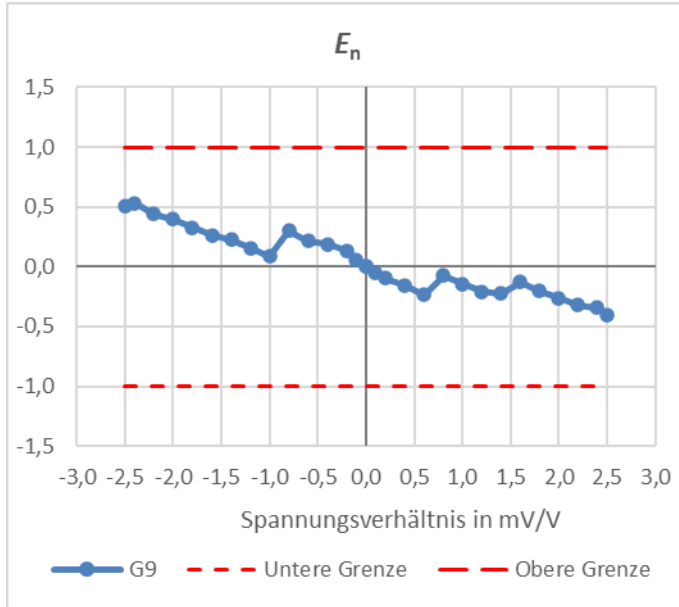


Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	0,03	0,1	-0,02
-0,2	0,08	0,2	-0,07
-0,4	0,11	0,4	-0,07
-0,6	0,11	0,6	-0,13
-0,8	0,19	0,8	-0,16
-1,0	0,26	1,0	-0,20
-1,2	0,33	1,2	-0,21
-1,4	0,34	1,4	-0,15
-1,6	0,35	1,6	-0,35
-1,8	0,42	1,8	-0,46
-2,0	0,43	2,0	-0,44
-2,2	0,51	2,2	-0,55
-2,4	0,54	2,4	-0,57
-2,5	0,49	2,5	-0,61



### G9

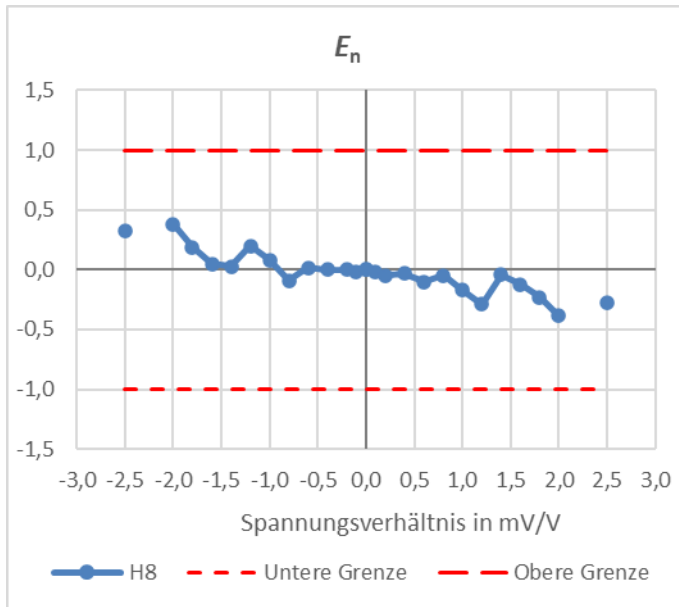
Bezugsnormal: BN100, Seriennr.: RV38098,  $U(\text{ermittelt}) = 31 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	0,05	0,1	-0,05
-0,2	0,13	0,2	-0,09
-0,4	0,19	0,4	-0,15
-0,6	0,22	0,6	-0,23
-0,8	0,30	0,8	-0,07
-1,0	0,09	1,0	-0,14
-1,2	0,16	1,2	-0,21
-1,4	0,23	1,4	-0,23
-1,6	0,26	1,6	-0,13
-1,8	0,33	1,8	-0,20
-2,0	0,40	2,0	-0,27
-2,2	0,44	2,2	-0,32
-2,4	0,53	2,4	-0,34
-2,5	0,50	2,5	-0,40

### H8

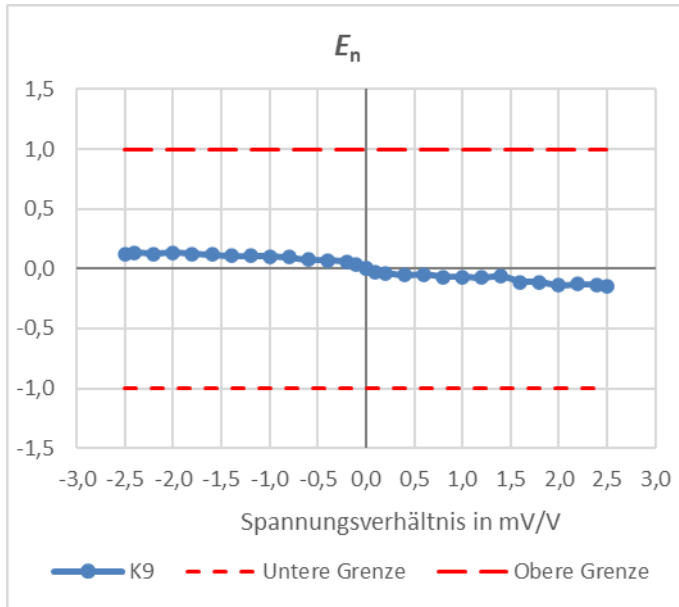
Bezugsnormal: HBM K 3608,  $U(\text{ermittelt}) = 50 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	-0,02	0,1	-0,01
-0,2	0,00	0,2	-0,05
-0,4	0,00	0,4	-0,03
-0,6	0,02	0,6	-0,10
-0,8	-0,09	0,8	-0,05
-1,0	0,08	1,0	-0,17
-1,2	0,20	1,2	-0,29
-1,4	0,02	1,4	-0,04
-1,6	0,05	1,6	-0,12
-1,8	0,19	1,8	-0,23
-2,0	0,38	2,0	-0,39
-2,2	-	2,2	-
-2,4	-	2,4	-
-2,5	0,33	2,5	-0,28

**K9**

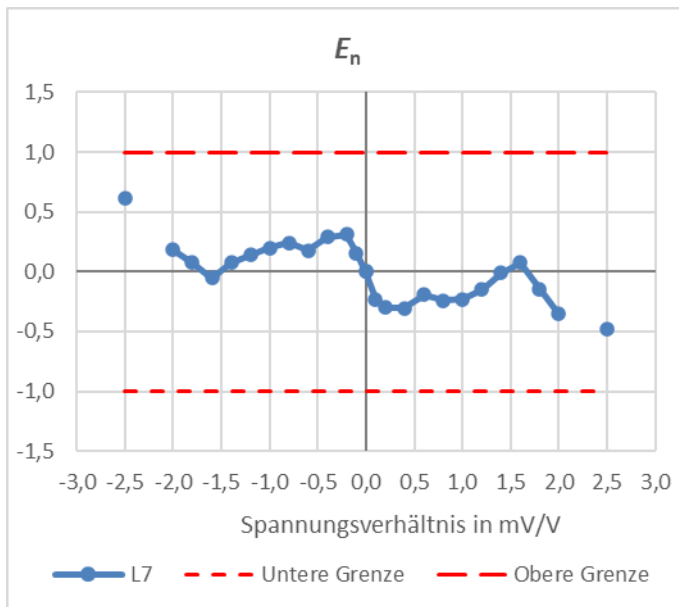
Bezugsnormal: HBM BN100, SN 1935,  $U(\text{ermittelt}) = (61 \dots 148) \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	0,03	0,1	-0,03
-0,2	0,06	0,2	-0,04
-0,4	0,07	0,4	-0,05
-0,6	0,08	0,6	-0,05
-0,8	0,09	0,8	-0,07
-1,0	0,10	1,0	-0,07
-1,2	0,11	1,2	-0,08
-1,4	0,11	1,4	-0,06
-1,6	0,12	1,6	-0,11
-1,8	0,12	1,8	-0,11
-2,0	0,14	2,0	-0,14
-2,2	0,13	2,2	-0,13
-2,4	0,13	2,4	-0,14
-2,5	0,12	2,5	-0,15

**L7**

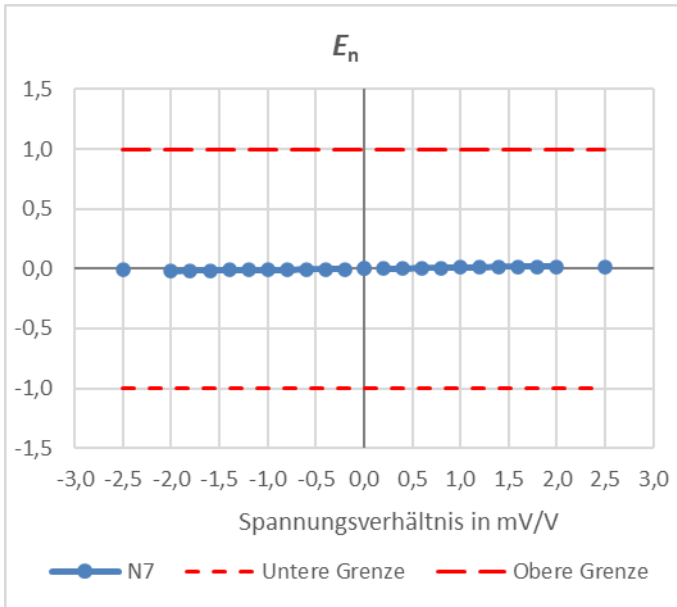
Bezugsnormal: K3608,  $U(\text{ermittelt}) = (33 \dots 93) \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	0,16	0,1	-0,23
-0,2	0,31	0,2	-0,30
-0,4	0,29	0,4	-0,31
-0,6	0,18	0,6	-0,19
-0,8	0,24	0,8	-0,24
-1,0	0,20	1,0	-0,23
-1,2	0,14	1,2	-0,15
-1,4	0,07	1,4	-0,01
-1,6	-0,05	1,6	0,07
-1,8	0,07	1,8	-0,15
-2,0	0,18	2,0	-0,35
-2,2	-	2,2	-
-2,4	-	2,4	-
-2,5	0,62	2,5	-0,48

### N7

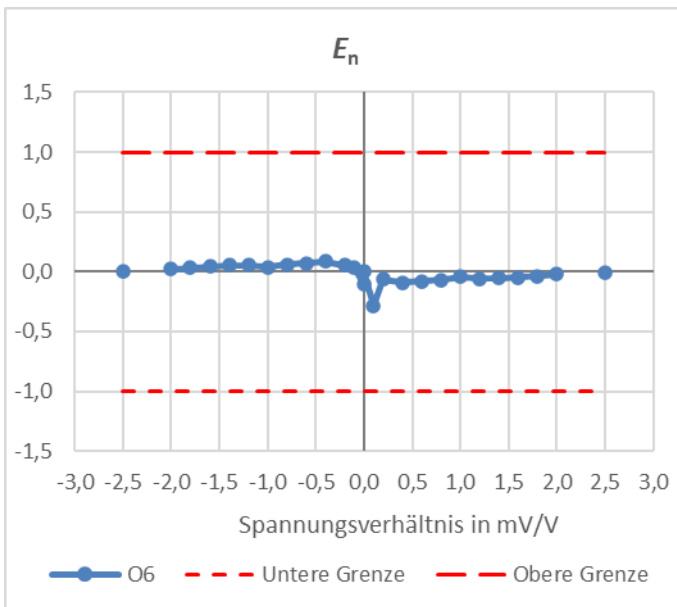
Bezugsnormal: HBM K148,  $U(\text{ermittelt}) = 4\,000 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	-	0,1	-
-0,2	0,00	0,2	0,00
-0,4	0,00	0,4	0,00
-0,6	-0,01	0,6	0,01
-0,8	-0,01	0,8	0,01
-1,0	-0,01	1,0	0,01
-1,2	-0,01	1,2	0,01
-1,4	-0,01	1,4	0,01
-1,6	-0,02	1,6	0,02
-1,8	-0,02	1,8	0,02
-2,0	-0,02	2,0	0,02
-2,2	-	2,2	-
-2,4	-	2,4	-
-2,5	-0,01	2,5	0,01

### O6

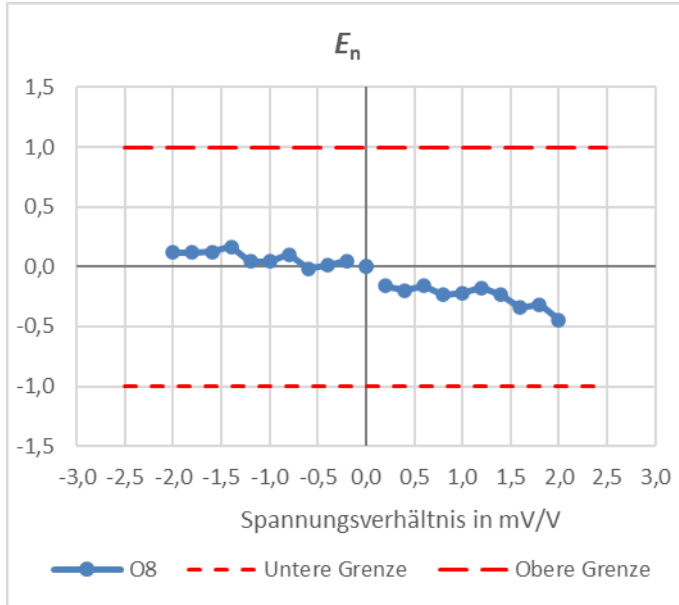
Bezugsnormal: HBM K3607,  $U(\text{ermittelt}) = 0,2 \%$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	-0,10	0,0	0,00
-0,1	0,03	0,1	-0,28
-0,2	0,05	0,2	-0,07
-0,4	0,08	0,4	-0,09
-0,6	0,07	0,6	-0,08
-0,8	0,06	0,8	-0,07
-1,0	0,04	1,0	-0,04
-1,2	0,05	1,2	-0,06
-1,4	0,05	1,4	-0,06
-1,6	0,04	1,6	-0,05
-1,8	0,03	1,8	-0,04
-2,0	0,02	2,0	-0,02
-2,2	-	2,2	-
-2,4	-	2,4	-
-2,5	0,00	2,5	0,00

**O8**

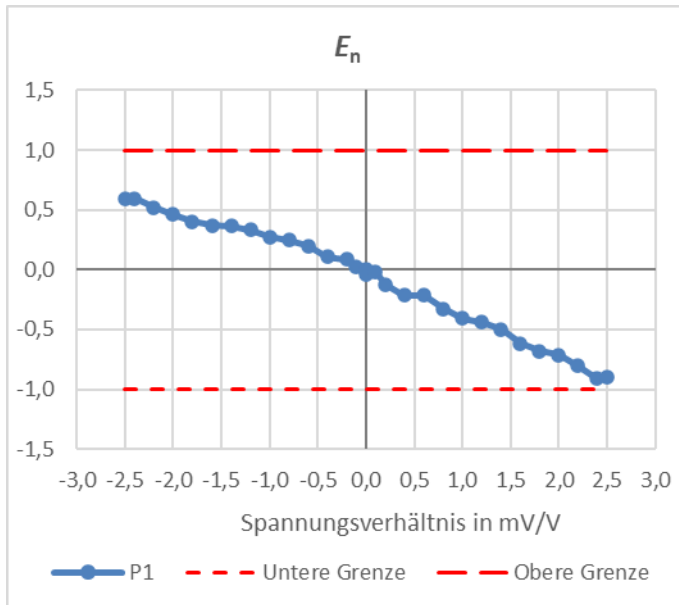
Bezugsnormal: HBM K148,  $U(\text{ermittelt}) = (20 \dots 23) \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	-	0,1	-
-0,2	0,05	0,2	-0,16
-0,4	0,01	0,4	-0,20
-0,6	-0,02	0,6	-0,16
-0,8	0,10	0,8	-0,23
-1,0	0,04	1,0	-0,22
-1,2	0,04	1,2	-0,18
-1,4	0,16	1,4	-0,24
-1,6	0,12	1,6	-0,34
-1,8	0,12	1,8	-0,31
-2,0	0,12	2,0	-0,44
-2,2	-	2,2	-
-2,4	-	2,4	-
-2,5	-	2,5	-

**P1**

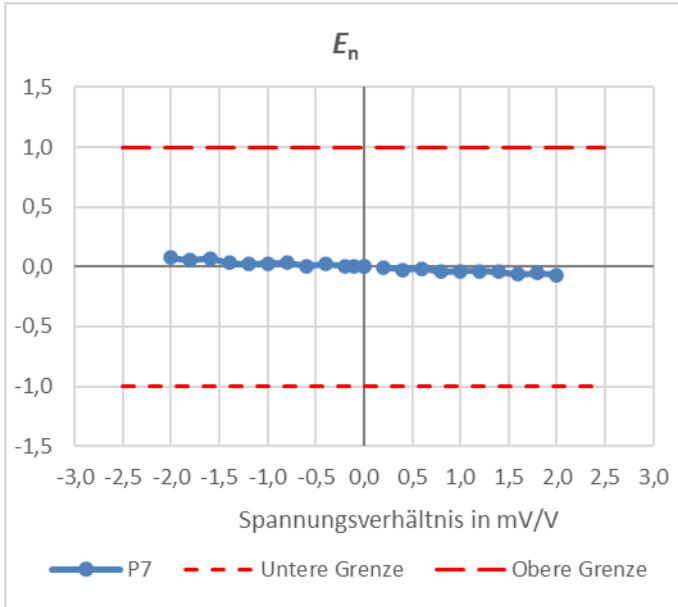
Bezugsnormal: Brückennormal BN 100A,  $U(\text{ermittelt}) = 40 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	-0,04	0,0	0,00
-0,1	0,02	0,1	-0,02
-0,2	0,09	0,2	-0,12
-0,4	0,11	0,4	-0,22
-0,6	0,20	0,6	-0,21
-0,8	0,25	0,8	-0,33
-1,0	0,27	1,0	-0,41
-1,2	0,33	1,2	-0,44
-1,4	0,37	1,4	-0,50
-1,6	0,37	1,6	-0,62
-1,8	0,40	1,8	-0,68
-2,0	0,46	2,0	-0,71
-2,2	0,52	2,2	-0,80
-2,4	0,59	2,4	-0,91
-2,5	0,59	2,5	-0,89

**P7**

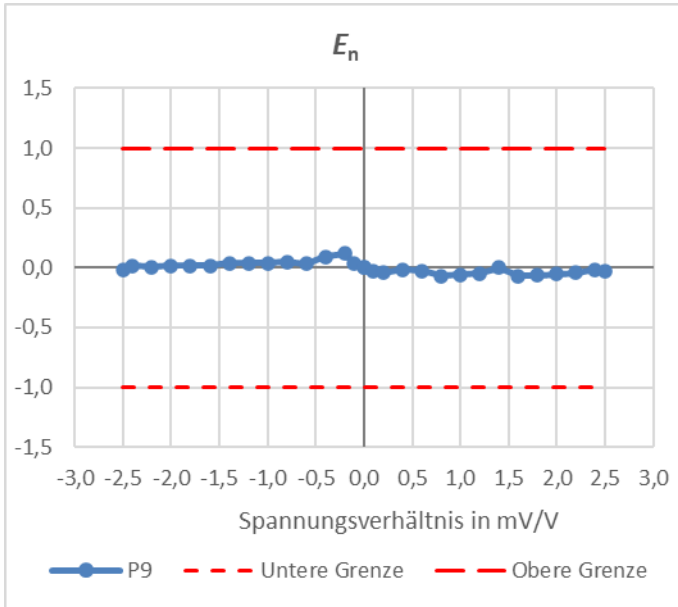
Bezugsnormal: HBM K3608,  $U(\text{ermittelt}) = 330 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	-	0,1	-
-0,2	0,01	0,2	-0,01
-0,4	0,02	0,4	-0,03
-0,6	0,00	0,6	-0,01
-0,8	0,03	0,8	-0,04
-1,0	0,03	1,0	-0,04
-1,2	0,02	1,2	-0,04
-1,4	0,03	1,4	-0,04
-1,6	0,07	1,6	-0,06
-1,8	0,05	1,8	-0,05
-2,0	0,08	2,0	-0,07
-2,2	-	2,2	-
-2,4	-	2,4	-
-2,5	-	2,5	-

**P9**

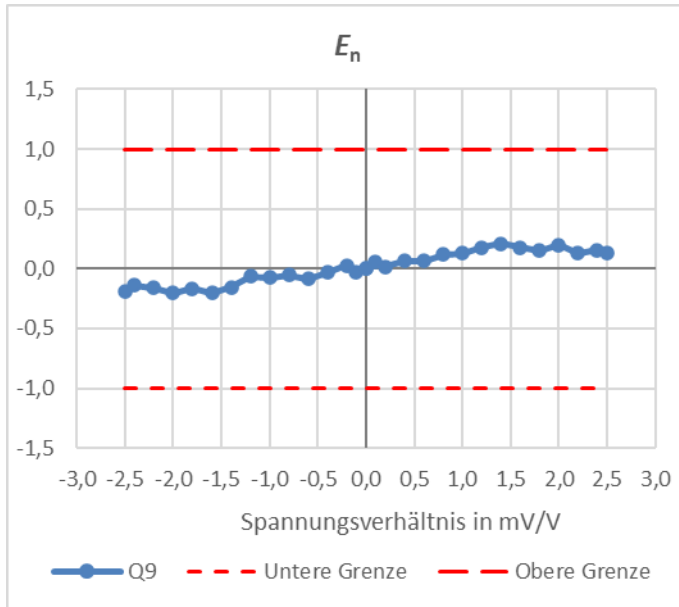
Bezugsnormal: HBM K3608 + LinCheck device,  $U(\text{ermittelt}) = (3 \dots 75) \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	0,04	0,1	-0,02
-0,2	0,12	0,2	-0,04
-0,4	0,09	0,4	-0,02
-0,6	0,03	0,6	-0,03
-0,8	0,05	0,8	-0,07
-1,0	0,04	1,0	-0,06
-1,2	0,04	1,2	-0,05
-1,4	0,04	1,4	0,00
-1,6	0,01	1,6	-0,07
-1,8	0,01	1,8	-0,07
-2,0	0,02	2,0	-0,05
-2,2	0,00	2,2	-0,04
-2,4	0,02	2,4	-0,01
-2,5	-0,01	2,5	-0,03

**Q9**

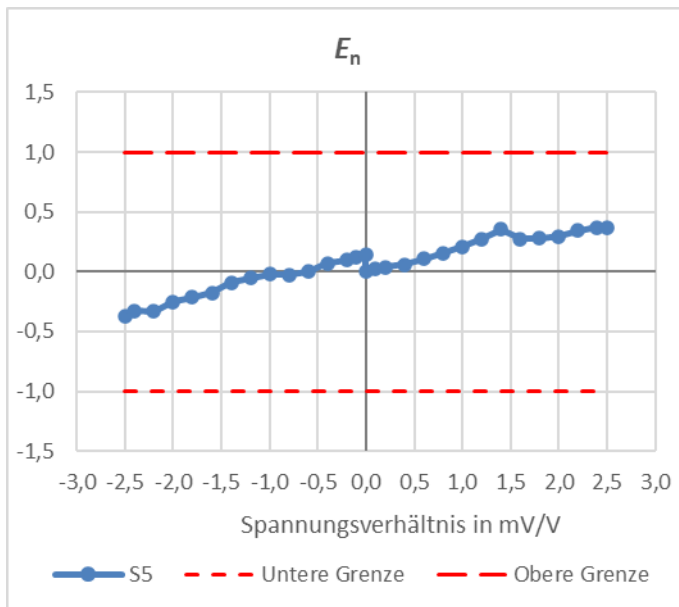
Bezugsnormal: HBM BN100A,  $U(\text{ermittelt}) = (30 \dots 50) \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	-0,03	0,1	0,06
-0,2	0,02	0,2	0,01
-0,4	-0,03	0,4	0,06
-0,6	-0,08	0,6	0,07
-0,8	-0,06	0,8	0,12
-1,0	-0,08	1,0	0,13
-1,2	-0,06	1,2	0,18
-1,4	-0,16	1,4	0,21
-1,6	-0,20	1,6	0,18
-1,8	-0,16	1,8	0,15
-2,0	-0,20	2,0	0,20
-2,2	-0,16	2,2	0,13
-2,4	-0,14	2,4	0,15
-2,5	-0,19	2,5	0,13

**S5**

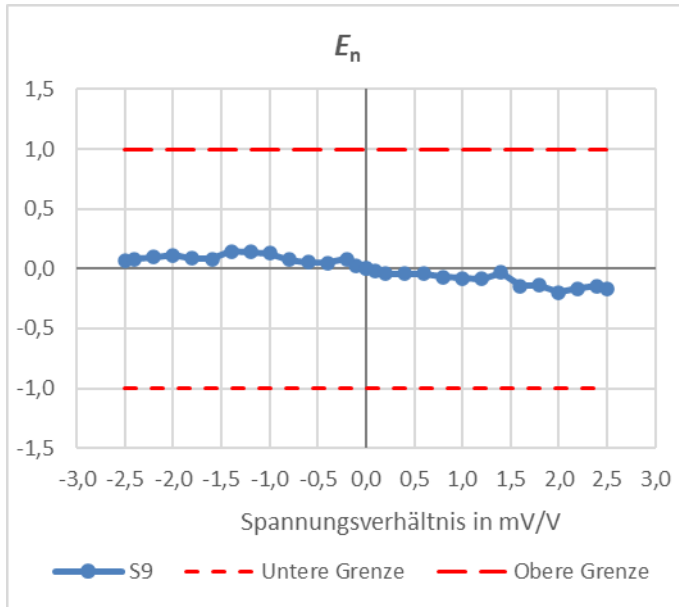
Bezugsnormal: Brückennormal BN100A,  $U(\text{ermittelt}) = 20 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,15	0,0	0,00
-0,1	0,12	0,1	0,03
-0,2	0,09	0,2	0,04
-0,4	0,07	0,4	0,06
-0,6	0,00	0,6	0,11
-0,8	-0,02	0,8	0,15
-1,0	-0,02	1,0	0,21
-1,2	-0,05	1,2	0,28
-1,4	-0,09	1,4	0,35
-1,6	-0,18	1,6	0,28
-1,8	-0,22	1,8	0,28
-2,0	-0,25	2,0	0,30
-2,2	-0,33	2,2	0,34
-2,4	-0,33	2,4	0,37
-2,5	-0,38	2,5	0,37

### S9

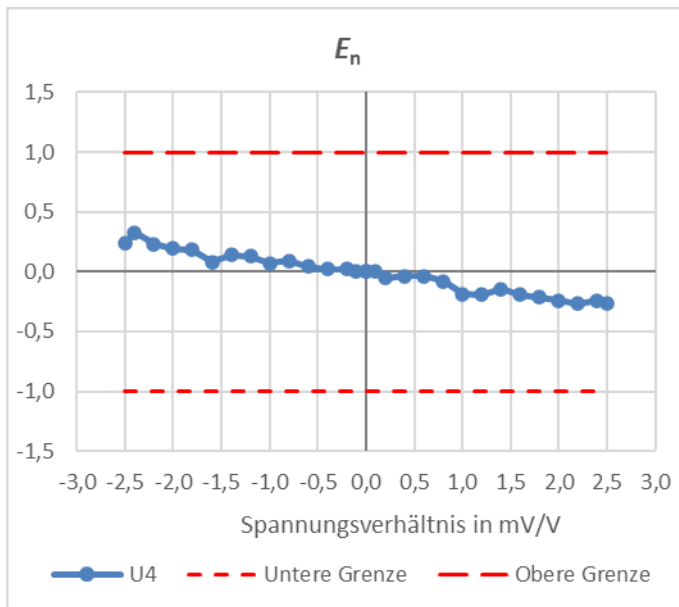
Bezugsnormal: BN100 Prüfmittel W-010,  $U(\text{ermittelt}) = (31 \dots 66) \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	0,03	0,1	-0,02
-0,2	0,08	0,2	-0,04
-0,4	0,05	0,4	-0,05
-0,6	0,05	0,6	-0,04
-0,8	0,08	0,8	-0,07
-1,0	0,13	1,0	-0,08
-1,2	0,14	1,2	-0,09
-1,4	0,14	1,4	-0,03
-1,6	0,08	1,6	-0,15
-1,8	0,09	1,8	-0,14
-2,0	0,11	2,0	-0,20
-2,2	0,10	2,2	-0,17
-2,4	0,08	2,4	-0,14
-2,5	0,07	2,5	-0,17

### U4

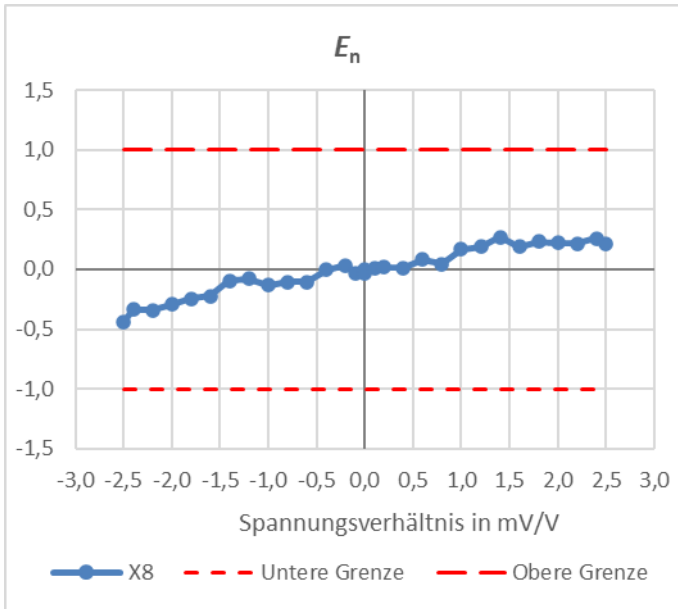
Bezugsnormal: HBM BN100A, Nr. 0K0151301,  $U(\text{ermittelt}) = 40 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	0,00	0,0	0,00
-0,1	0,00	0,1	0,00
-0,2	0,02	0,2	-0,06
-0,4	0,02	0,4	-0,04
-0,6	0,04	0,6	-0,04
-0,8	0,09	0,8	-0,08
-1,0	0,07	1,0	-0,19
-1,2	0,13	1,2	-0,19
-1,4	0,14	1,4	-0,14
-1,6	0,08	1,6	-0,19
-1,8	0,18	1,8	-0,21
-2,0	0,19	2,0	-0,24
-2,2	0,23	2,2	-0,27
-2,4	0,33	2,4	-0,24
-2,5	0,24	2,5	-0,27

**X8**

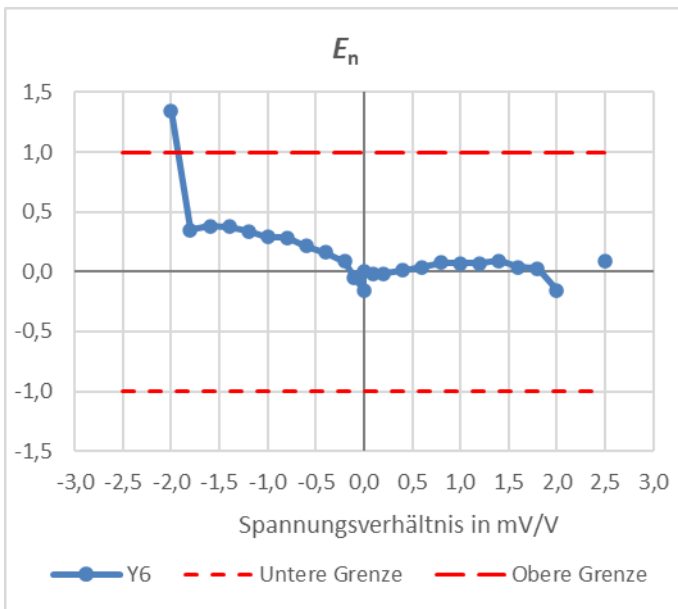
Bezugsnormal: BN100R, Seriennr.: 21R187,  $U(\text{ermittelt}) = 20 \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	-0,04	0,0	0,00
-0,1	-0,04	0,1	0,01
-0,2	0,03	0,2	0,02
-0,4	0,00	0,4	0,01
-0,6	-0,11	0,6	0,08
-0,8	-0,11	0,8	0,05
-1,0	-0,13	1,0	0,17
-1,2	-0,08	1,2	0,19
-1,4	-0,09	1,4	0,27
-1,6	-0,22	1,6	0,19
-1,8	-0,24	1,8	0,23
-2,0	-0,30	2,0	0,22
-2,2	-0,34	2,2	0,21
-2,4	-0,33	2,4	0,26
-2,5	-0,44	2,5	0,21


**Y6**

Bezugsnormal: BN100A,  $U(\text{ermittelt}) = (30 \dots 125) \text{ nV/V}$



Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$	Spannungsverhältnis in mV/V	$E_n$
-0,0	-0,16	0,0	0,00
-0,1	-0,05	0,1	-0,02
-0,2	0,09	0,2	-0,01
-0,4	0,16	0,4	0,01
-0,6	0,22	0,6	0,04
-0,8	0,28	0,8	0,07
-1,0	0,29	1,0	0,07
-1,2	0,34	1,2	0,07
-1,4	0,38	1,4	0,09
-1,6	0,38	1,6	0,04
-1,8	0,35	1,8	0,03
-2,0	1,35	2,0	-0,15
-2,2	-	2,2	-
-2,4	-	2,4	-
-2,5	3,08	2,5	0,09



	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>		DKD-V 3-2	
			Ausgabe:	10/2023
			Revision:	0
			Seite:	105/109

## 8 Zusammenfassung

Der DKD-Ringvergleich für Kräfte bis 100 kN – ergänzt um einen Vergleich im Teilbereich bis 50 kN – sowie der Vergleich für die Messung von Spannungsverhältnissen bis 2,5 mV/V bei 225 Hz Trägerfrequenz und 5 V Speisespannung haben es einer Vielzahl akkreditierter Laboratorien ermöglicht, die von der Akkreditierungsstelle geforderten Eignungsprüfungen in den entsprechenden Teilarbeitsbereichen durchzuführen.

Die im Rahmen der Auswertung der Messungen errechneten Resultate sollten einer schnellen und einfachen Erfassung und Interpretation zugänglich gemacht werden. Aus diesem Grund wurde der Versuch unternommen, an Stelle umfangreicher Tabellen und Zahlenwerke die wesentlichen Informationen in Form von Grafiken (x-y-Diagramme, Säulen- sowie Netzdiagramme) zu visualisieren und die tabellarische Form auf die  $E_n$ -Werte zu beschränken.

Generell können die Ergebnisse für die allermeisten Teilnehmer als Bestätigung für die Erfüllung der gestellten Anforderungen gewertet werden, und nur in Ausnahmefällen gibt es Abweichungen, die einer weiteren Betrachtung bedürfen. Dies betrifft insbesondere die Abwärtsmessreihen, wo in einigen wenigen Fällen signifikante Abweichungen beobachtet wurden. Hier wird vermutet, dass es sich um Kraftmeseinrichtungen ohne direkte Massewirkung handelt, bei denen Effekte der Kraftvervielfachung (durch Hebel- oder hydraulische Übersetzung) oder solche, die aus der Verwendung eines Referenzkraftaufnehmers resultieren, eine Rolle spielen. Dies sollte weiter untersucht werden.


Die Ergebnisse des mV/V-Vergleichs sind fast ausnahmslos zufriedenstellend.

## 9 Referenzen

**DIN EN ISO 376** Metallische Werkstoffe Kalibrierung der Kraftmessgeräte für die Prüfung von Prüfmaschinen mit einachsiger Beanspruchung (ISO 376:2011); Deutsche Fassung EN ISO 376:2011


**DIN EN ISO/IEC 17025** : 2018-03 Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2017

**DIN EN ISO/IEC 17043** : 2010 Konformitätsbewertung - Allgemeine Anforderungen an Eignungsprüfungen (ISO/IEC 17043:2010); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17043:2010


	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>	DKD-V 3-2	
		Ausgabe:	10/2023
		Revision:	0
		Seite:	106/109

## 10 Anhang: Liste der teilnehmenden Laboratorien

Labor	Ansprechpartner	Adresse
HBK	Lioba Stenner	Hottinger Brüel & Kjaer GmbH Im Tiefen See 45 64293 Darmstadt
GTM	Daniel Schwind	GTM Testing and Metrology GmbH Philipp-Reis-Str. 4-6 64404 Bickenbach
MPA Darmstadt	Michael Feldmann	Staatliche Materialprüfanstalt Darmstadt Institut für Werkstoffkunde Technische Universität Darmstadt Grafenstr. 2 64283 Darmstadt
MPA Stuttgart	Siegfried Gerber	MPA, Universität Stuttgart Pfaffenwaldring 32 70569 Stuttgart
MPA NRW	Davut Özdemir	MPA Nordrhein-Westfalen Marsbruchstraße 186 44287 Dortmund
BAM	Michael Fischer	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Fachbereich 8.1 Sensorik, mess- und prüftechnische Verfahren Unter den Eichen 87 12205 Berlin
AST	Thanh Tuan Vu (Fabian Gottfried)	A.S.T. Angewandte System Technik GmbH Marschnerstraße 26 01307 Dresden
EAL	Frank Stiebler	Staatsbetrieb für Mess- und Eichwesen Eichamt Leipzig Talstraße 11 04103 Leipzig
AIRBUS	Thomas Birzl Markus Boeck	Airbus Defence & Space TOQMS2 Rechliner Straße 85077 Manching
Teramess	Frank Dietenberger	Teramess GmbH Industriestr. 17 D-82110 Germering
VW	Dr. Heiko Müller	Volkswagen AG EGEM/K Kalibrierung und Messgeräteservice Kst. 011/17850 38436 Wolfsburg
Ford	Christoph Vorwerk (Peter Hüskes)	Ford Werke GmbH Abt.: MK-1/L11 50725 Köln
TECSIS	Manuel Horch	tecsis GmbH Carl-Legien-Straße 40-44 63073 Offenbach

	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>	DKD-V 3-2	
		Ausgabe:	10/2023
		Revision:	0
		Seite:	107/109

Labor	Ansprechpartner	Adresse
Porsche	Axel Krüger	Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG Porschestraße 911 71287 Weissach
PPT (Alluris)	Axel Fischer	Alluris GmbH Basler Straße 65 79100 Freiburg
Testo	Dr. Christian Sander	Testo Industrial Services GmbH Gewerbestr. 3 79199 Kirchzarten
DB	Enrico Wendland	DB Systemtechnik GmbH Messprozesse, Kalibrier- und Prüfstelle Emilienstraße 45 09131 Chemnitz
Adient	Ingo Neumann	Adient Engineering and IP GmbH Industriestraße 20-30 51399 Burscheid
Atlas Copco	Axel Grönboldt	Atlas Copco Tools Central Europe GmbH Langemarckstraße 35 45141 Essen
KDK	Dr. Gerald Jahn	KDK GmbH In den Ziegelwiesen 25 69168 Wiesloch
mg-Sensor	Jürgen Raschke	mg-sensor GmbH Airport Boulevard B210 77836 Rheinmünster
ZAG	Miha Hiti	ZAG Ljubljana Dimiceva 12 SI-1000 Ljubljana SLOWENIEN
BVS	Holger Biermann- Zandanell	Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Kalibrierdienst Alpenstr. 157 A-5020 Salzburg ÖSTERREICH
FORCE	Aykurt Altintas	FORCE Technology Midtager 3 DK-2605 Brøndby DÄNEMARK
Saliger	Petra Hansen	Saliger-Gruppe GmbH Am Wiesenbusch 4 45966 Gladbeck
TÜV AT	Georg Sonntag	TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH Industry & Energy Austria Team TIC LAB MM Deutschstraße 10 1230 Wien ÖSTERREICH
Trescal	Thomas Dietz	Trescal GmbH Limburgstr. 6 73734 Esslingen

	DKD-Ringvergleich für statische Kräfte von 40 kN bis 100 kN bzw. im Teilbereich von 20 kN bis 50 kN und für Spannungsverhältnisse bei 5V, 225 Hz TF <a href="https://doi.org/10.7795/550.20231102">https://doi.org/10.7795/550.20231102</a>	DKD-V 3-2	
		Ausgabe:	10/2023
		Revision:	0
		Seite:	108/109

Labor	Ansprechpartner	Adresse
MPA KD Berlin	Christian Häuser	MPA Kalibrierdienst GmbH Triftstraße, gegenüber Nummer 45 13353 Berlin
SBS	Martin Bichler	SBS Kalibrierservice GmbH Aresinger Str. 44 86561 Unterweilenbach
FSB Zagreb	Željko Alar	FSB, UNI-Zagreb I. Lucica 5 10000 Zagreb KROATIEN
Burster	Daniel Hörig	burster präzisionsmesstechnik Talstr. 1-5 D-76593 Gernsbach
Kessler QMP	Julian Schmidt	Kessler QMP GmbH Nisterberger Weg 16 57520 Friedewald
TesT	Arne Havemann	TesT GmbH Helena-Rubinstein-Str. 4 40699 Erkrath
Kistler Heidelberg	Dirk Mahler	Kistler Heidelberg Hatschekstraße 5/2 69126 Heidelberg



Herausgeber:

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**  
Deutscher Kalibrierdienst  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig

[www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)  
[www.ptb.de](http://www.ptb.de)