

**Untersuchung des  
Durchstanz-  
widerstandes von  
Stahlbetondecken  
mit Blechen  
als Einbauteile**

**Alexej Herzog  
Martin Weng**

Stand: 18.12.2008

## **Vorbemerkung**

Dieser Bericht stellt eine Ergänzung zu den Forschungsberichten Nr. 30 A und B dar.

# 1. Prüfkörper – Übersicht

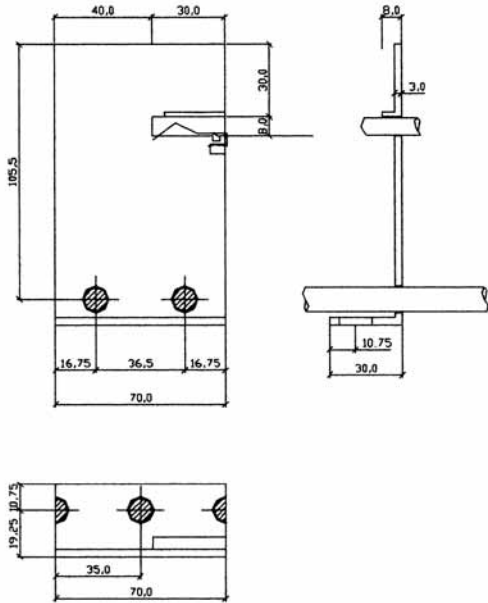
	$f_{c,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	d [mm]	$\rho_i$ Ø15 Spann- stahl [%]	Be- wehrung unten Ø [mm]	Anzahl der Bleche t=5mm, jeweils 2 Bügel				Stütze	$V_{Test}$ [kN]	$V_u/V_{RK,ct}$ [-]	Bemerkung
						0,5d	1.25d	2,0d	Σ				
IF	38,0	22,6	195	1,81	12	24 25	24 21	20 (+8) 21	68 67	Ø 30	1940	2,47	
IH	35,6	21,0	195	1,81	12	24 24	24 20	20 (+8) 19	68 63	Ø 30	1826	2,39	
IG	36,3	21,5	195	1,81	16	24 24	24 24	20 (+8)	68	Ø 30	1902	2,47	
IJ	41,6	24,9	210	0,84	12	20 19	16 15	18 (+4) 15	54 49	Ø 30	1595	2,27	1. Belastung bis 2,2 $V_u/V_{RK,ct}$ 2. Belastung bis Versagen
IK	41,6	24,9	210	0,84	16	20 16	16 15	18 (+4)	54	Ø 30	1728	2,47	1. Belastung bis 2,3 $V_u/V_{RK,ct}$ 2. Belastung bis Versagen
IM	40,8	24,4	195	1,81	12	24 26	24 22	20 22	68 70	26,5x 26,5	2031	2,42	
IFw	42,5	25,4	195	1,81	12	24 25	24 21	16 (+4) 21	64 67	Ø 30	2005	2,46	1. Belastung bis 2,4 $V_u/V_{RK,ct}$ 2. Belastung bis Versagen
IO	24,5	11,6	195	1,81	12	24 23	24 21	20 21	68 65	35,5x 35,5	1880	2,55	
IP	27,7	14,7	195	1,81	12	24 24	24 22	20 22	68 68	Ø 40	1920	2,54	
IR	34,7	20,4	210	0,84	12	24 22	24 20	20 20	68 62	Ø 40	1755	2,42	

Die Anzahl der Einbauteile in kursiver Schrift wurde anhand der Versuchsdaten entsprechend dem Bemessungskonzept „nachgerechnet“.

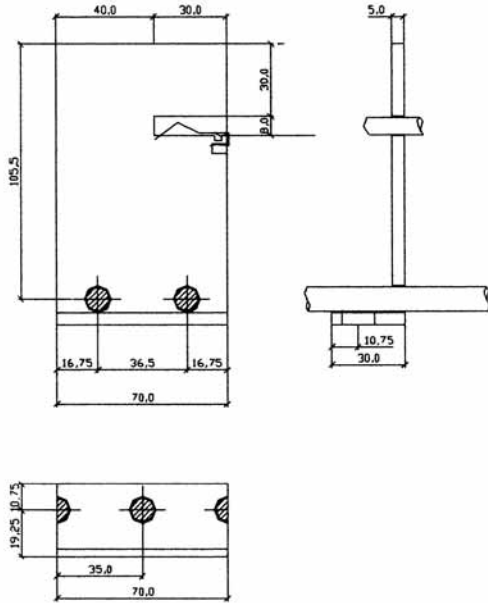
Die in Klammern angegebenen 5er Bleche mit 2 Bügeln liegen außerhalb des Rundschnittes mit einem Abstand von 2d.

## 2. Einbauteile

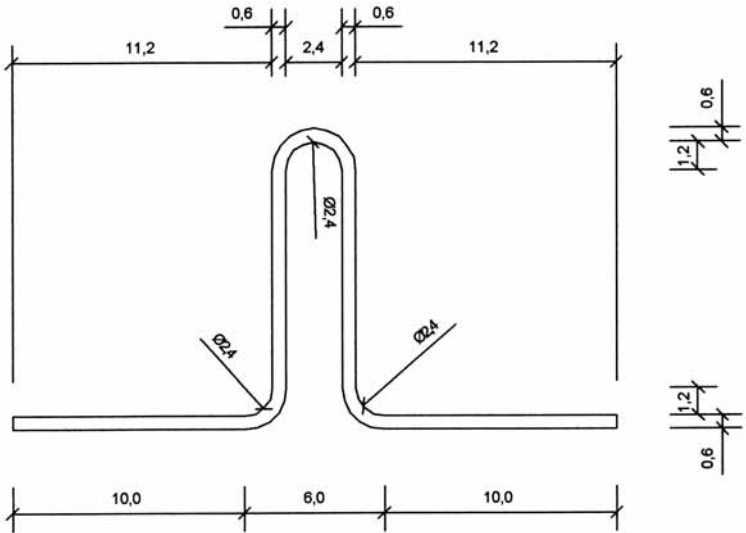
geteilte  
Bleche 3mm



geteilte  
Bleche 5mm



### L - Bleche



### Bügel

### 3. Versuchskörper

#### 3.1 Versuchskörper IF

$f_{c,cube}$ : 38,0 [N/mm<sup>2</sup>]

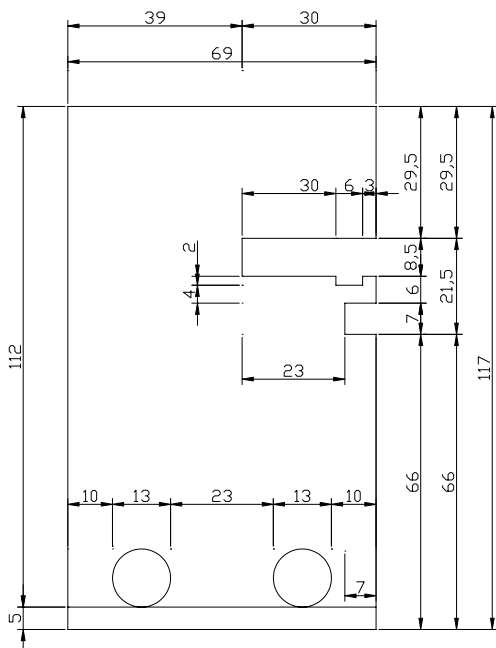
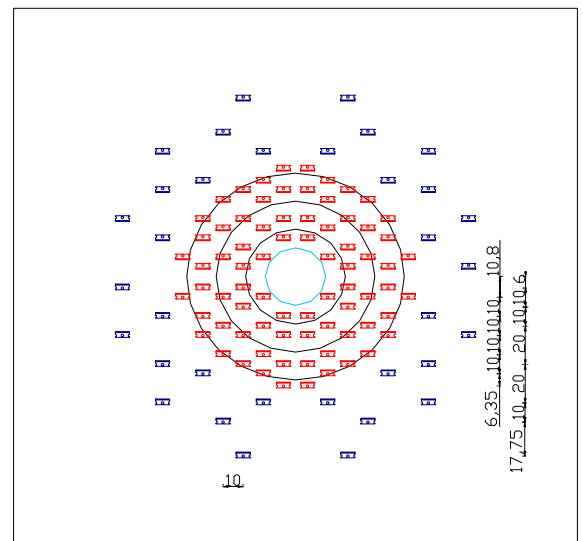
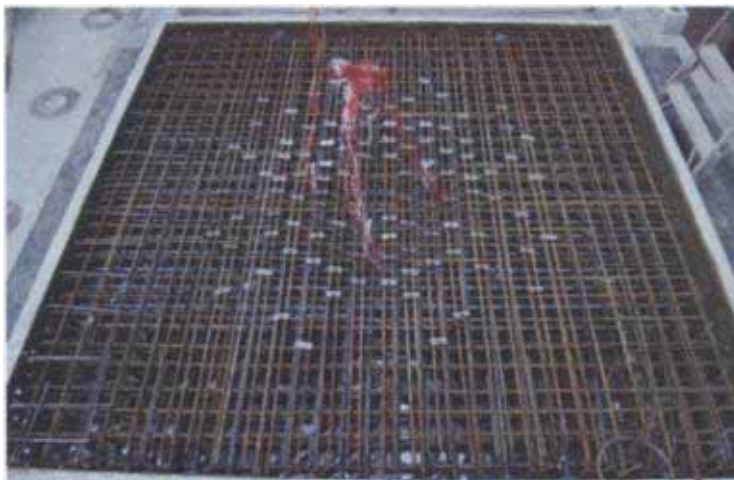
$V_u$ : 1940 [kN]

$V_{Rd,ct}$ : 523 [kN] (Berechnung mit  $f_{ck} = 22,6$  N/mm<sup>2</sup>;  $\rho_{vorh} = 1,81$  %)

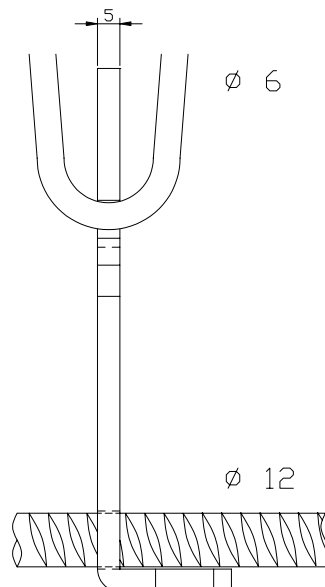
$V_u/V_{Rd,ct}$ : 3,71 [-]

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

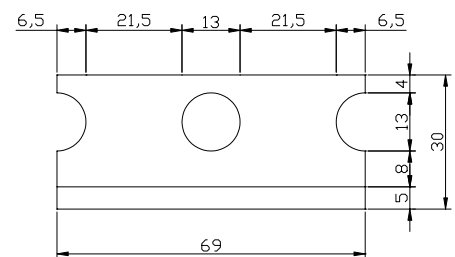
76 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 36 à 3 mm Bleche mit einem Bügel, untere Bewehrung  $\varnothing$  12 mm BST 500, obere Bewehrung  $\varnothing$  15 mm St 900/1100



Vorderansicht

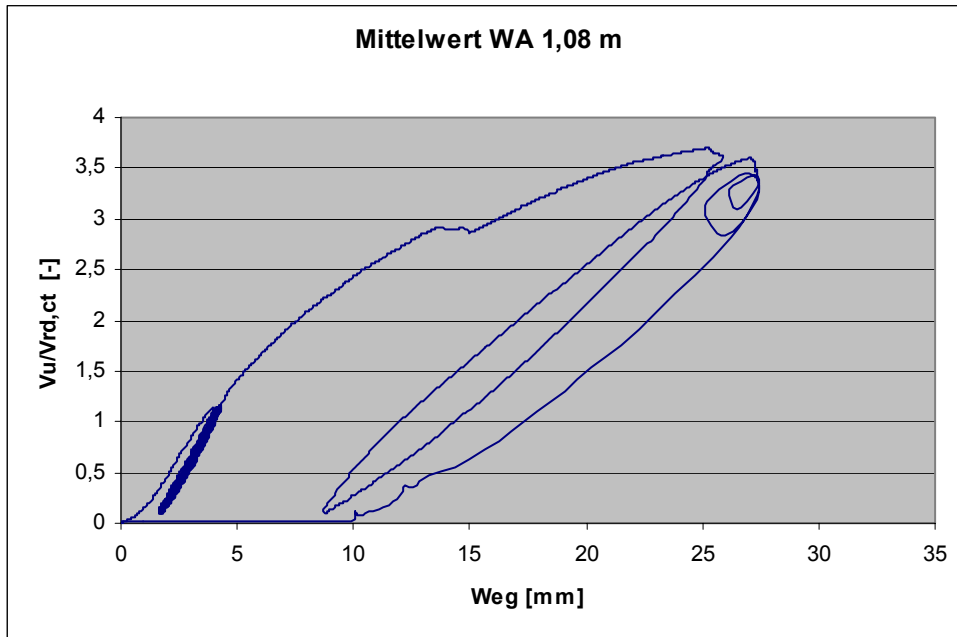


Seitenansicht



Draufsicht

## Last – Verformungsverhalten

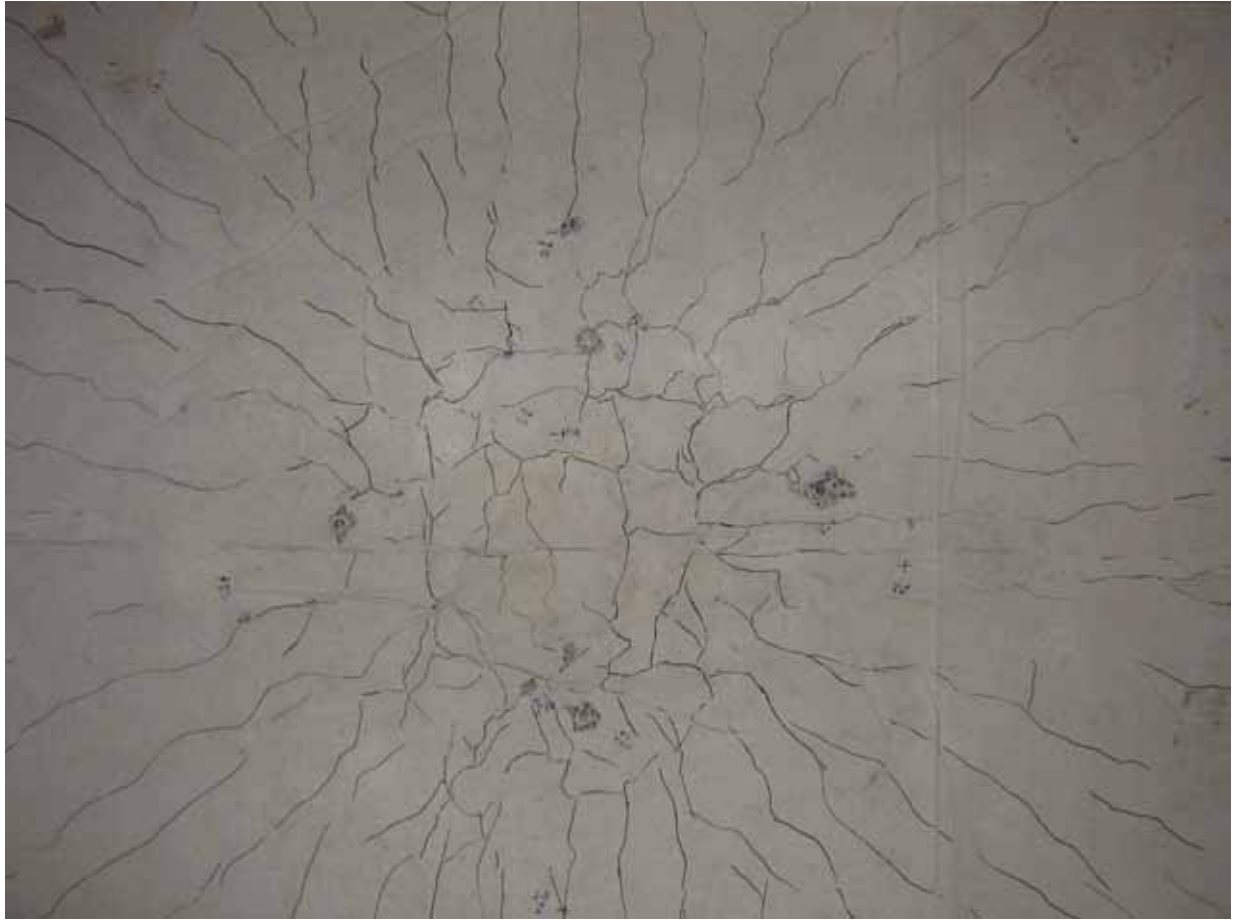


Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte

## Darstellung des Rissverlaufs



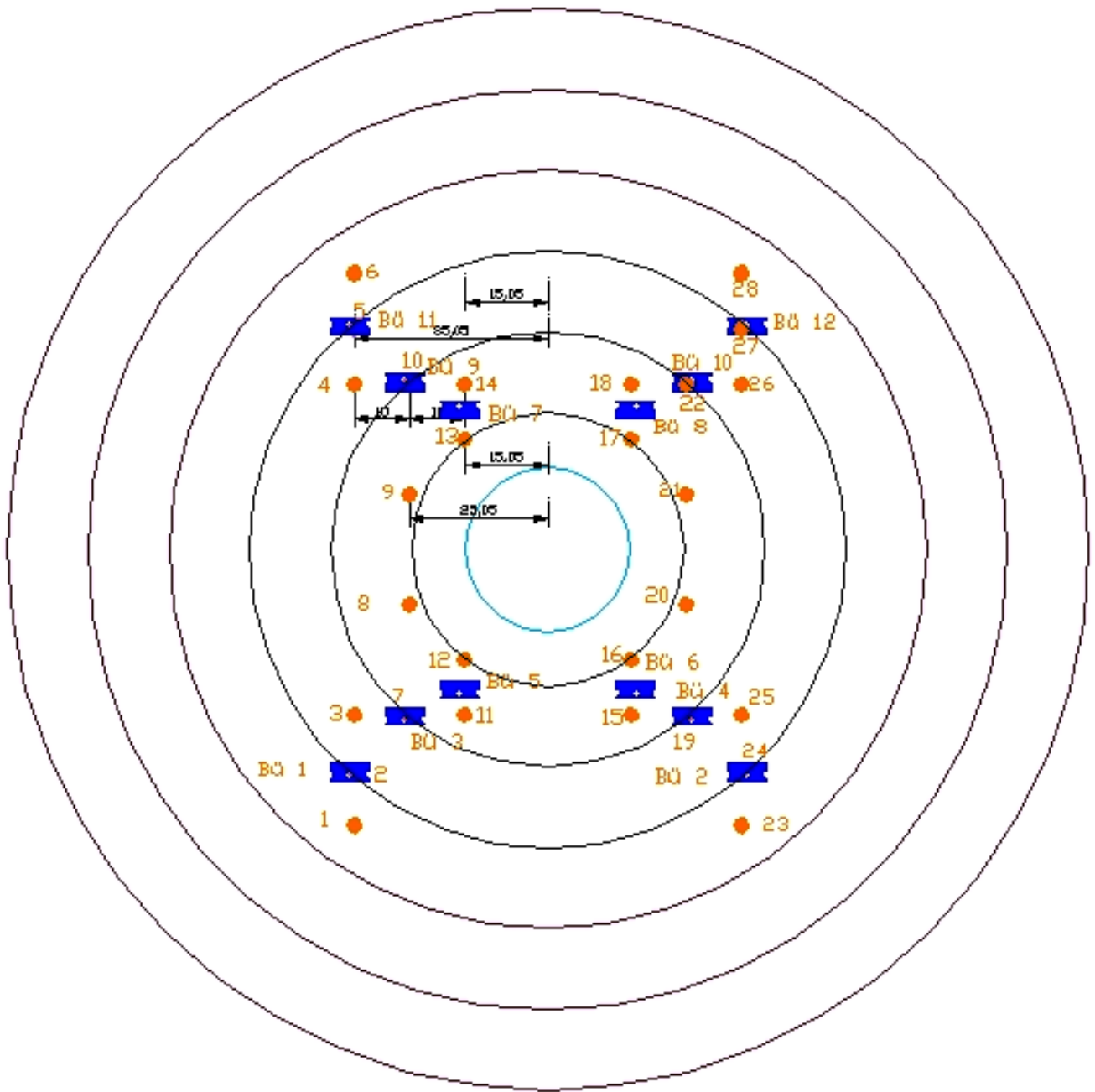
Rissbild von der Seite ( nachgezeichnet )



**Rissbild von unten ( nachgezeichnet )**



**Rissbild des Schnittes ( nachgezeichnet )**



Lage der DMS auf der Bewehrung und den Bügeln



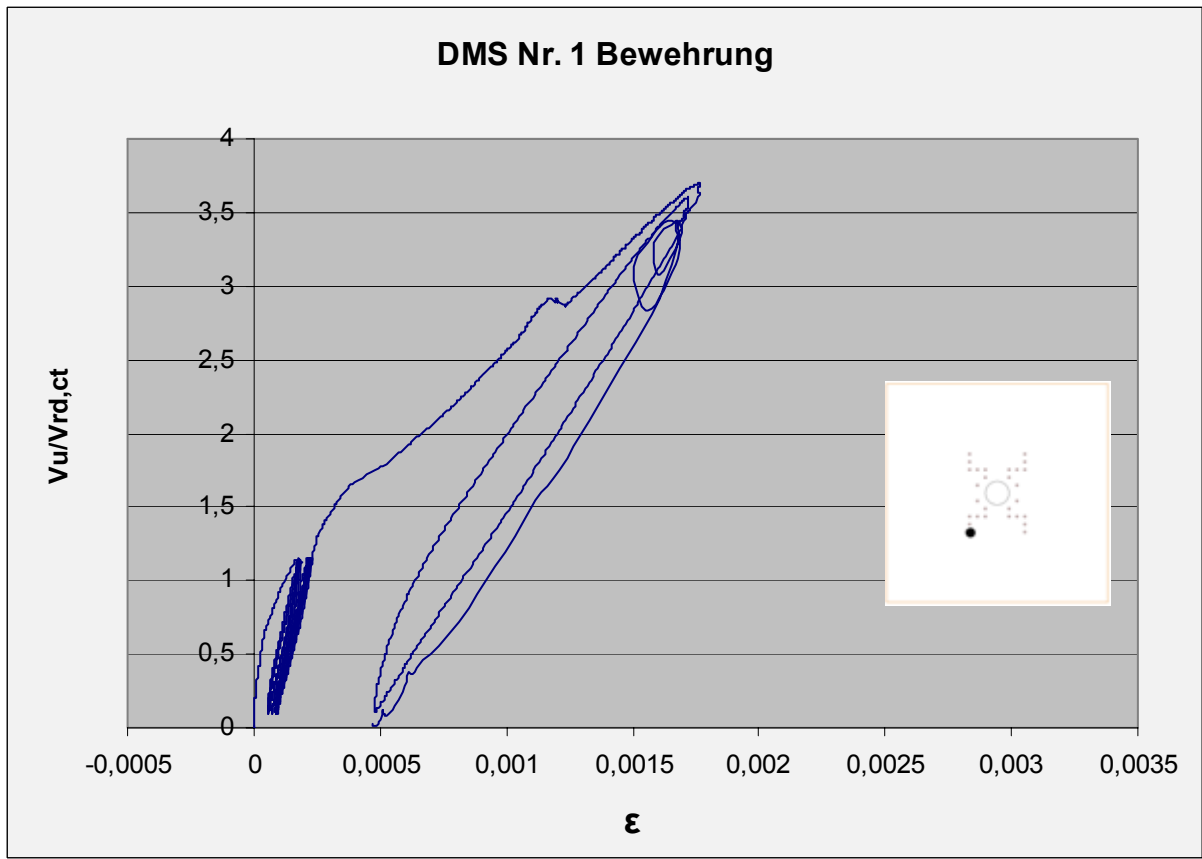


**Dehnungsmessstreifen auf der Bewehrung**

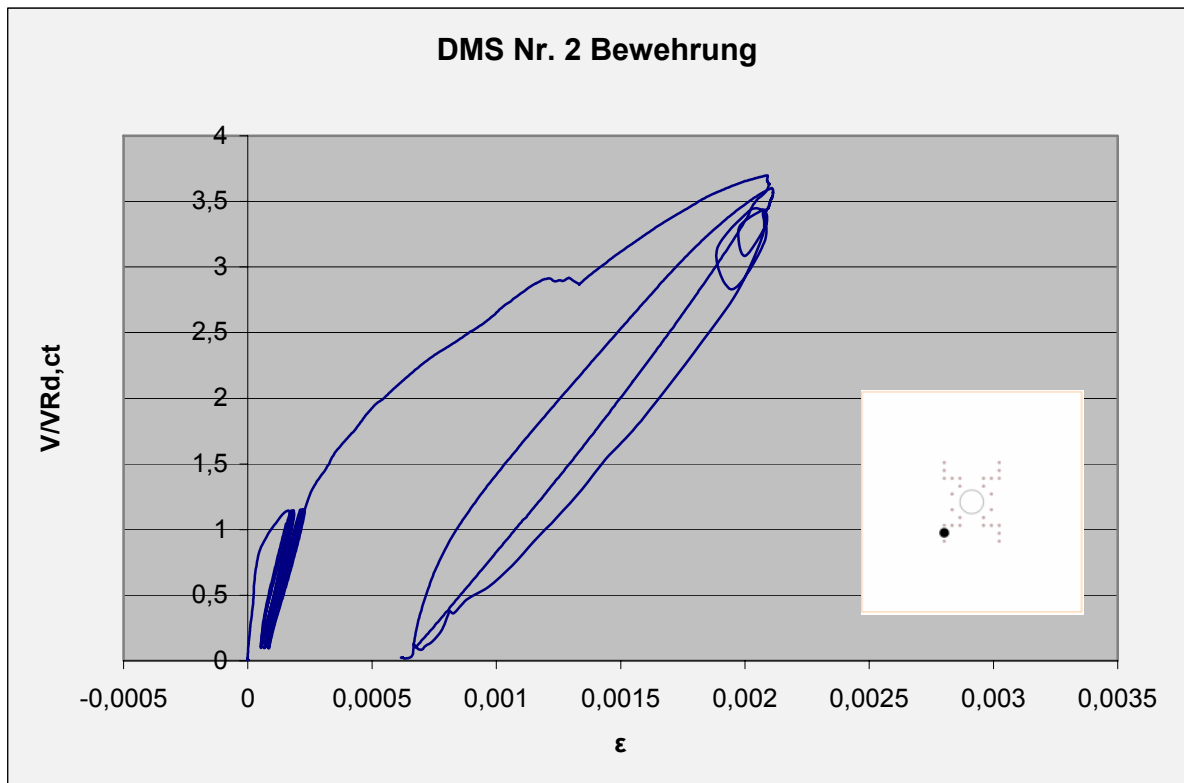


**Dehnungsmessstreifen auf dem Bügel**

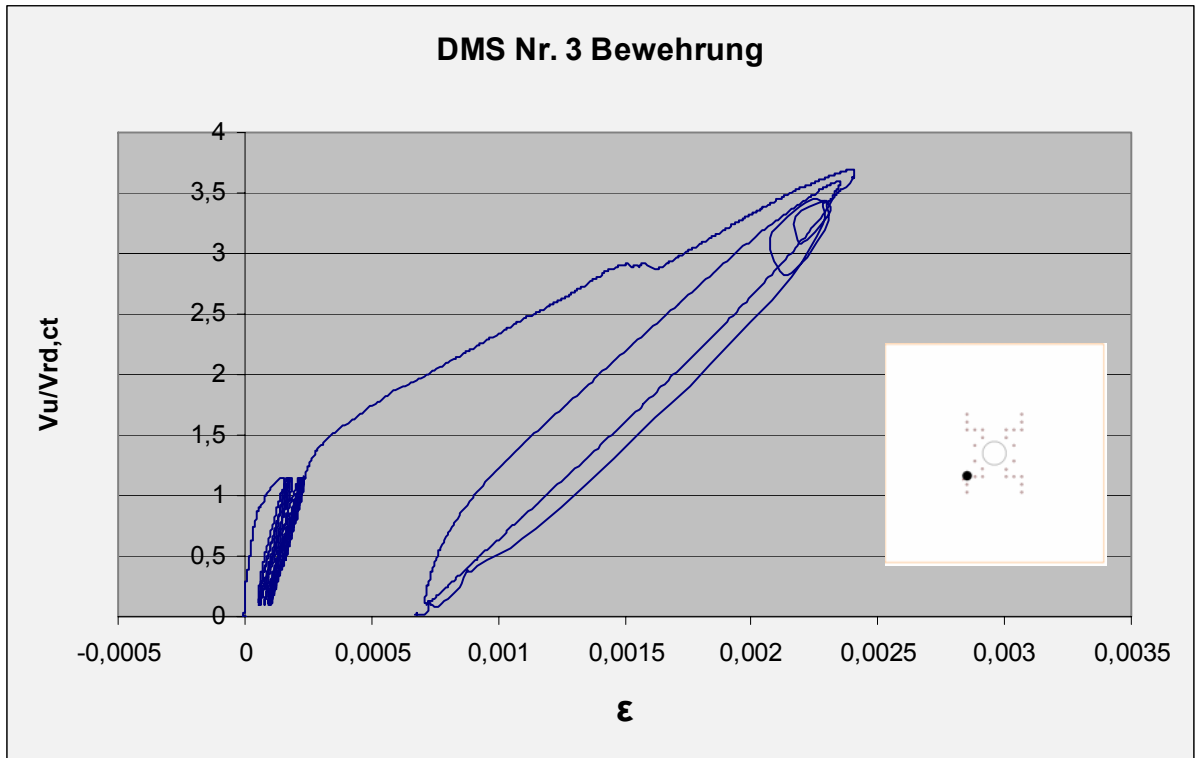
## DMS-Messungen der oberen Bewehrung Versuchskörper IF



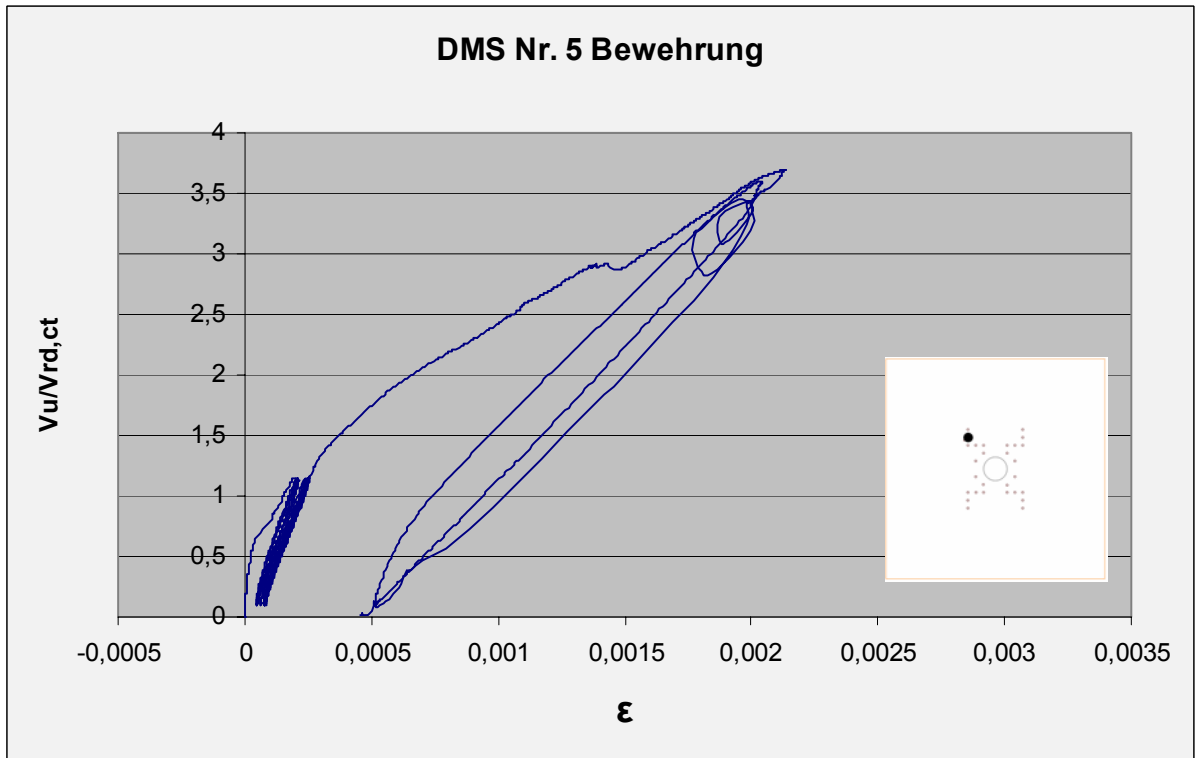
## Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 1



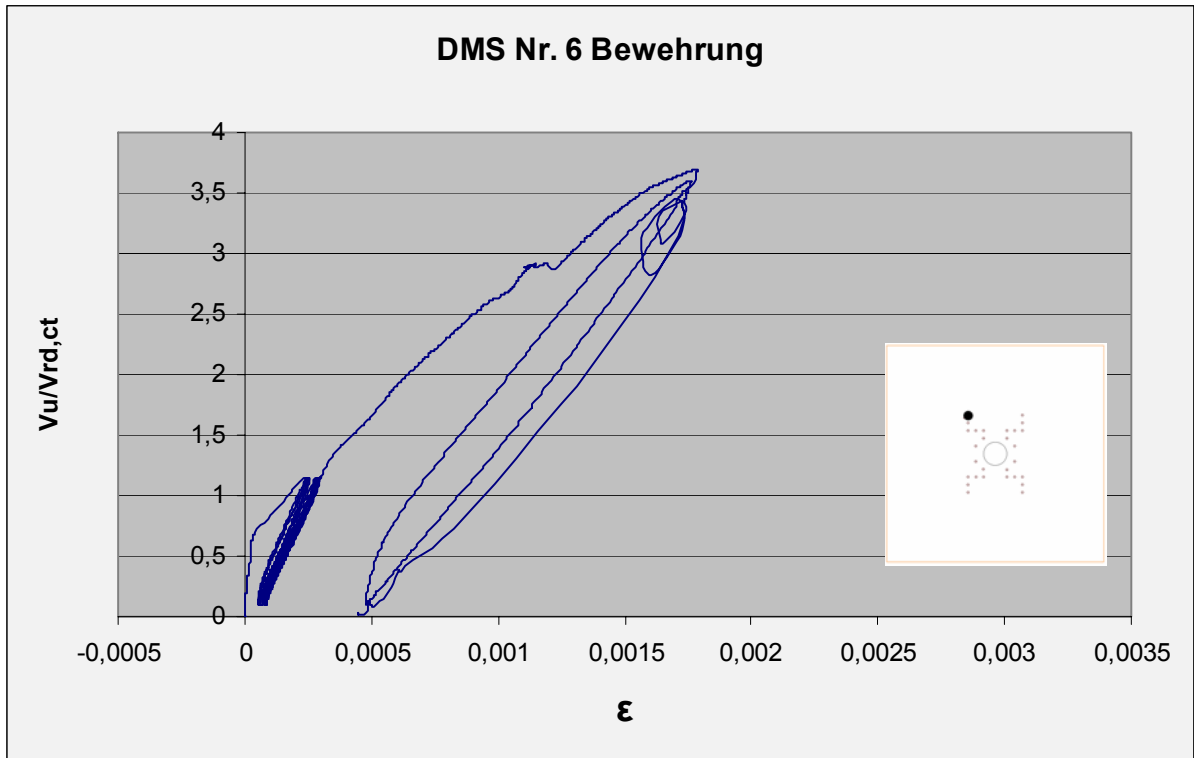
## Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 2



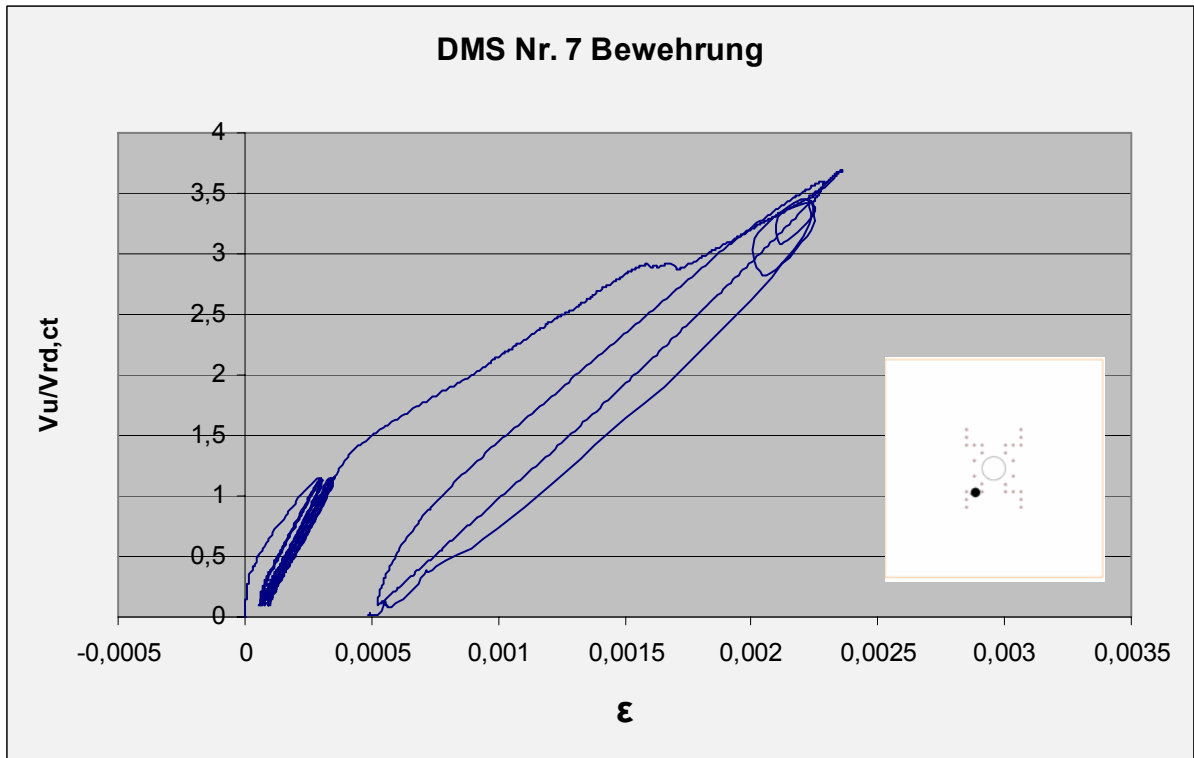
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 3



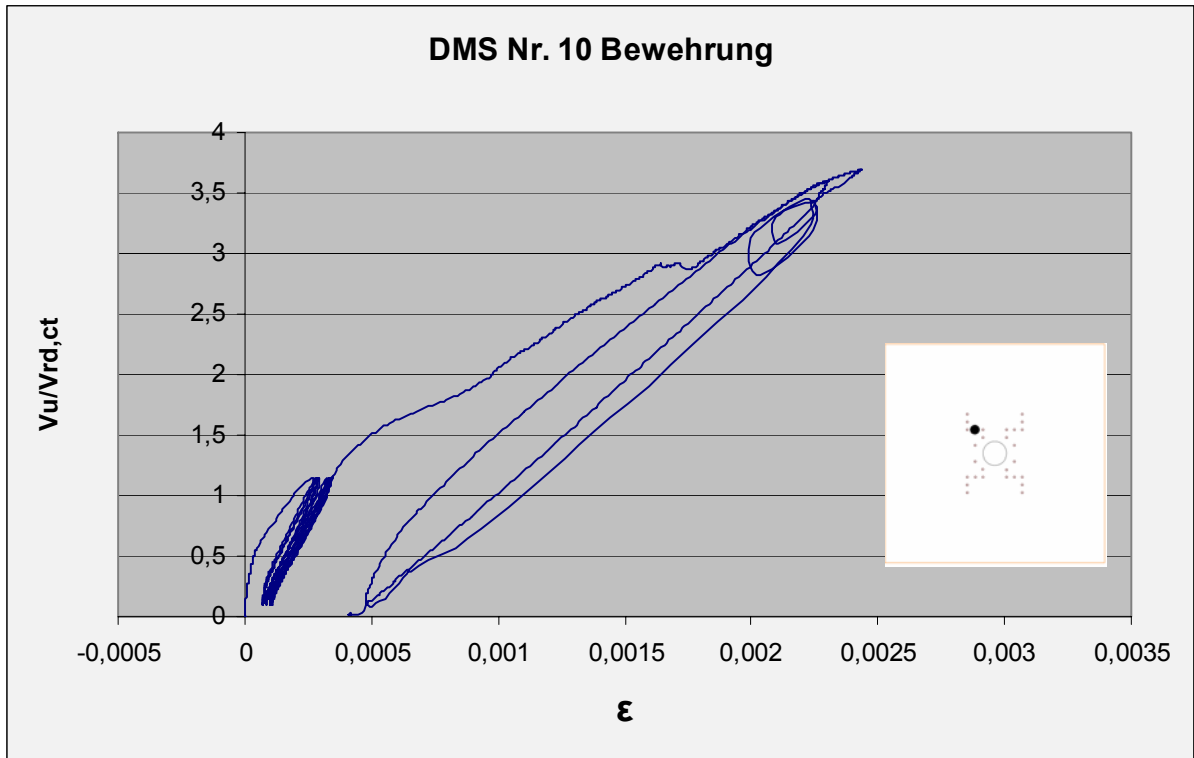
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 5



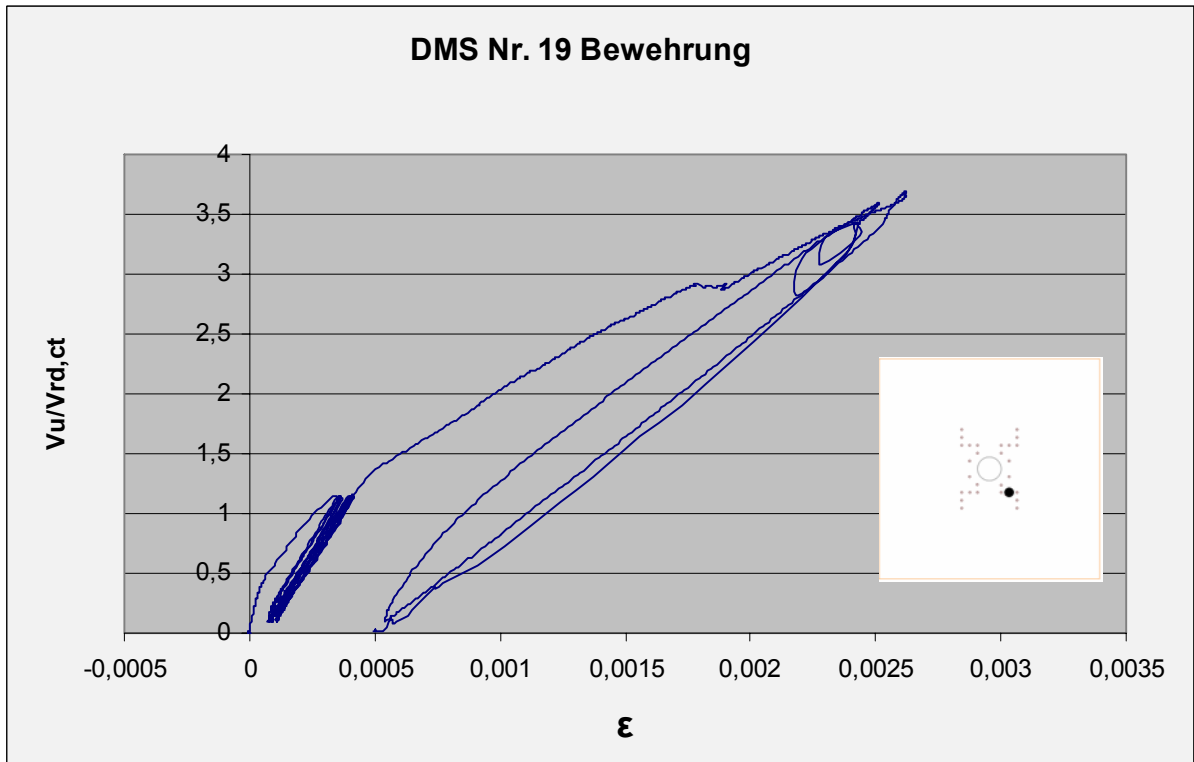
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 6



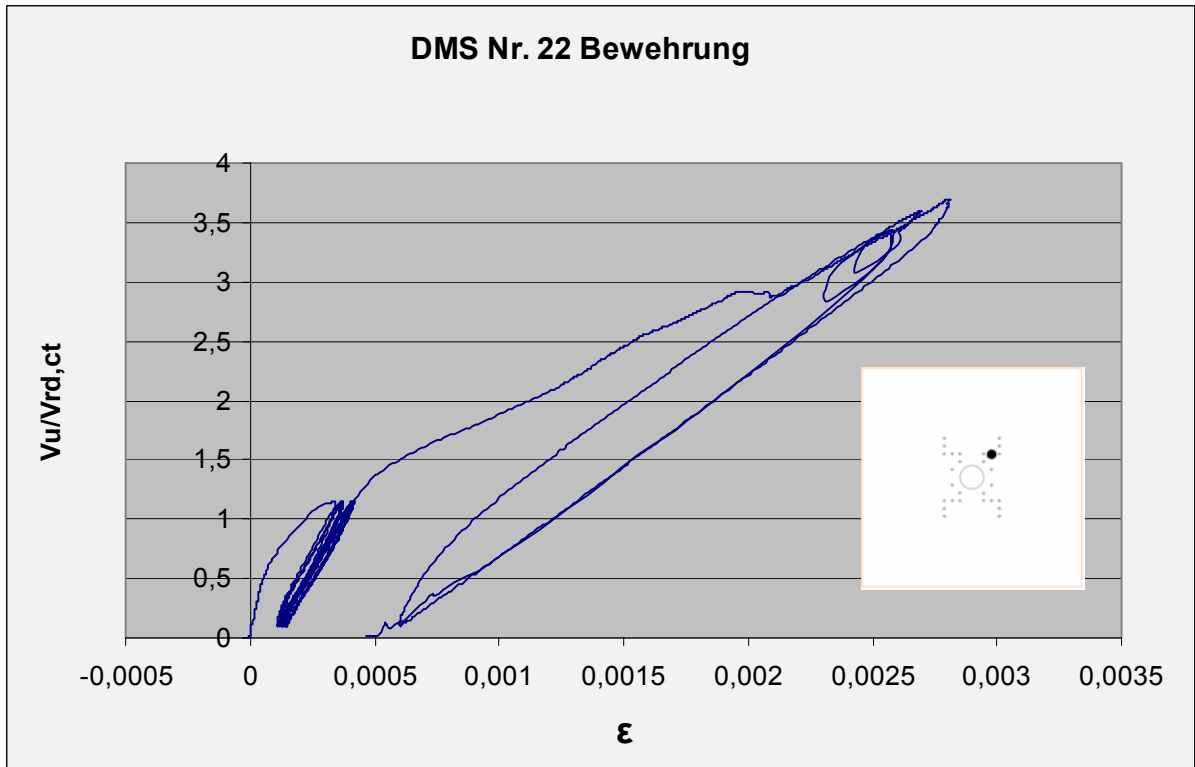
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 7



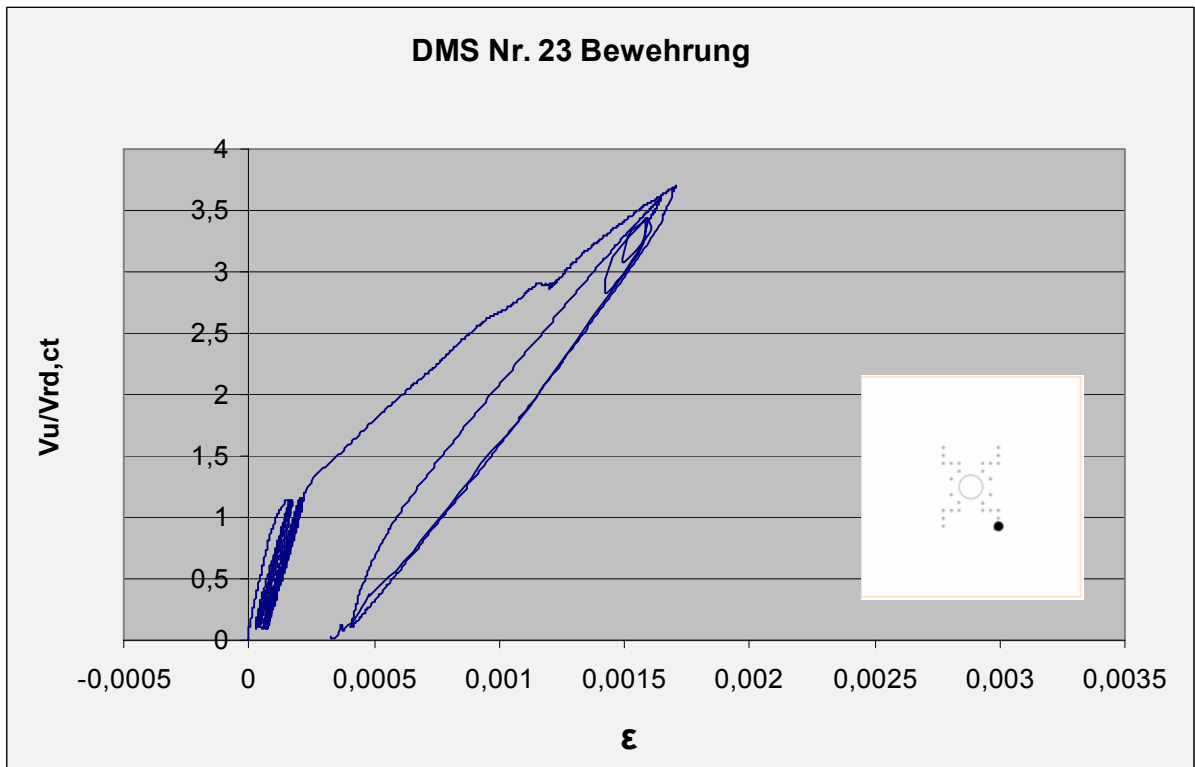
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 10



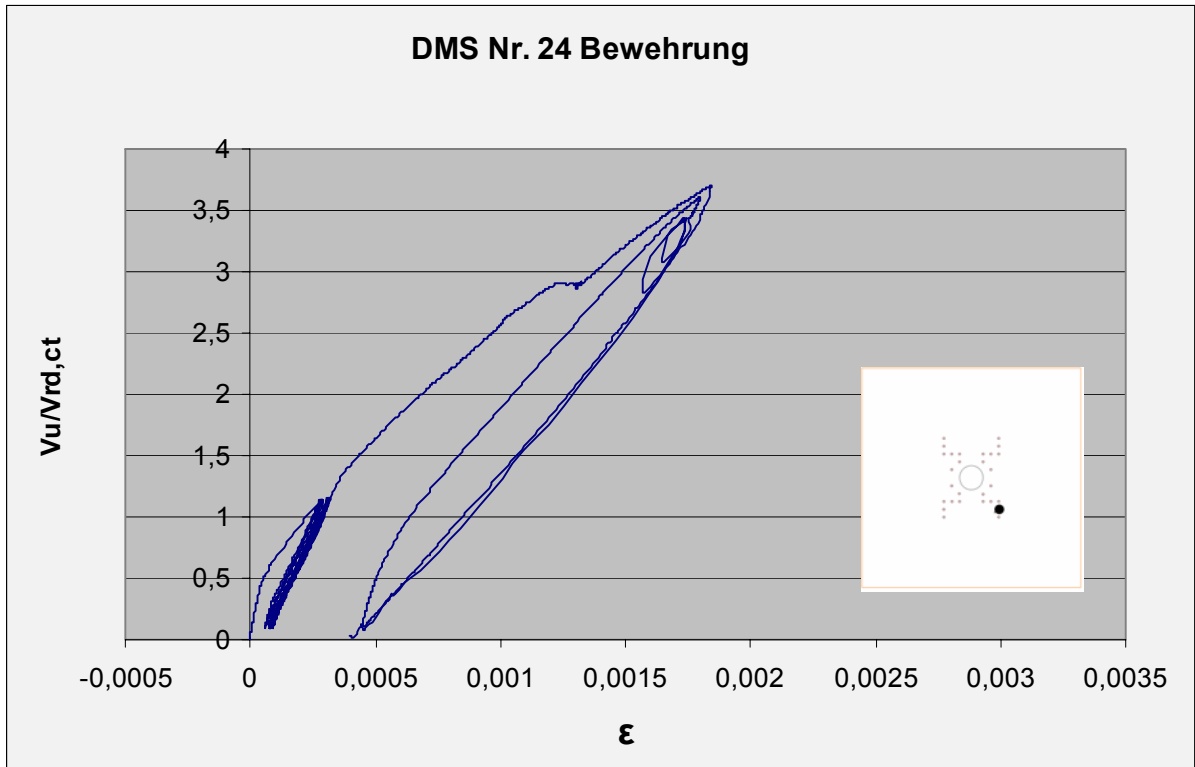
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 19



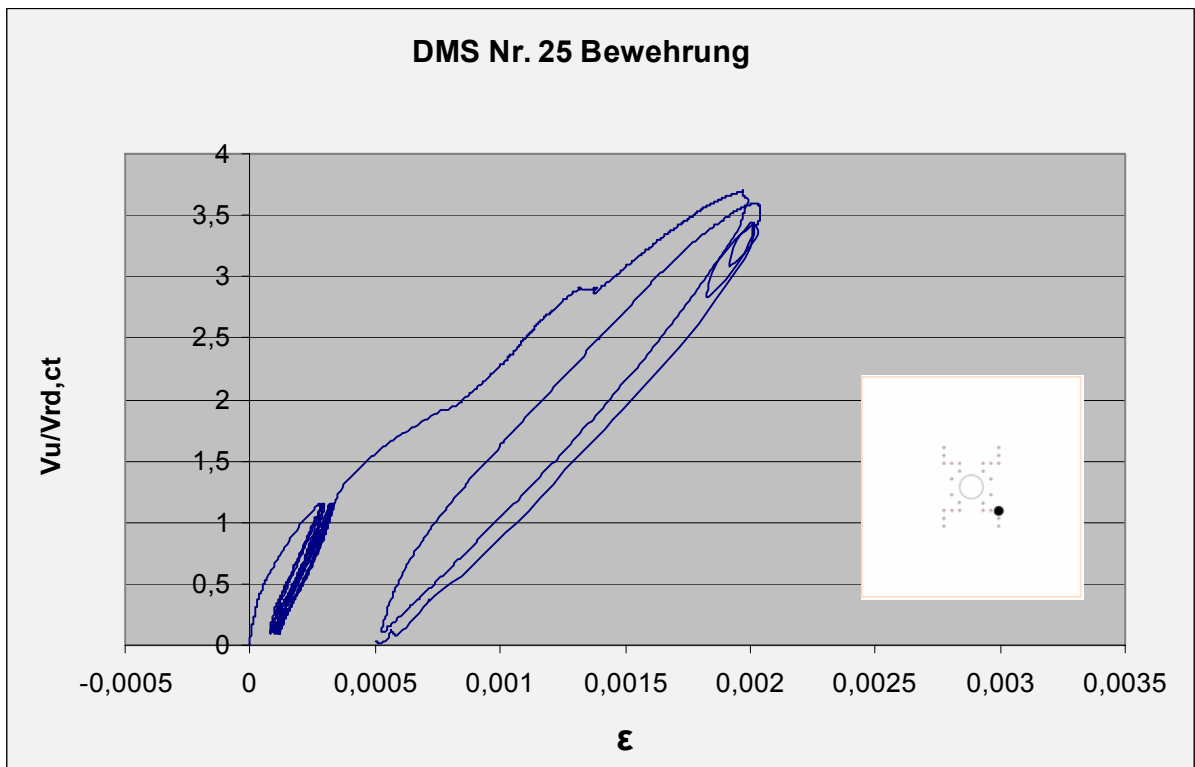
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 22



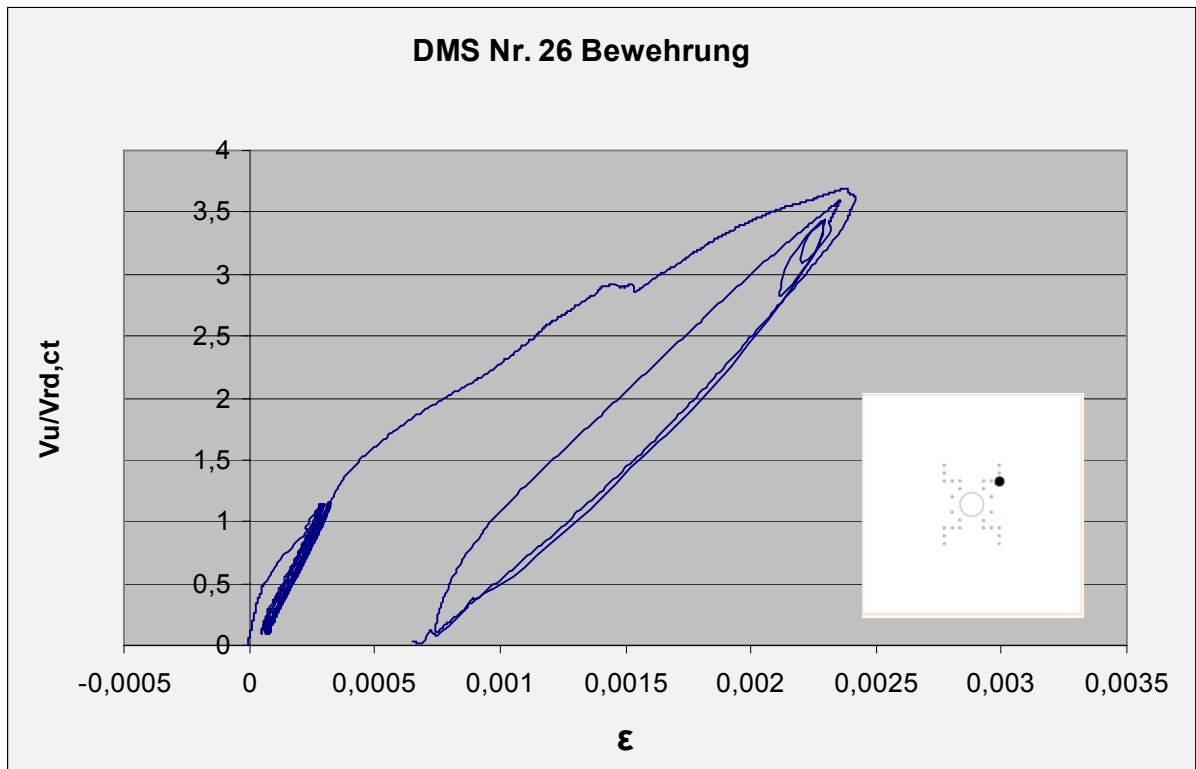
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 23



Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 24



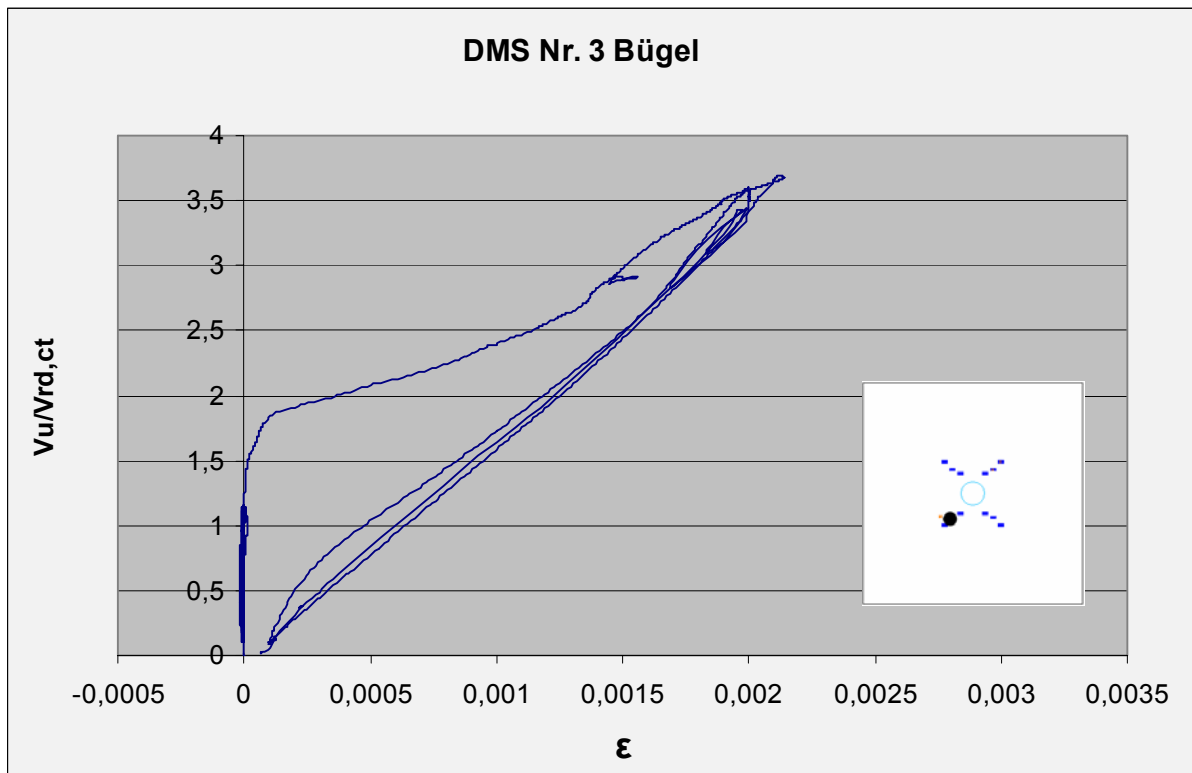
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 25



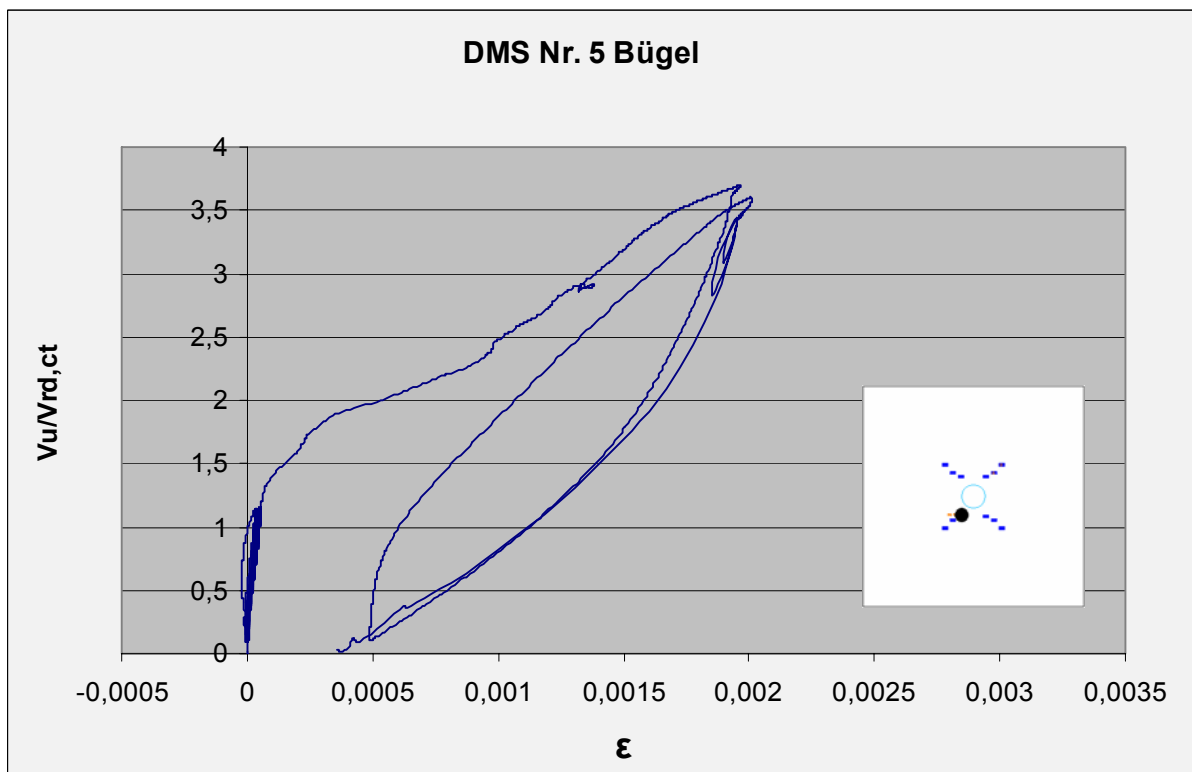
Dehnungsmessung der oberen Bewehrung von Versuchskörper IF am DMS 26



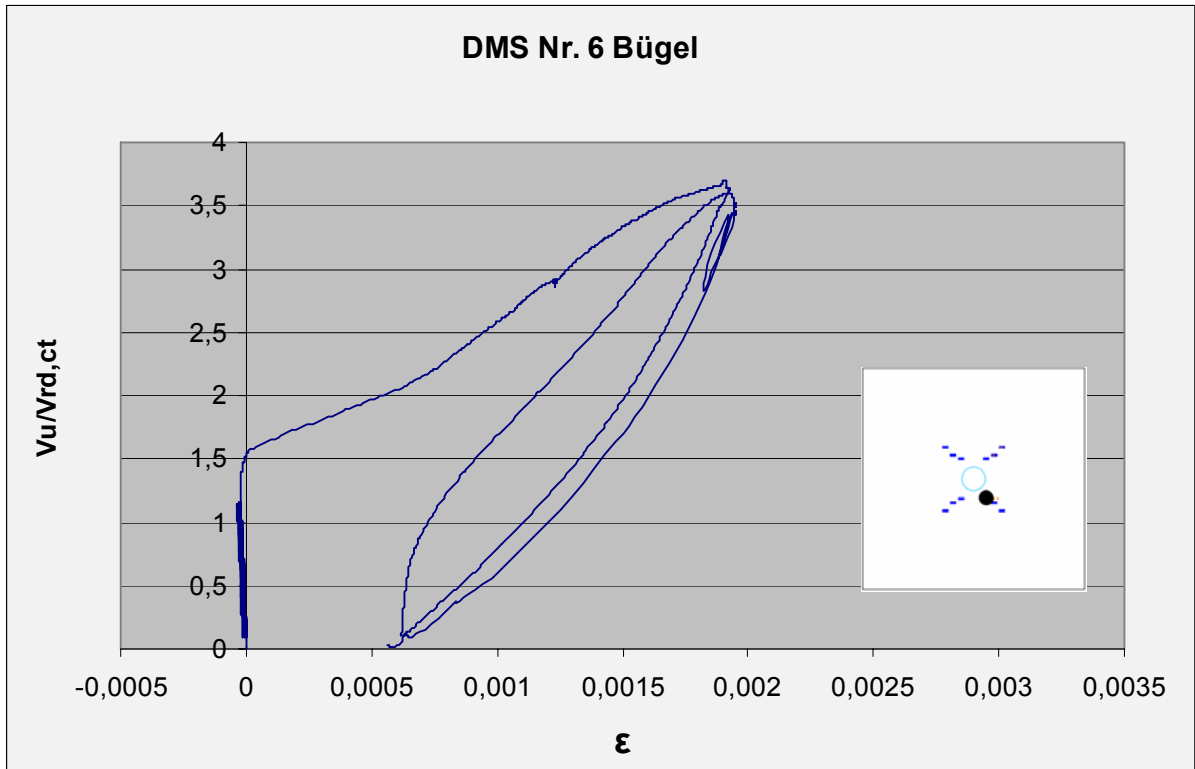
### DMS-Messungen der Bügelbewehrung Versuchskörper IF



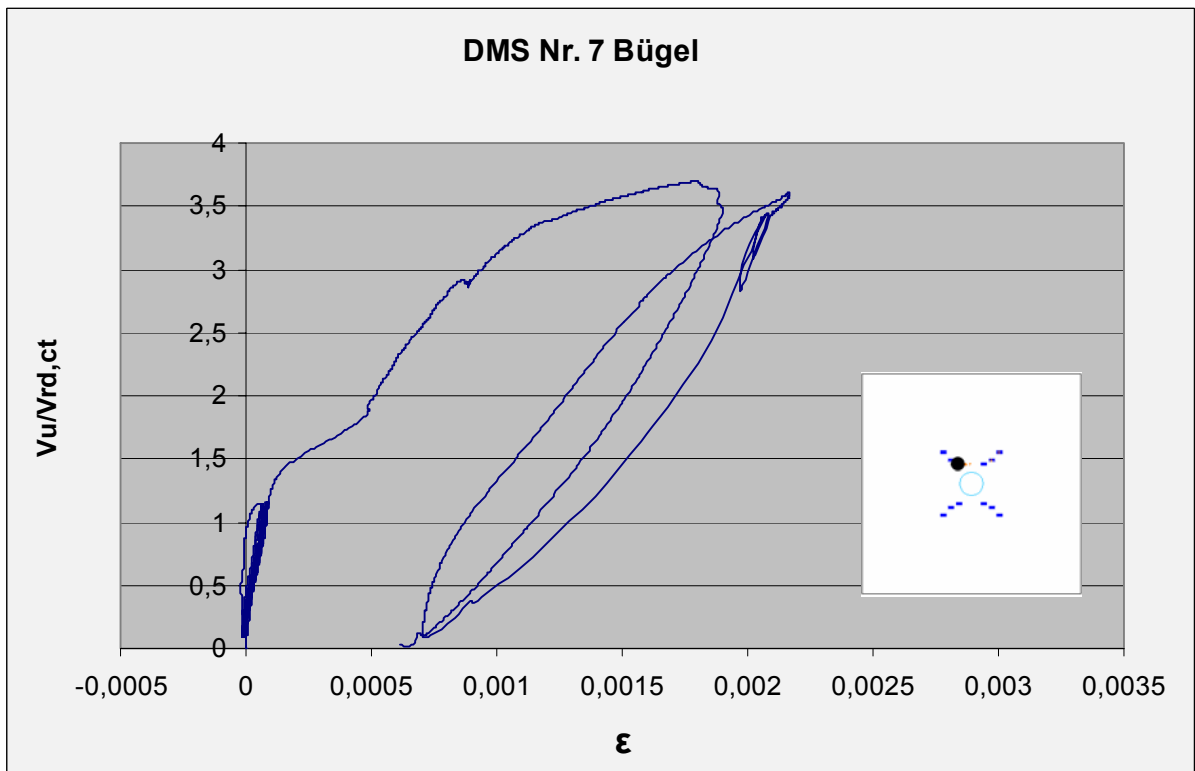
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IF am DMS Bü 3



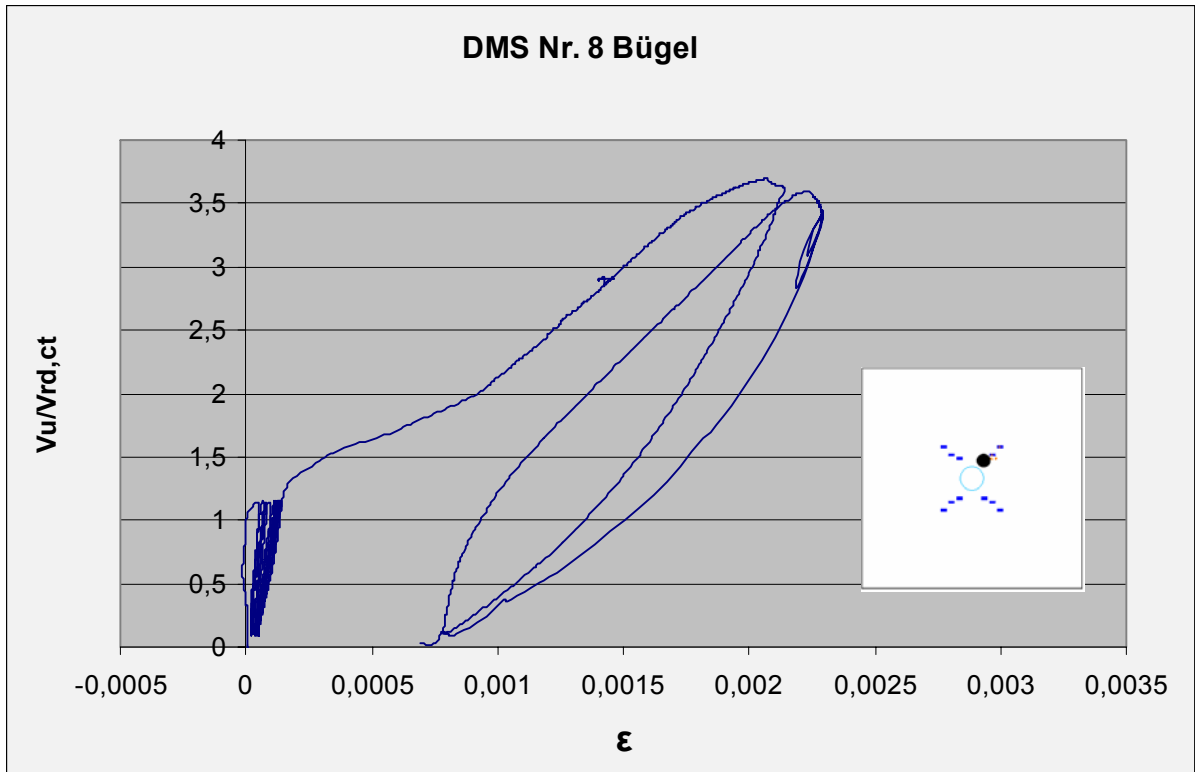
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IF am DMS Bü 5



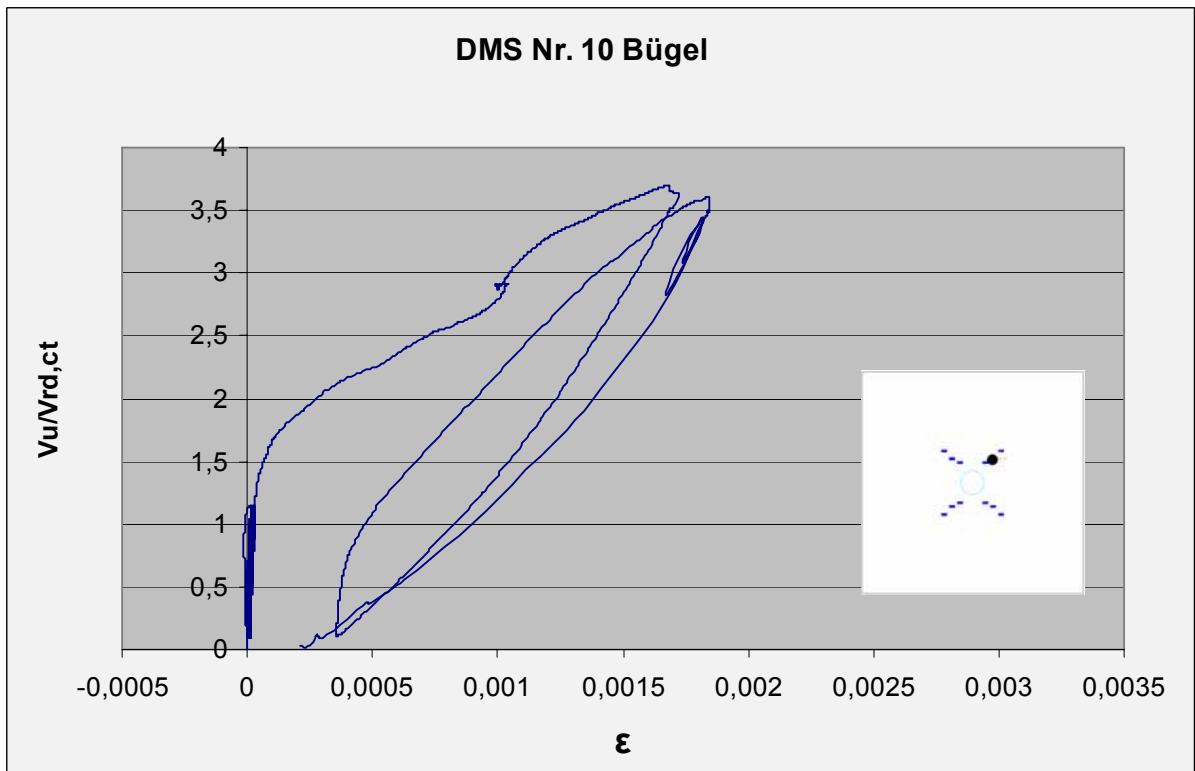
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IF am DMS Bü 6



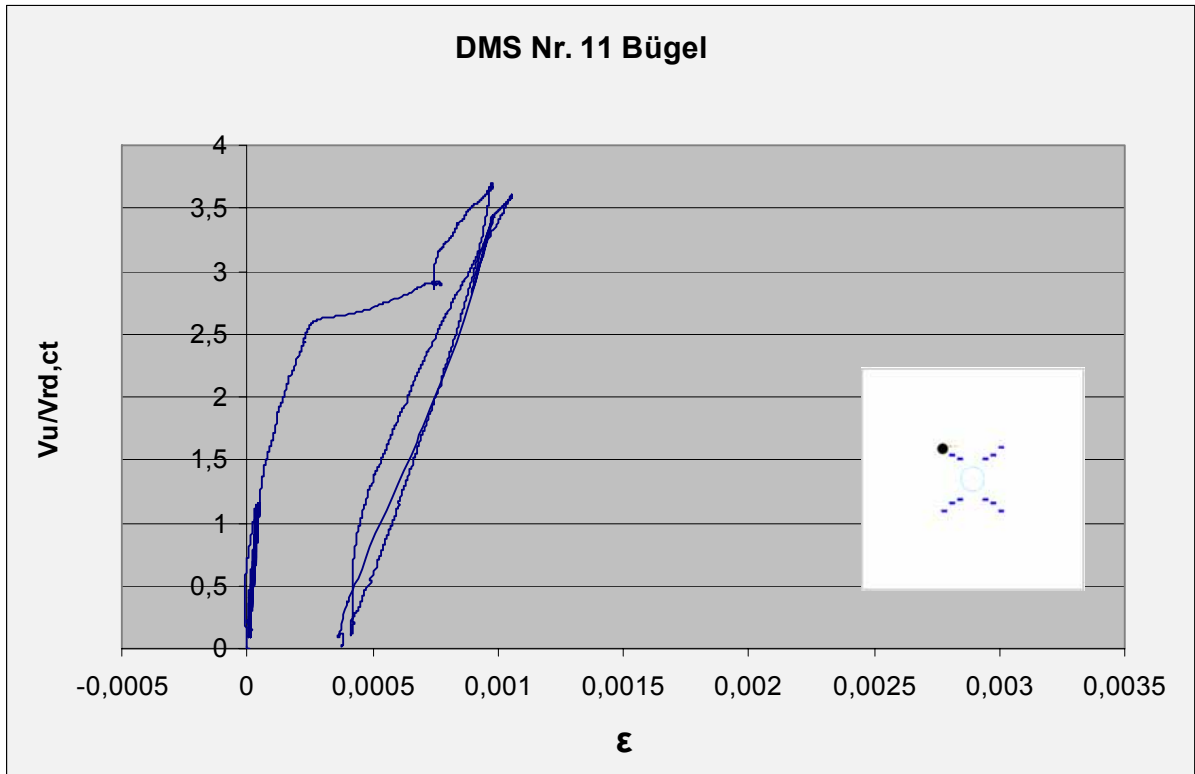
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IF am DMS Bü 7



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IF am DMS Bü 8



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IF am DMS Bü 10

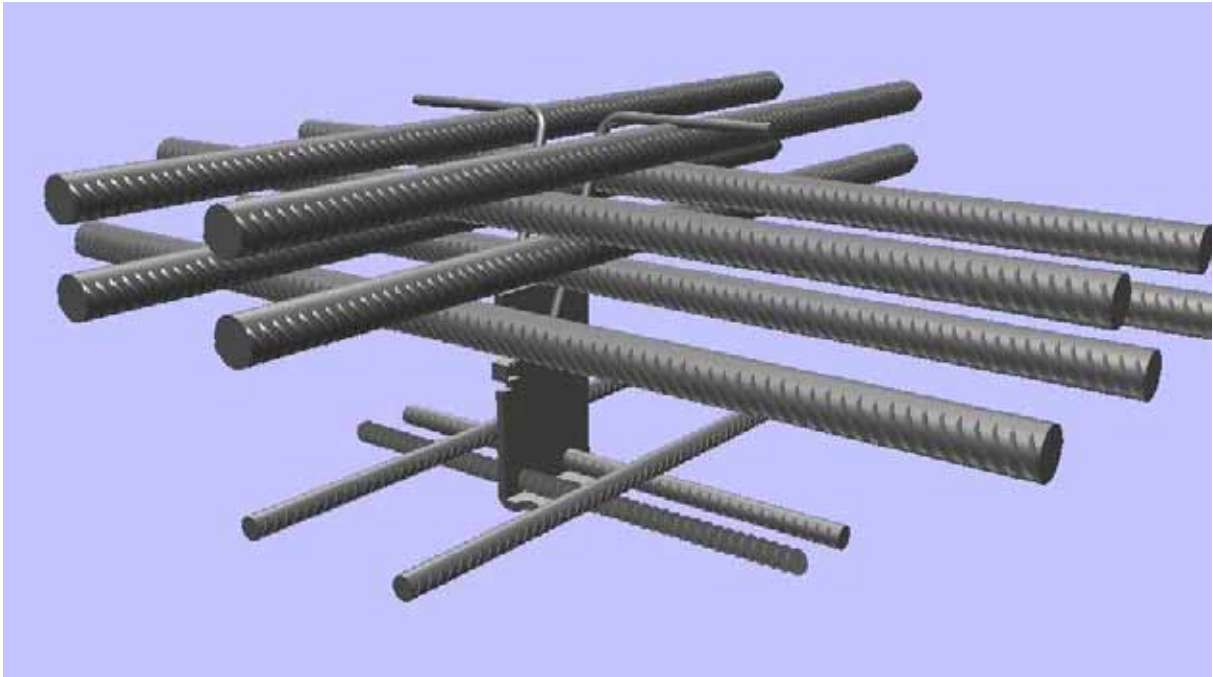


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IF am DMS Bü 11

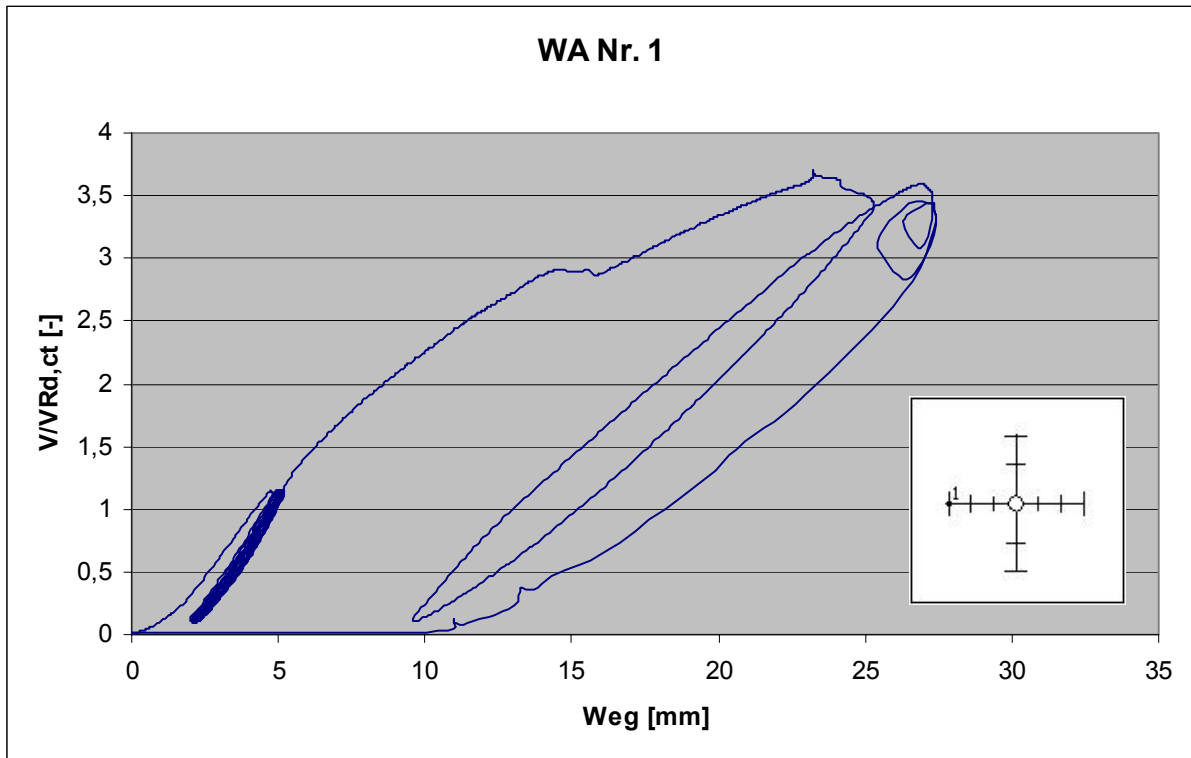
**Einbauteile mit Bügel**



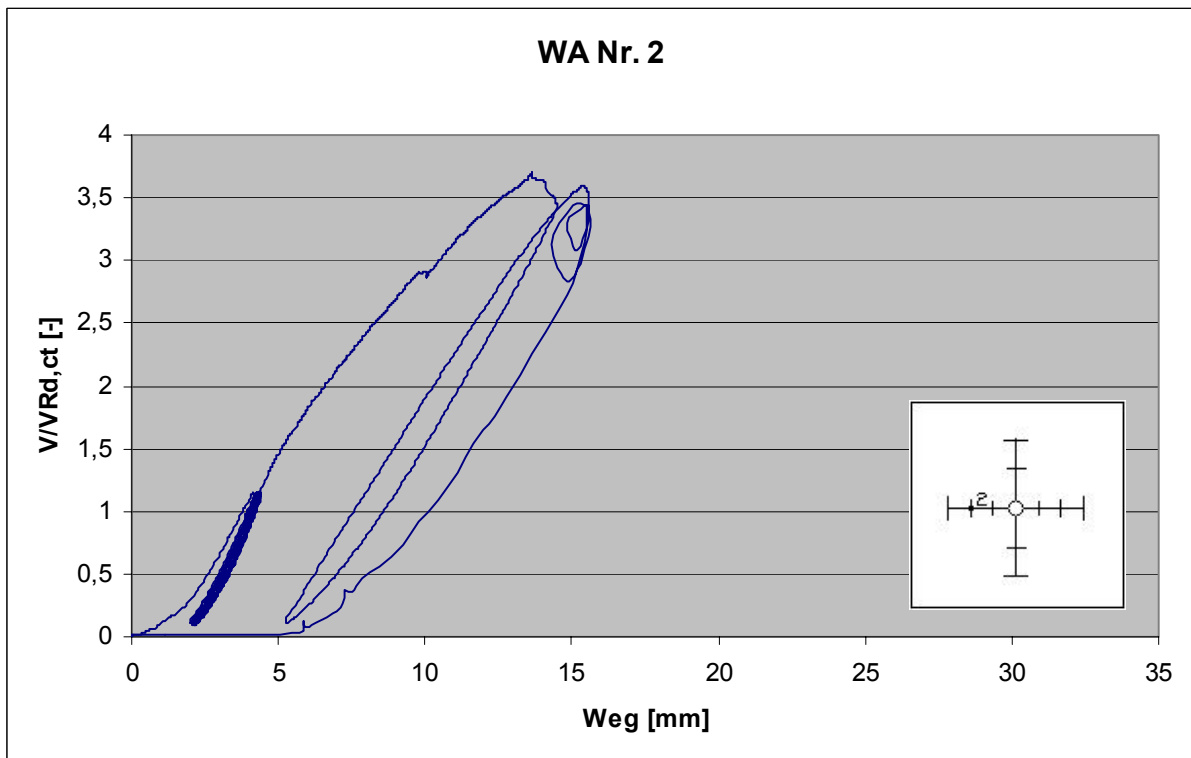
**Einbausituation eines Einbauteiles**



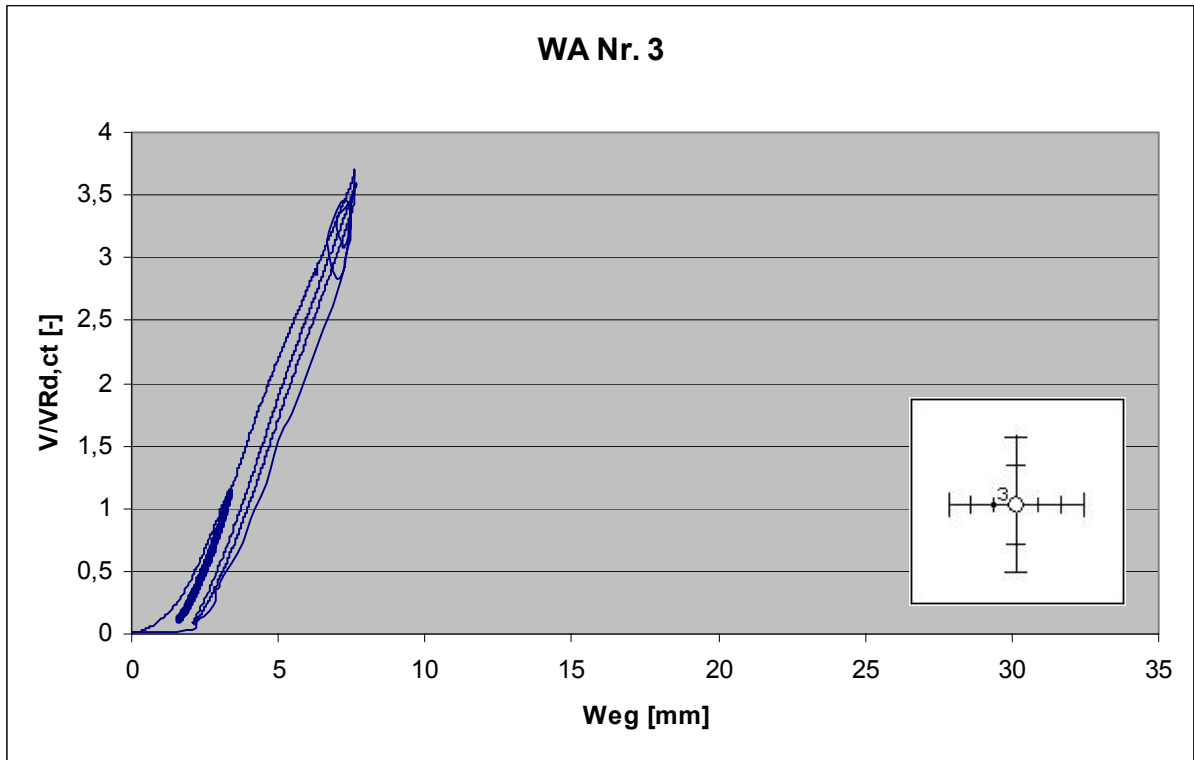
## Daten der induktiven Wegaufnehmer



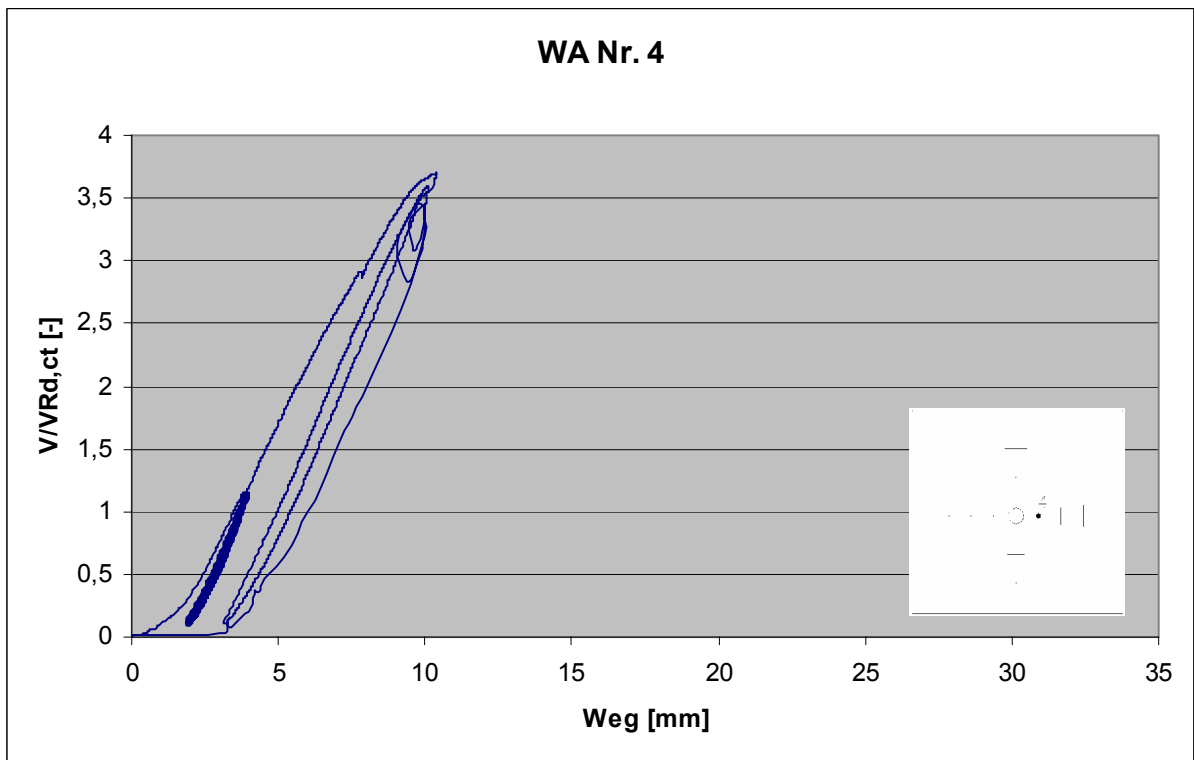
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 1



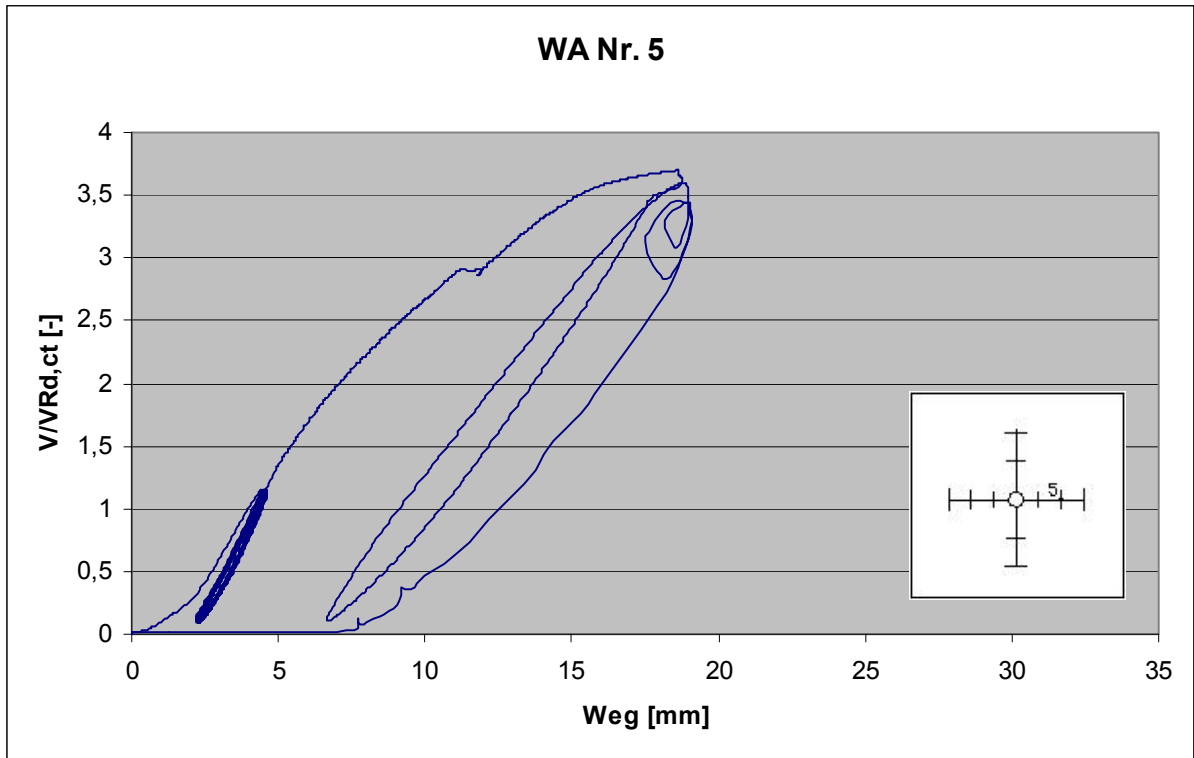
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 2



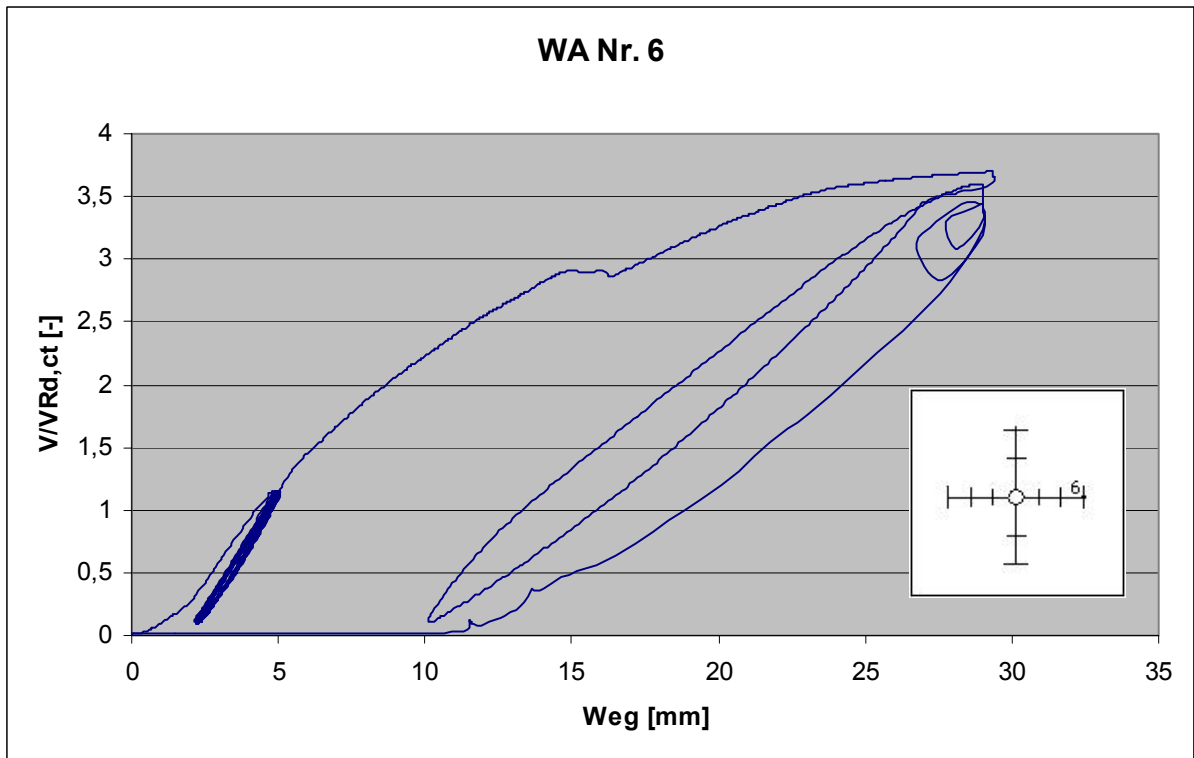
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 3



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 4

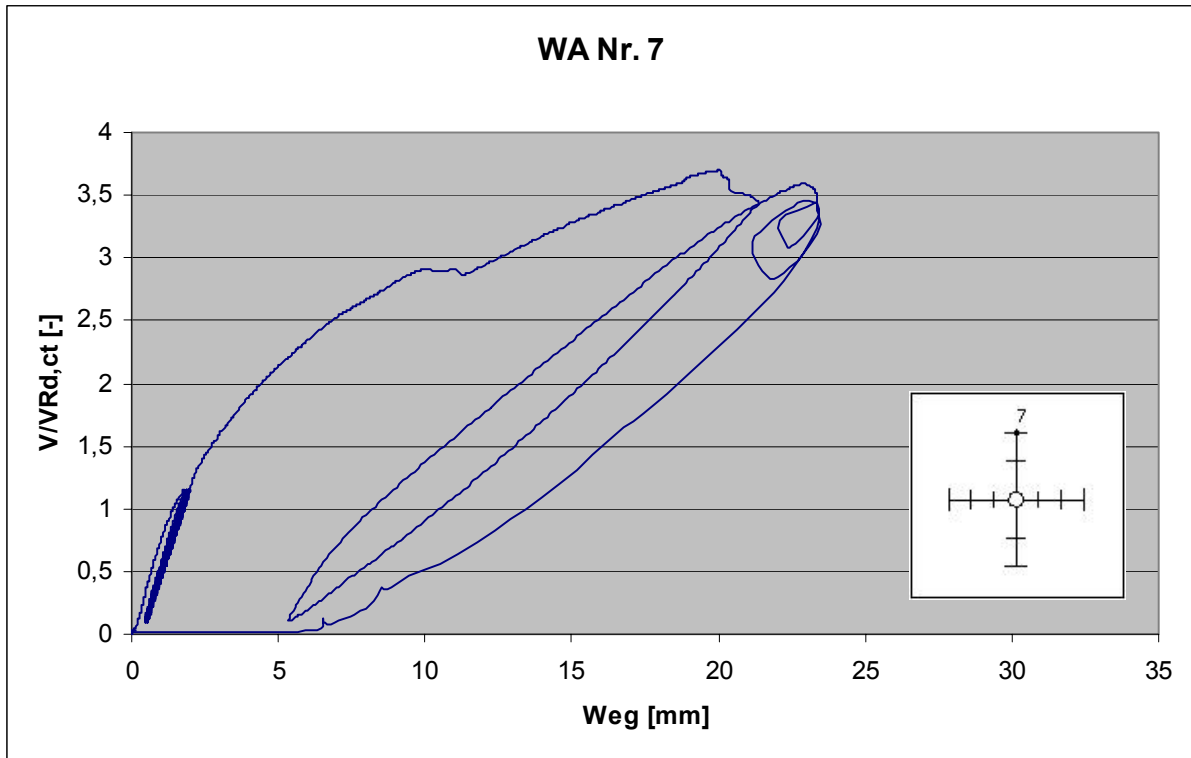


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 5

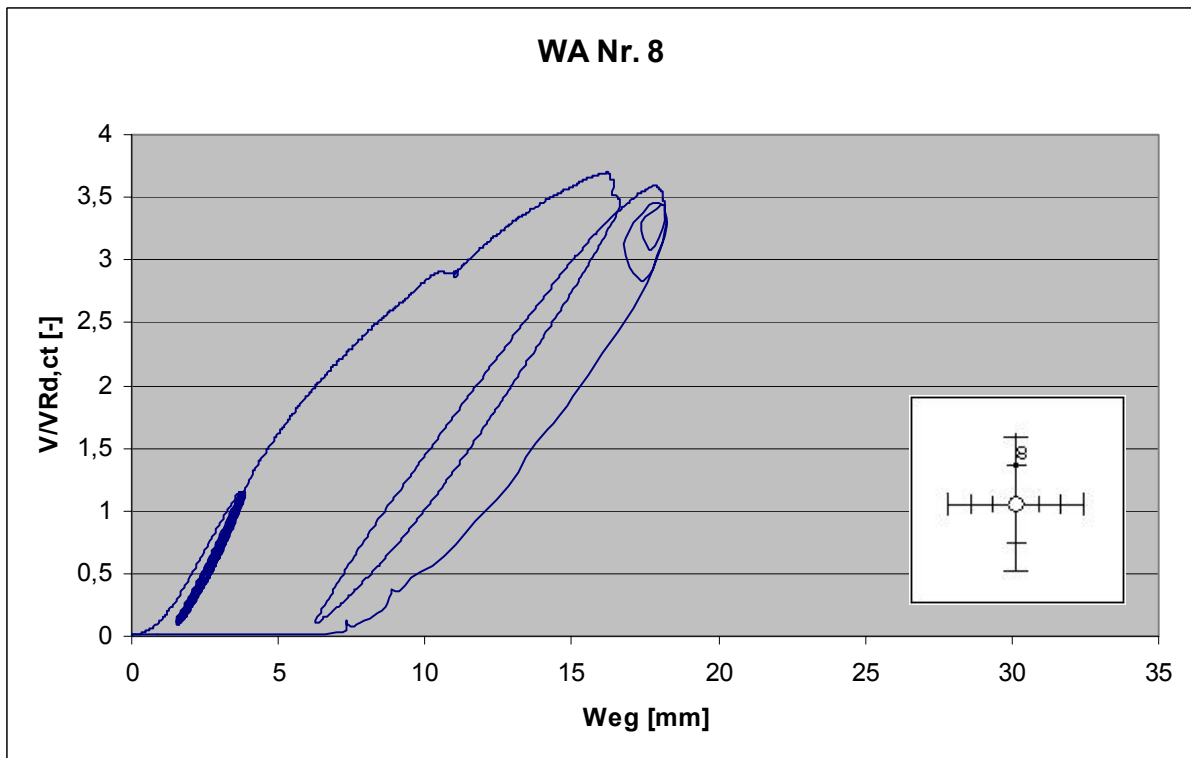


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 6

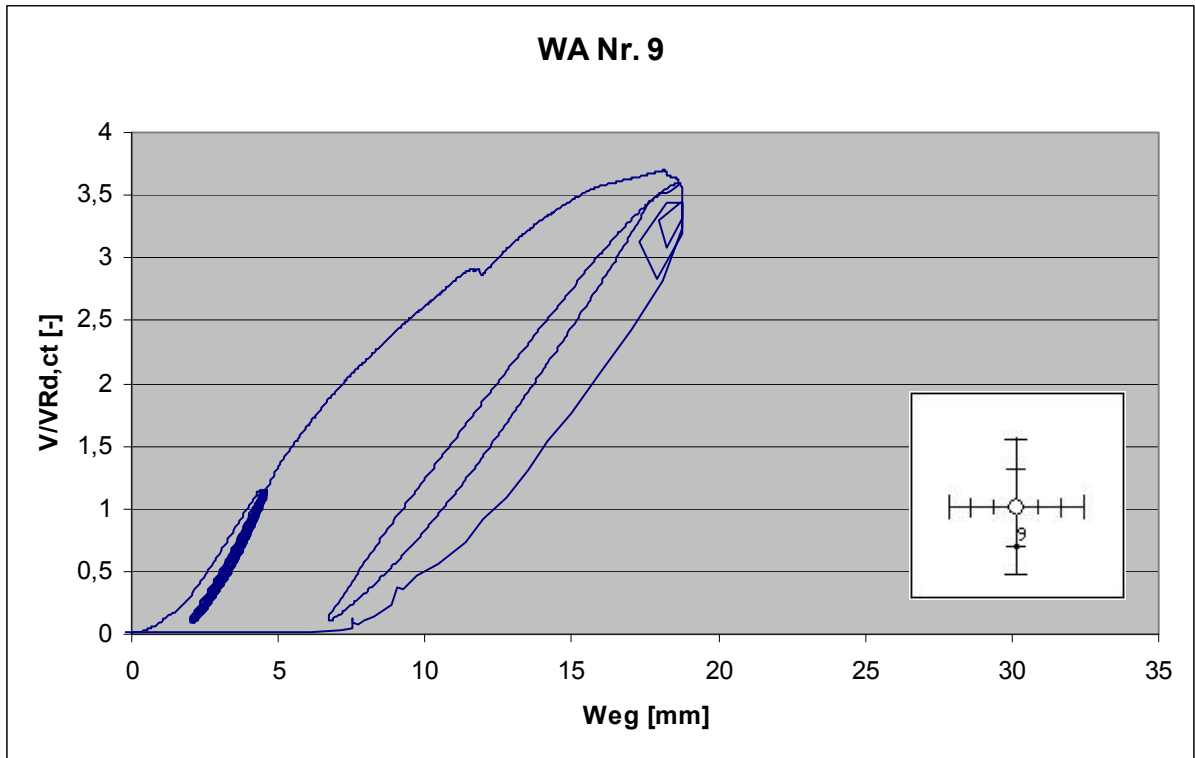




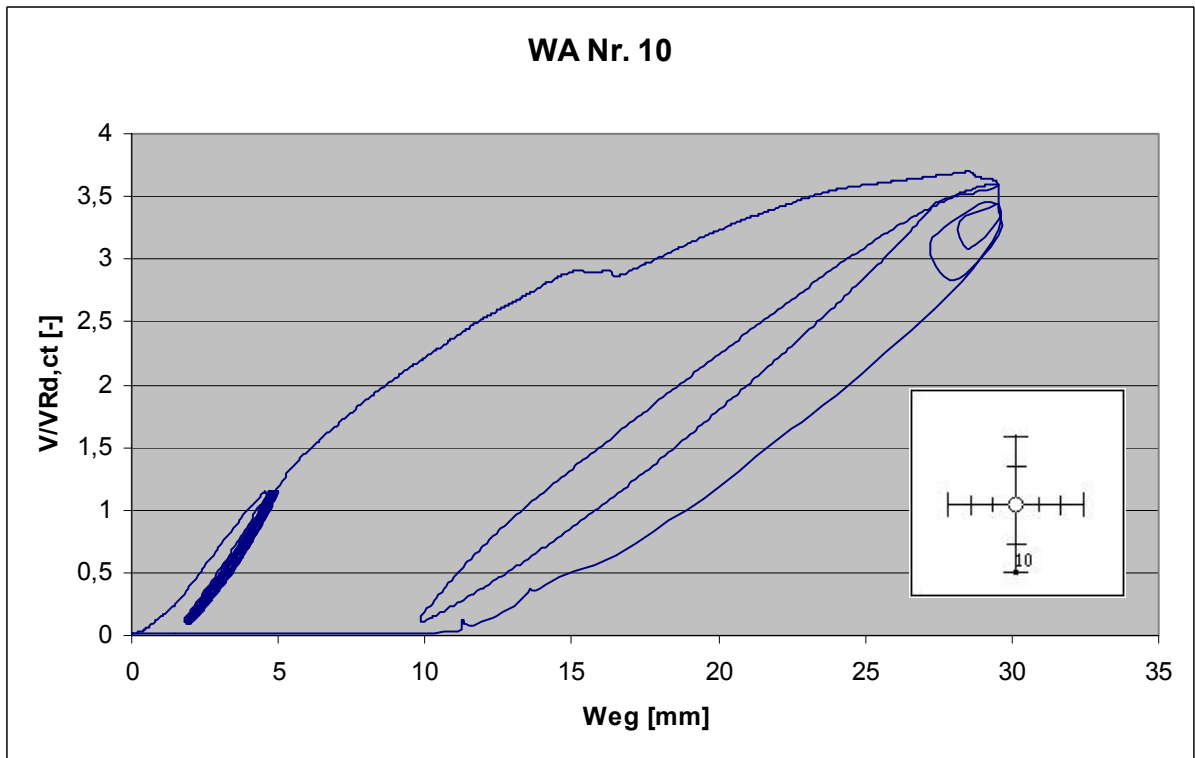
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 7



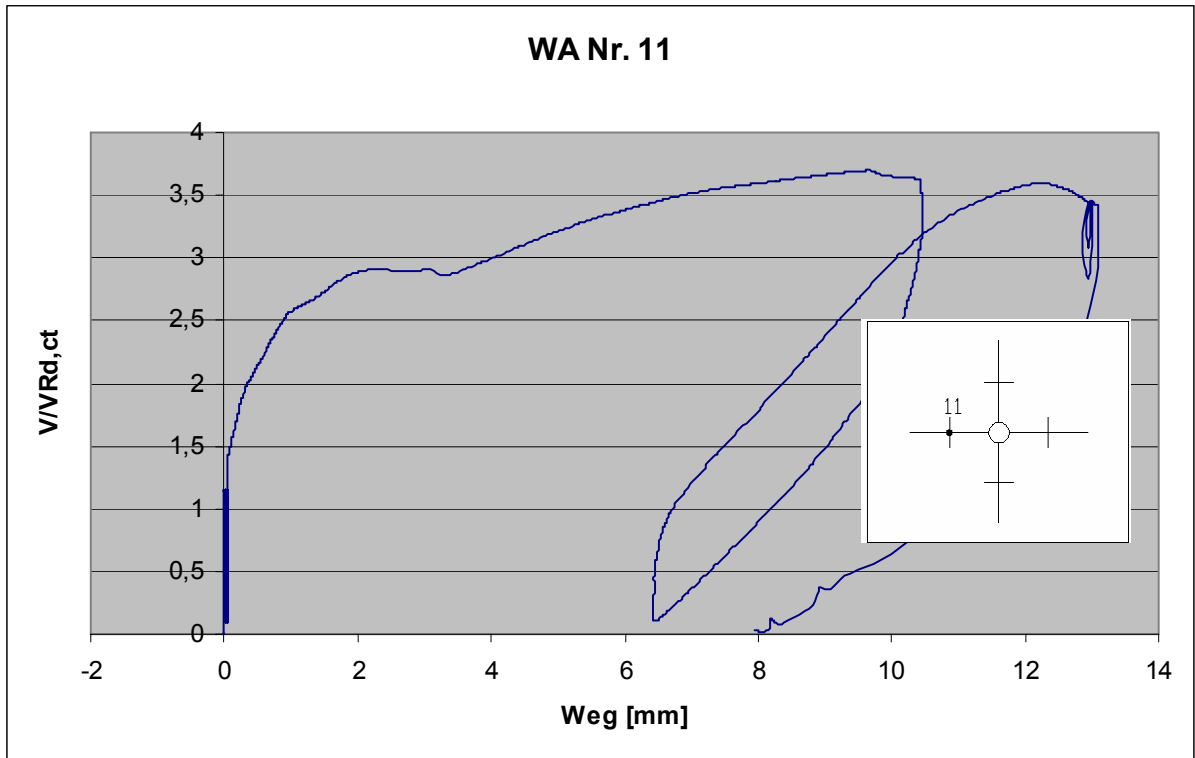
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 8



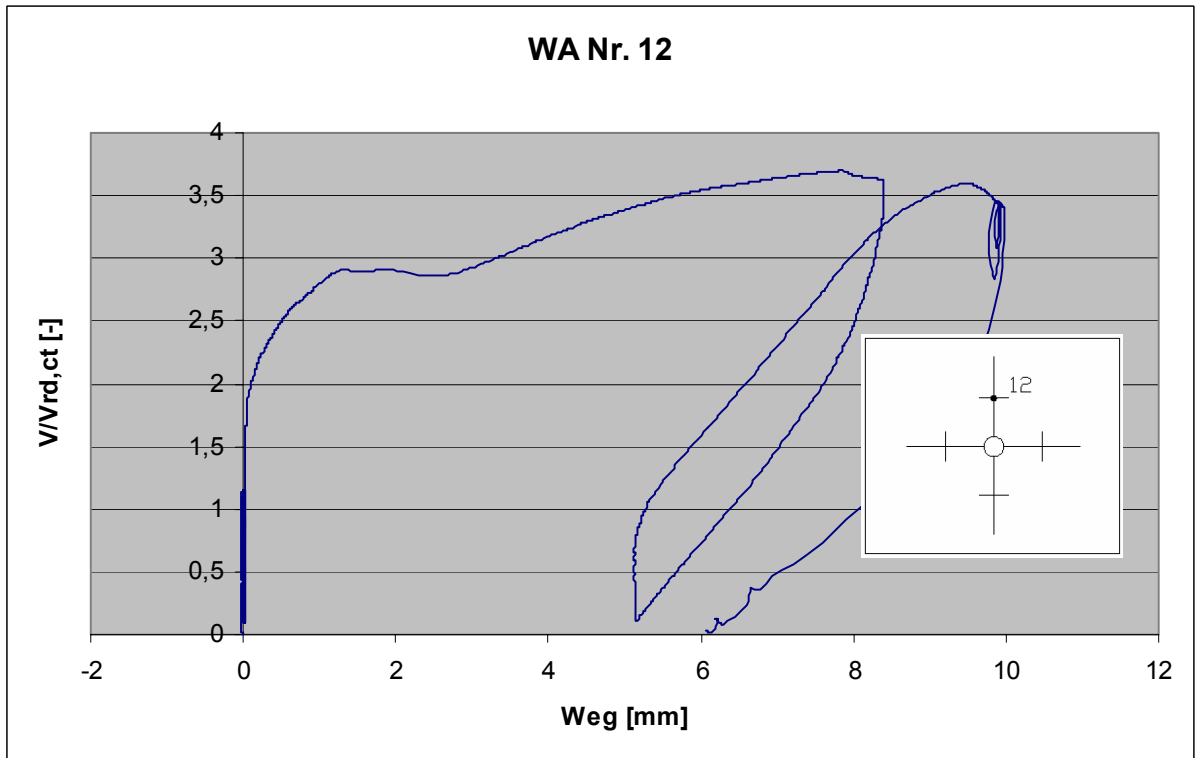
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 9



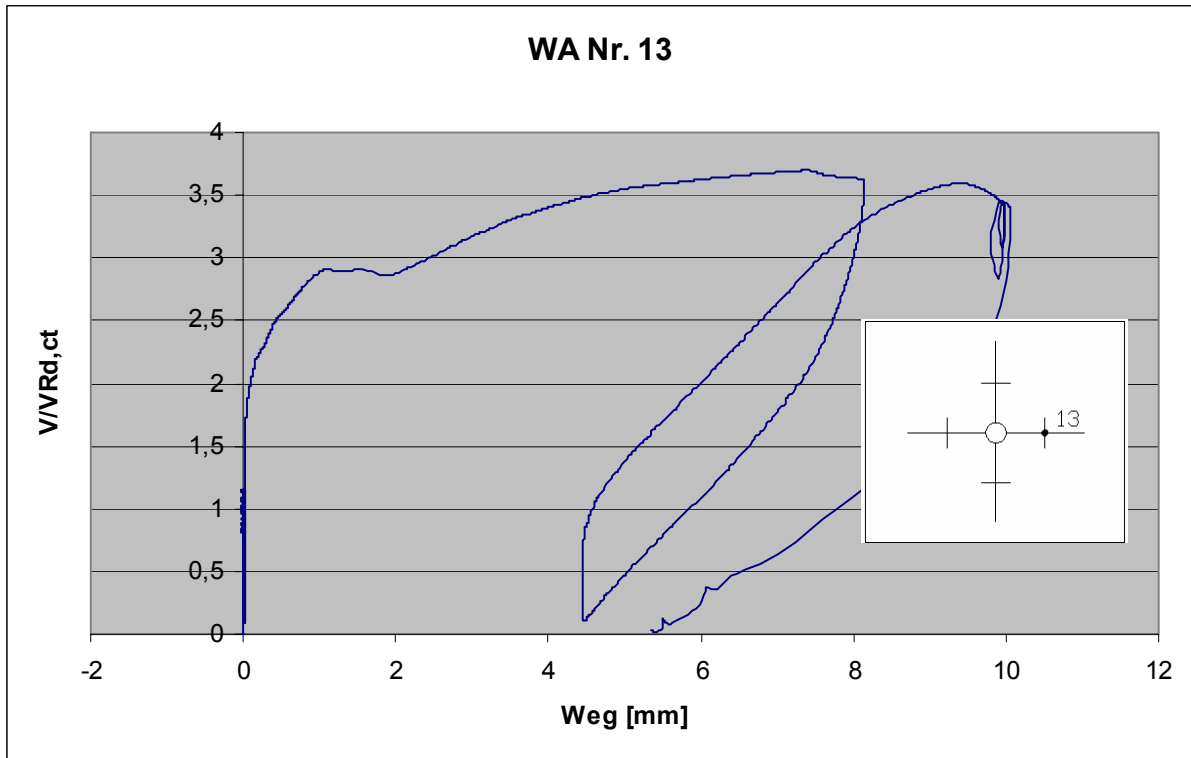
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 10



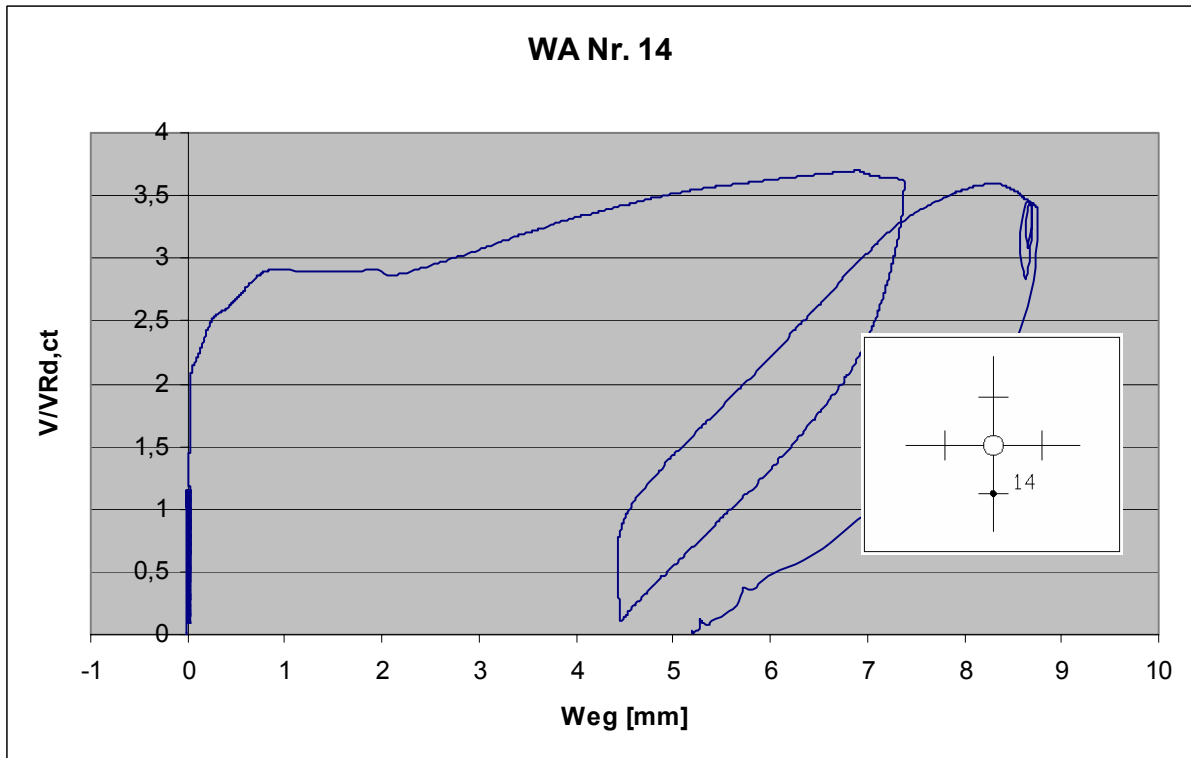
Messung der Plattendicke von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 11



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 12



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 13



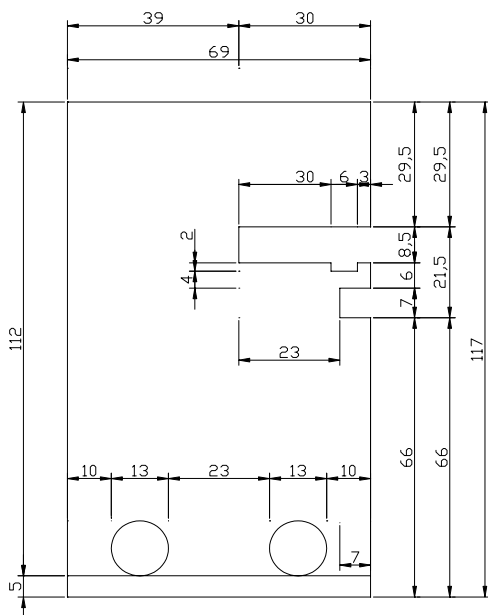
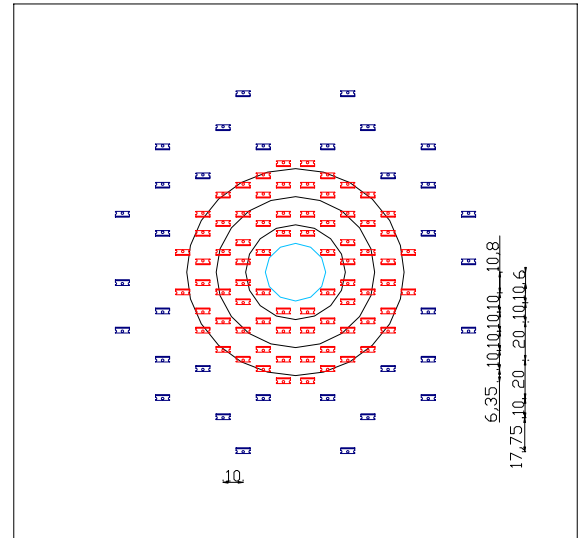
Messung der Plattendicke von Versuchskörper IF am Wegaufnehmer WA 14

### 3.2 Versuchskörper IH

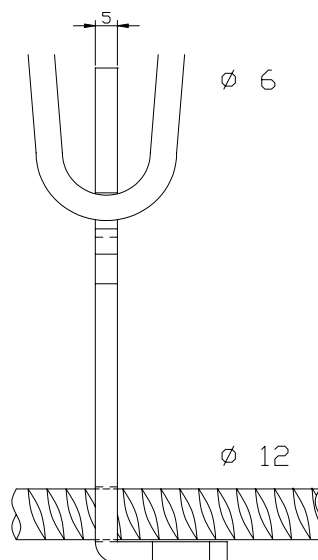
$f_{c,cube}$ :	35,6 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$V_u$ :	1826 [kN]	
$V_{Rd,ct}$ :	510 [kN]	(Berechnung mit $f_{ck} = 21,0$ N/mm <sup>2</sup> ; $\rho_{vorh} = 1,81$ %)
$V_u/V_{Rd,ct}$ :	3,58 [-]	

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

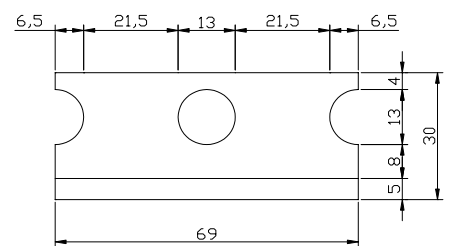
76 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 36 à 3 mm Bleche mit einem Bügel, untere Bewehrung  $\varnothing$  12 mm BST 500, obere Bewehrung  $\varnothing$  15 mm St 900/1100



Vorderansicht

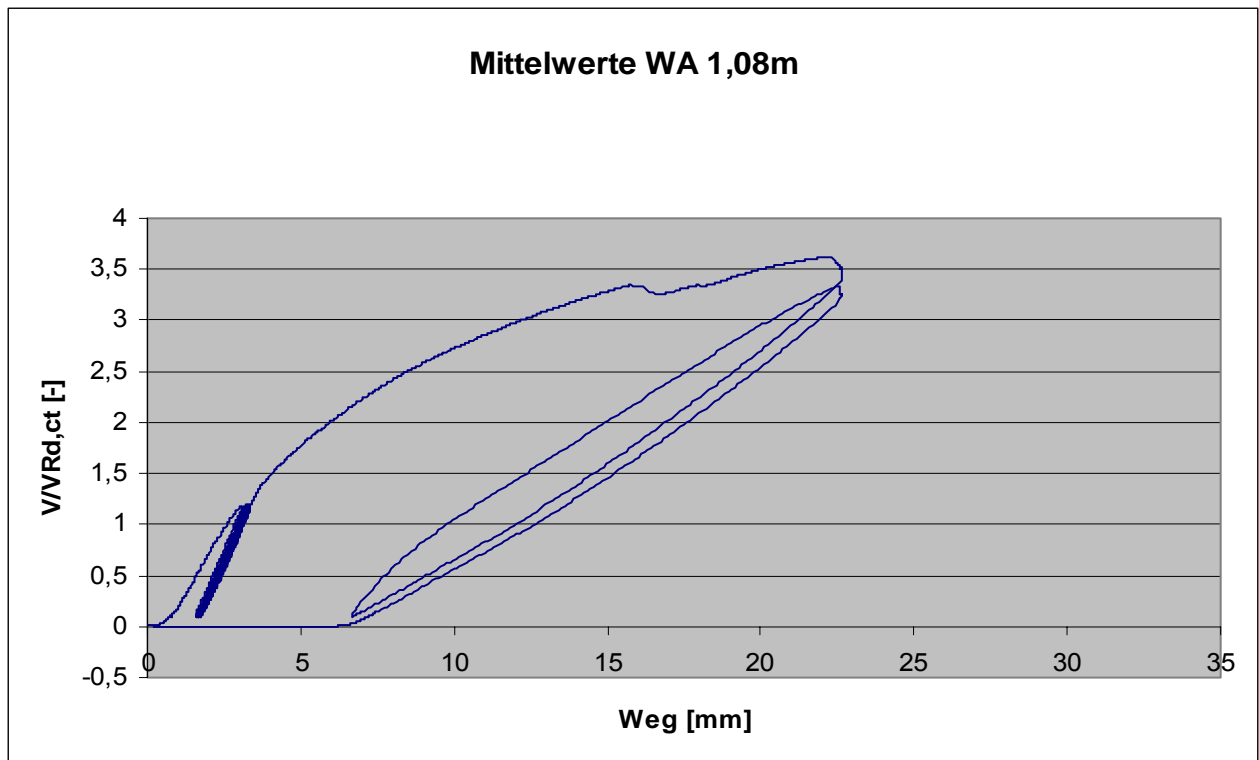


Seitenansicht



Draufsicht

## Last – Verformungsverhalten

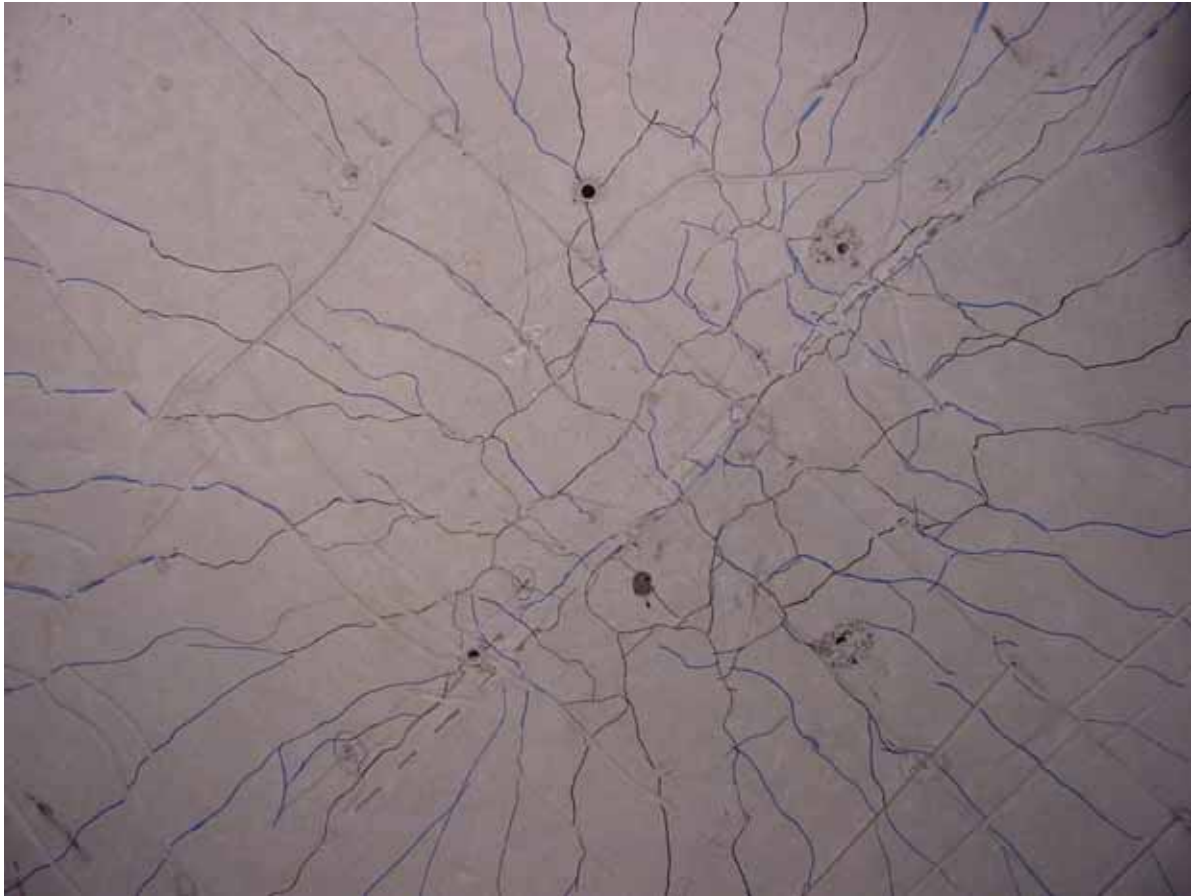


Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte

## Darstellung des Rissverlaufs



Rissbild von der Seite ( nachgezeichnet )



**Rissbild von unten ( nachgezeichnet )**

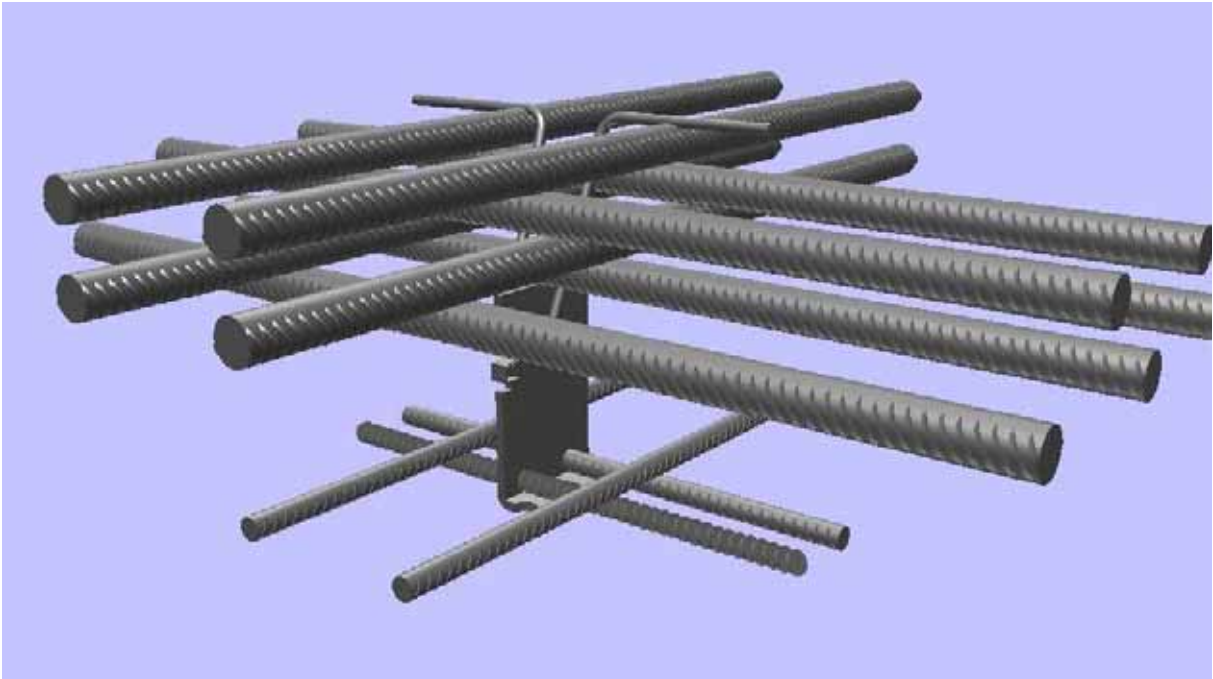


**Rissbild des Schnittes ( nachgezeichnet )**

**Einbauteile mit Bügel**

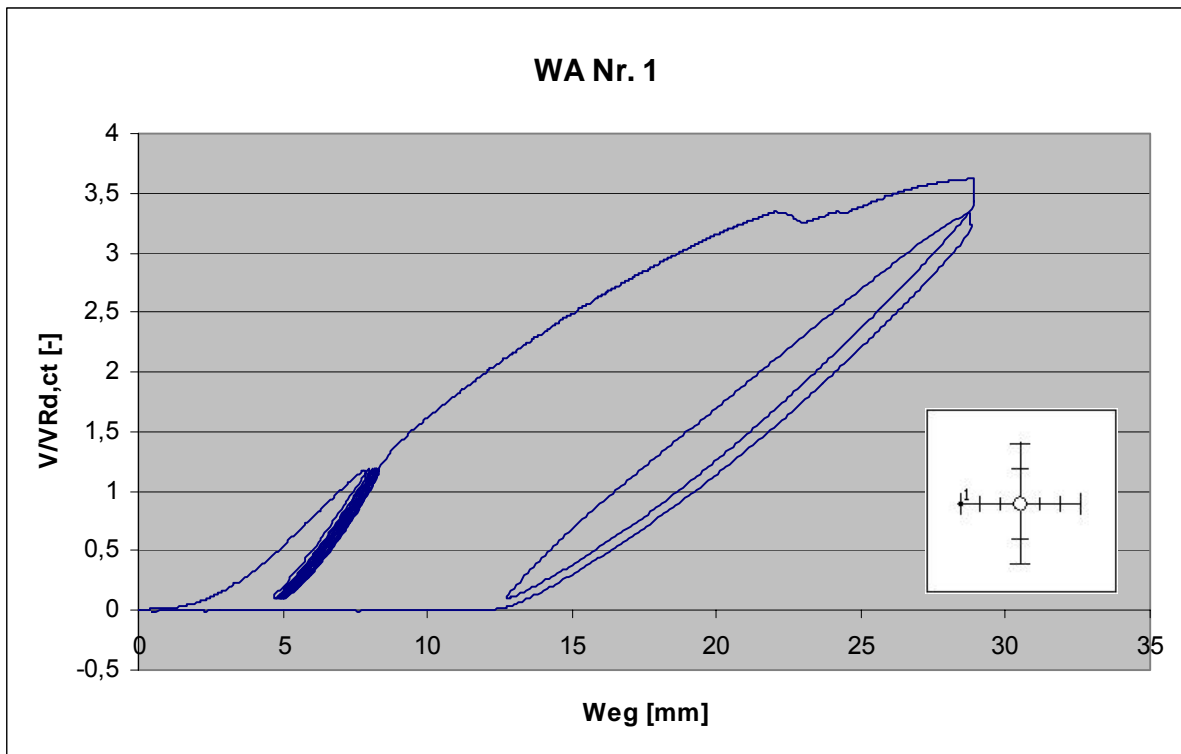


**Einbausituation eines Einbauteiles**

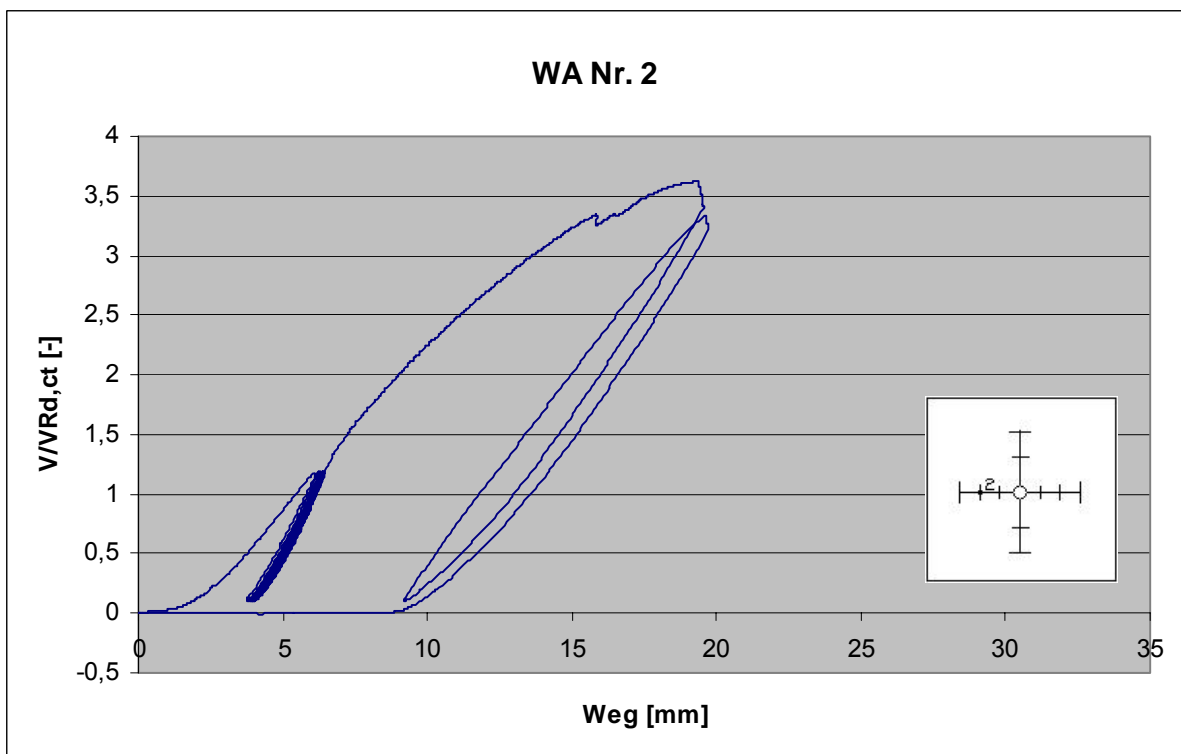




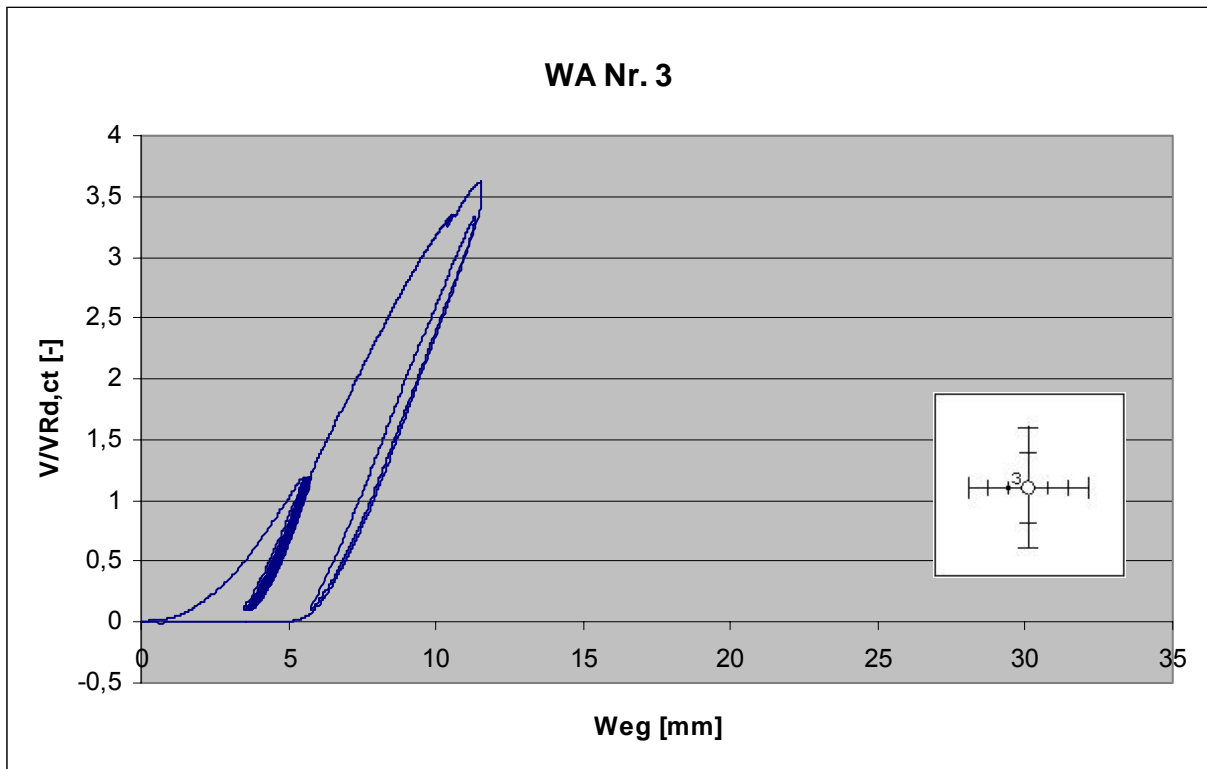
## Daten der induktiven Wegaufnehmer



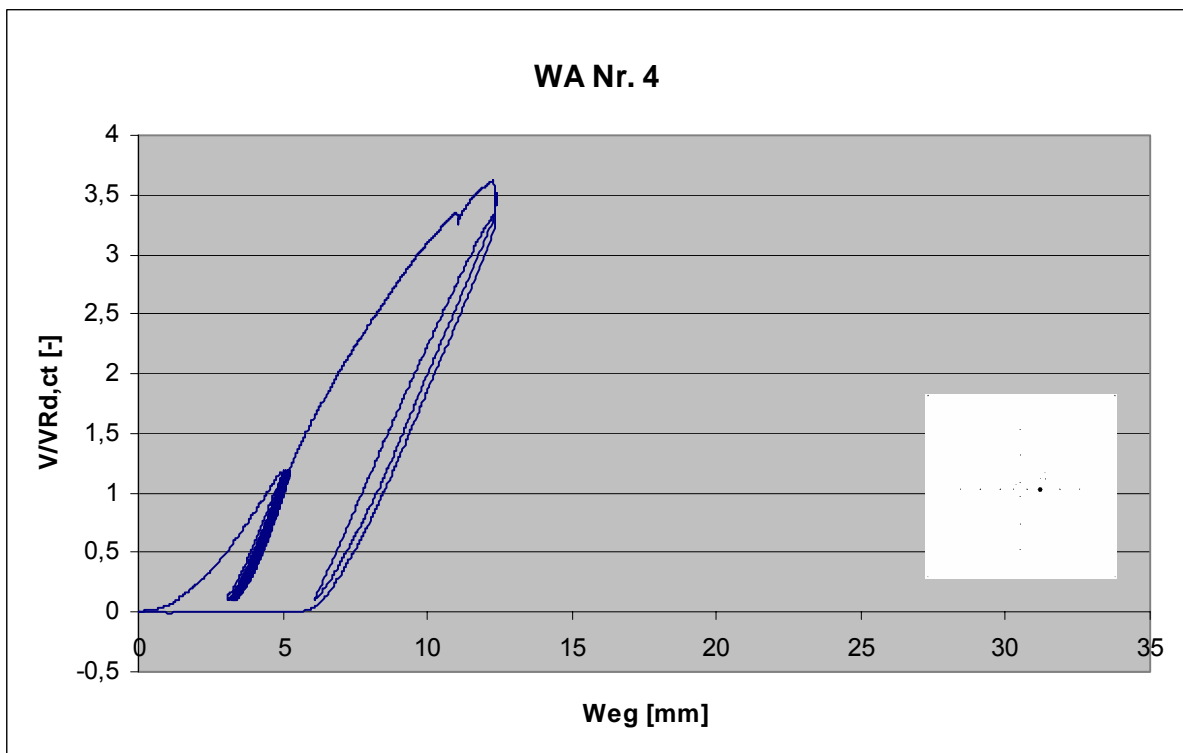
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 1



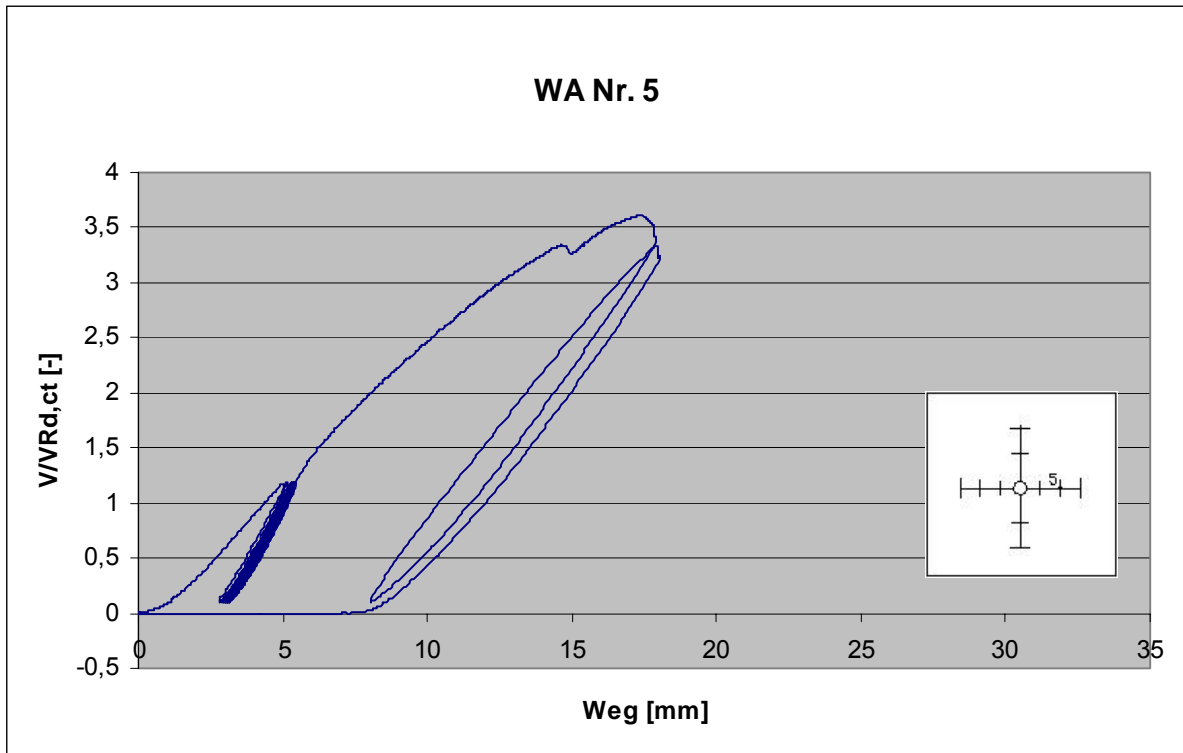
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 2



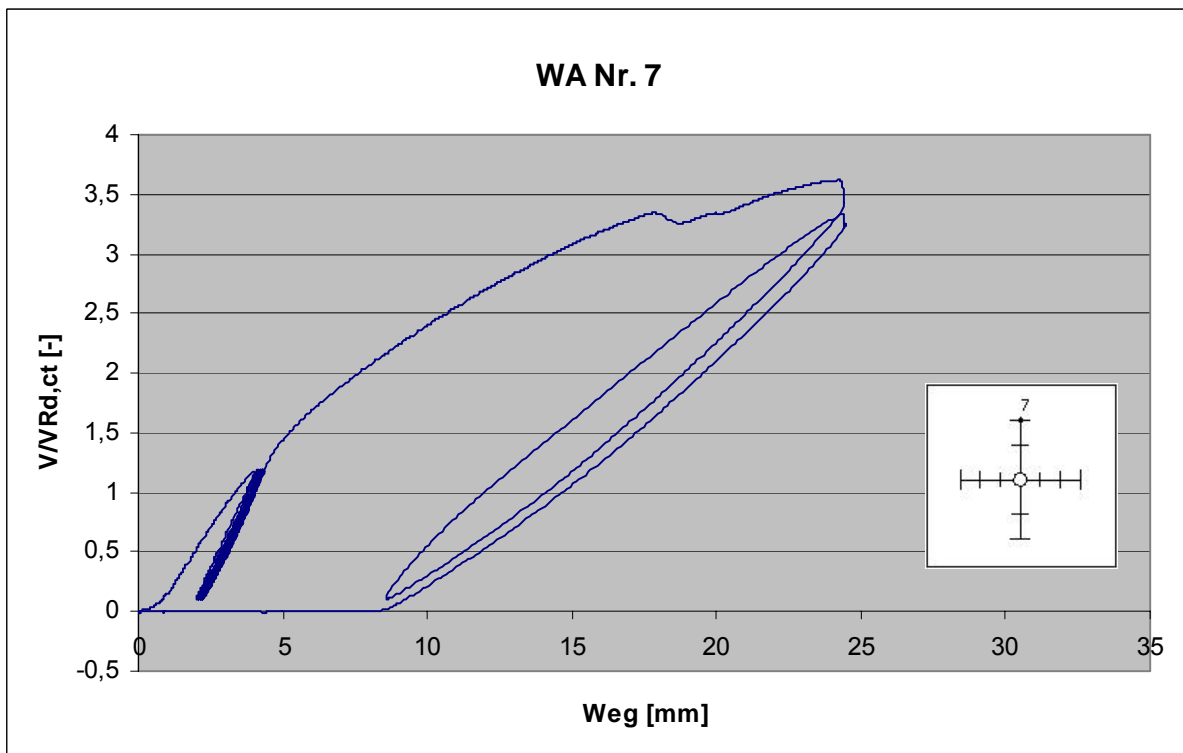
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 3



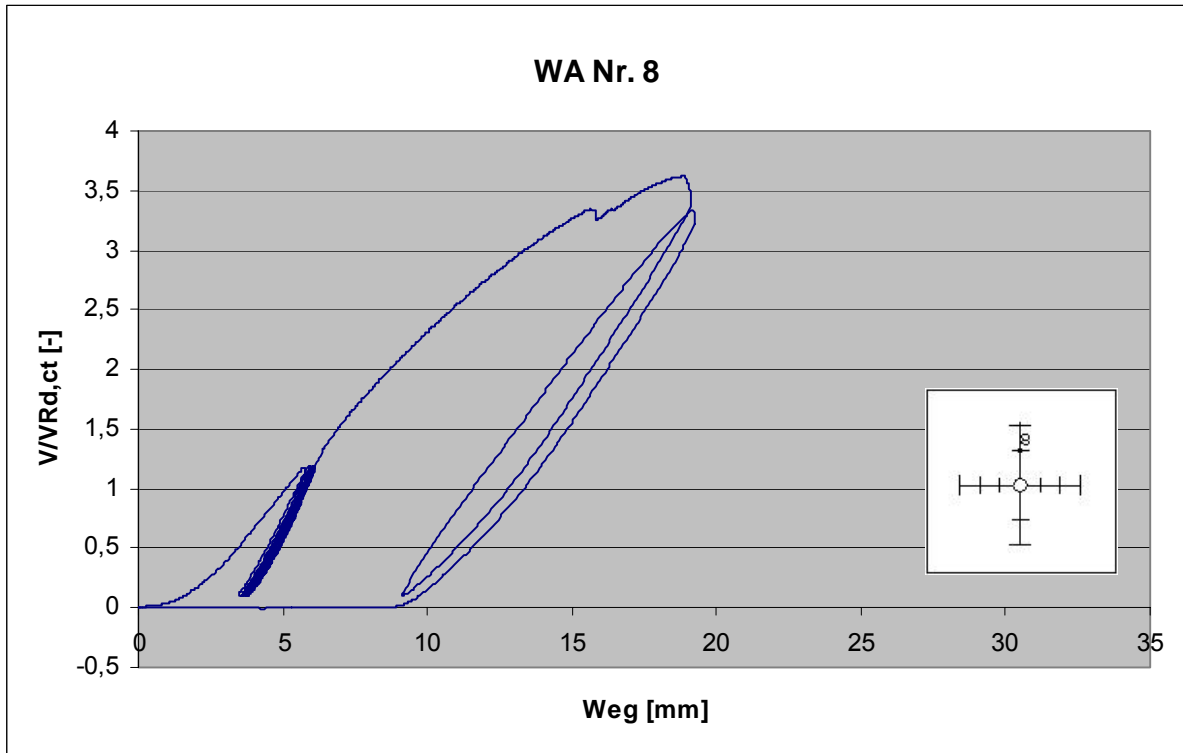
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 4



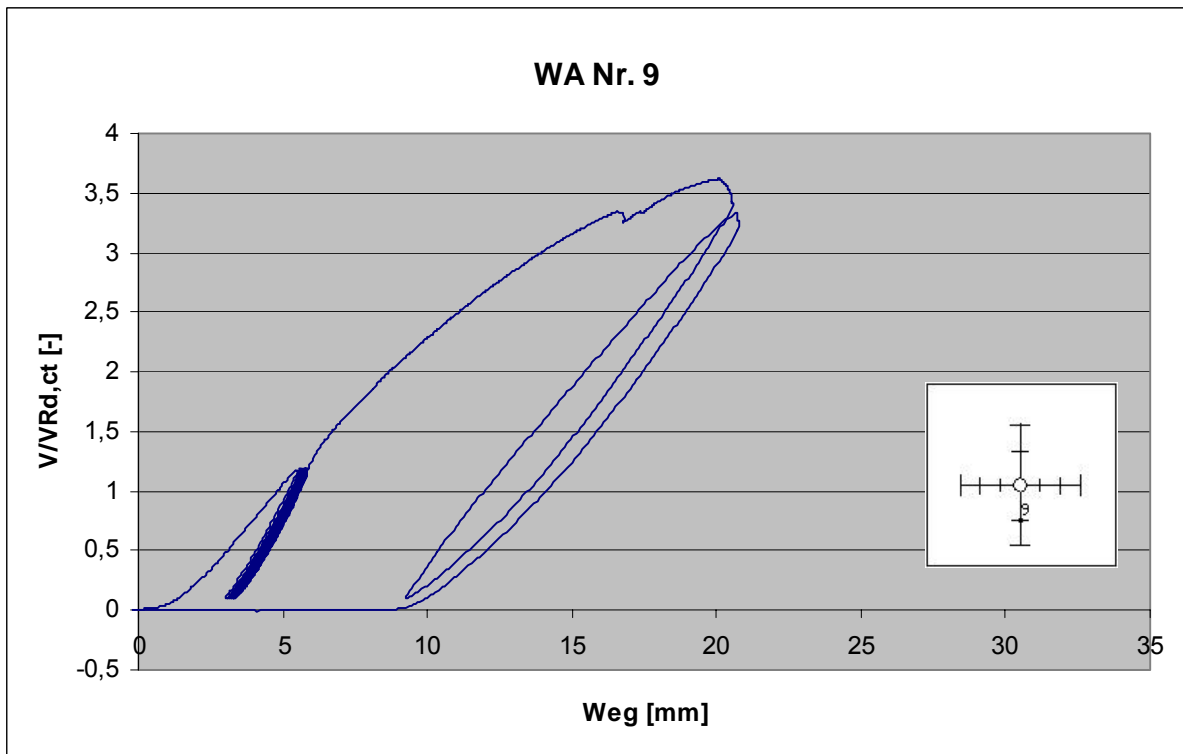
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 5



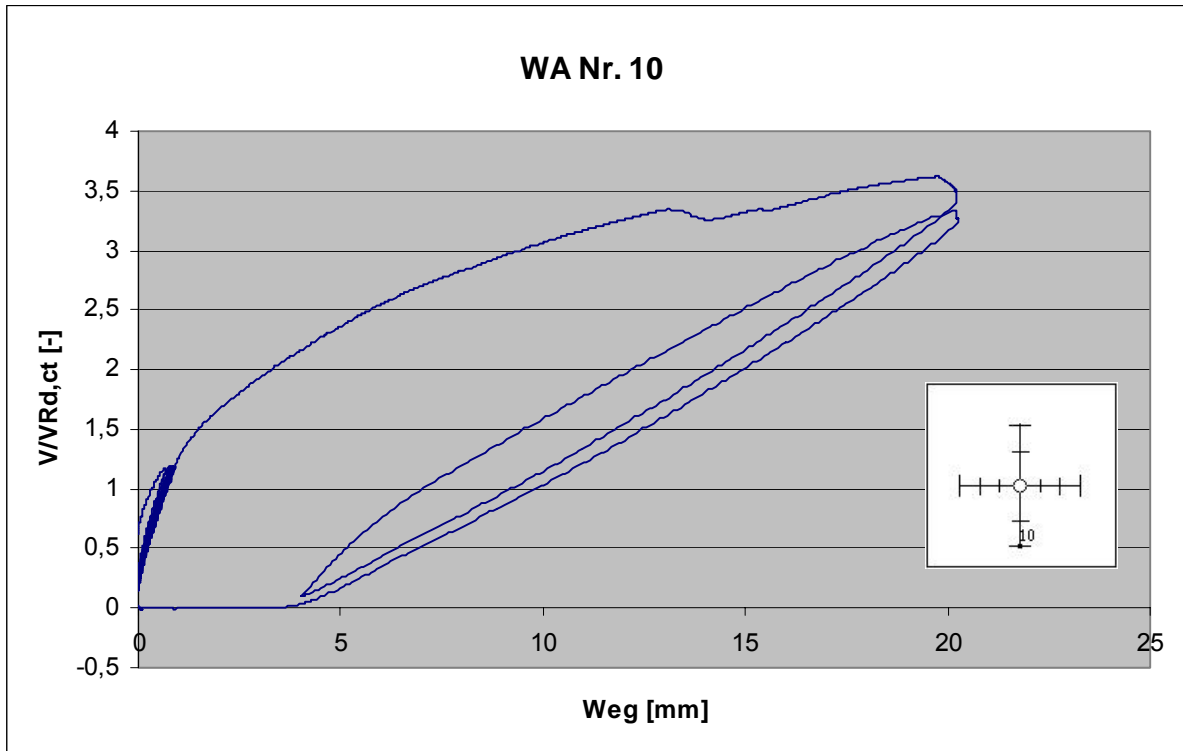
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 7



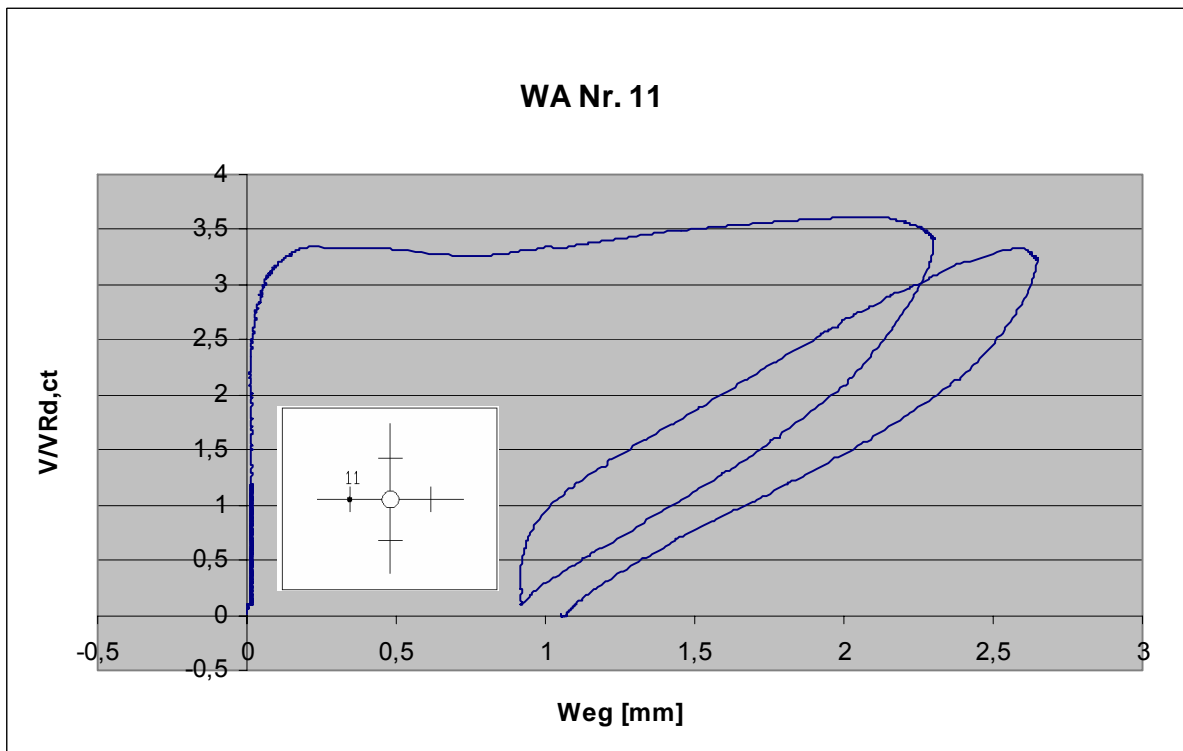
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 8



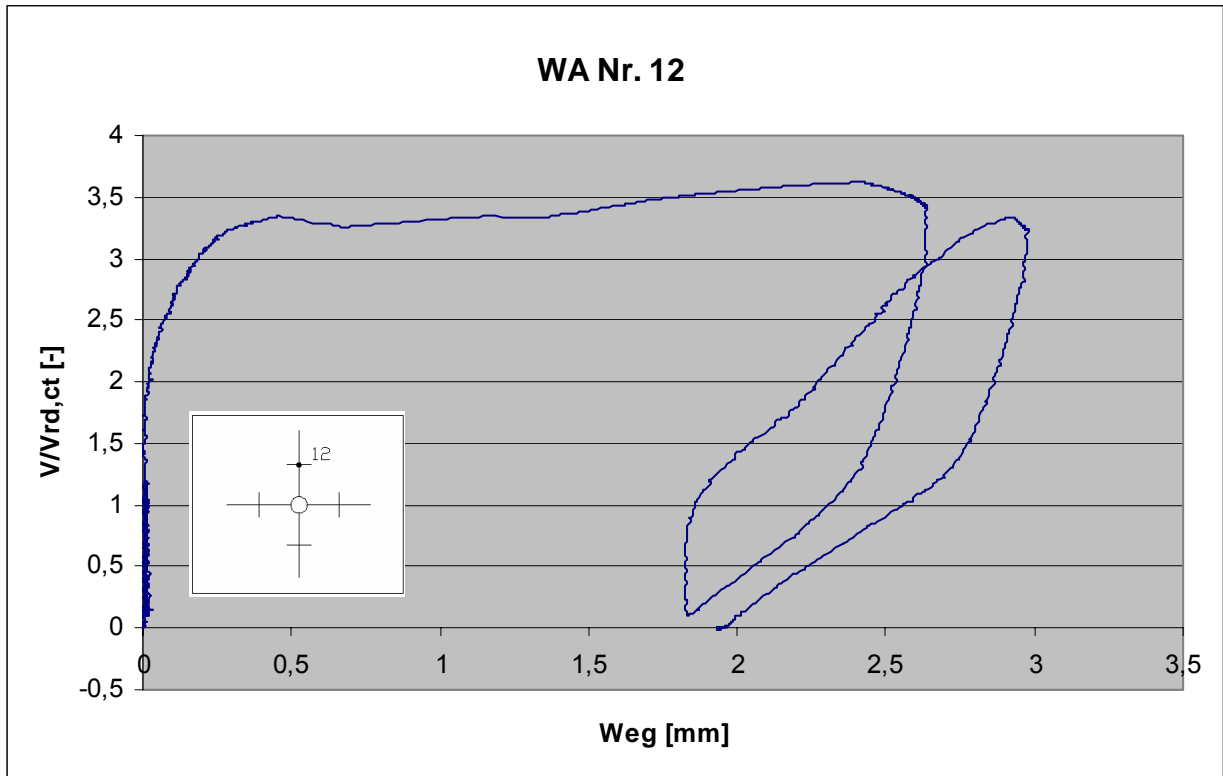
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 9



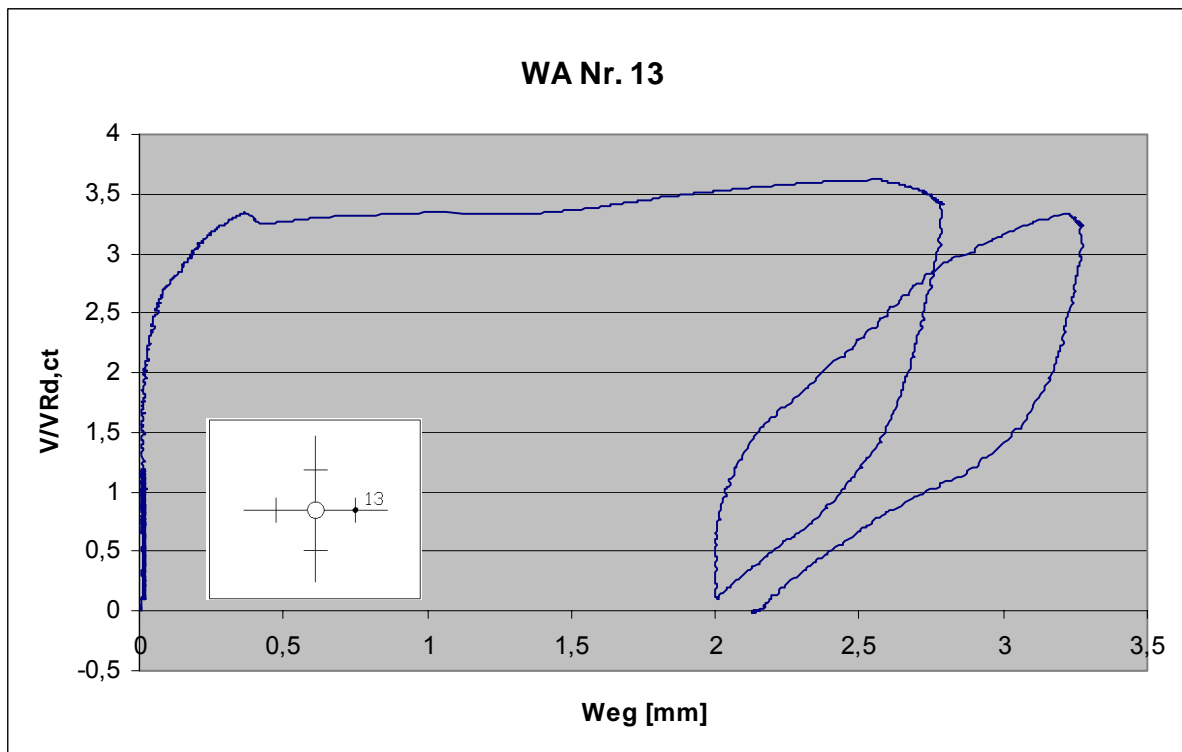
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 10



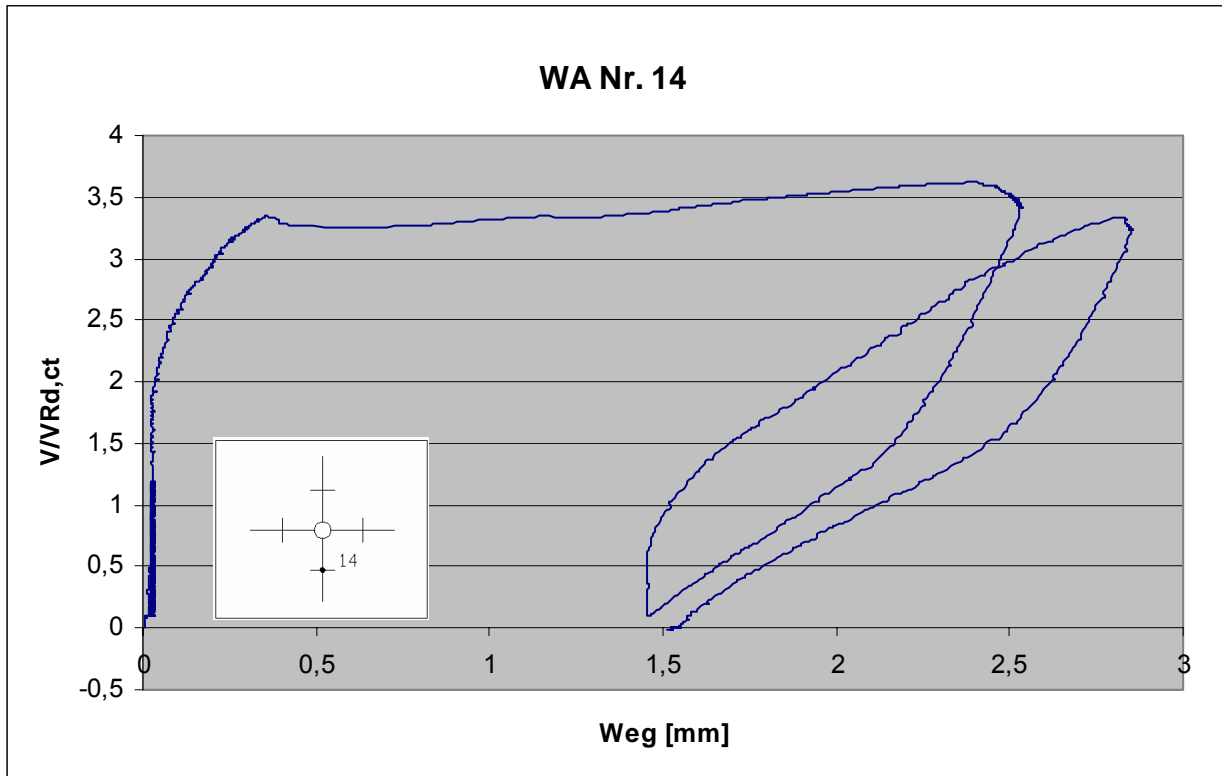
Messung der Plattendicke von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 11



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 12



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 13



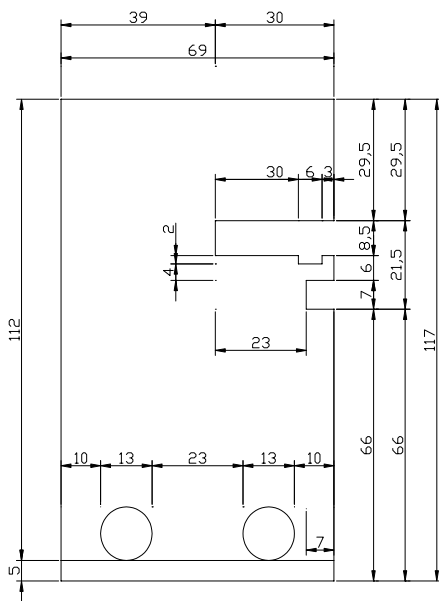
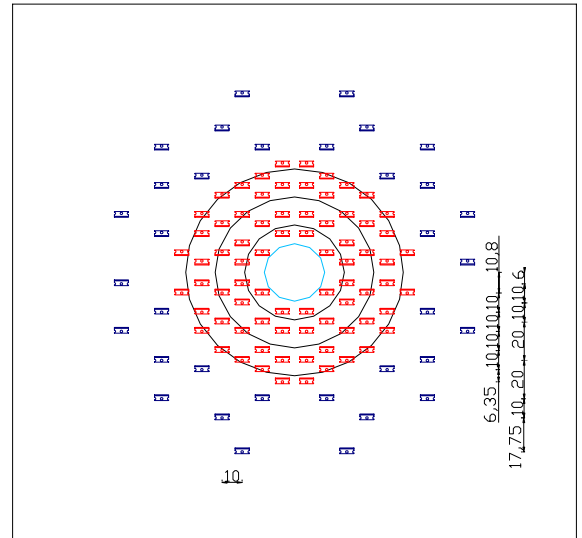
Messung der Plattendicke von Versuchskörper IH am Wegaufnehmer WA 14

### 3.3 Versuchskörper IG

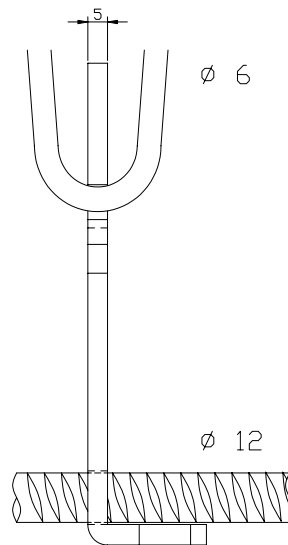
$f_{c,cube}$ :	36,3 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$V_u$ :	1902 [kN]	
$V_{Rd,ct}$ :	514 [kN]	(Berechnung mit $f_{ck} = 21,50$ N/mm <sup>2</sup> ; $\rho_{vorh} = 1,81$ %)
$V_u/V_{Rd,ct}$ :	3,70 [-]	

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

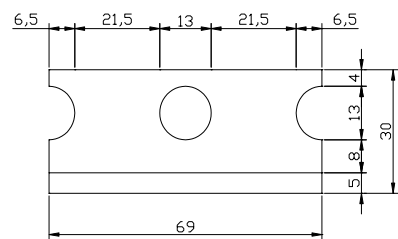
76 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 36 à 3 mm Bleche mit einem Bügel, untere Bewehrung Ø 16 mm BST 500, obere Bewehrung Ø 15 mm St 900/1100



Vorderansicht



Seitenansicht



Draufsicht



## Last-Verformungsverhalten



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte

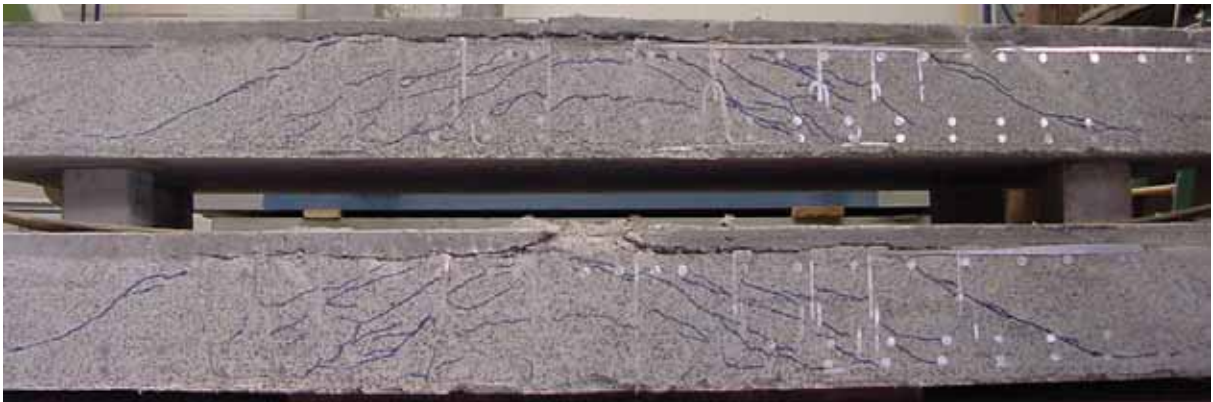
## Darstellung des Rissverlaufs



Rissbild von der Seite ( nachgezeichnet )

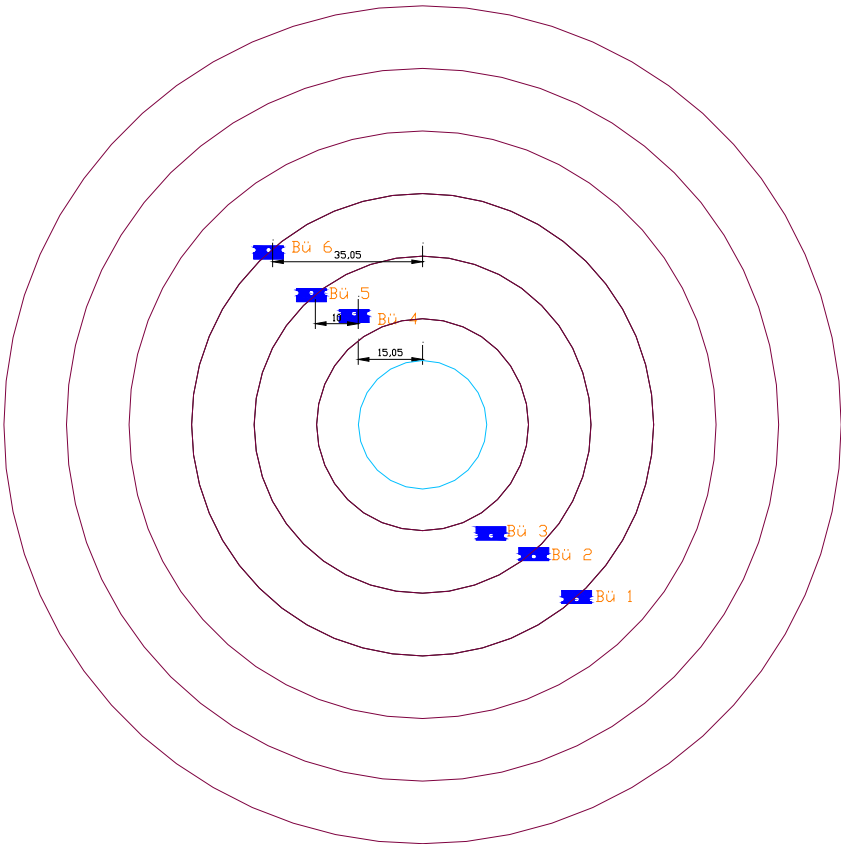


**Rissbild von unten ( nachgezeichnet )**

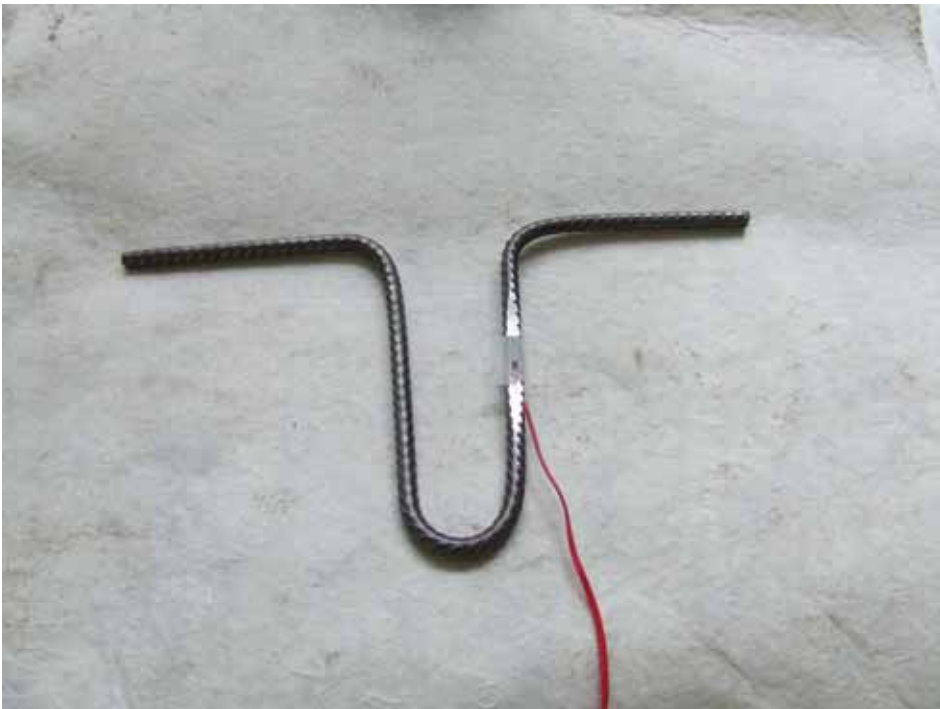


**Rissbild des Schnittes ( nachgezeichnet )**

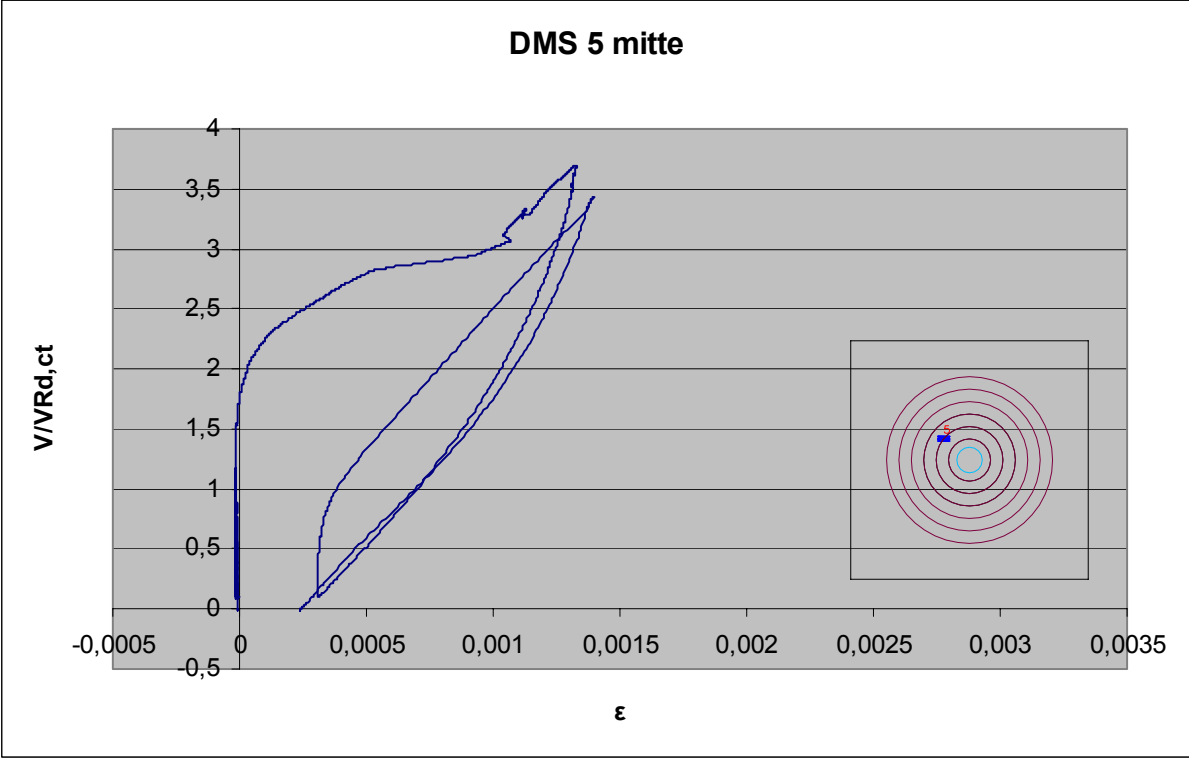
**Lage der DMS auf den Bügeln**



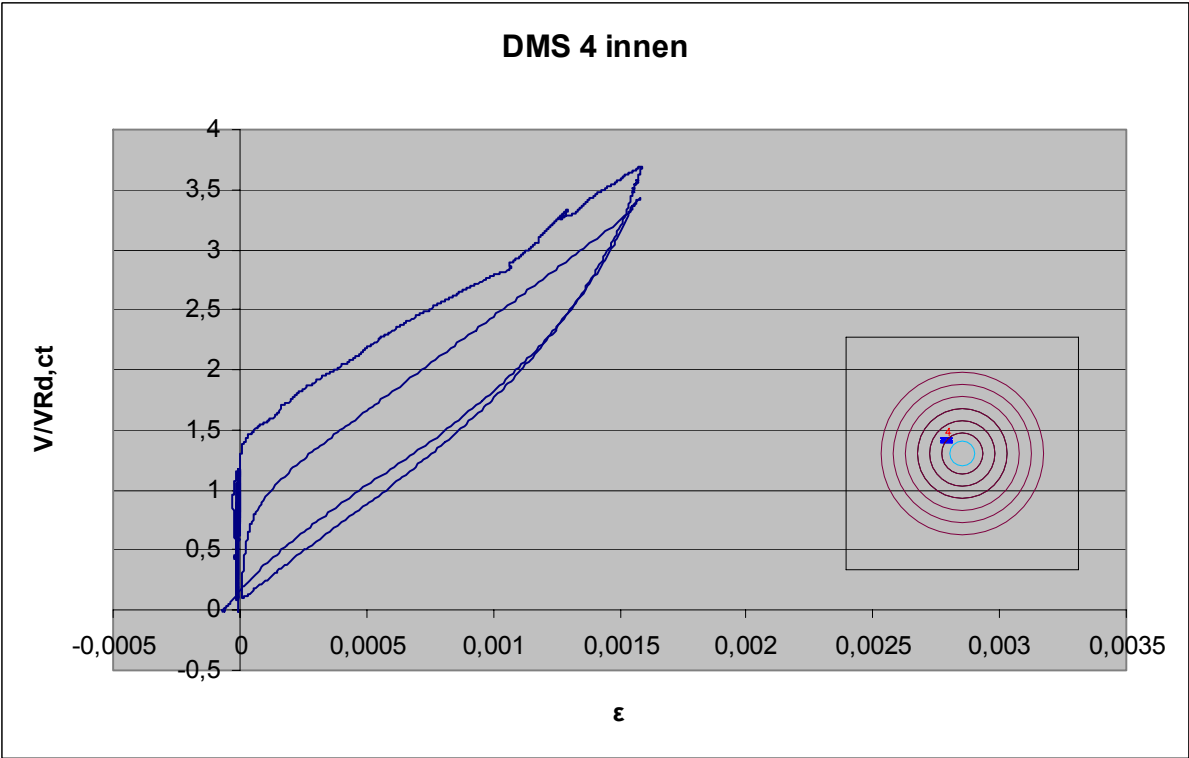
**Dehnungsmessstreifen auf dem Bügel**



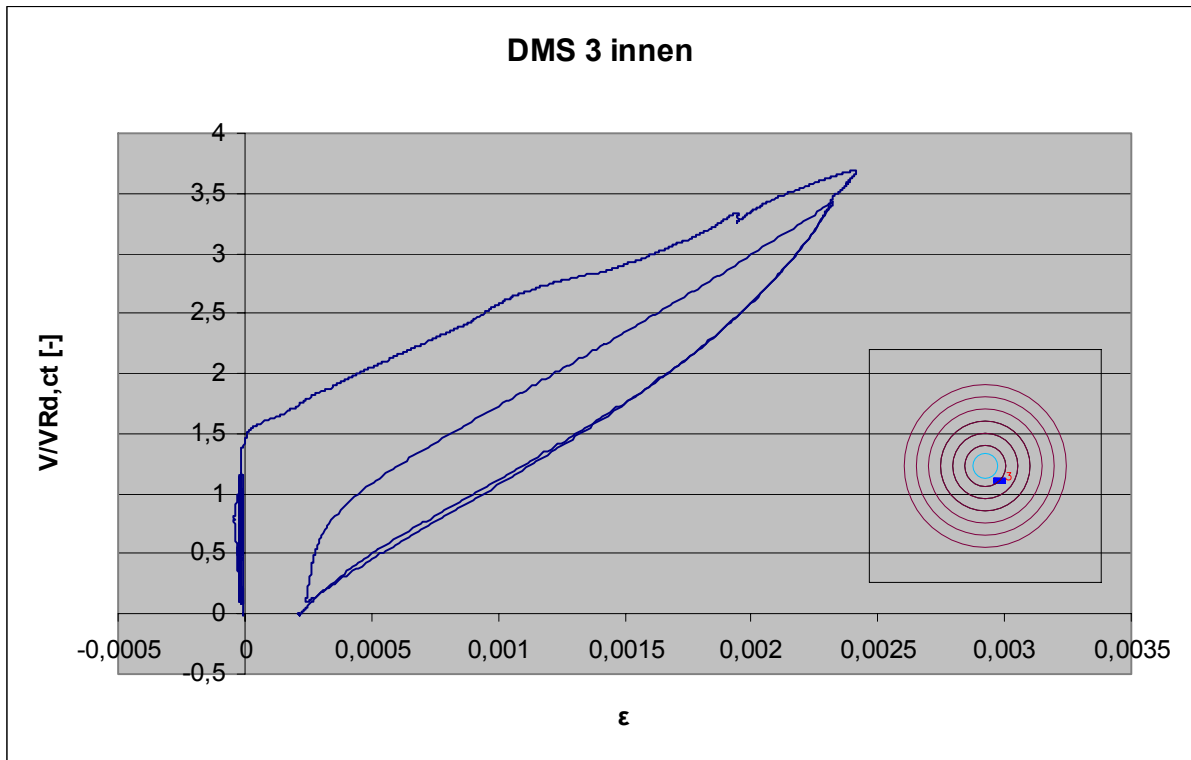
### DMS-Messungen der Bügelbewehrung Versuchskörper IG



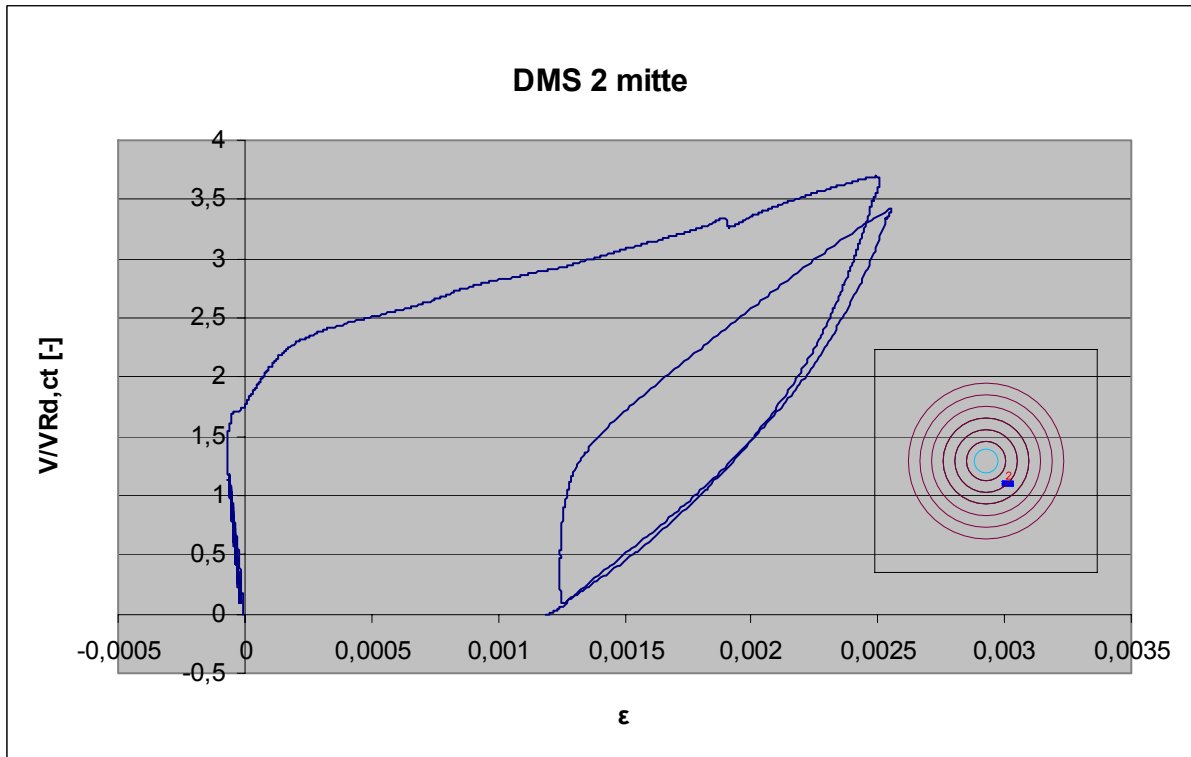
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IG am DMS Bü 5



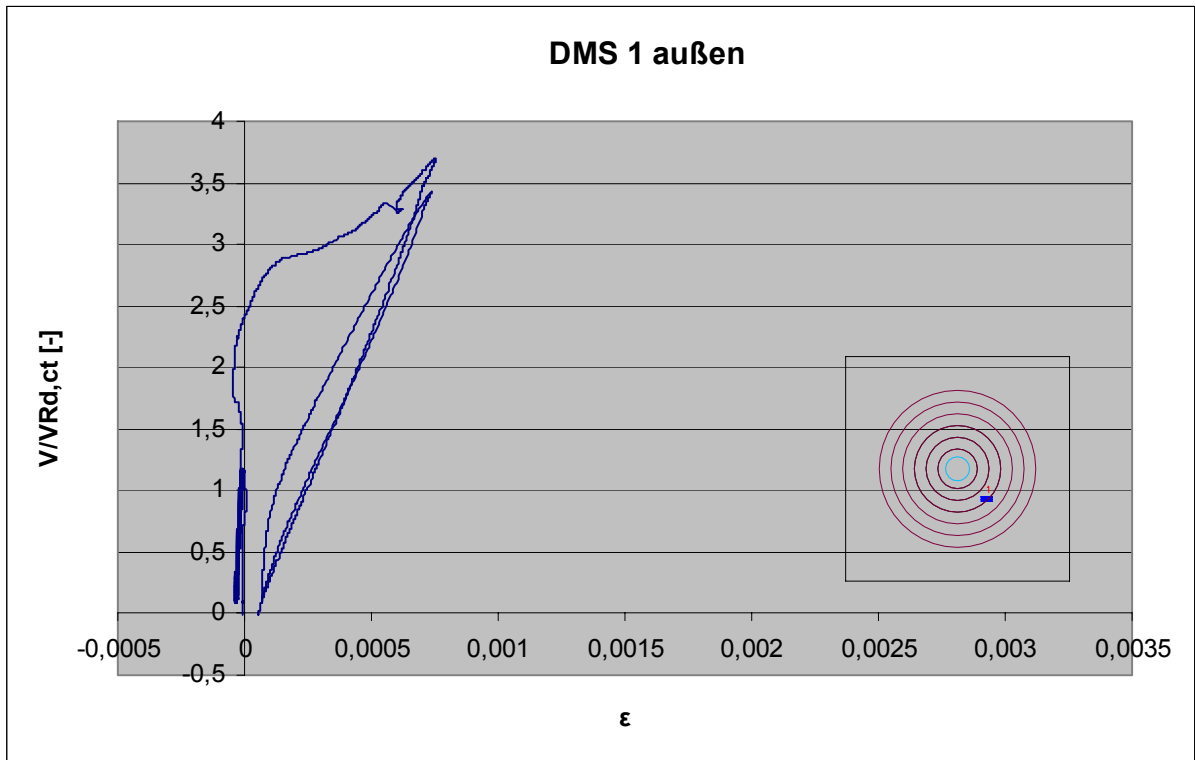
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IG am DMS Bü 4



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IG am DMS Bü 3



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IG am DMS Bü 2

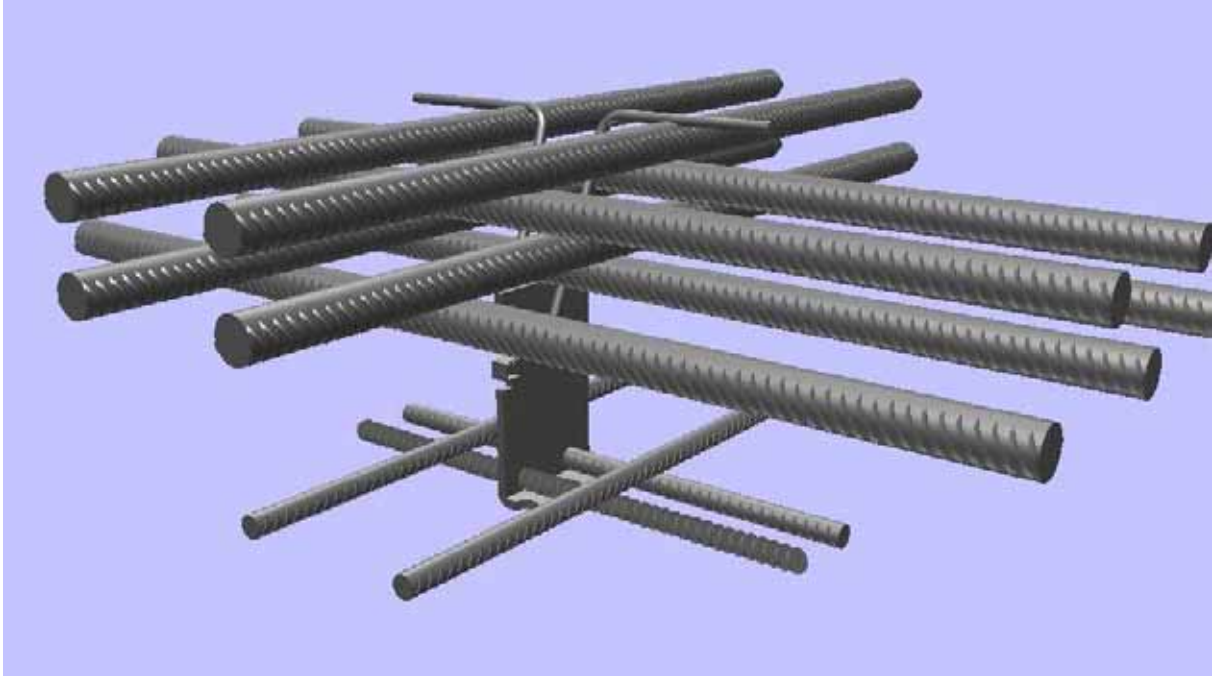


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IG am DMS Bü 1

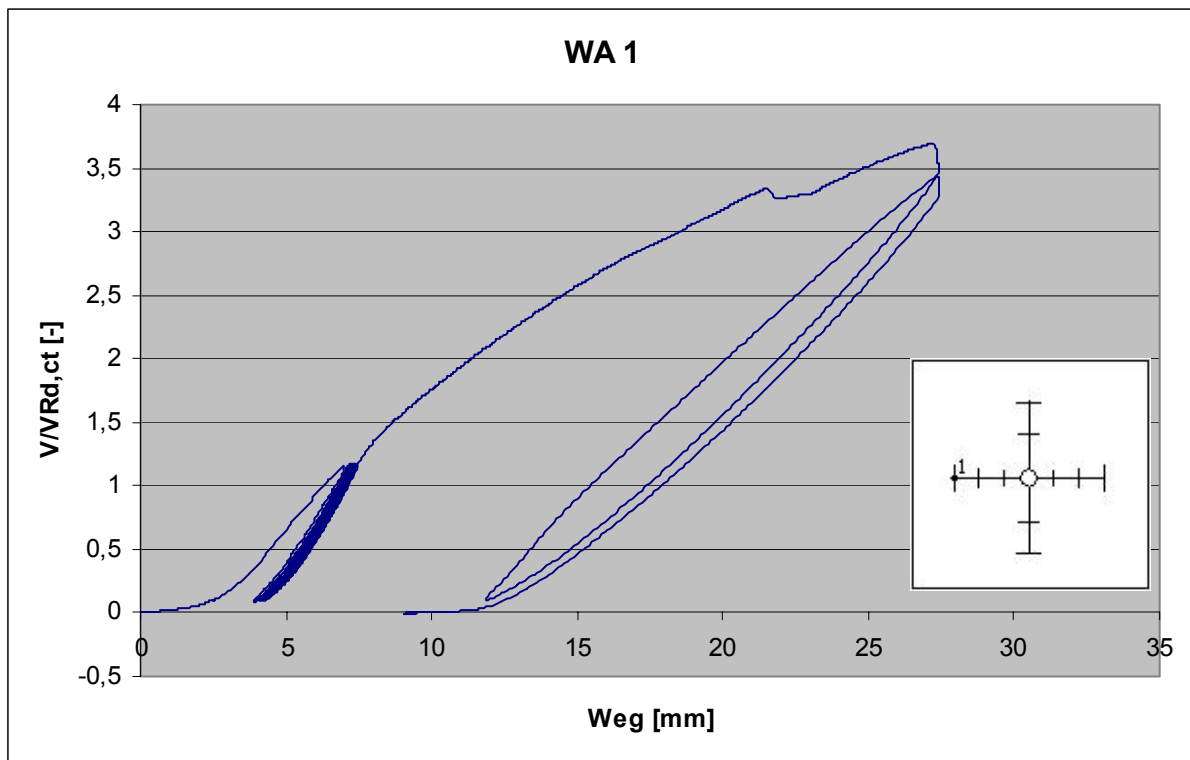
**Einbauteile mit Bügel**



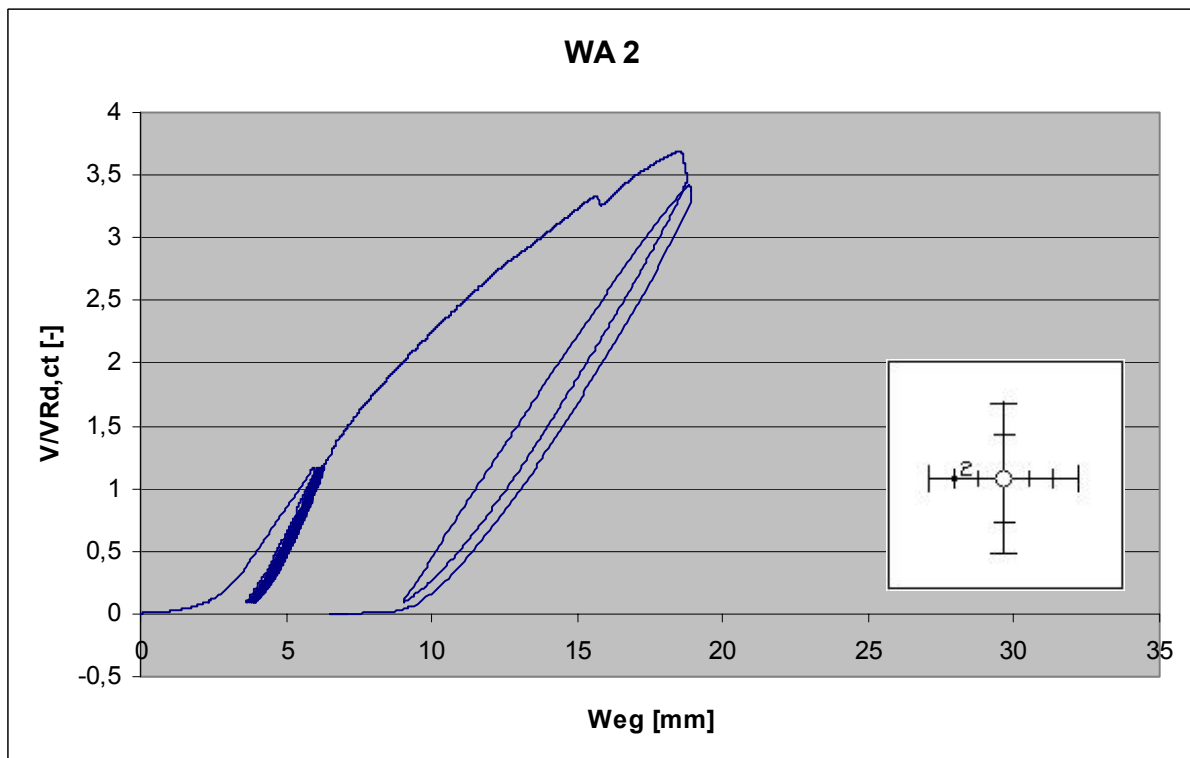
**Einbausituation eines Einbauteiles**



## Daten der induktiven Wegaufnehmer

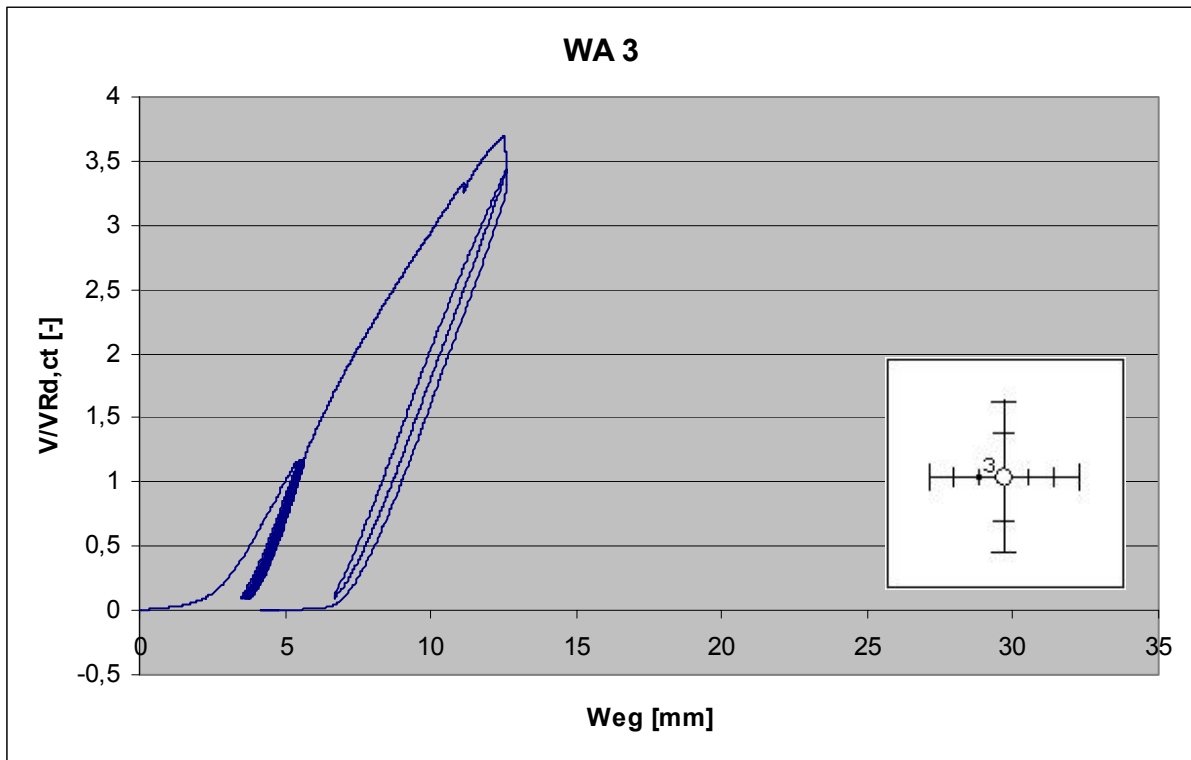


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 1

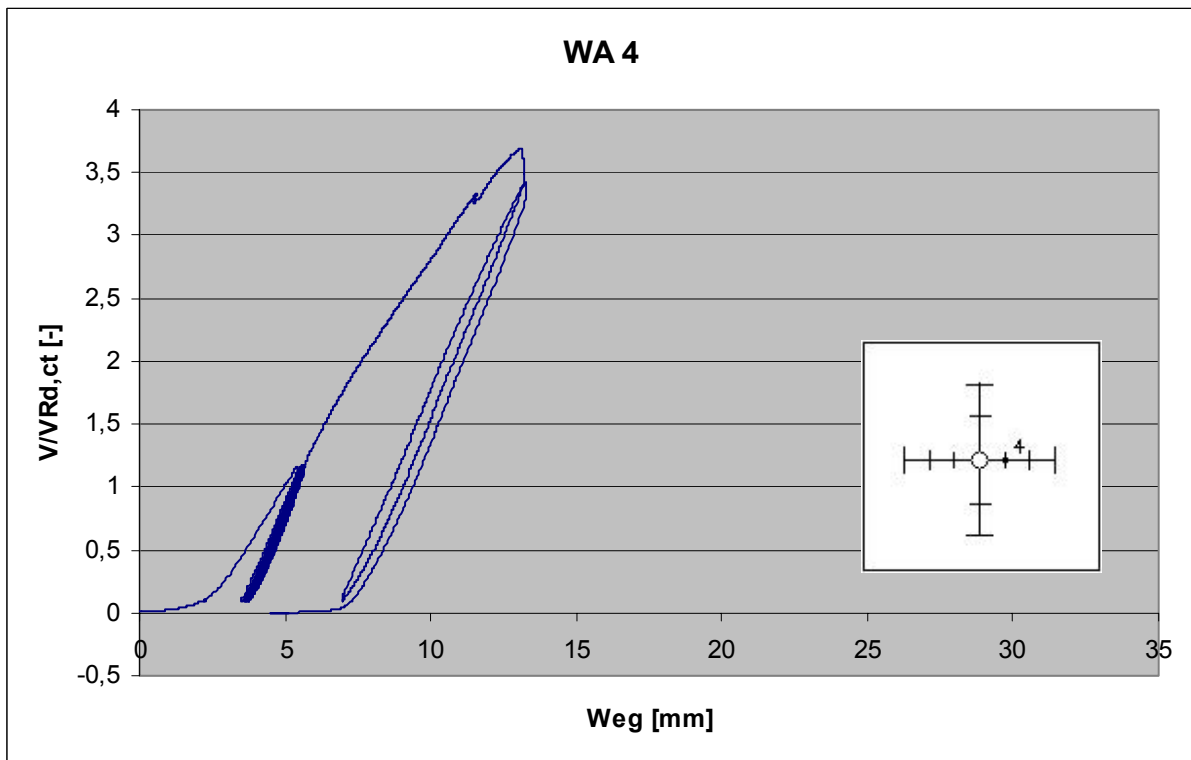


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 2

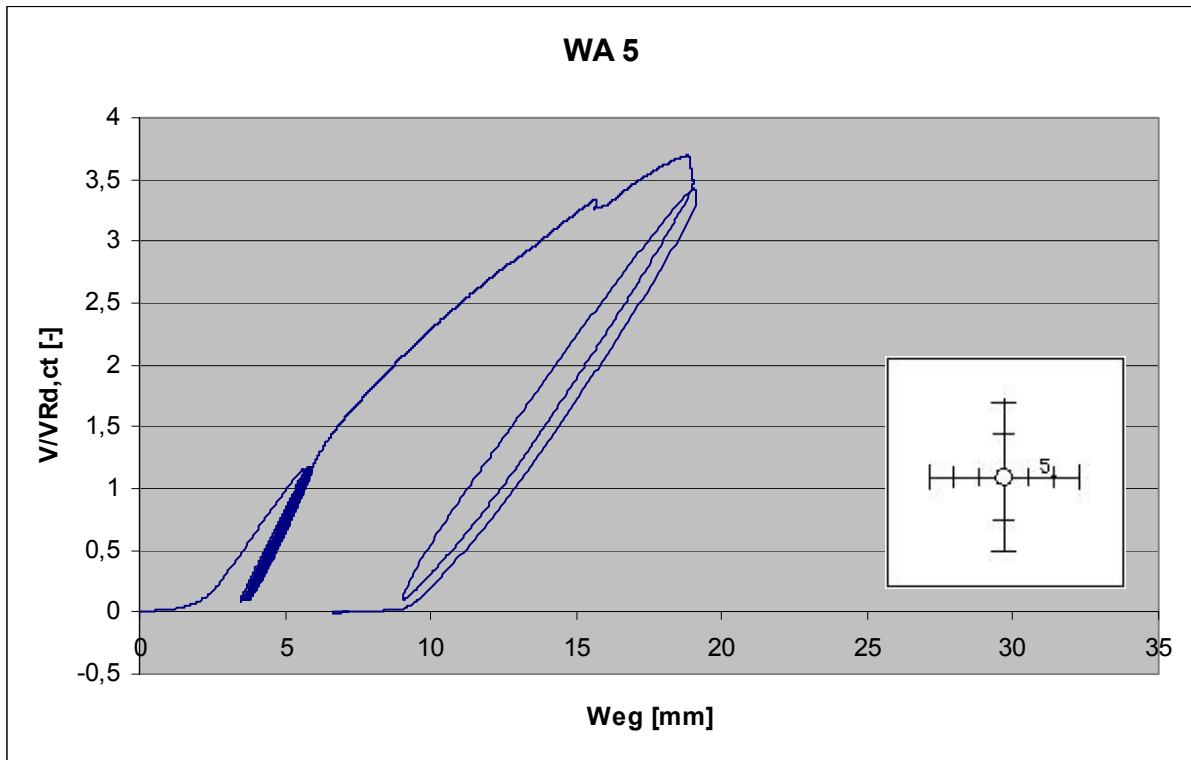




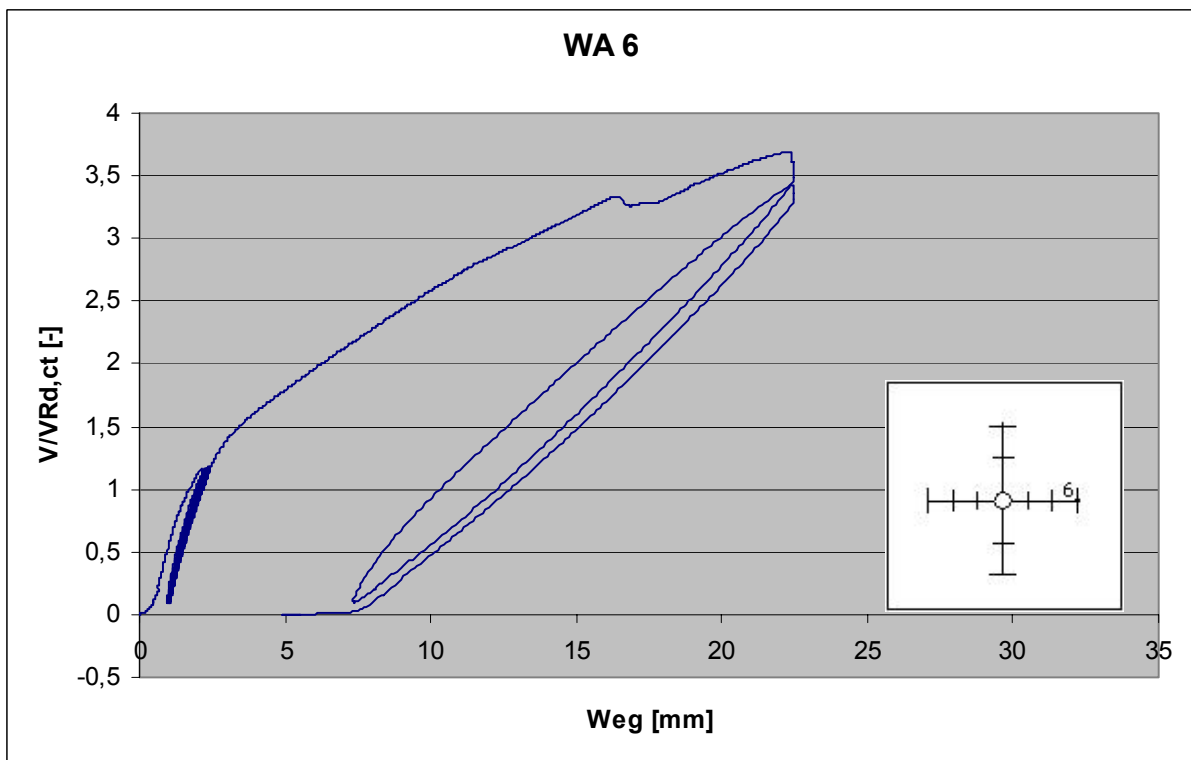
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 3



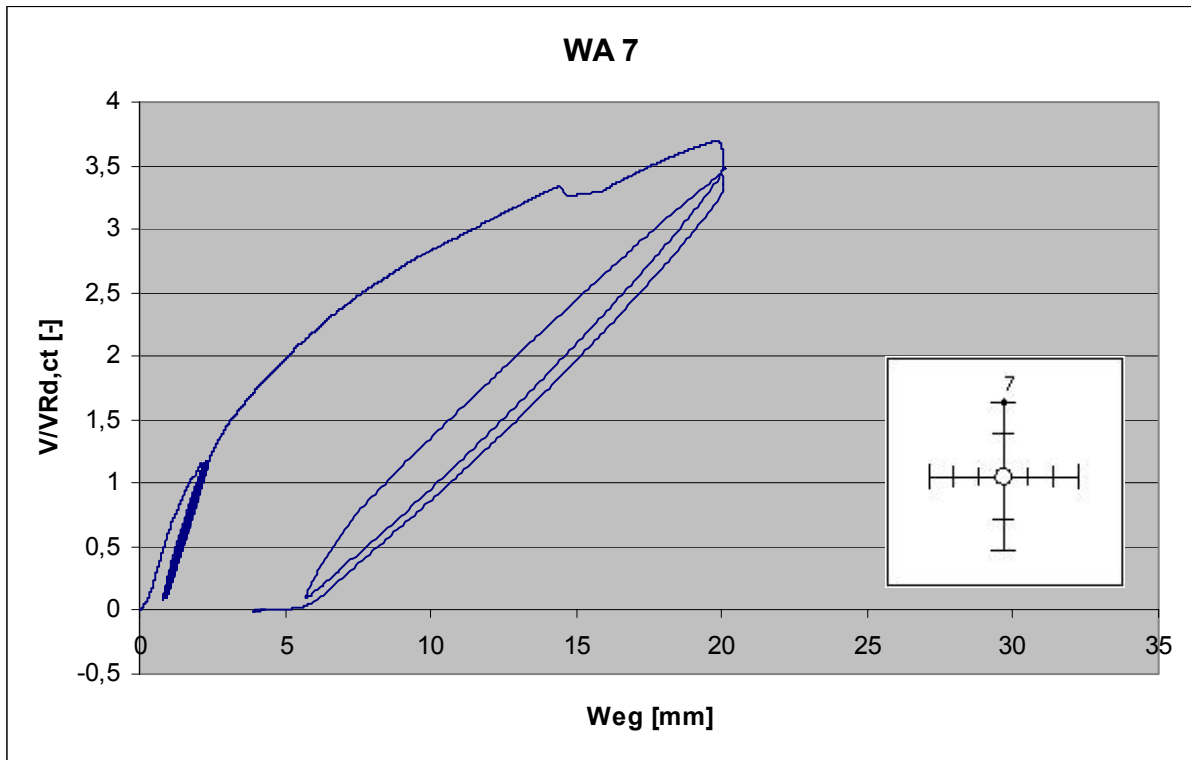
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 4



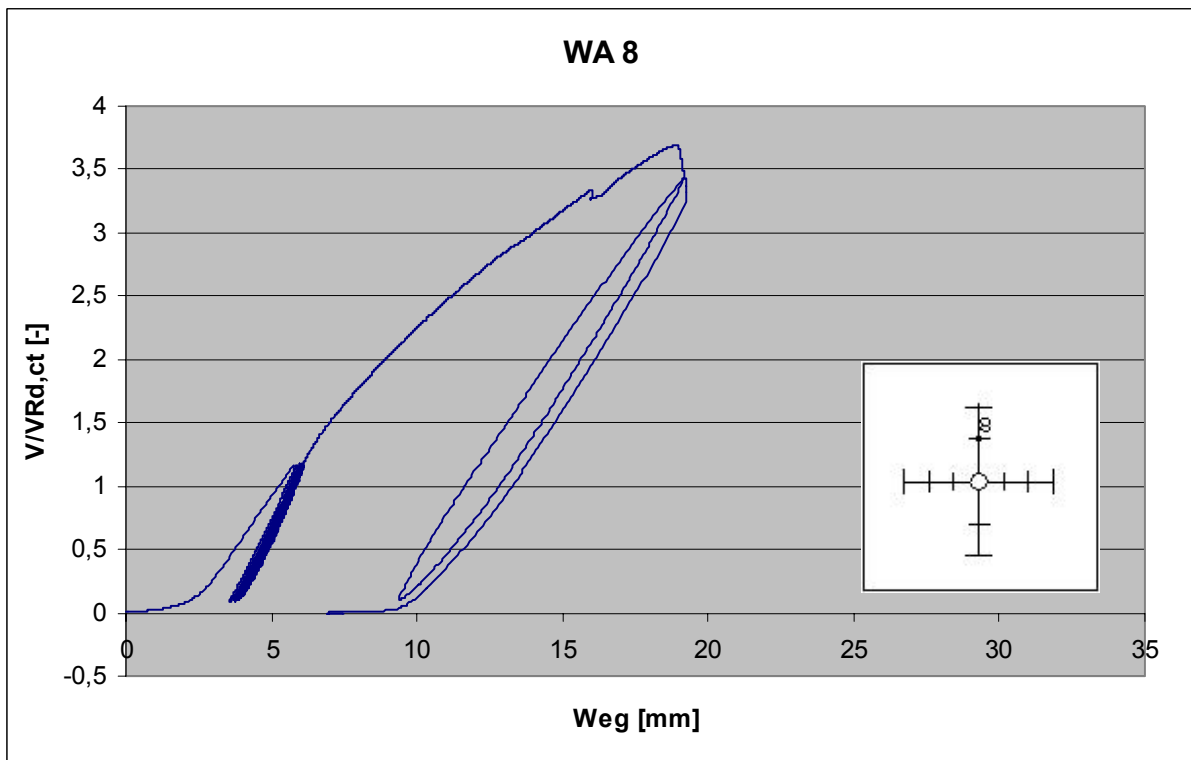
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 5



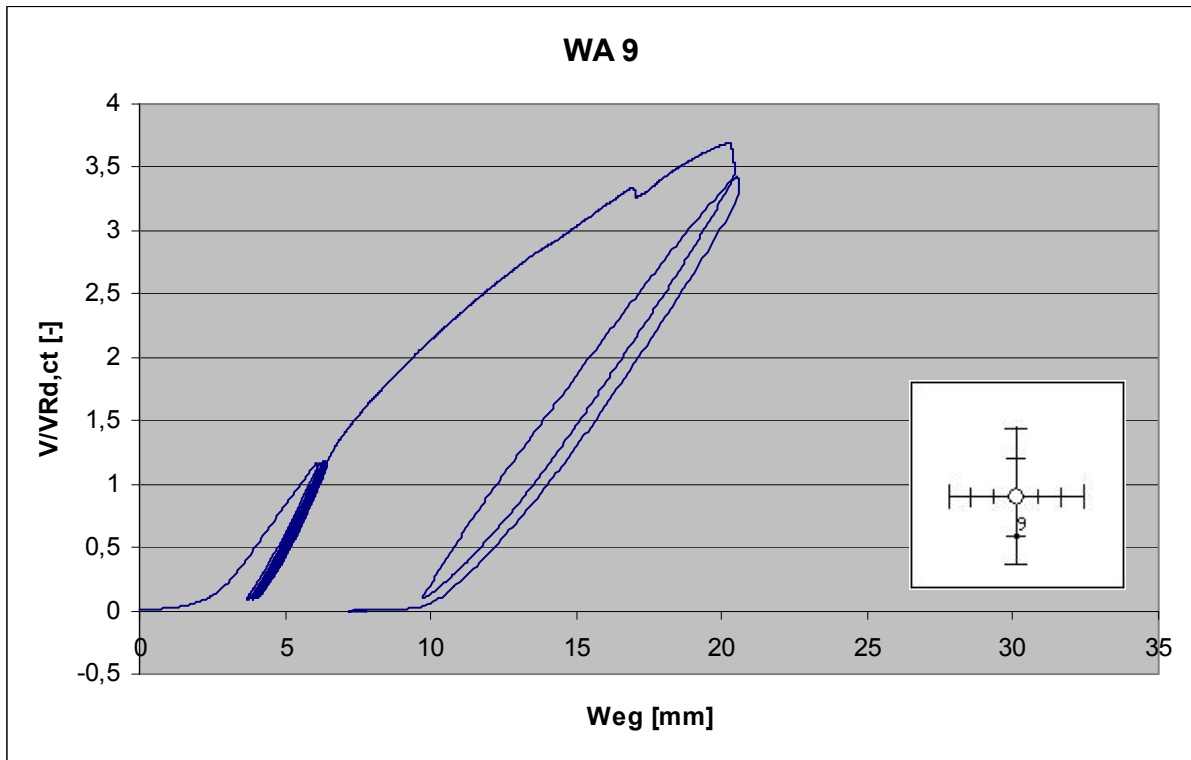
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 6



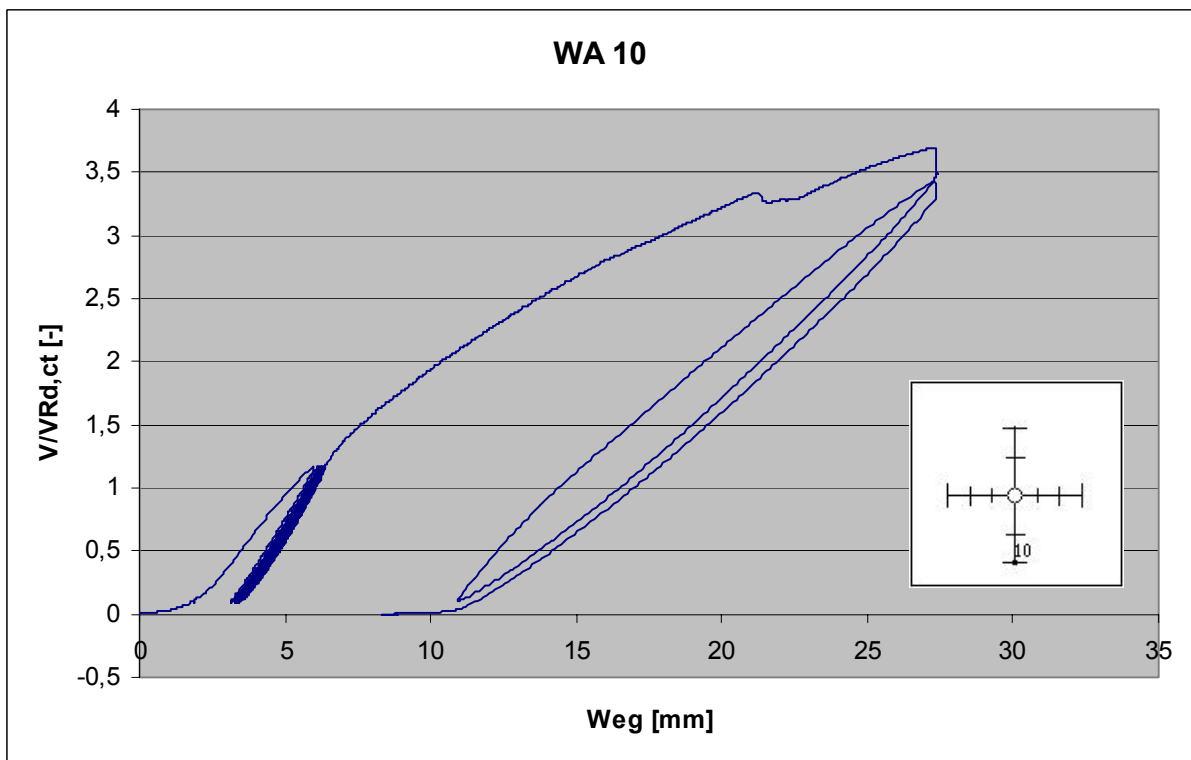
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 7



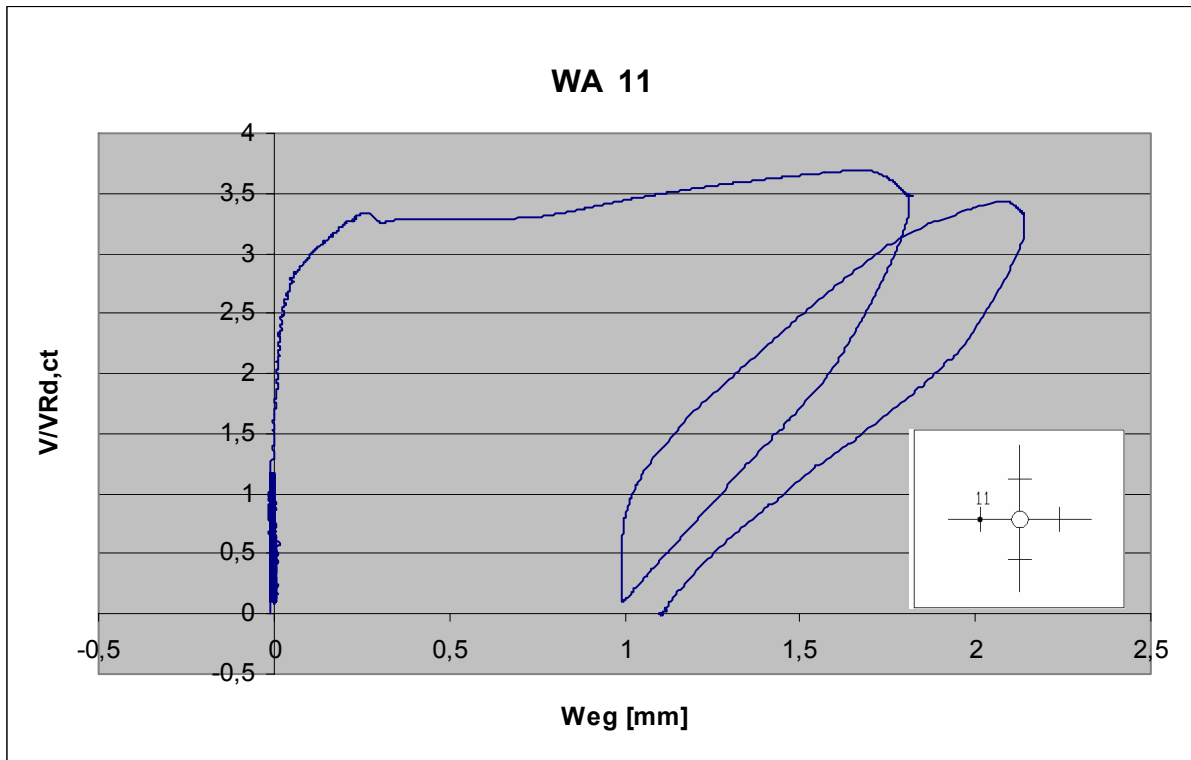
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 8



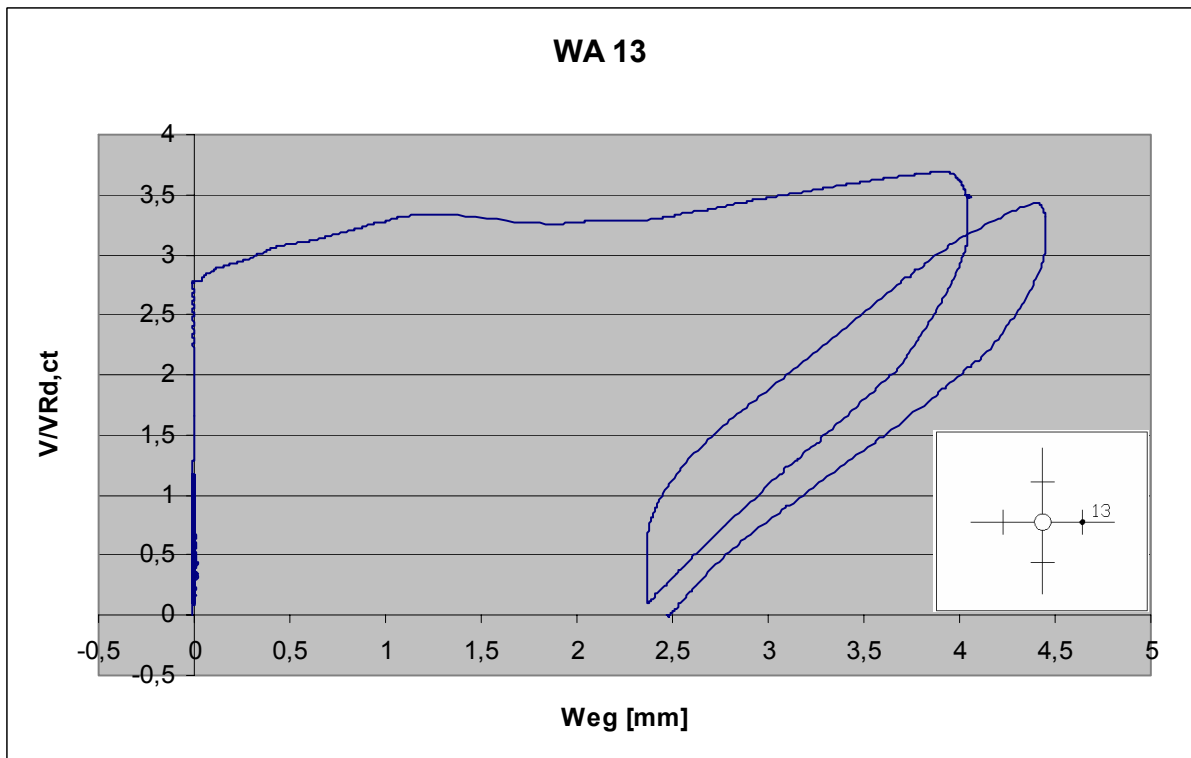
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 9



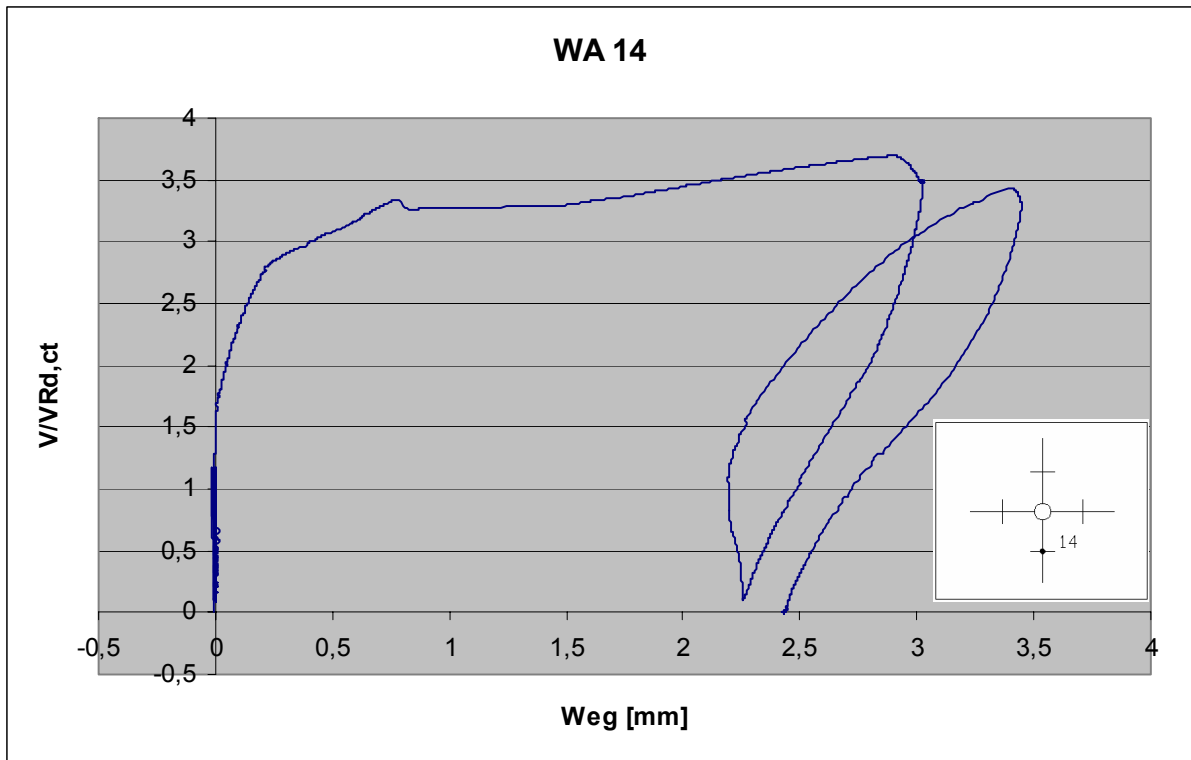
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 10



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 11



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 13



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IG am Wegaufnehmer WA 14

### 3.4 Versuchskörper IJ

$f_{c,cube}$ : 41,6 [N/mm<sup>2</sup>]

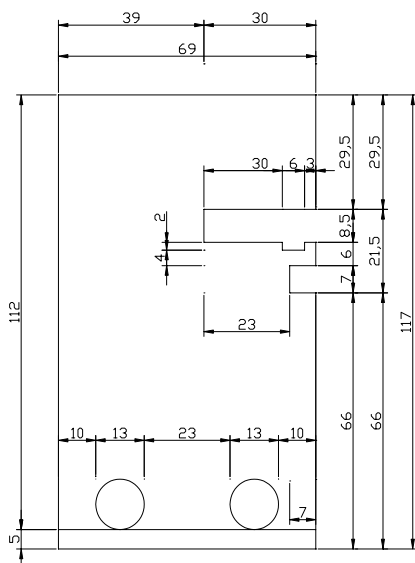
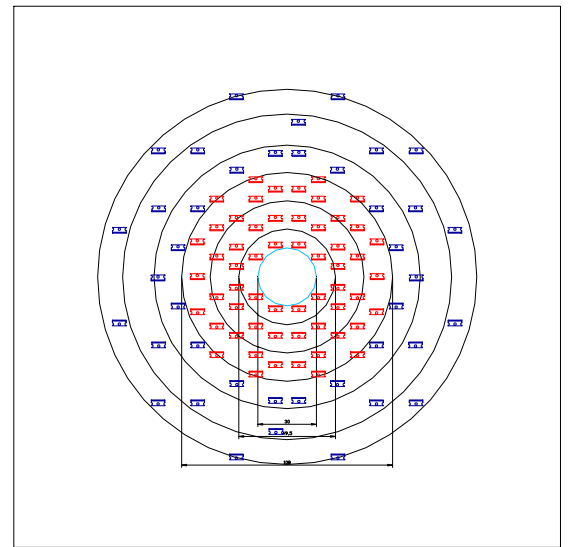
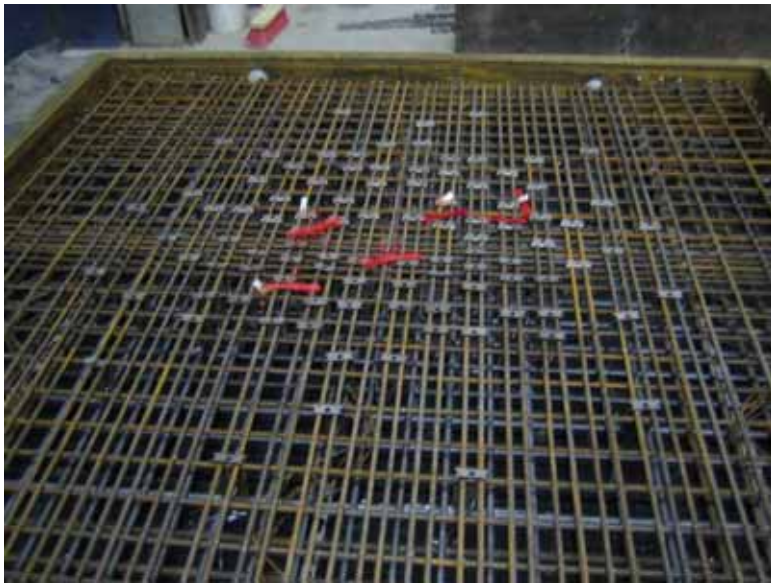
$V_u$ : 1595 [kN]

$V_{Rd,ct}$ : 467 [kN] (Berechnung mit  $f_{ck} = 24,9$  N/mm<sup>2</sup>;  $\rho_{vorh} = 0,84$  %)

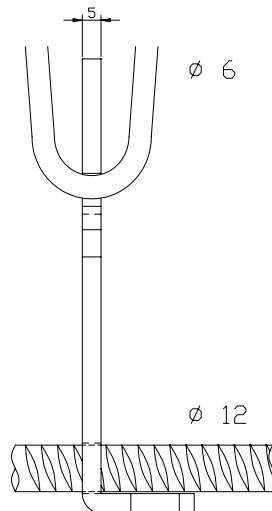
$V_u/V_{Rd,ct}$ : 3,41 [-]

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

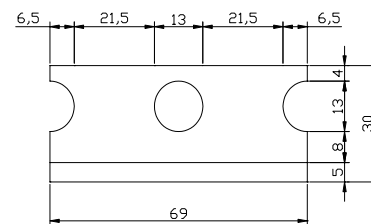
58 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 40 à 3 mm Bleche mit einem Bügel,  
untere Bewehrung Ø 12 mm BST 500, obere Bewehrung Ø 15 mm St 900/1100



Vorderansicht



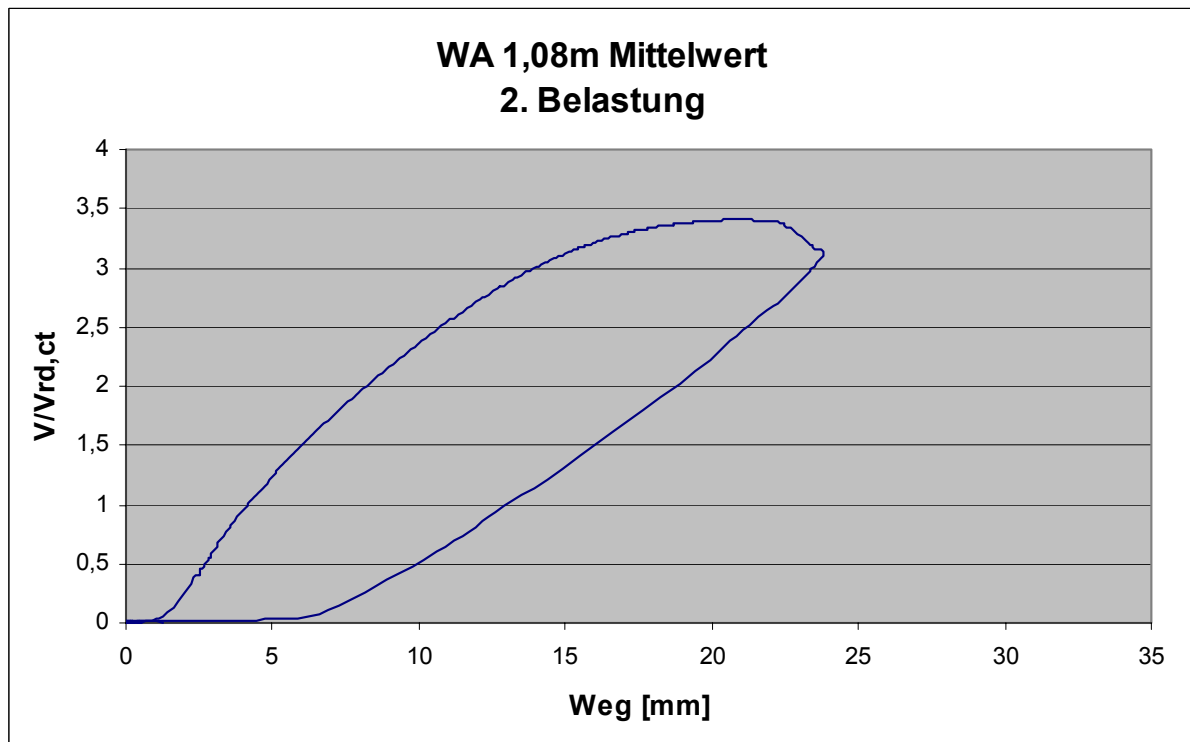
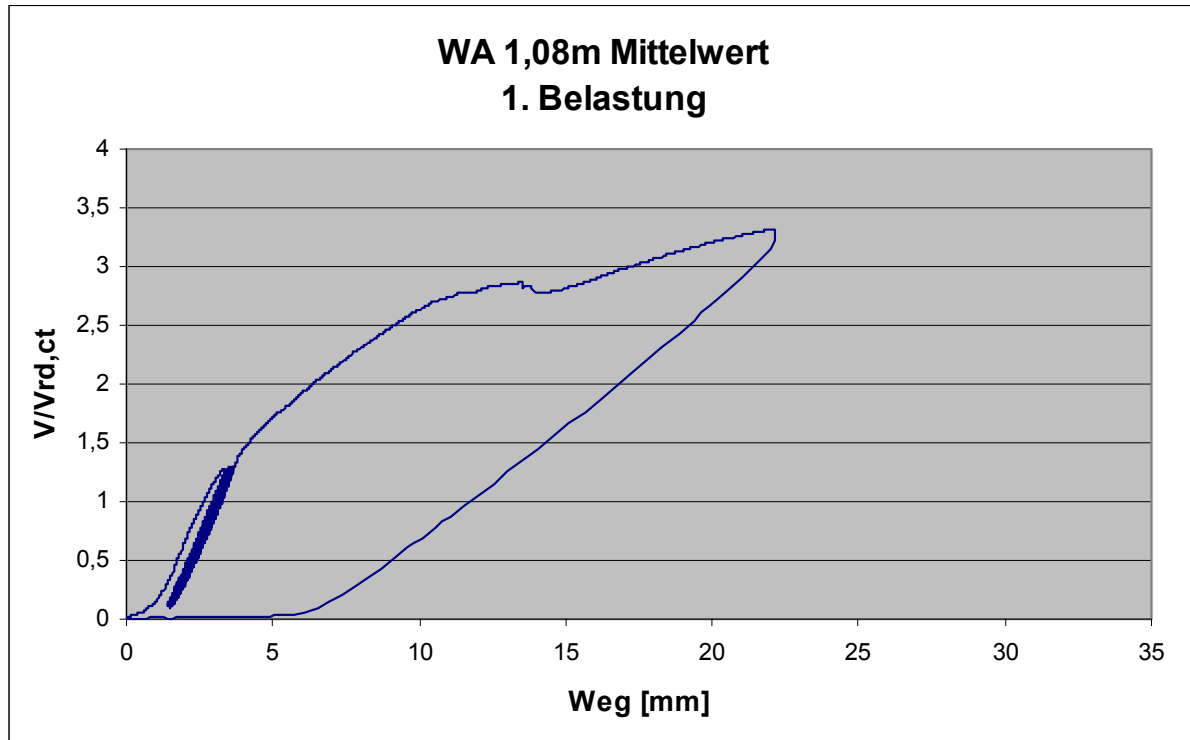
Seitenansicht



Draufsicht

## Last – Verformungsverhalten

Bei der 10. Laststufe der ersten Belastung musste der Prüfkörper entlastet werden, um diesen insgesamt 10mm weiter nach unten zu verschieben. Anschließend wurde der Körper erneut bis zum Bruch belastet. Daher mussten die Graphen getrennt dargestellt werden.



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte



## Darstellung des Rissverlaufs



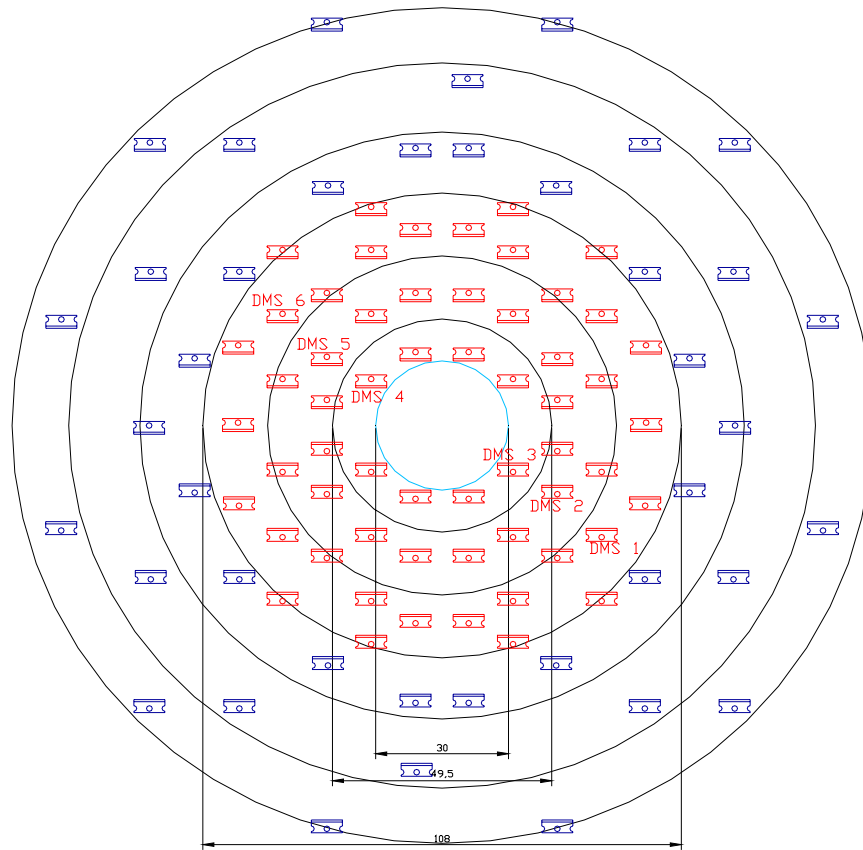
## Rissbild von der Seite ( nachgezeichnet )



## Rissbild von unten ( nachgezeichnet )



**Rissbild des Schnittes ( nachgezeichnet )**

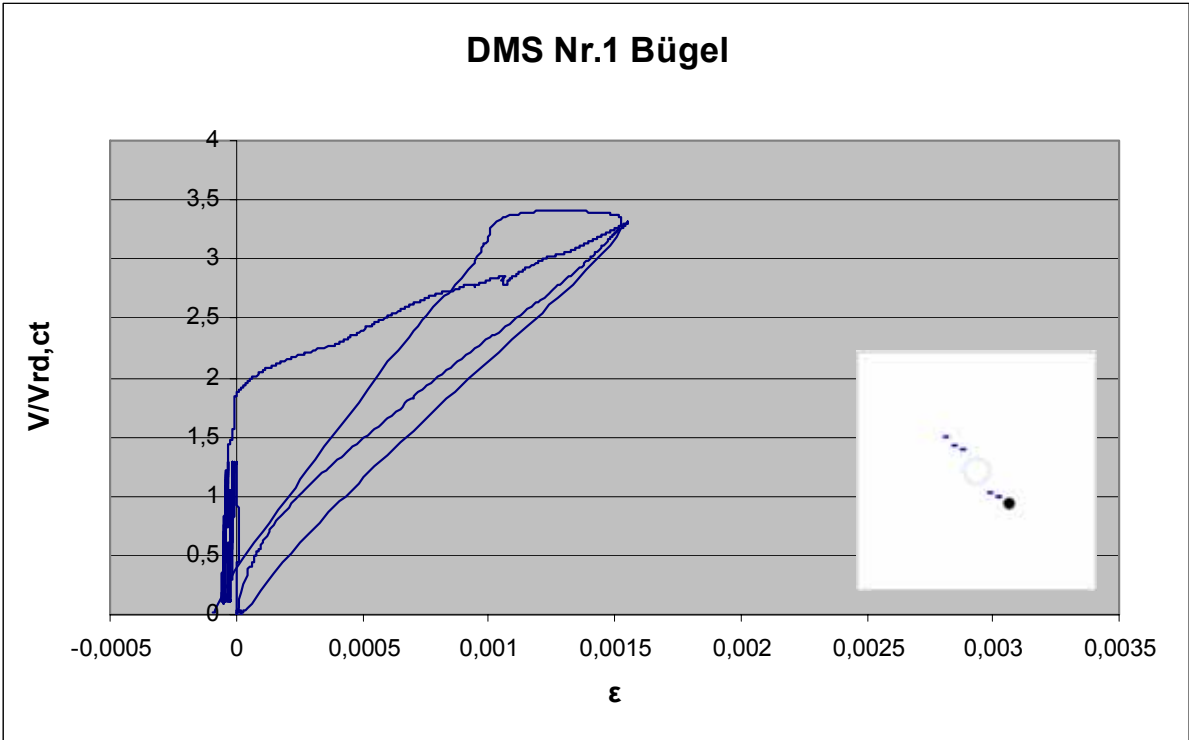


**Lage der DMS auf den Bügeln**

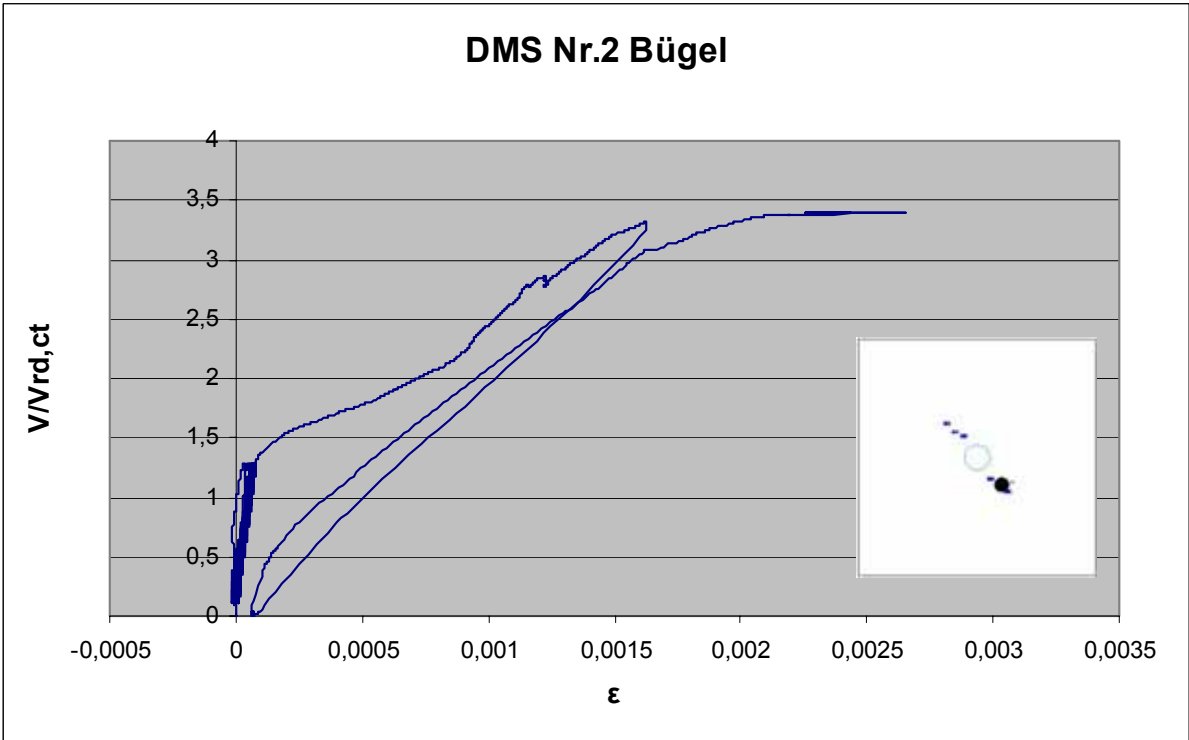


**Dehnungsmessstreifen auf dem Bügel**

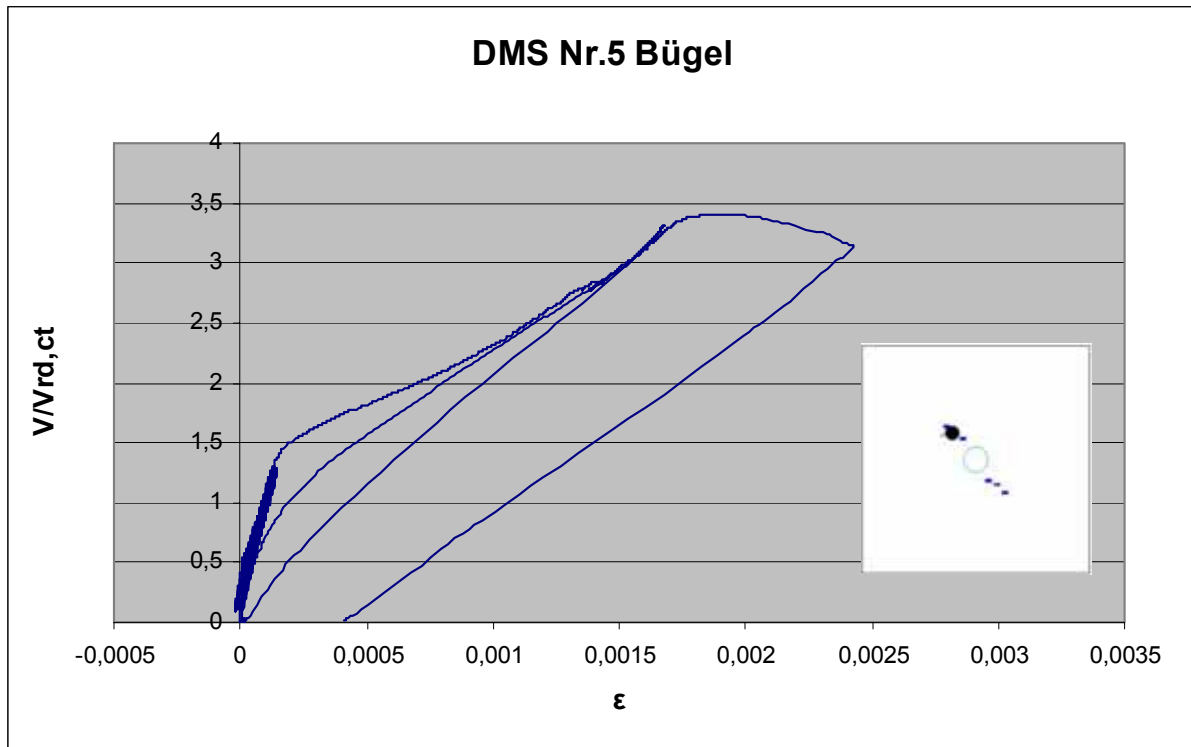
**DMS-Messungen der Bügelbewehrung Versuchskörper IJ**



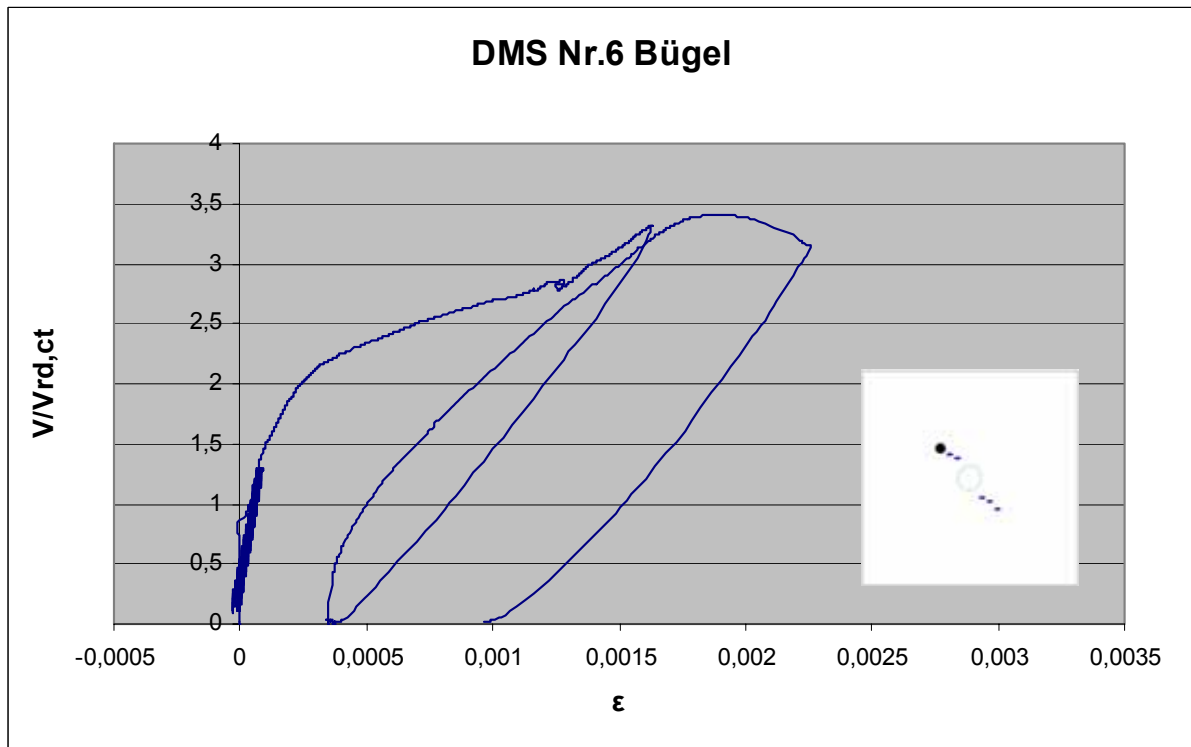
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IJ an DMS 1



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IJ am DMS 2



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IJ am DMS 5

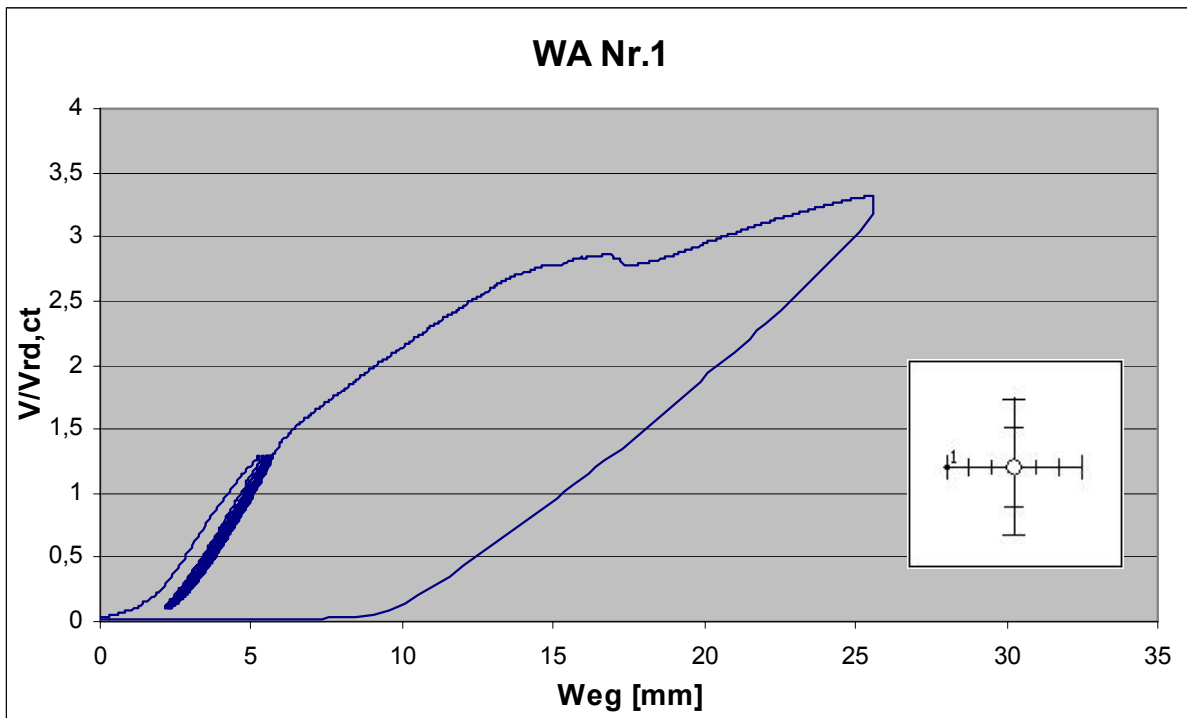


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IJ am DMS 6

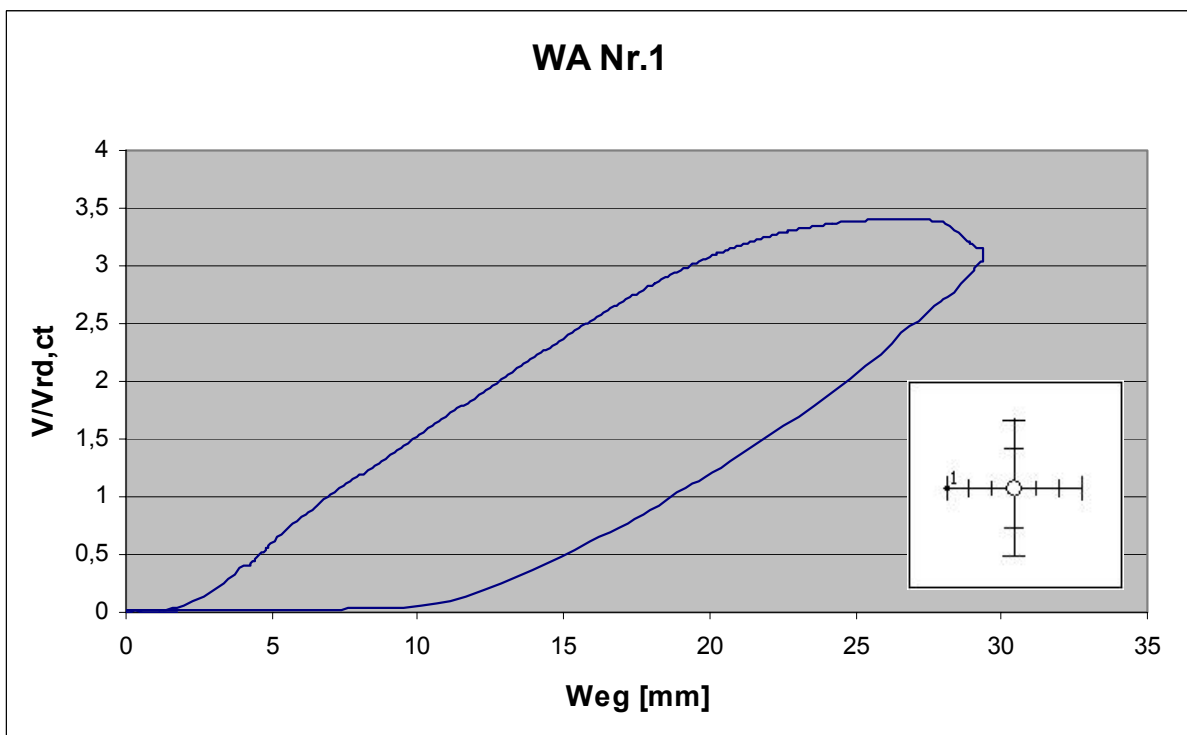
**Einbauteile mit Bügel**



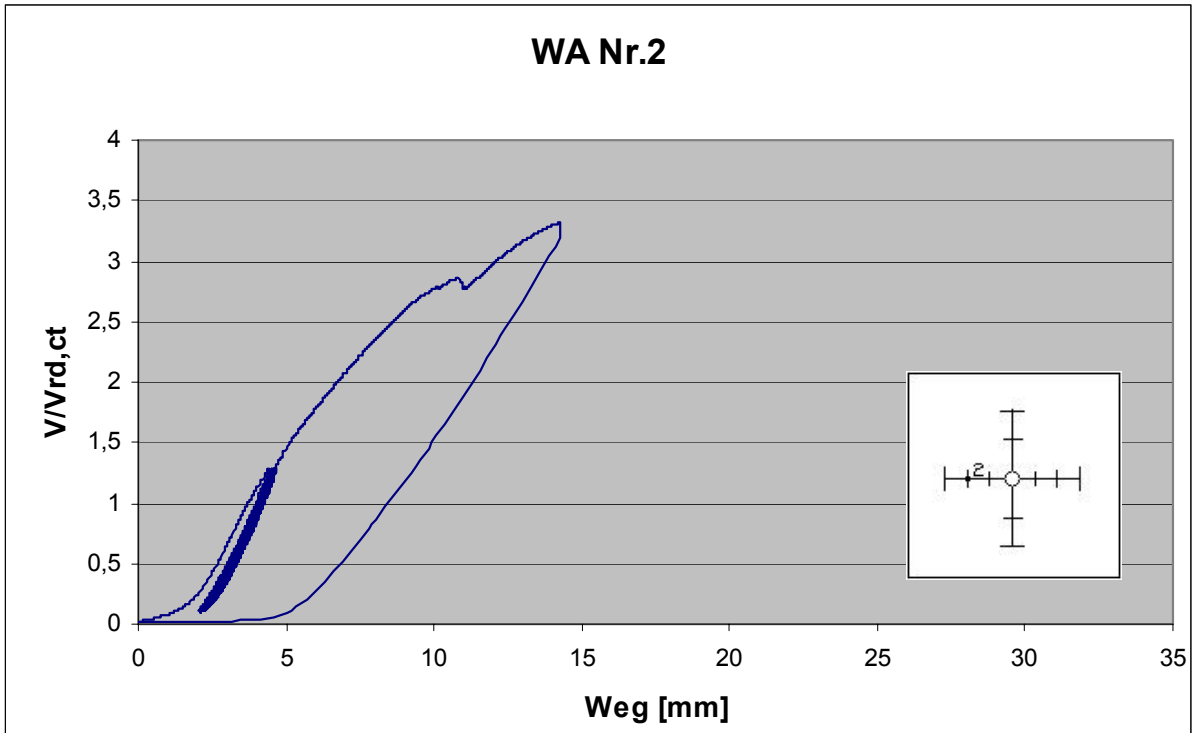
## Daten der induktiven Wegaufnehmer



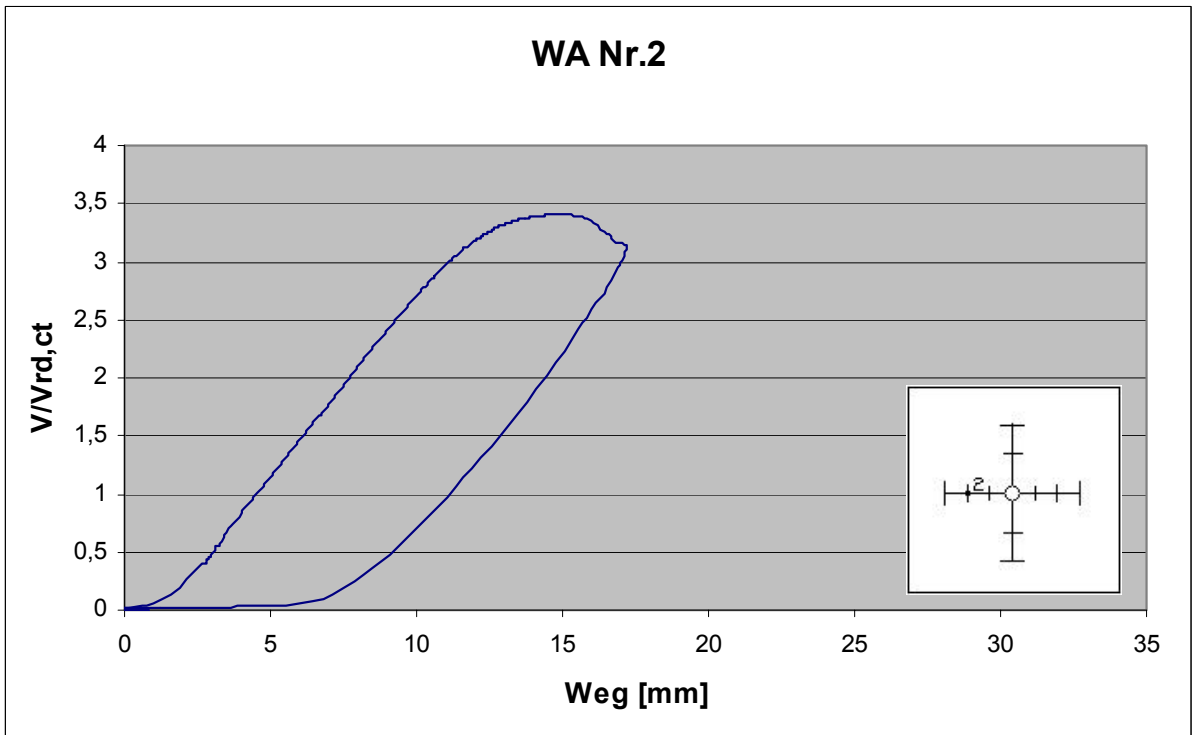
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 1 bei der 1. Belastung



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 1 bei der 2. Belastung

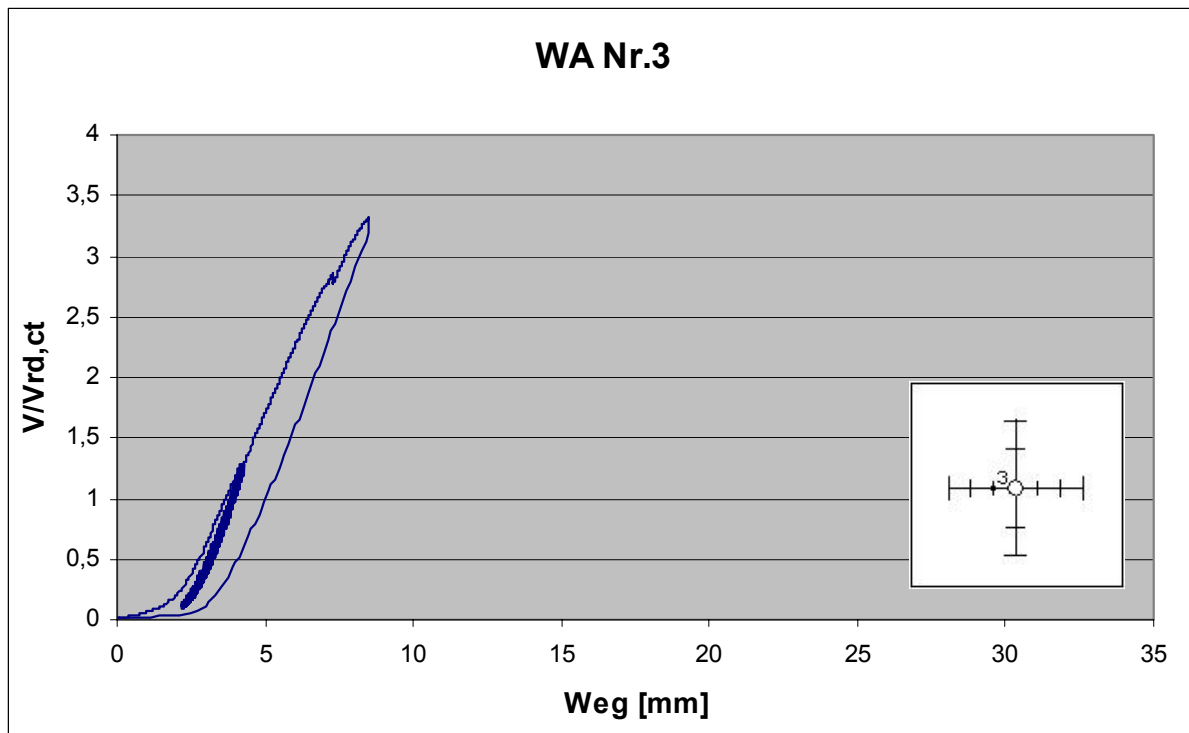


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 2 bei der 1. Belastung

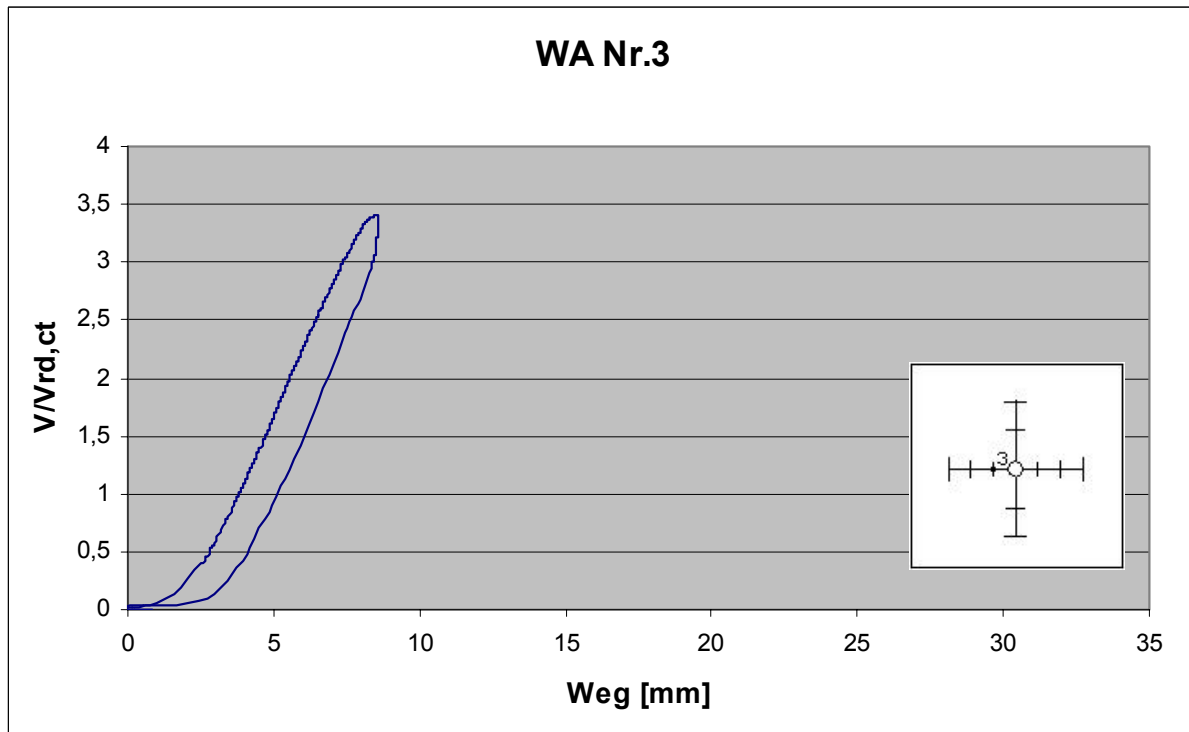


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 2 bei der 2. Belastung

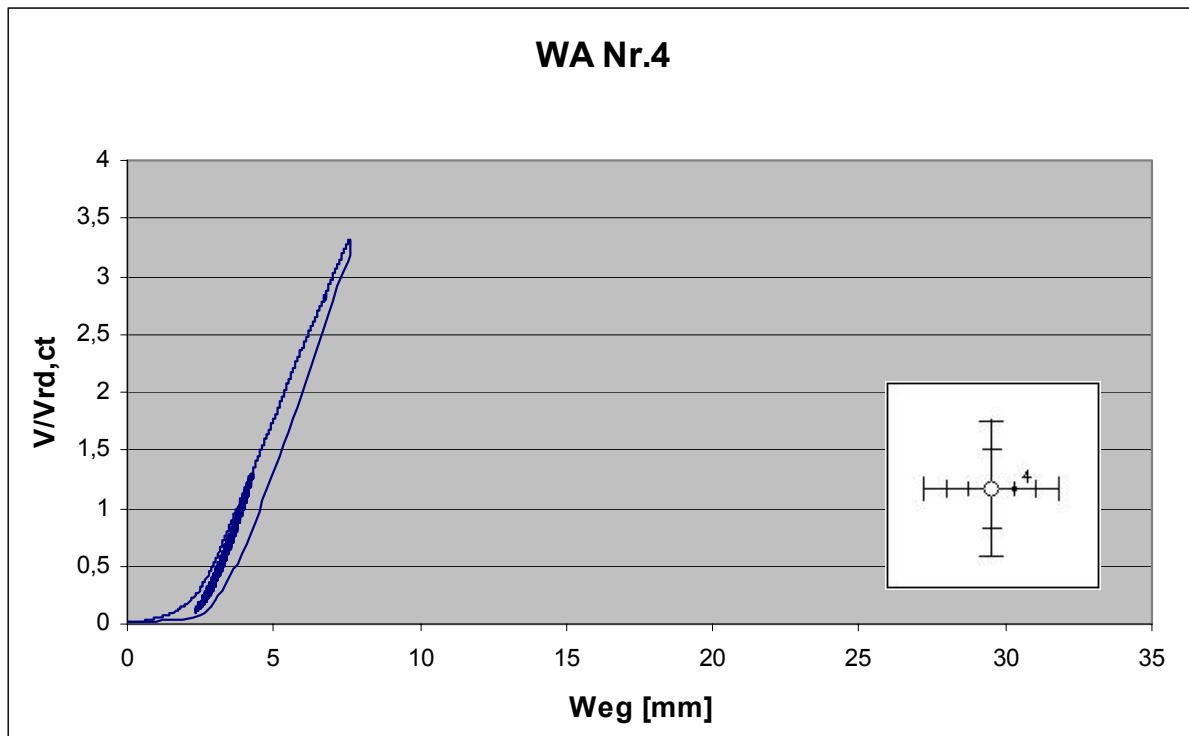




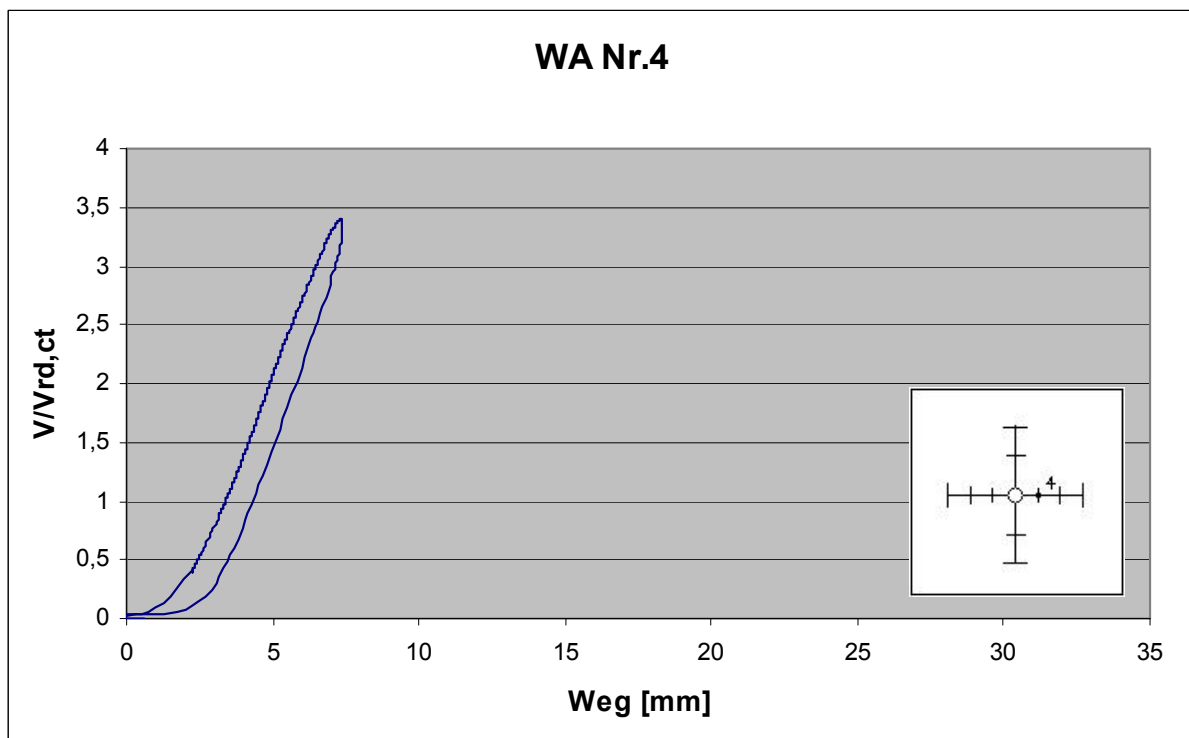
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 3 bei der 1. Belastung



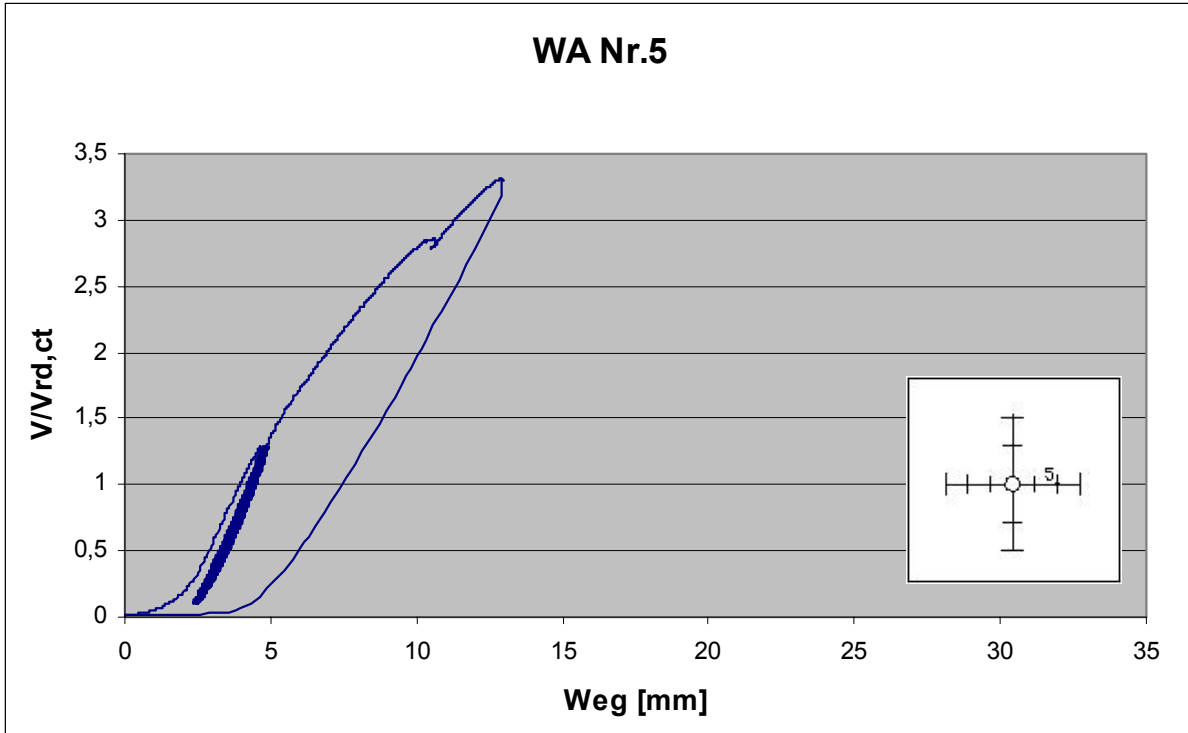
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 3 bei der 2. Belastung



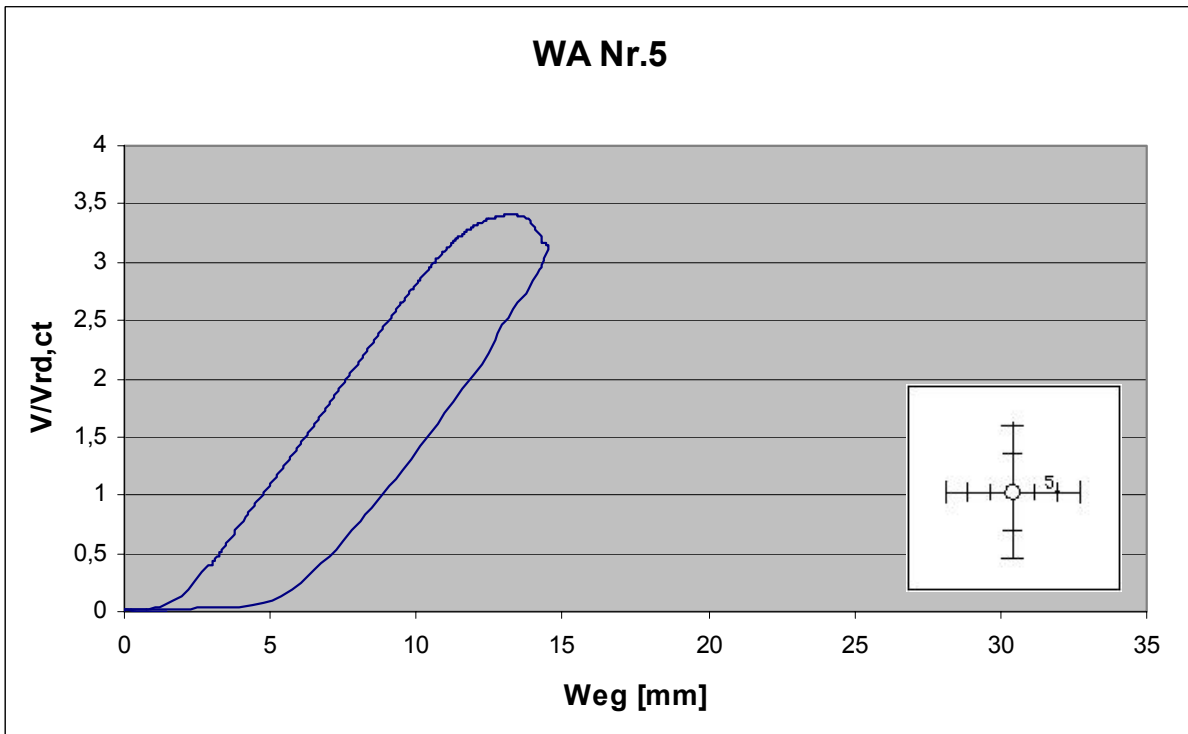
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 4 bei der 1. Belastung



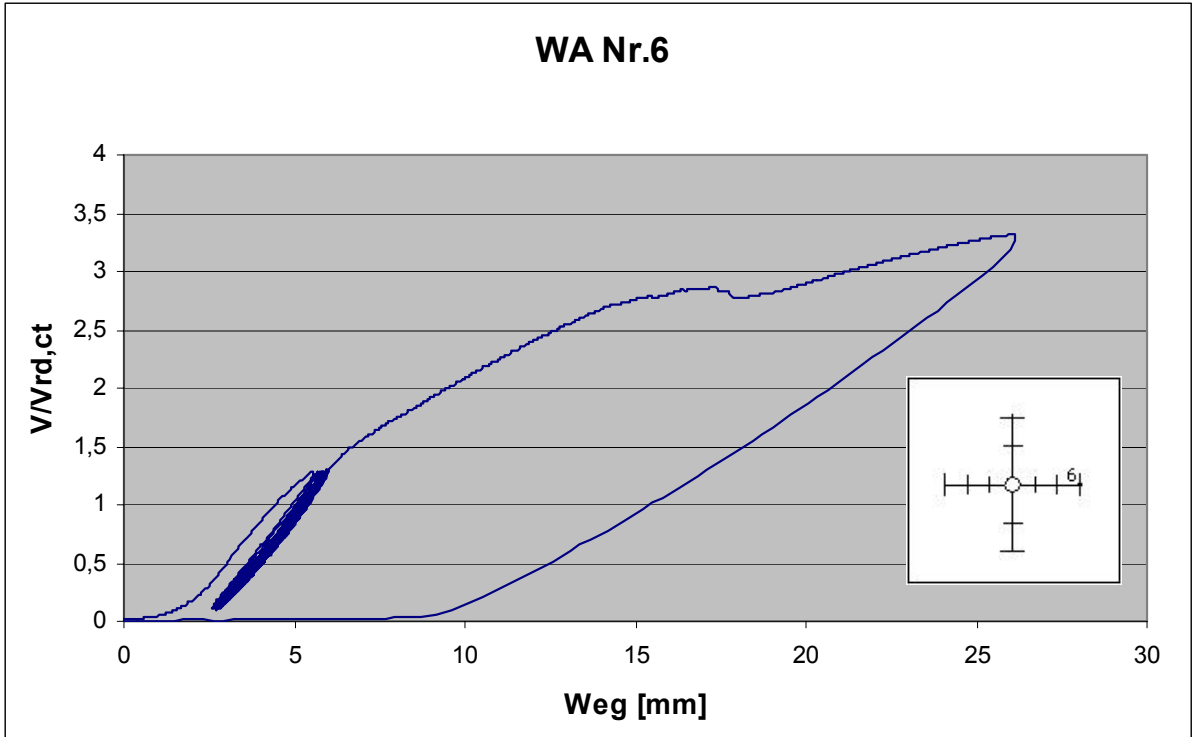
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 4 bei der 2. Belastung



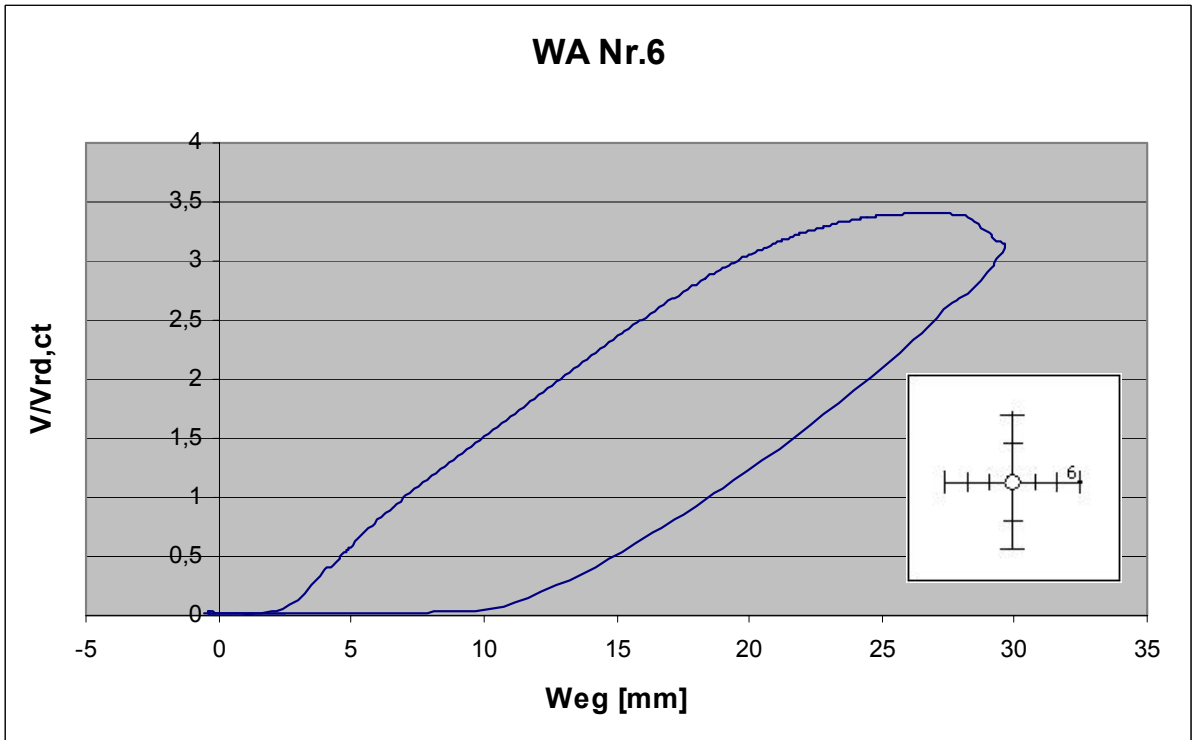
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 5 bei der 1. Belastung



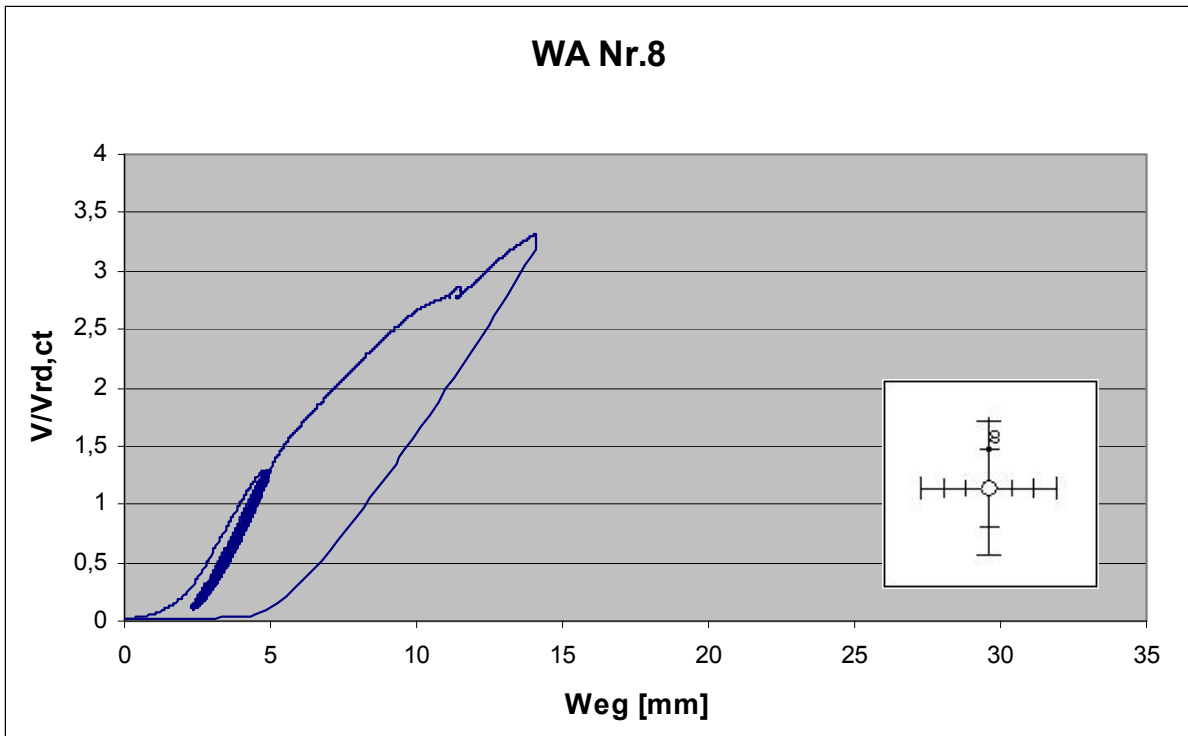
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 5 bei der 2. Belastung



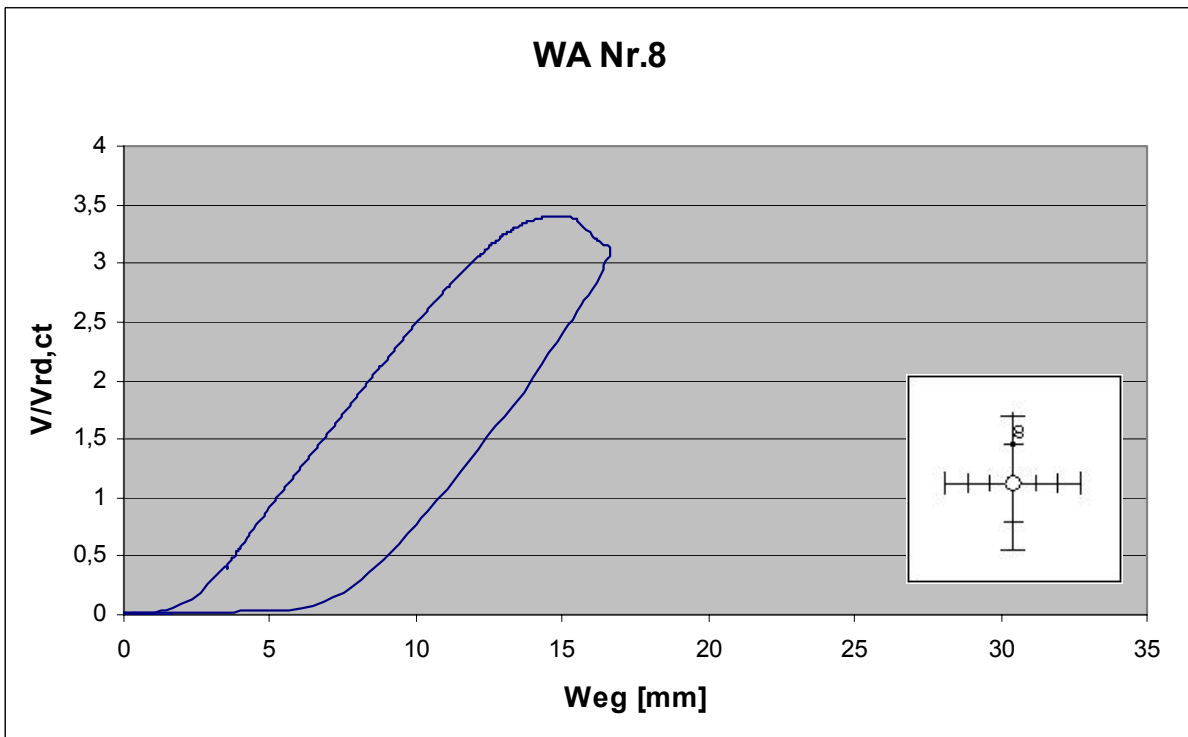
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 6 bei der 1. Belastung



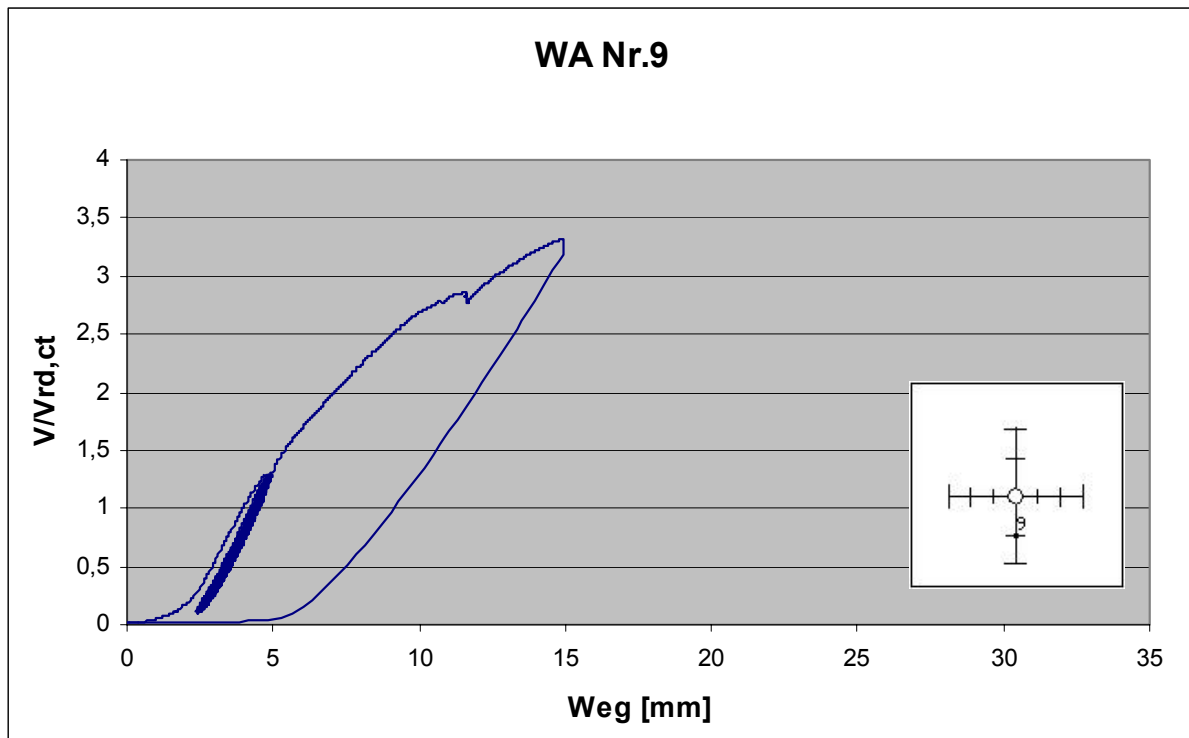
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 6 bei der 2. Belastung



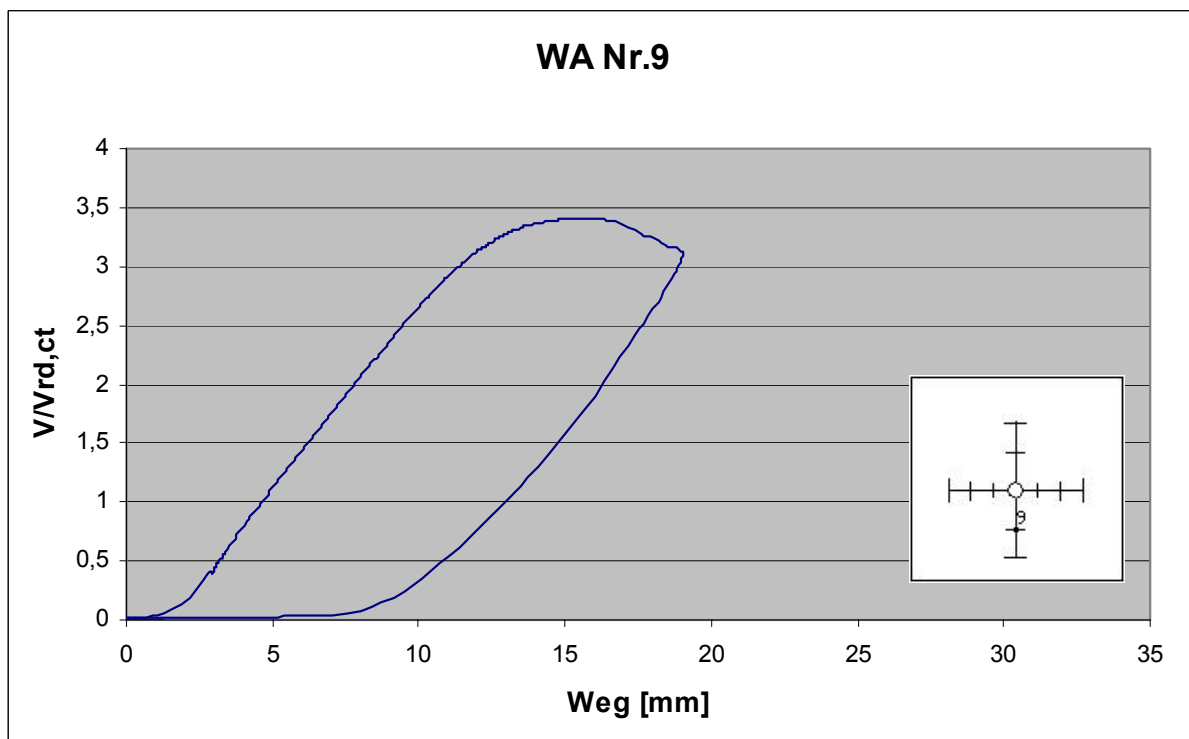
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 8 bei der 1. Belastung



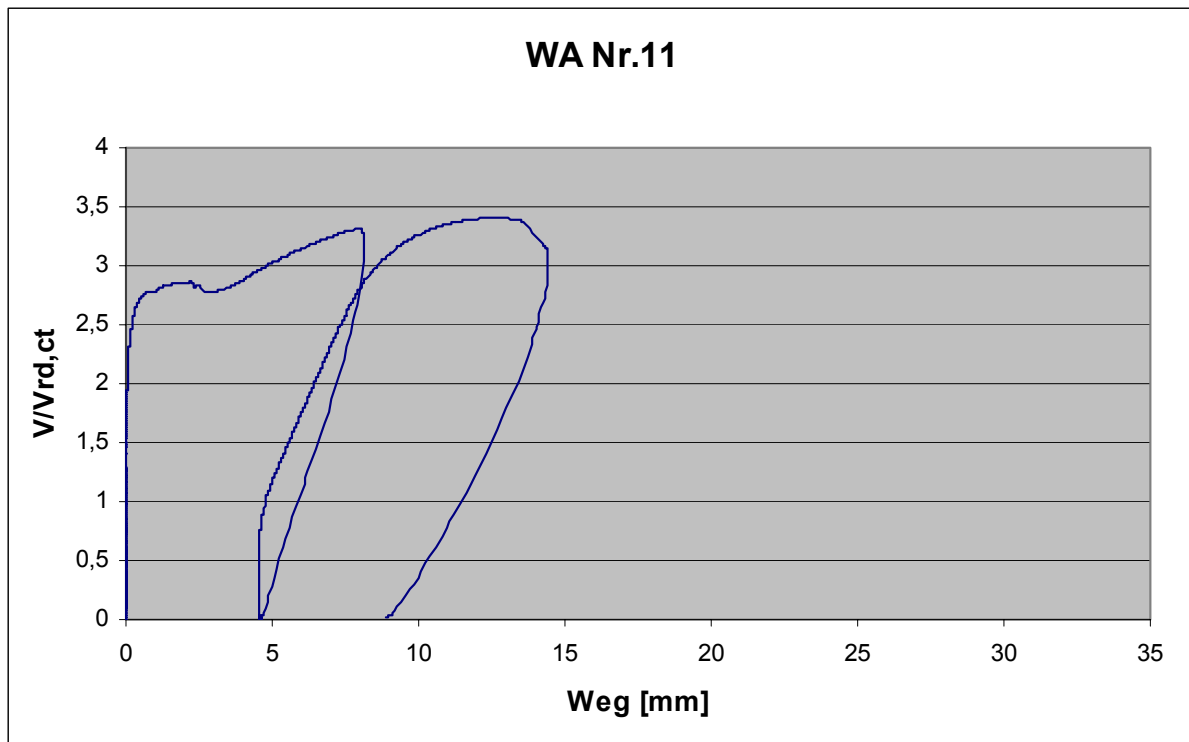
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 8 bei der 2. Belastung



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 9 bei der 1. Belastung



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 9 bei der 2. Belastung



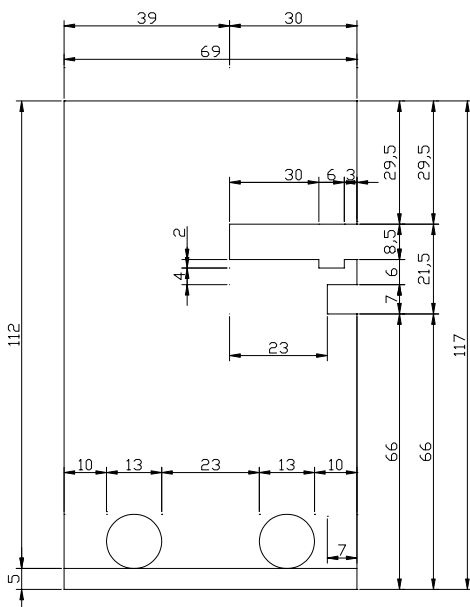
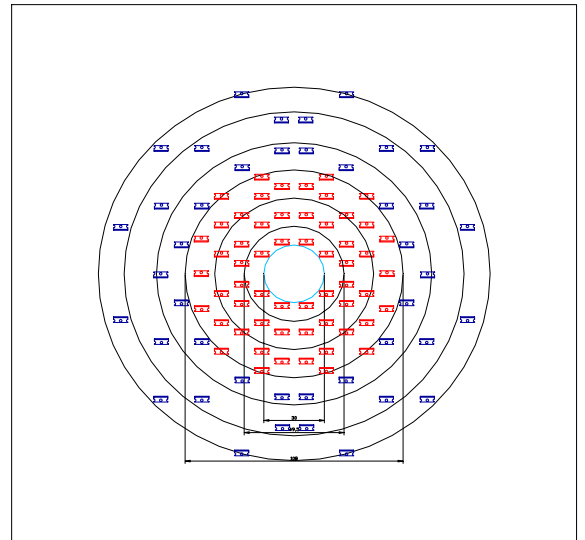
Messung der Plattendicke von Versuchskörper IJ am Wegaufnehmer WA 11  
bei der 1. und 2. Belastung

### 3.5 Versuchskörper IK

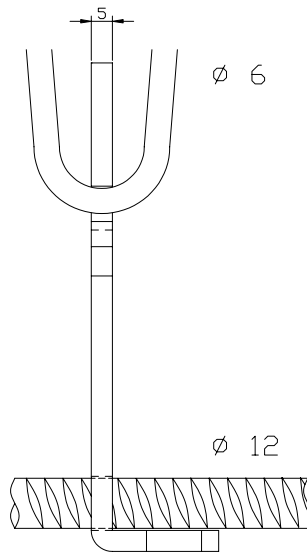
$f_{c,cube}$ :	41,6 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$V_u$ :	1728 [kN]	
$V_{Rd,ct}$ :	467 [kN]	(Berechnung mit $f_{ck} = 24,9$ N/mm <sup>2</sup> ; $\rho_{vorh} = 0,84$ %)
$V_u/V_{Rd,ct}$ :	3,70 [-]	

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

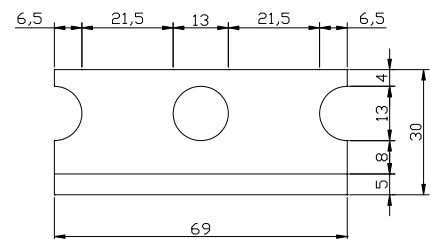
58 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 40 à 3 mm Bleche mit einem Bügel,  
untere Bewehrung Ø 16 mm BST 500, obere Bewehrung Ø 15 mm St 900/1100



Vorderansicht



Seitenansicht

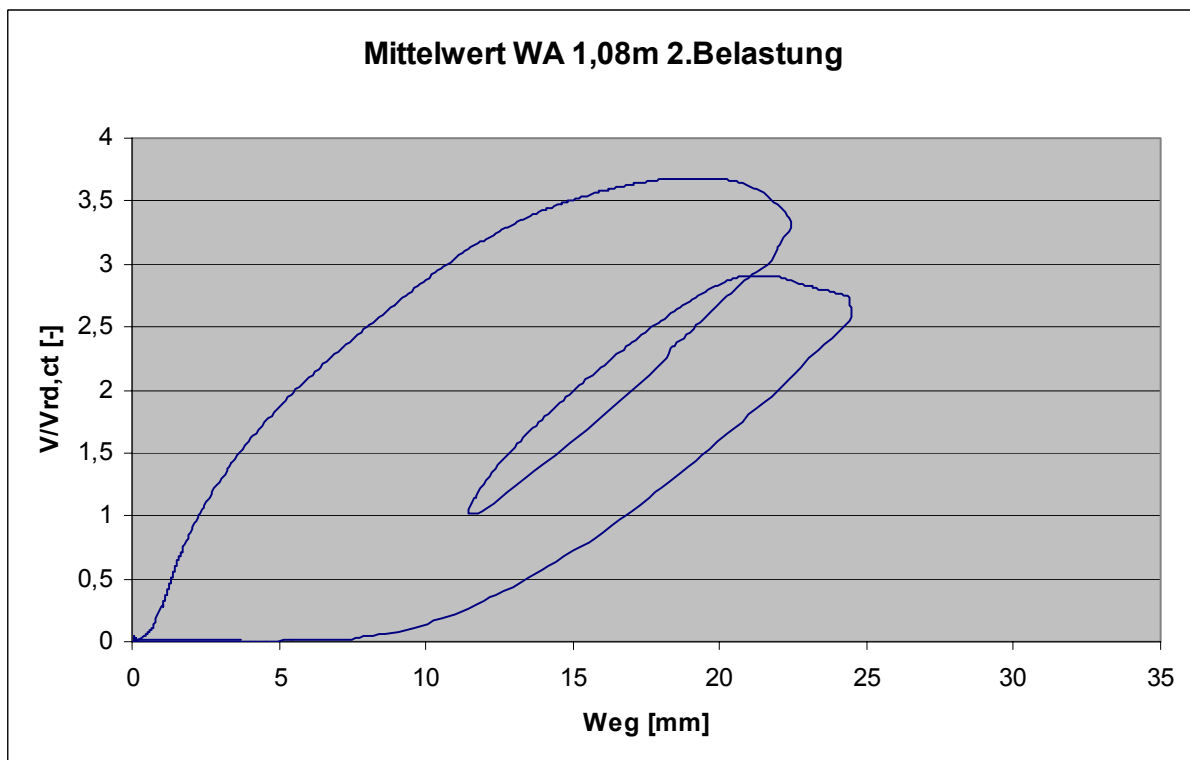
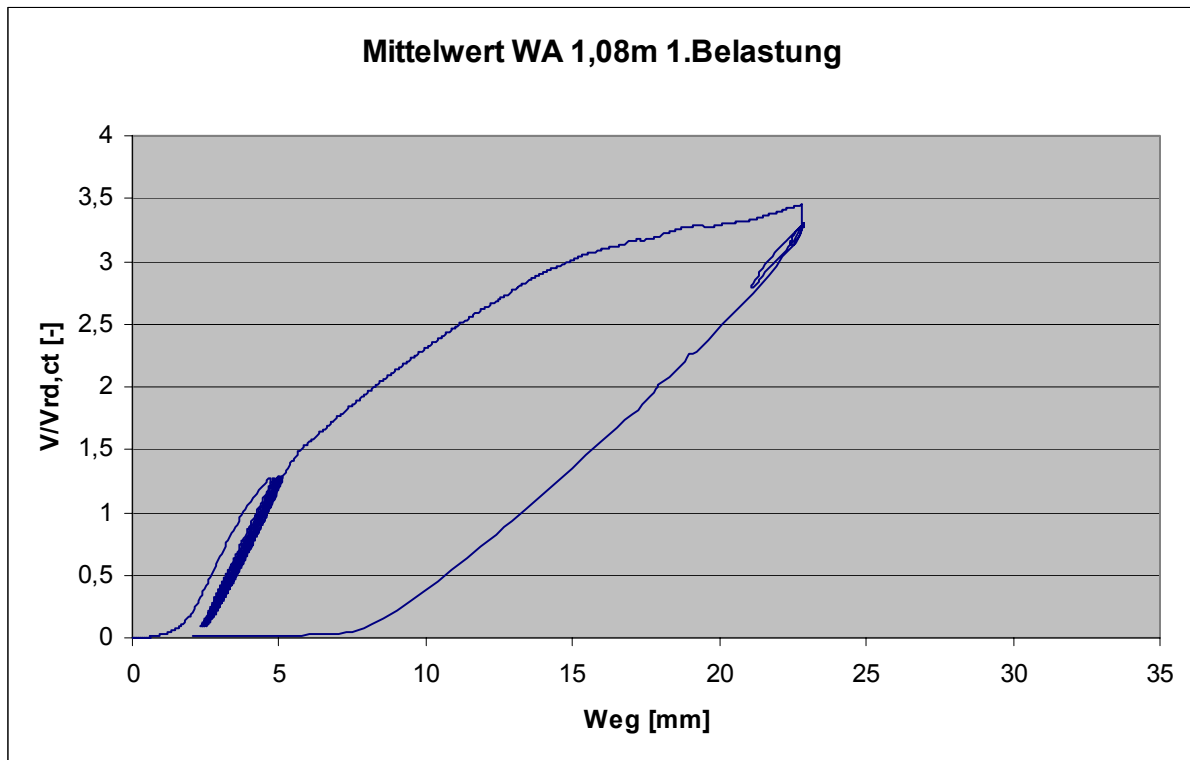


Draufsicht



## Last – Verformungsverhalten

Bei der 10. Laststufe der ersten Belastung musste der Prüfkörper entlastet werden, um diesen insgesamt 10mm weiter nach unten zu verschieben. Anschließend wurde der Körper erneut bis zum Bruch belastet. Daher mussten die Graphen getrennt dargestellt werden.



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte

## Darstellung des Rissverlaufs



Rissbild von der Seite ( nachgezeichnet)



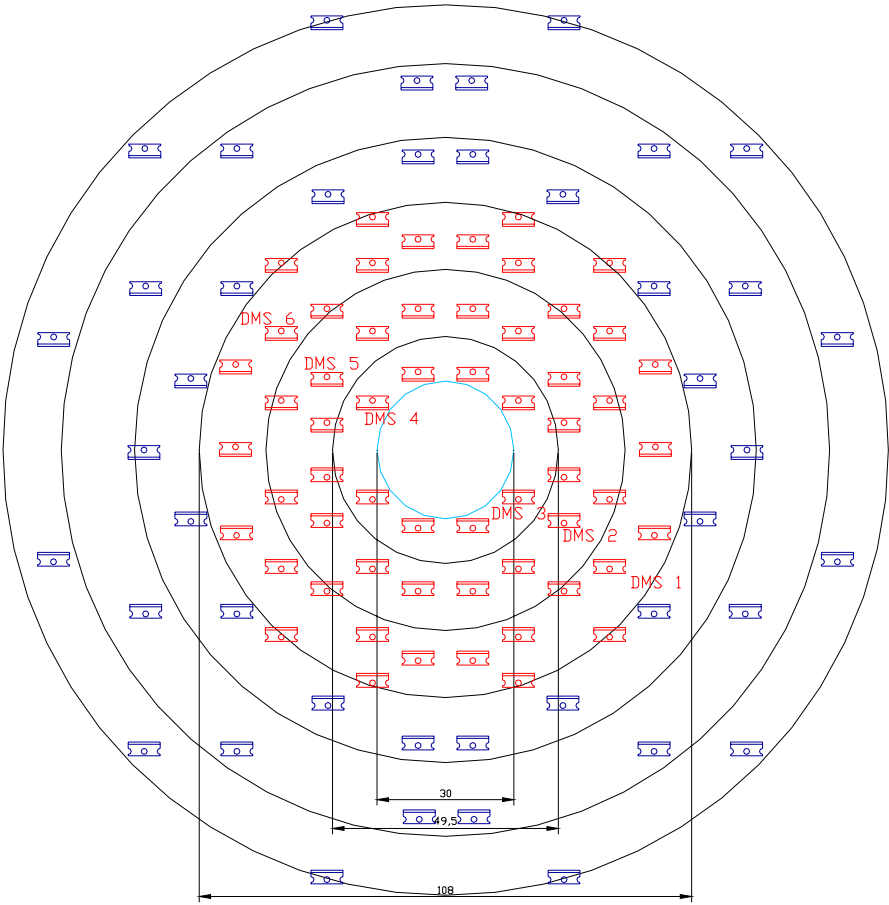
Rissbild von unten ( nachgezeichnet)



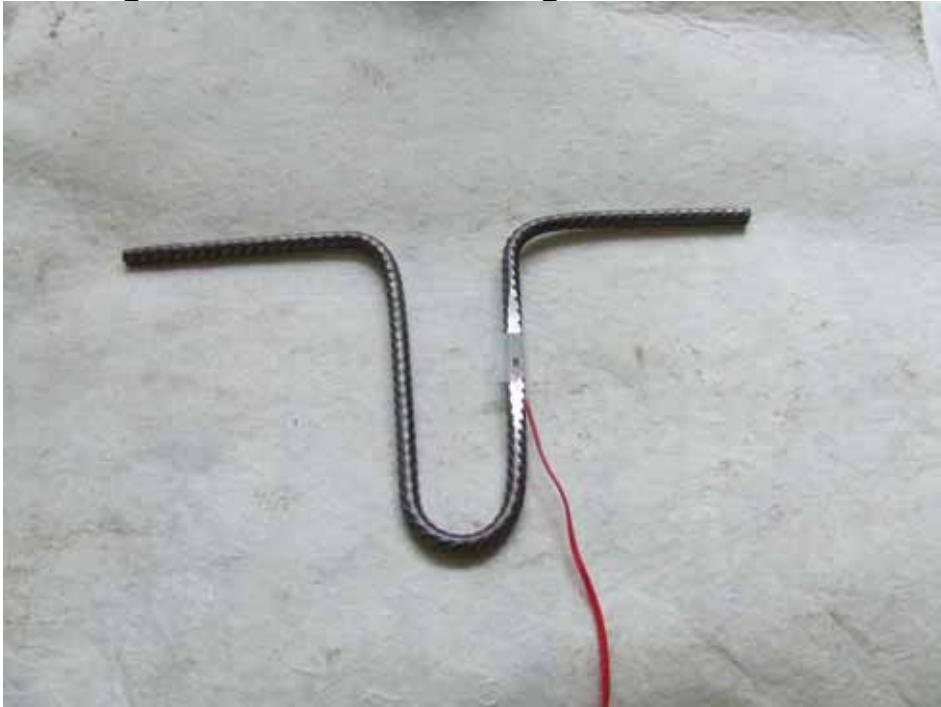
Rissbild des Schnittes ( nachgezeichnet)



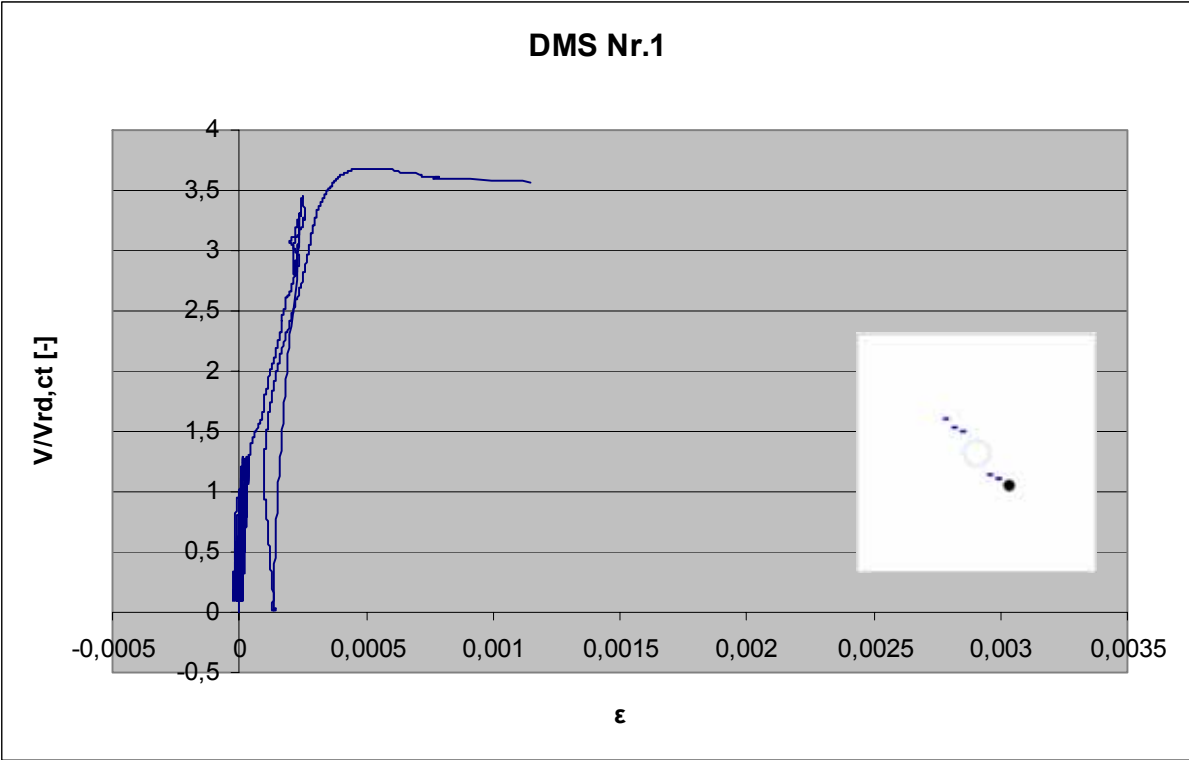
**Lage der DMS auf den Bügeln**



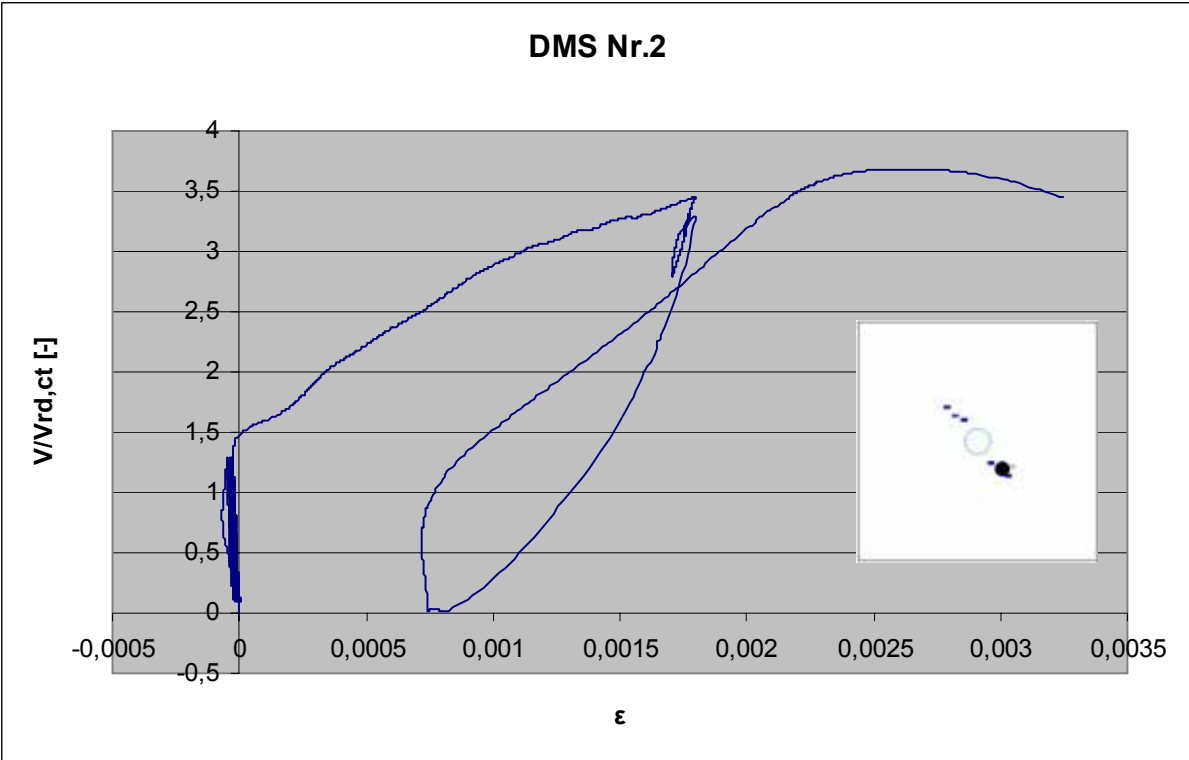
**Dehnungsmessstreifen auf dem Bügel**



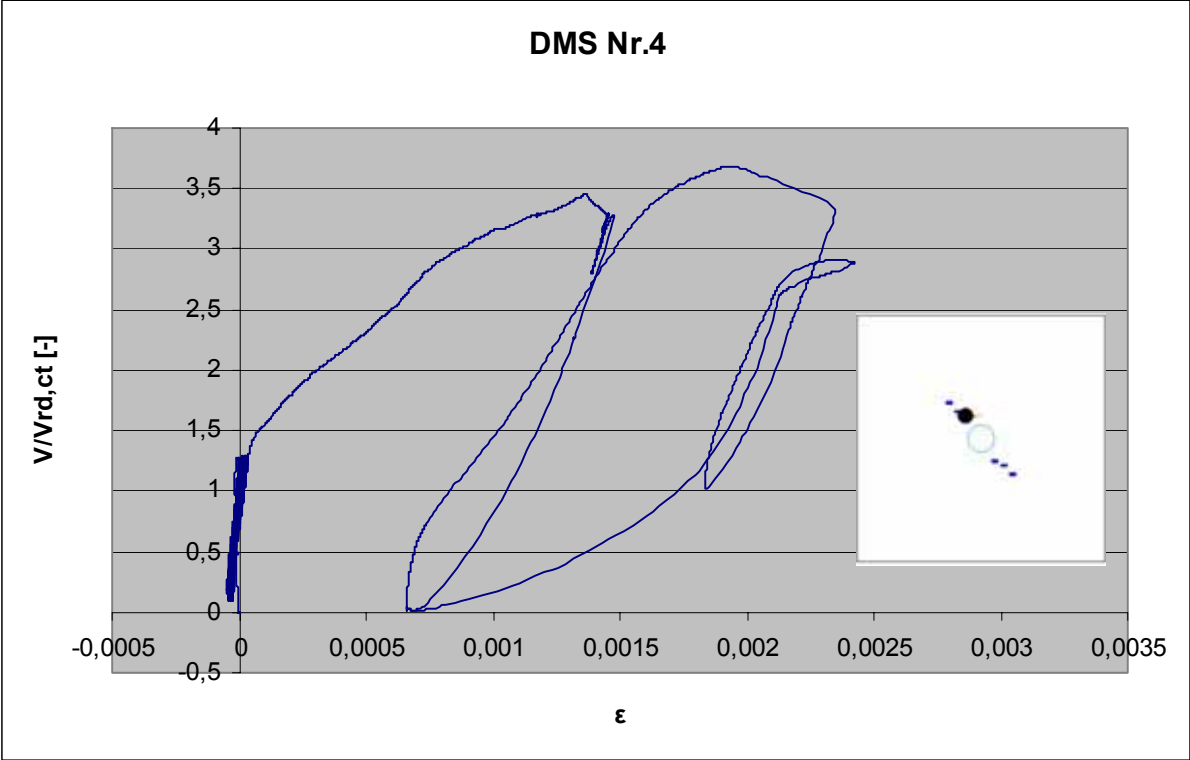
DMS-Messungen der Bügelbewehrung Versuchskörper IK



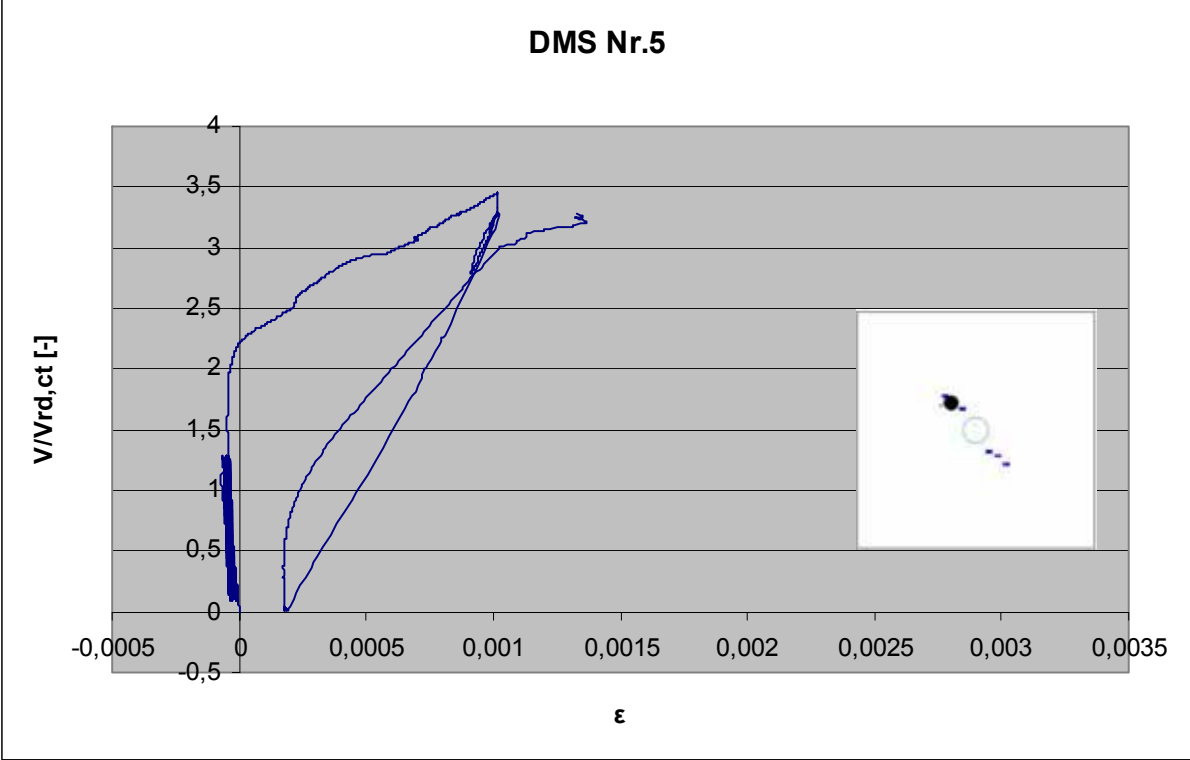
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IK am DMS 1



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IK am DMS 2

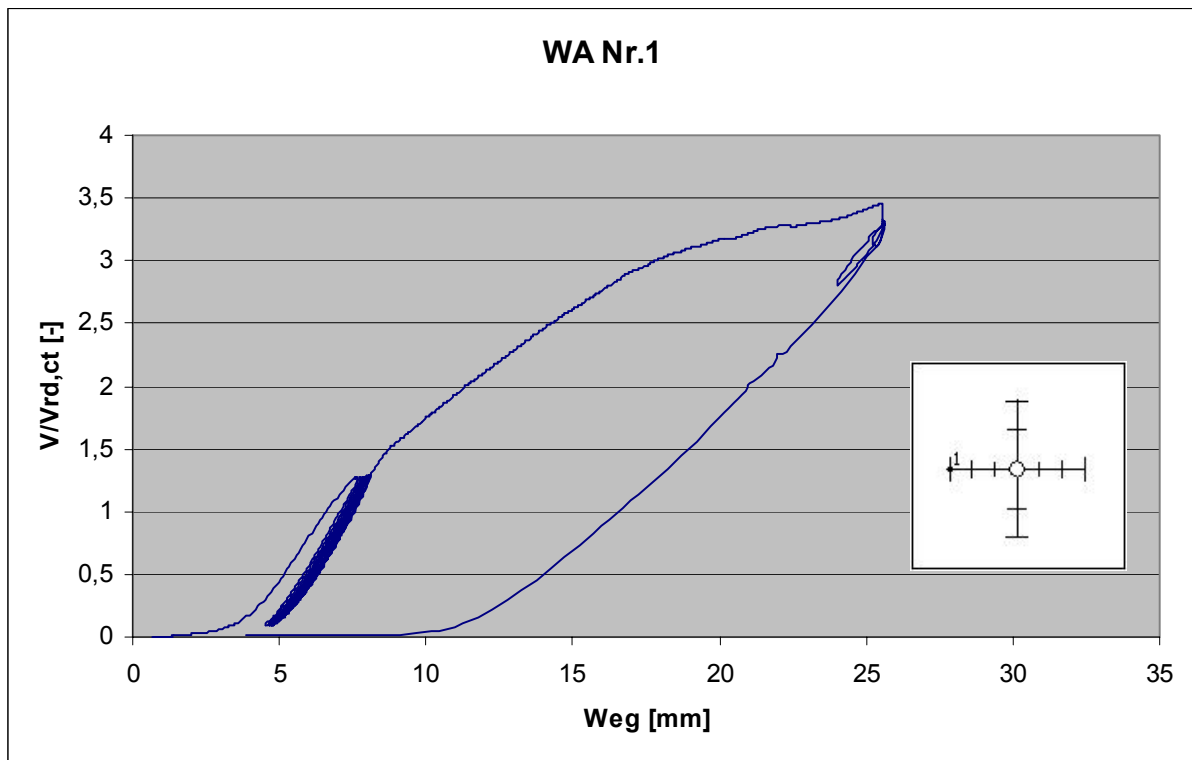


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IK am DMS 4

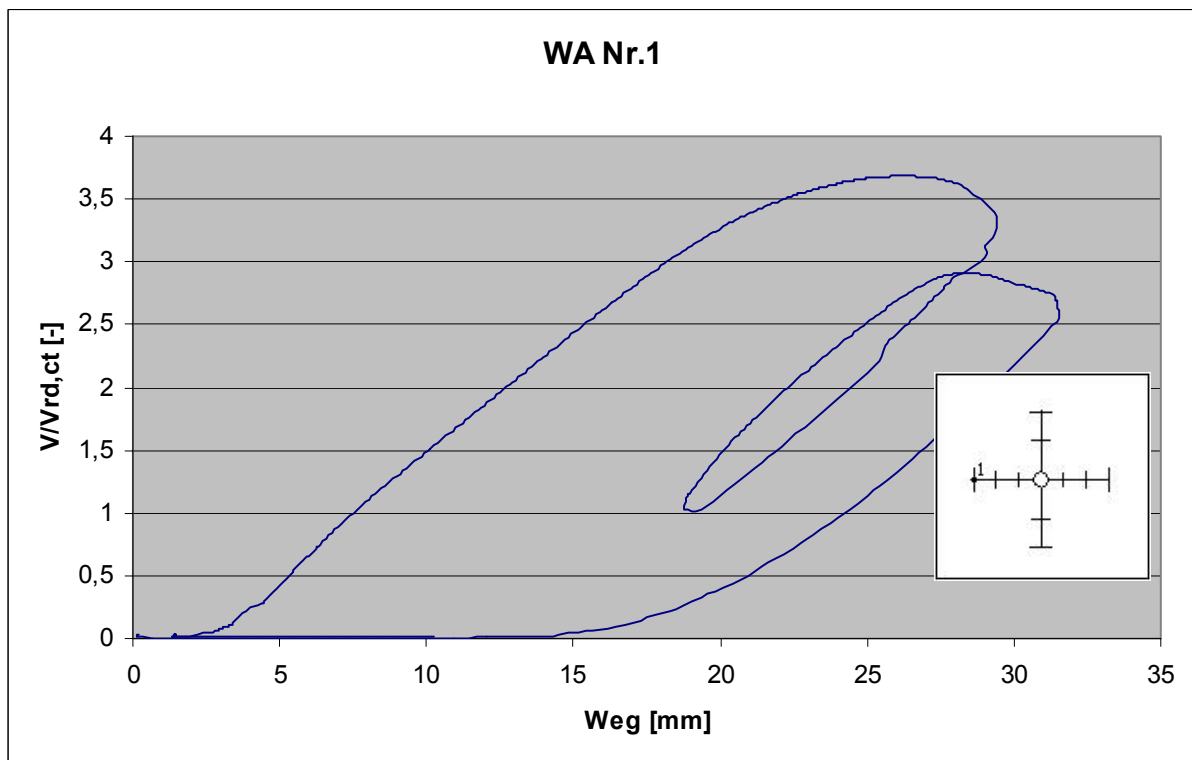


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IK am DMS 5

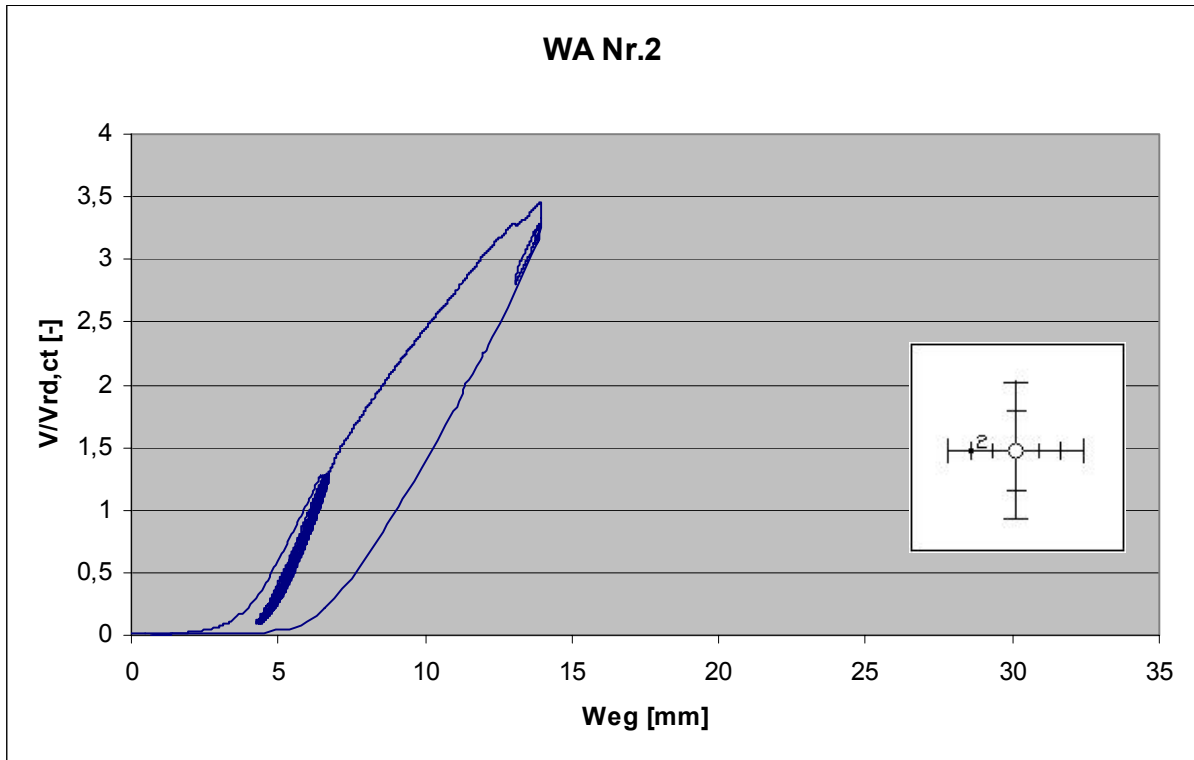
## Daten der induktiven Wegaufnehmer



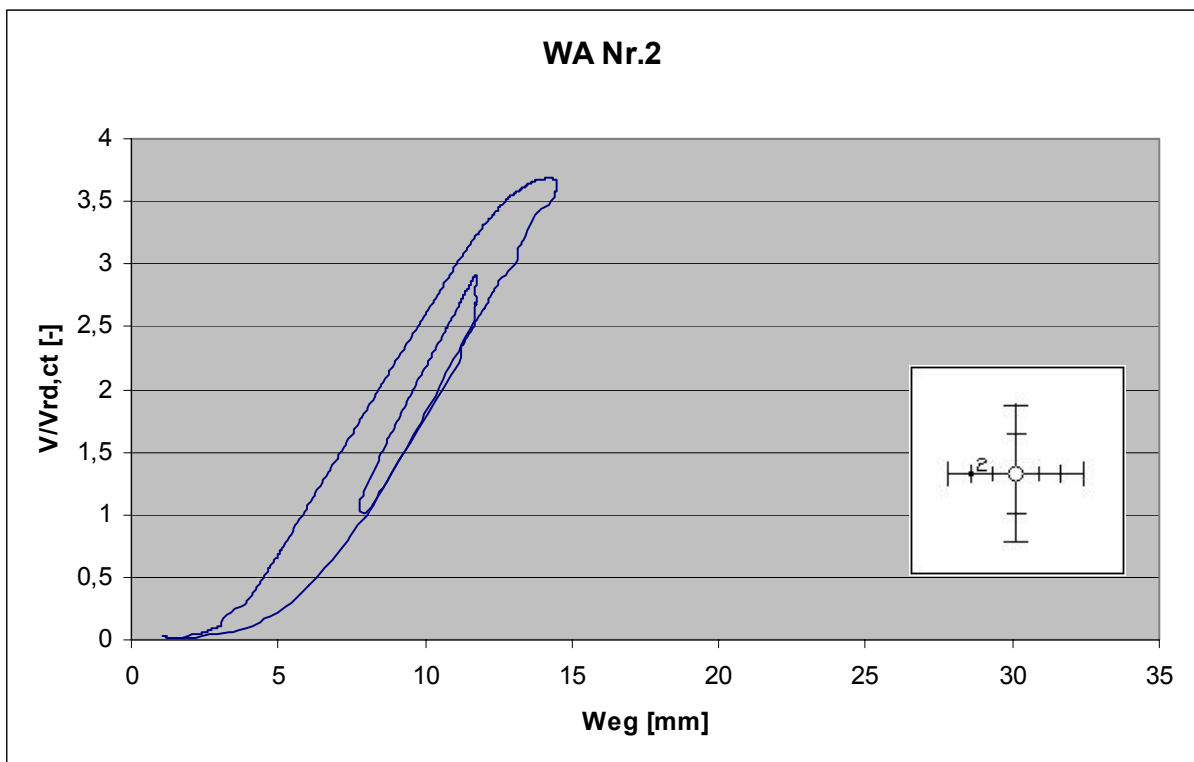
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 1 bei der 1. Belastung



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 1 bei der 2. Belastung

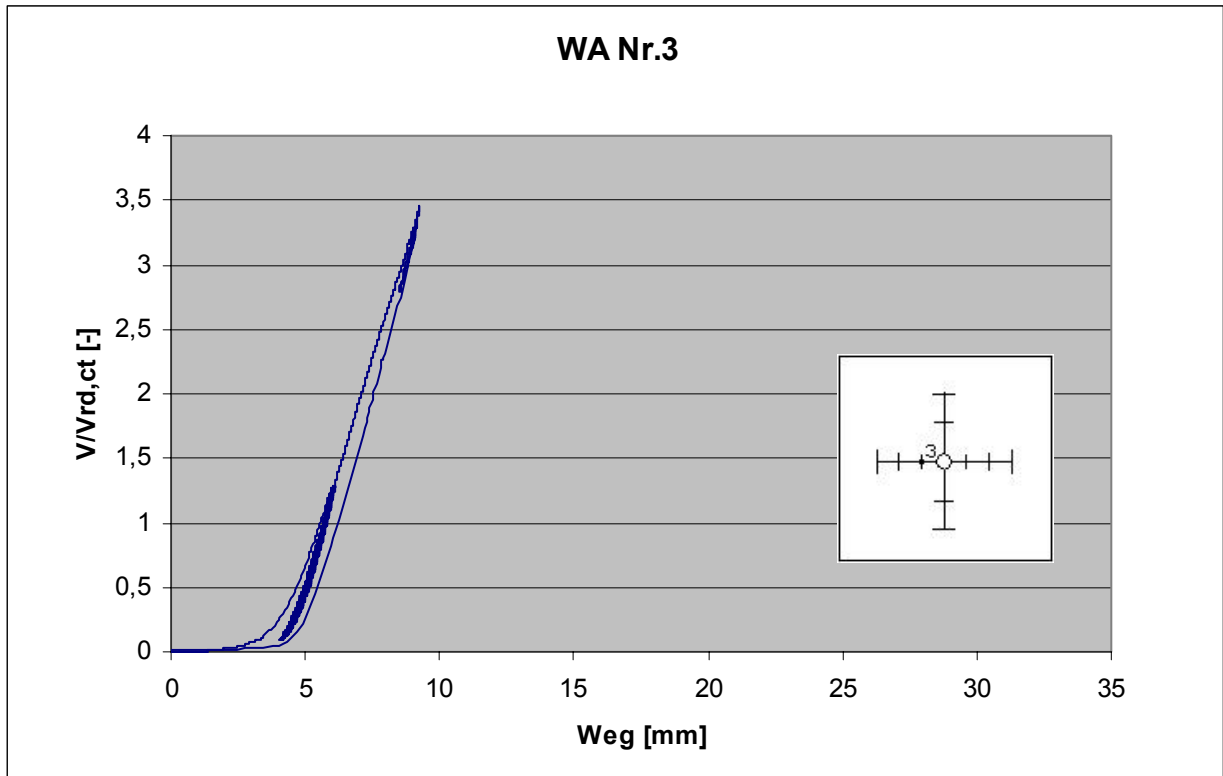


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 2 bei der 1. Belastung

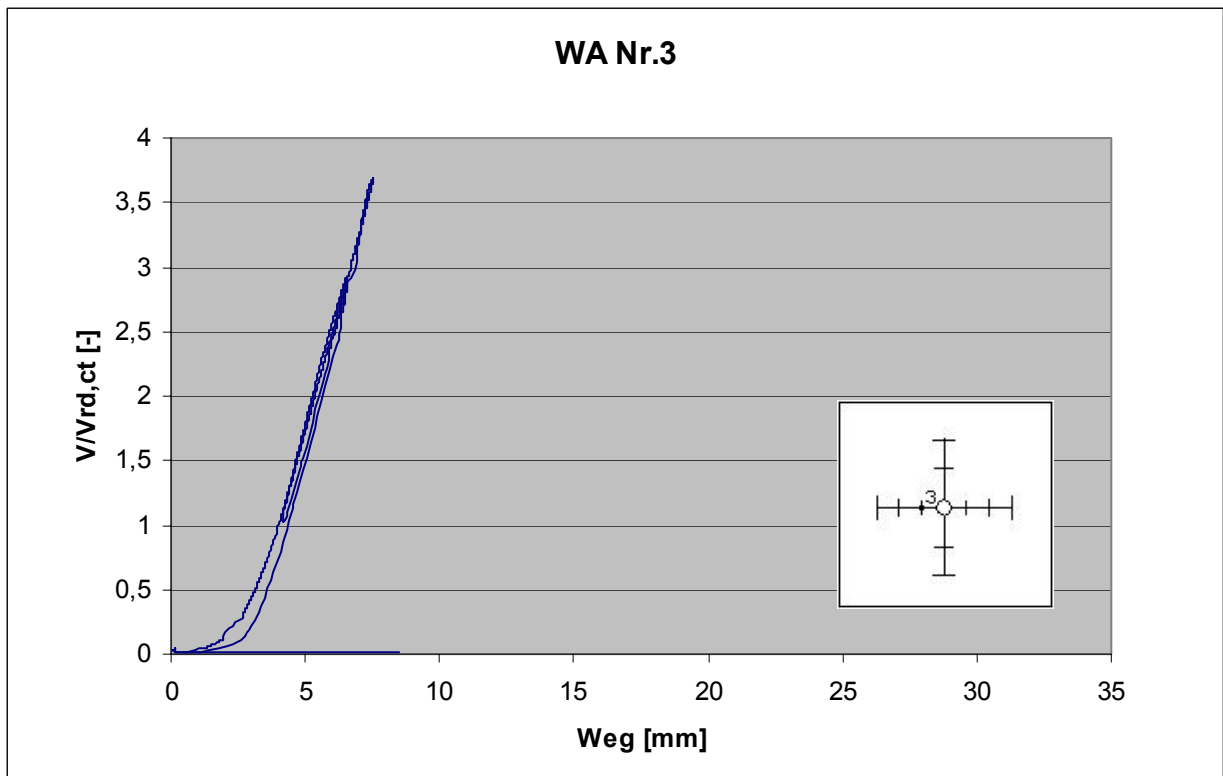


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 2 bei der 2. Belastung

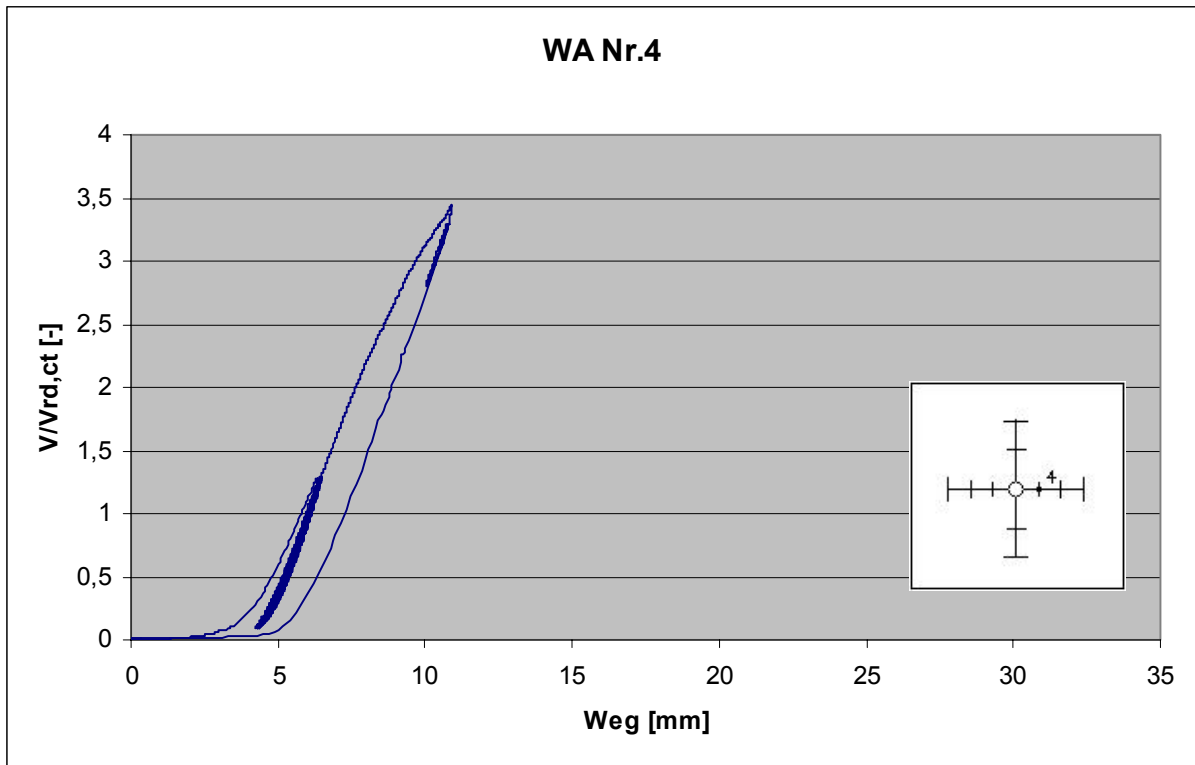




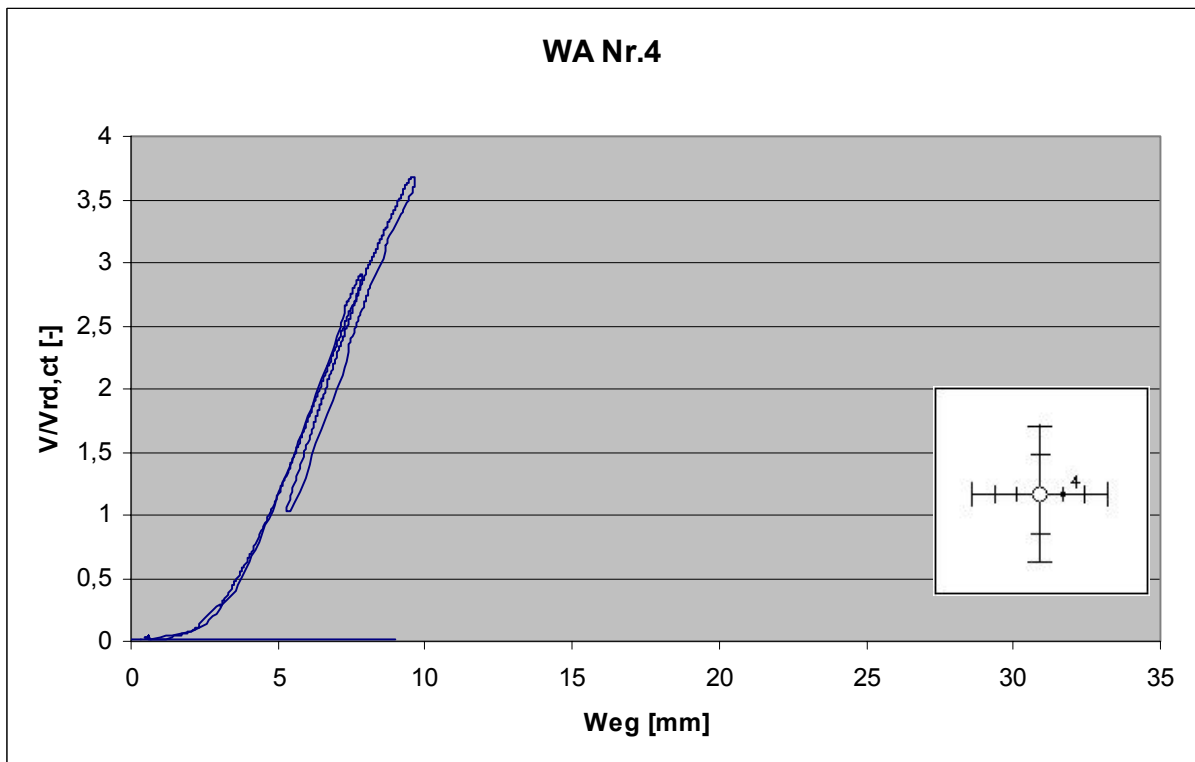
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 3 bei der 1. Belastung



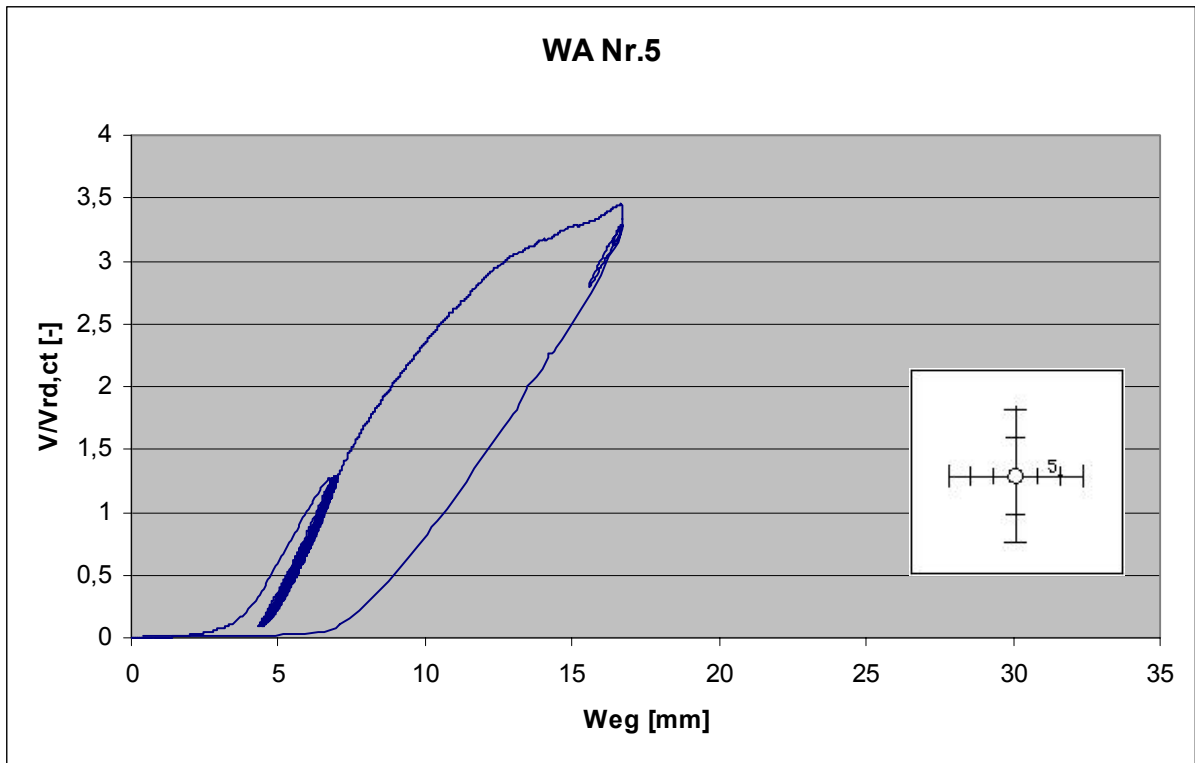
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 3 bei der 2. Belastung



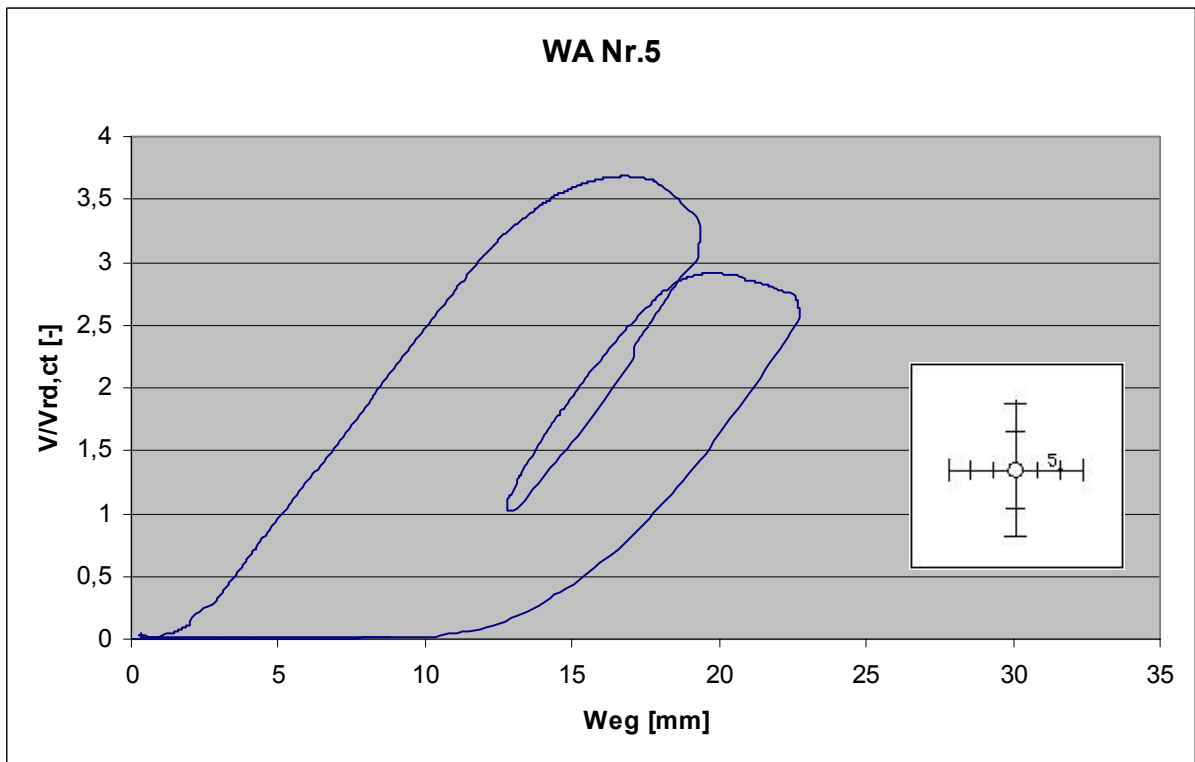
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 4 bei der 1. Belastung



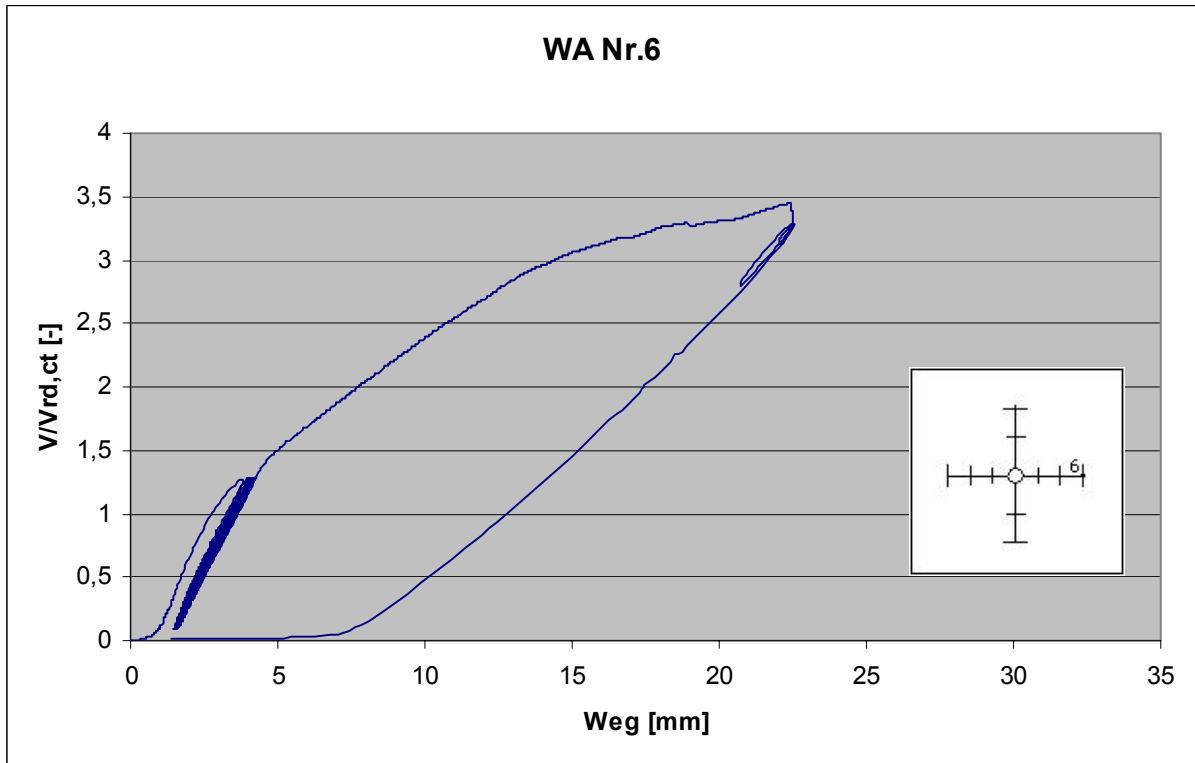
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 4 bei der 2. Belastung



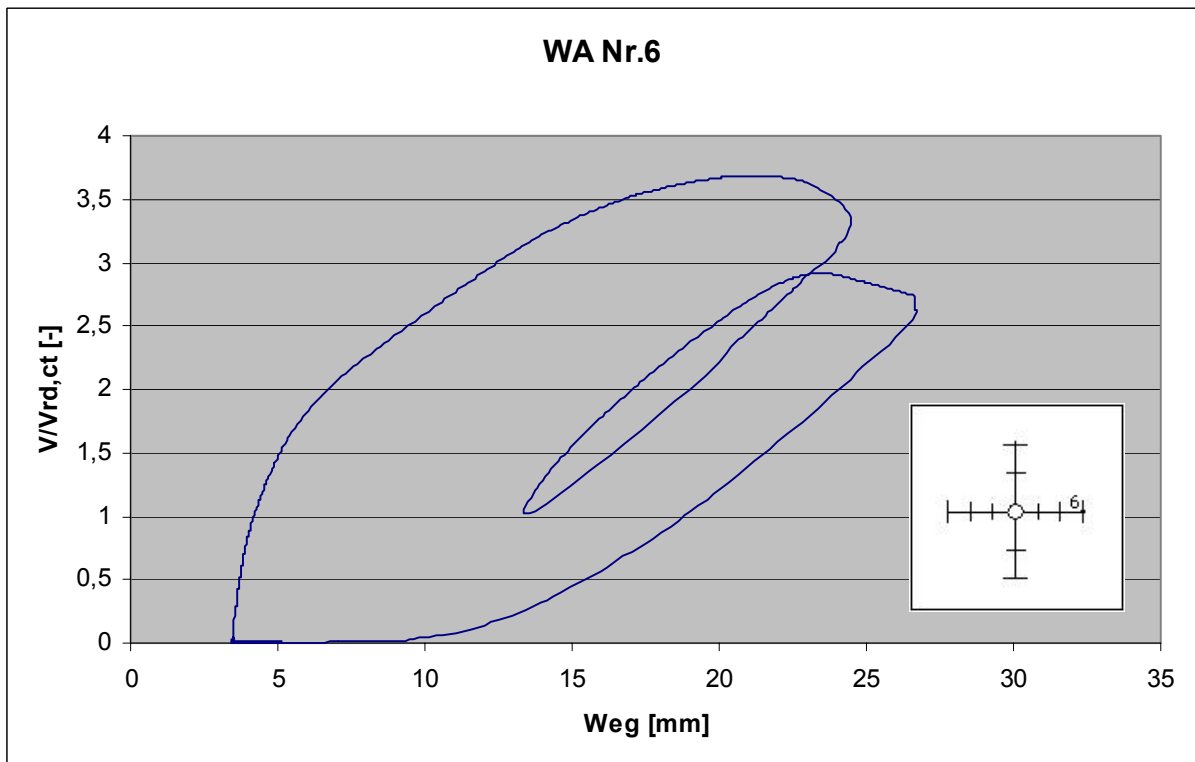
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 5 bei der 1. Belastung



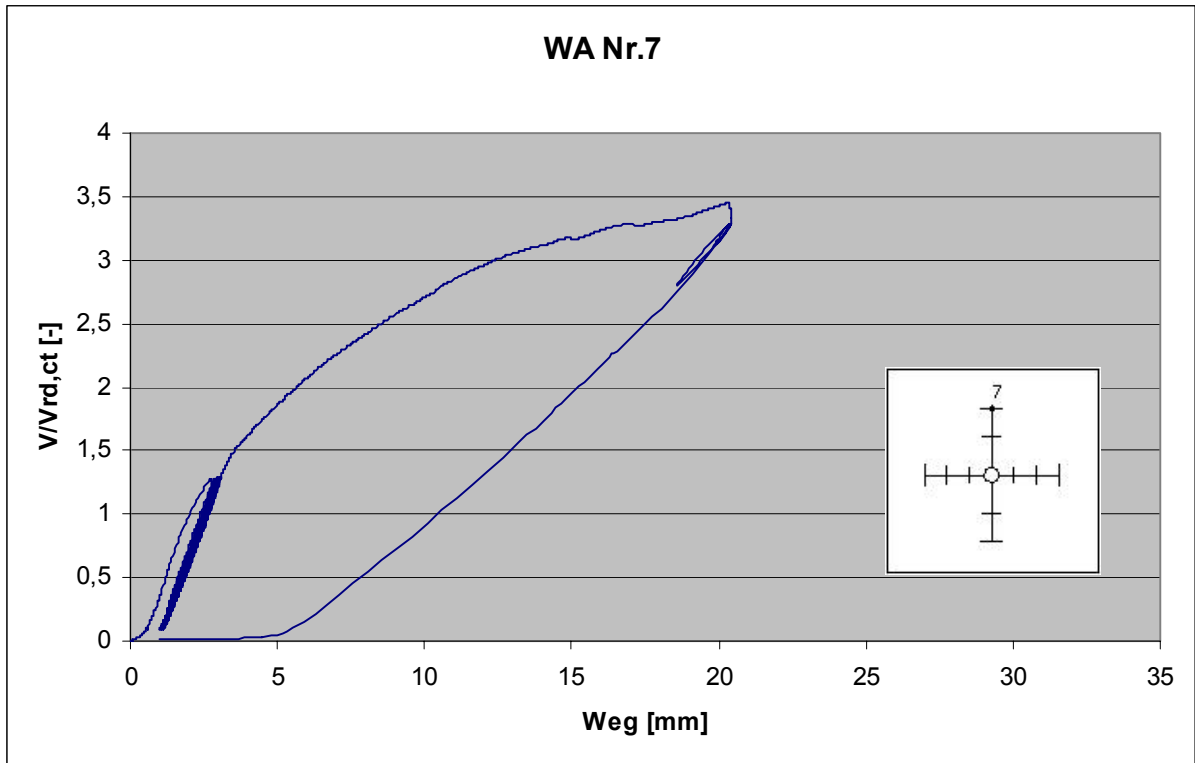
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 5 bei der 2. Belastung



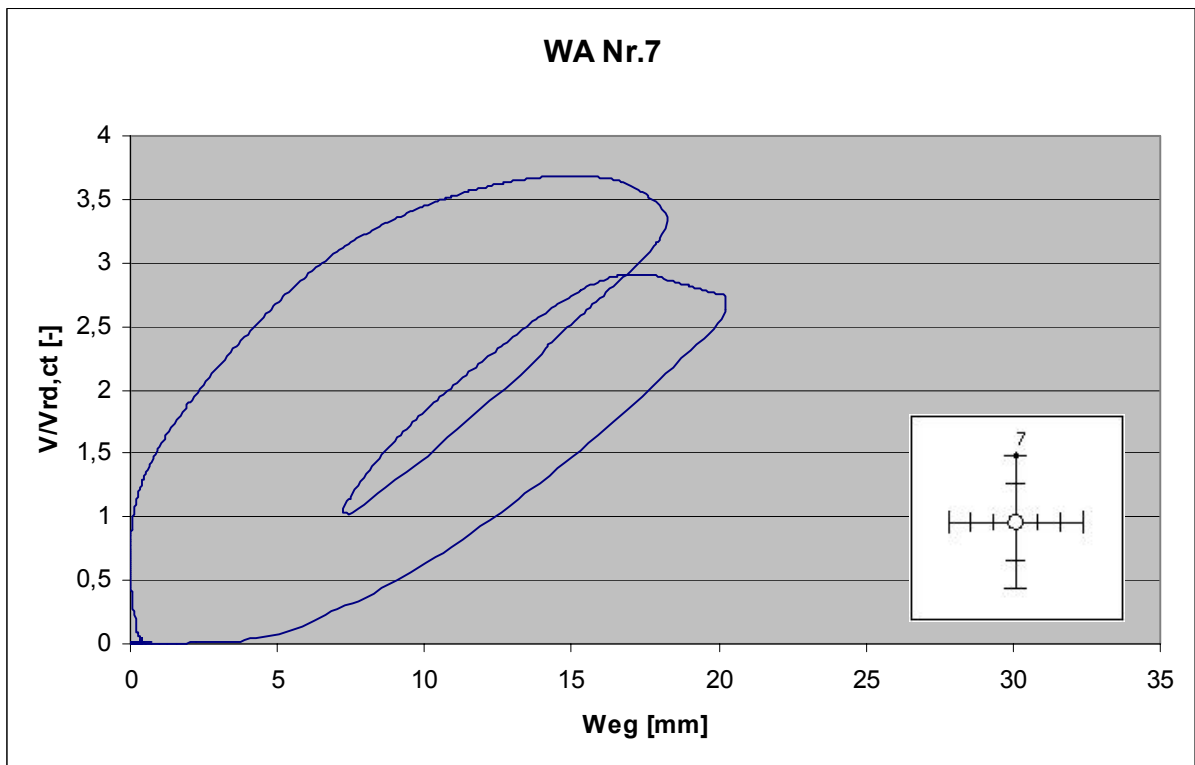
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 6 bei der 1. Belastung



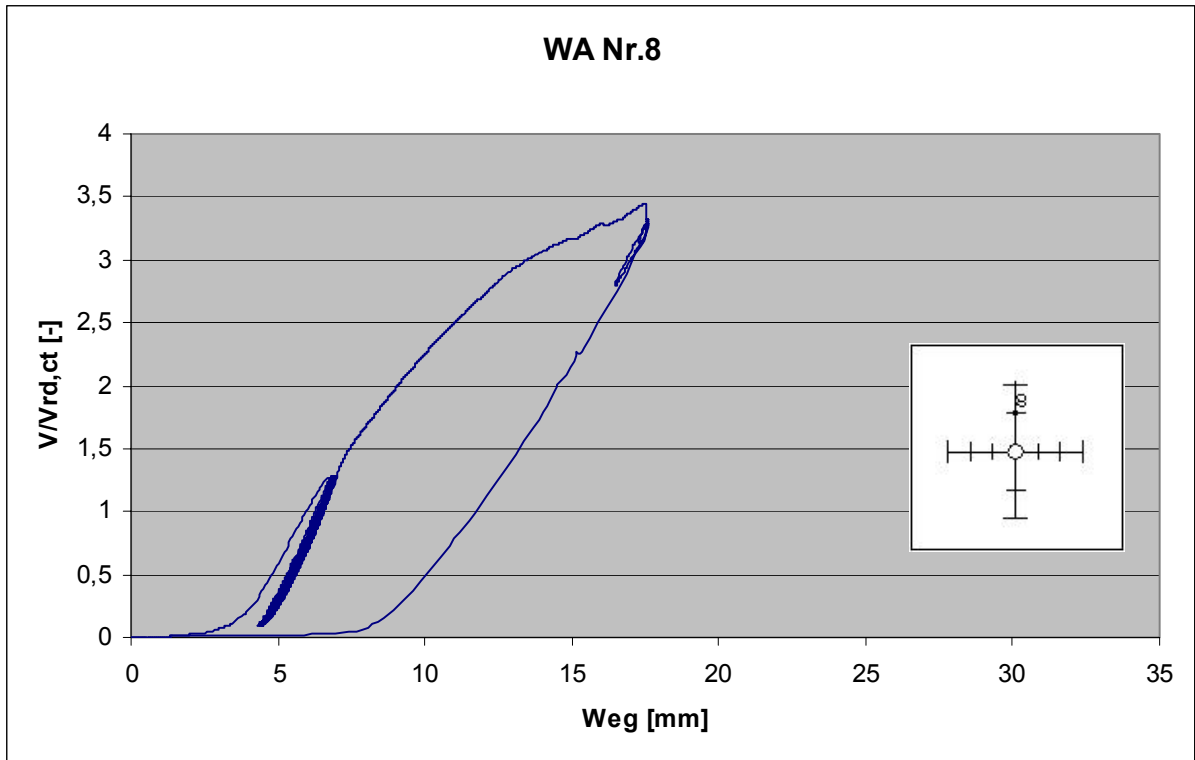
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 6 bei der 2. Belastung



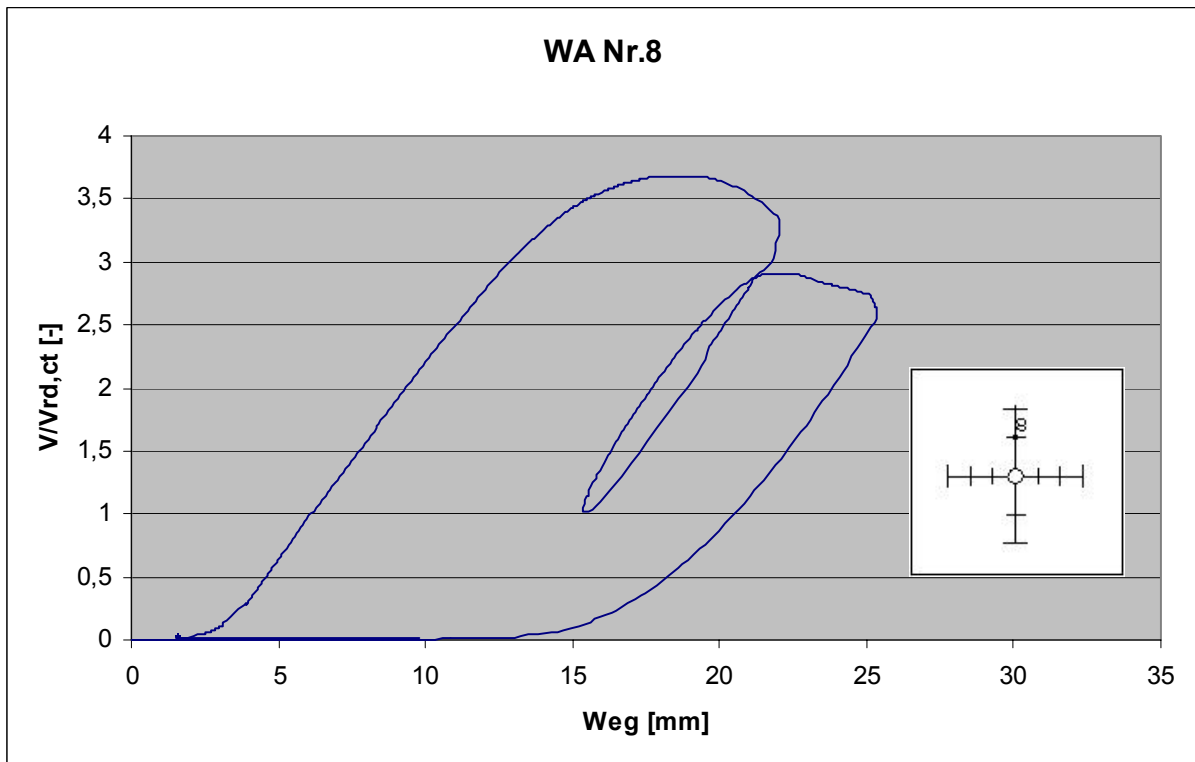
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 7 bei der 1. Belastung



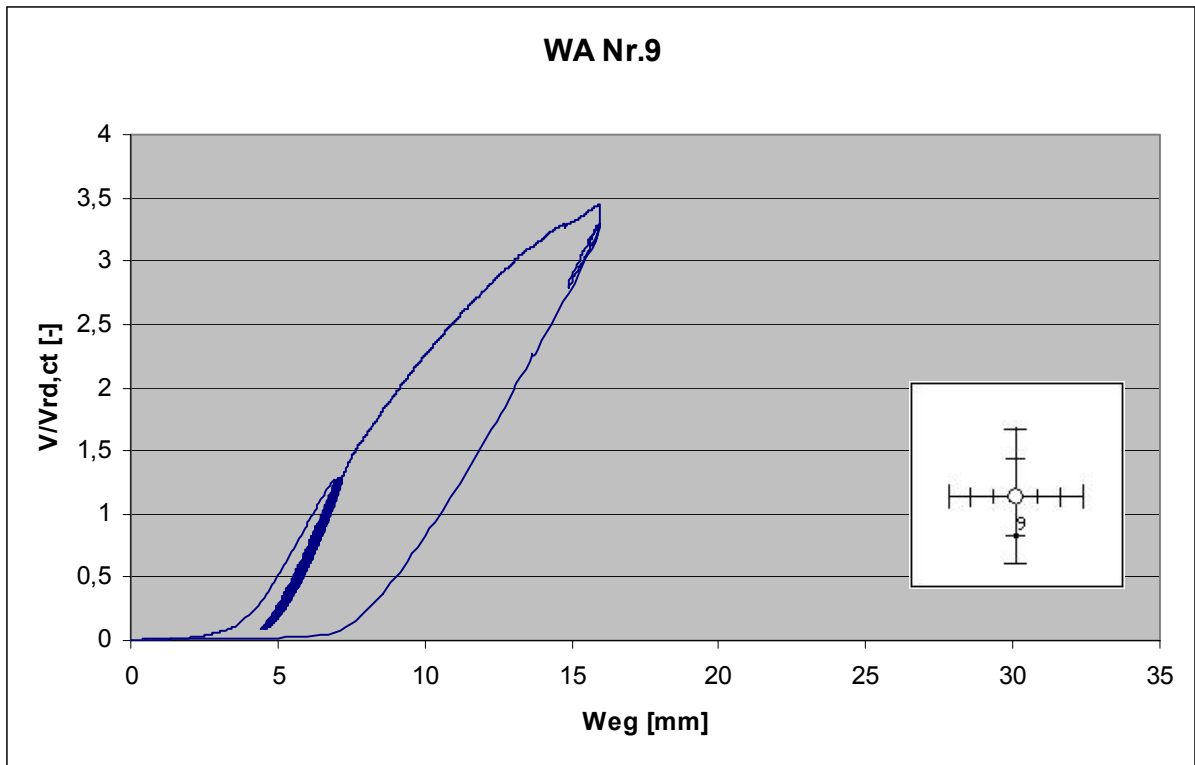
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 7 bei der 2. Belastung



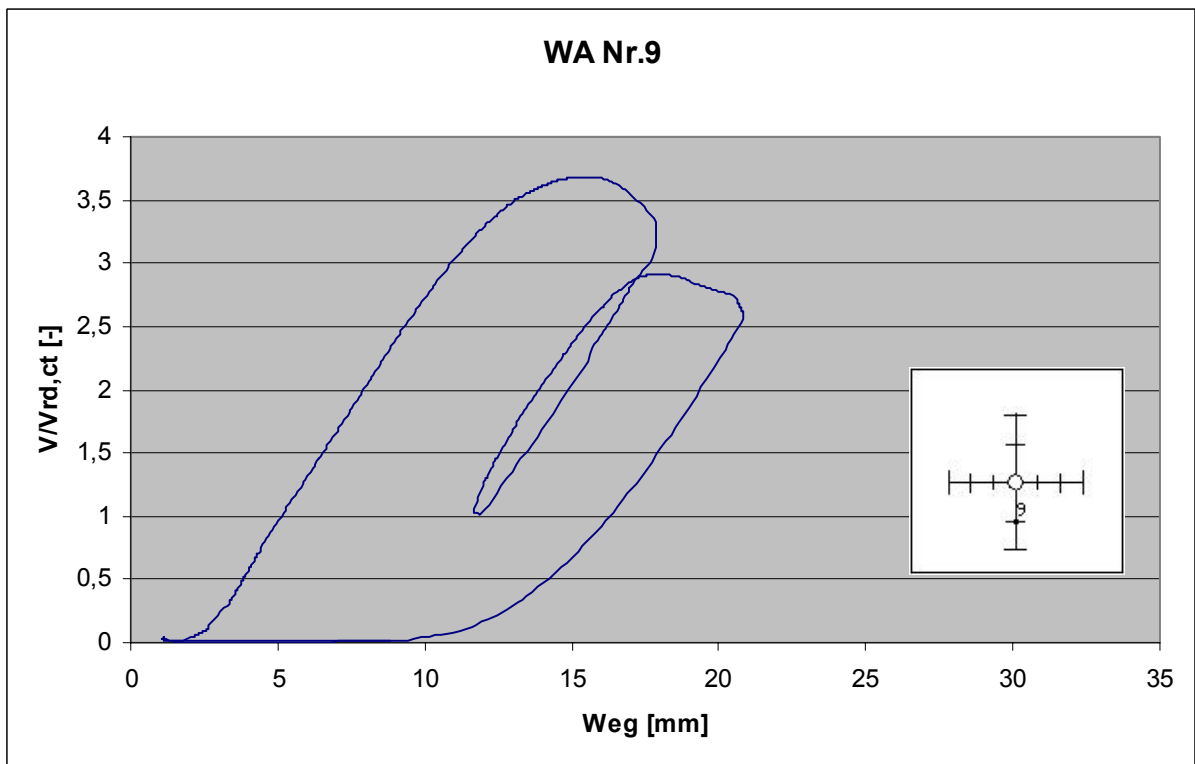
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 8 bei der 1. Belastung



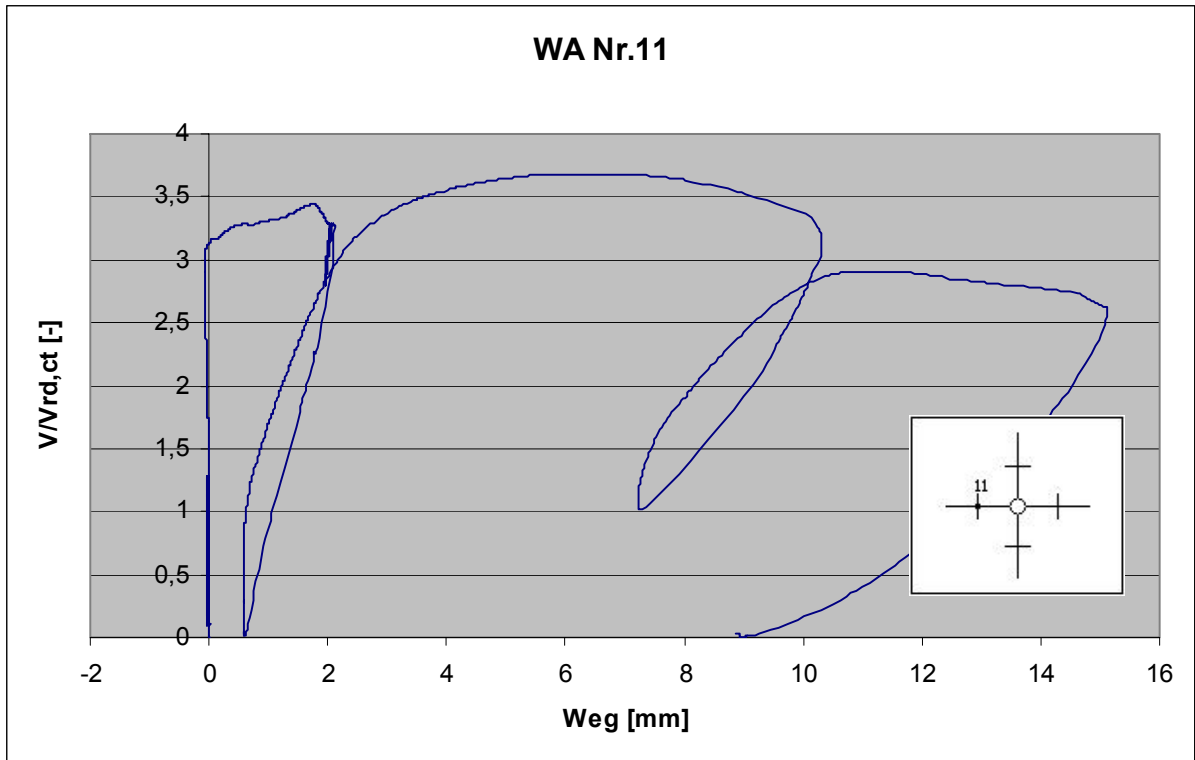
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 8 bei der 2. Belastung



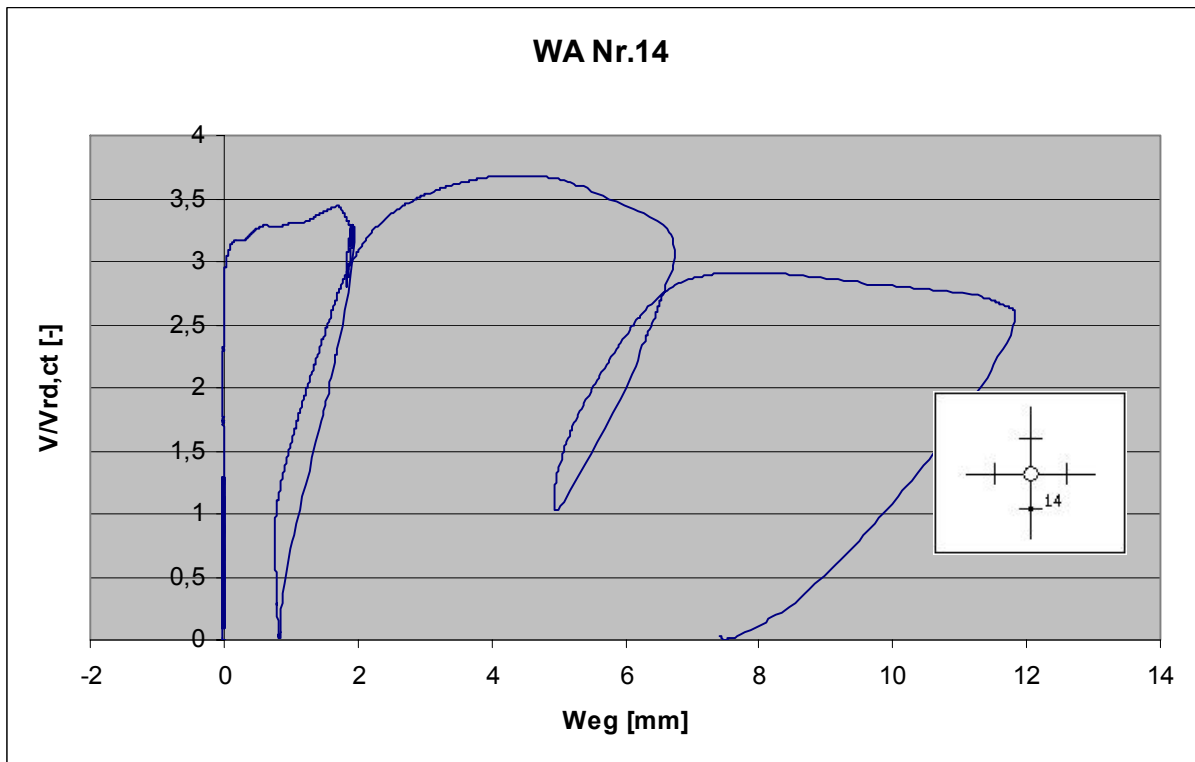
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 9 bei der 1. Belastung



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 9 bei der 2. Belastung



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 11 bei der 1. und 2. Belastung



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IK am Wegaufnehmer WA 14 bei der 1. und 2. Belastung

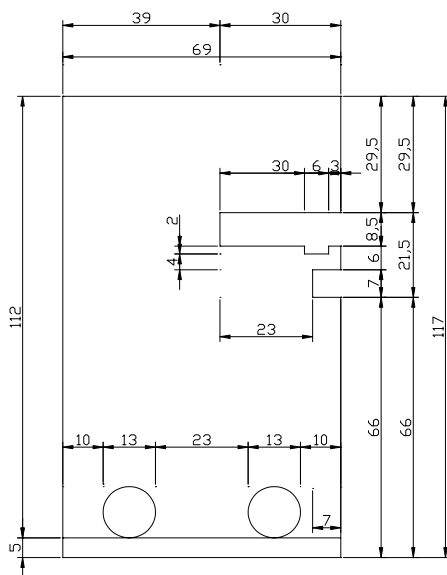
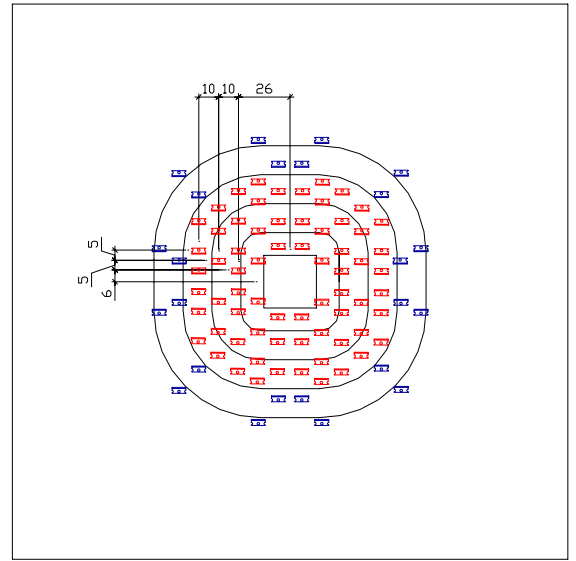
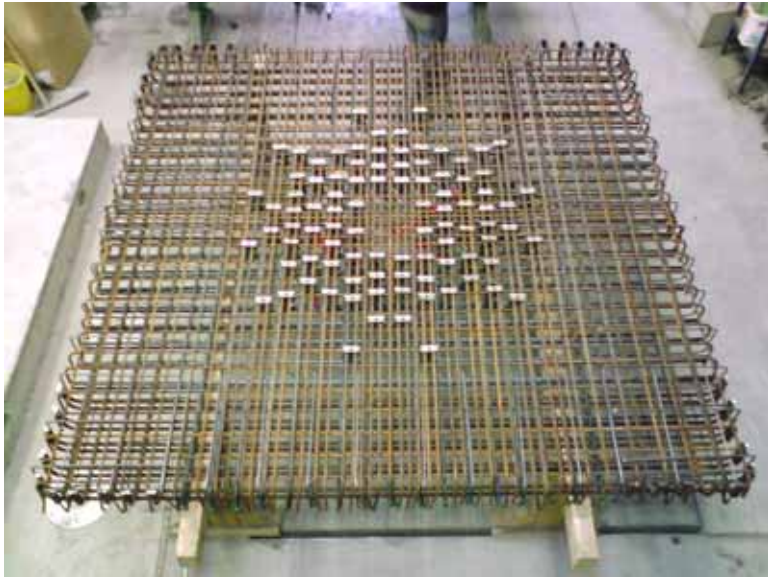


### 3.6 Versuchskörper IM

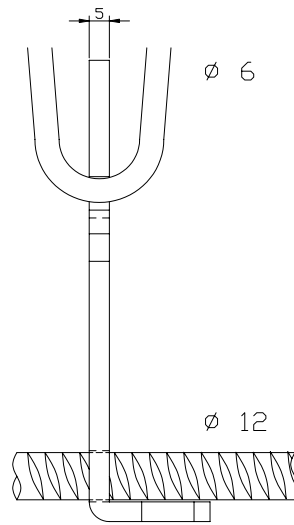
$f_{c,cube}$ :	40,8 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$V_u$ :	2031 [kN]	
$V_{Rd,ct}$ :	559 [kN]	(Berechnung mit $f_{ck} = 24,4$ N/mm <sup>2</sup> ; $\rho_{vorh} = 1,81$ %)
$V_u/V_{Rd,ct}$ :	3,63 [-]	

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

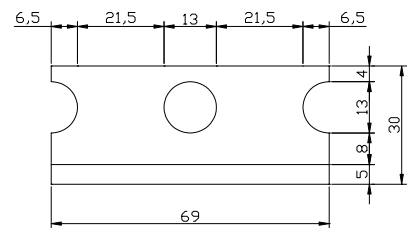
68 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 24 à 3 mm Bleche mit einem Bügel, untere Bewehrung  $\varnothing$  12 mm BST 500, obere Bewehrung  $\varnothing$  15 mm St 900/1100



Vorderansicht

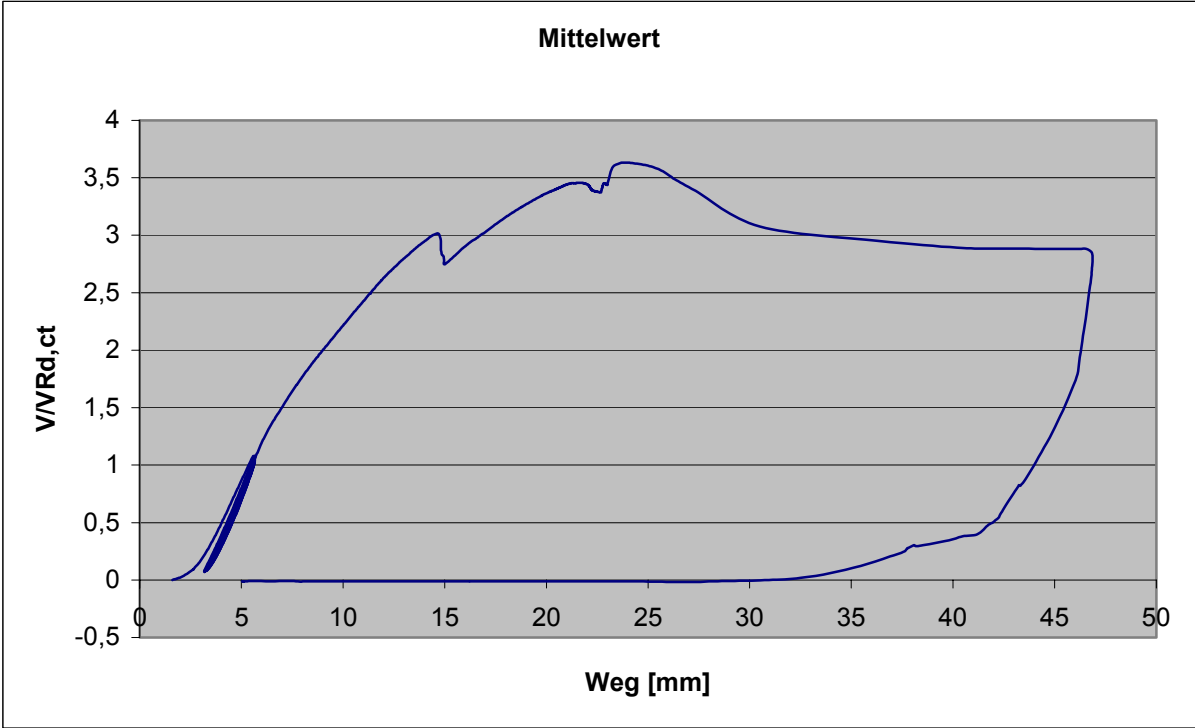


Seitenansicht



Draufsicht

# Last – Verformungsverhalten



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte

## Darstellung des Rissverlaufs



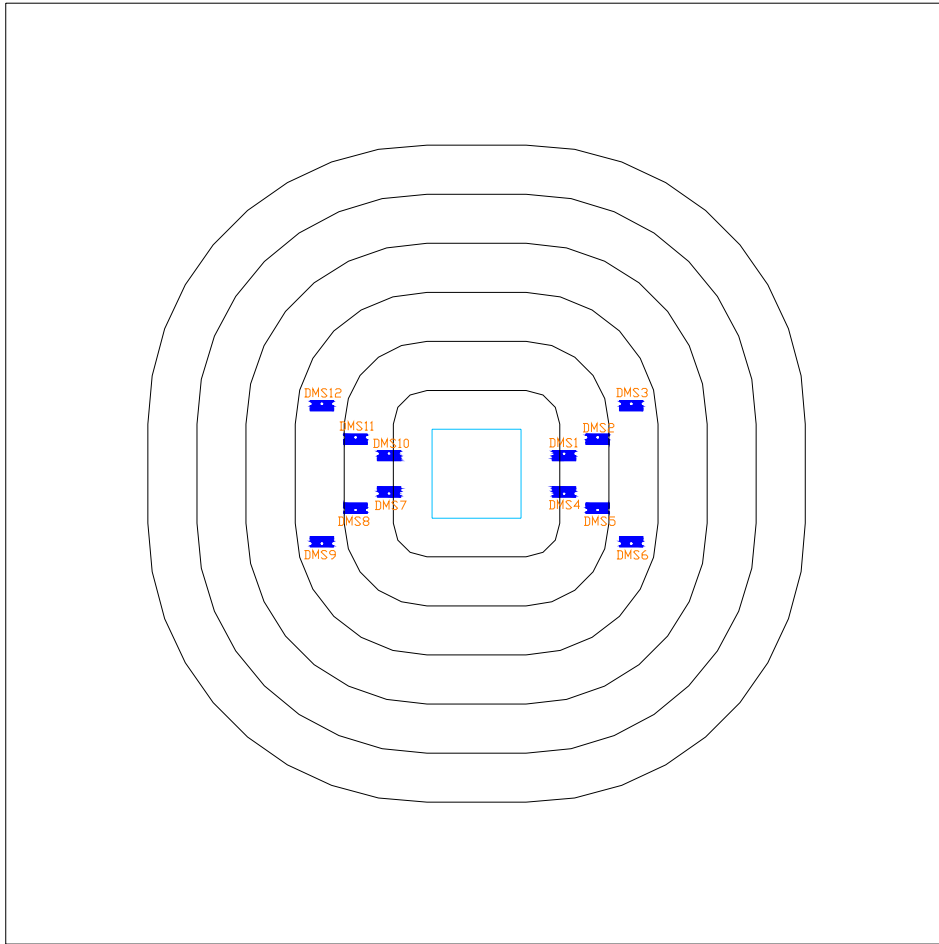
## Rissbild von der Seite (nachgezeichnet)



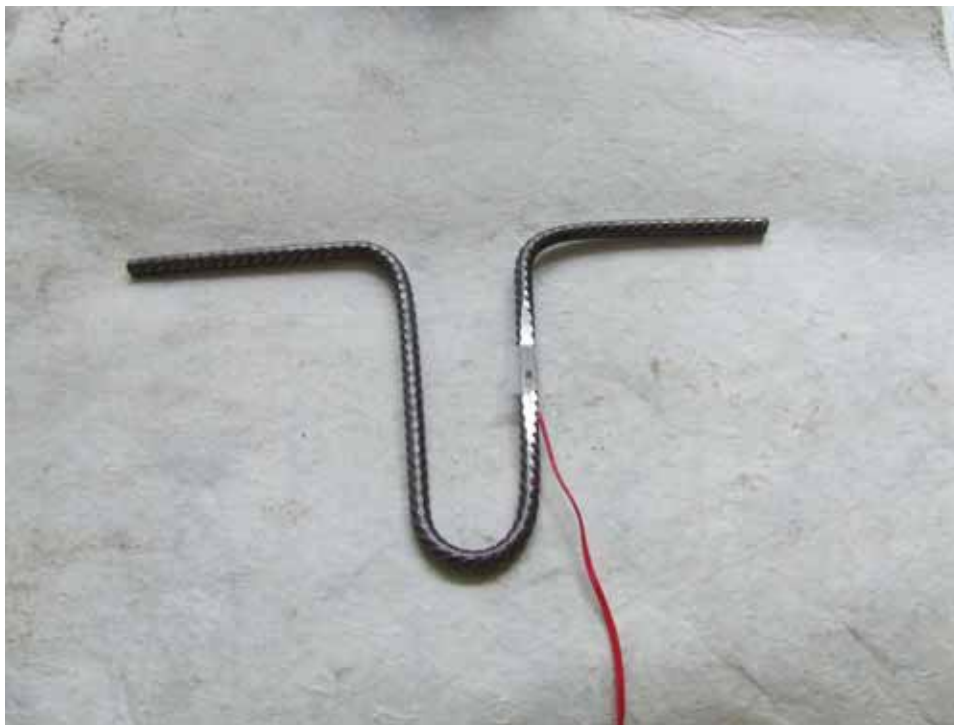
## Rissbild von unten (nachgezeichnet)



**Rissbild des Schnittes (nachgezeichnet)**

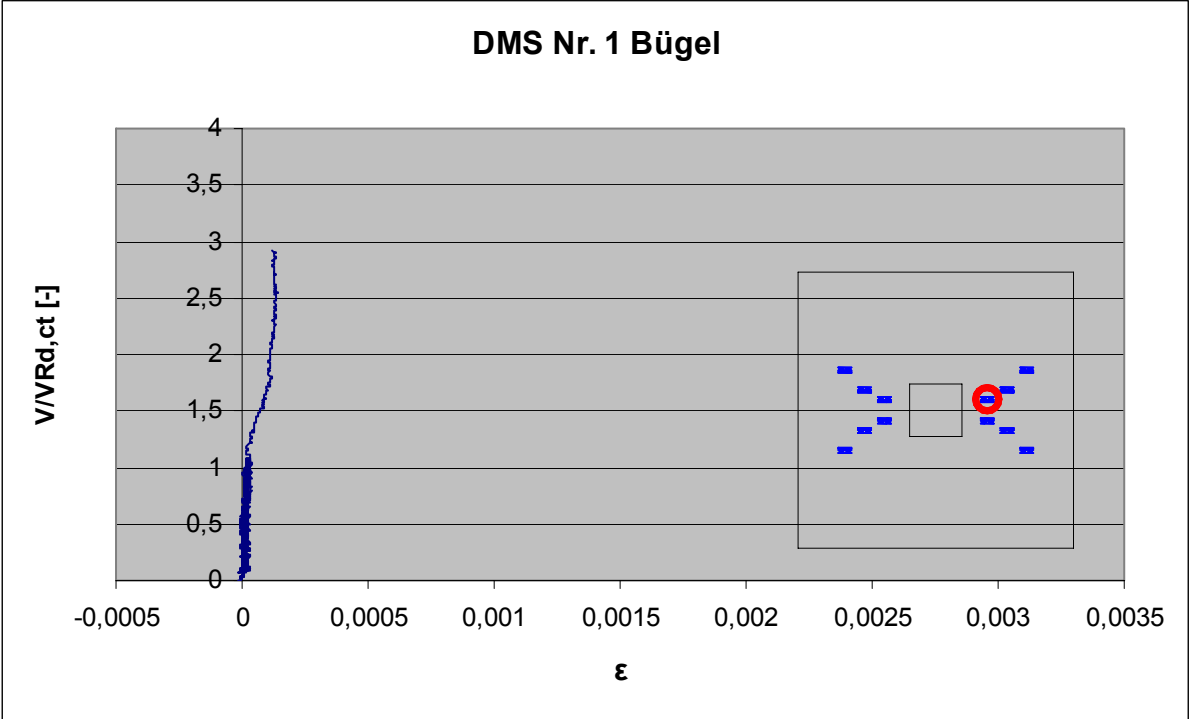


**Lage der DMS auf den Bügeln**

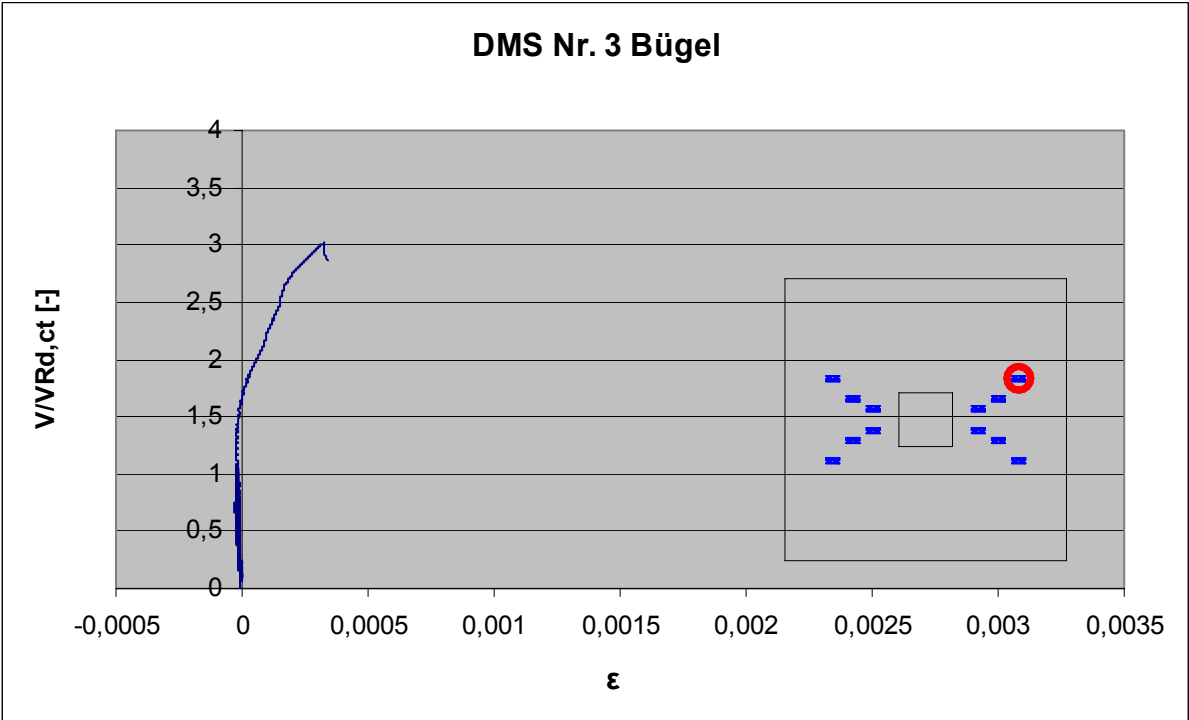


**Dehnungsmessstreifen auf dem Bügel**

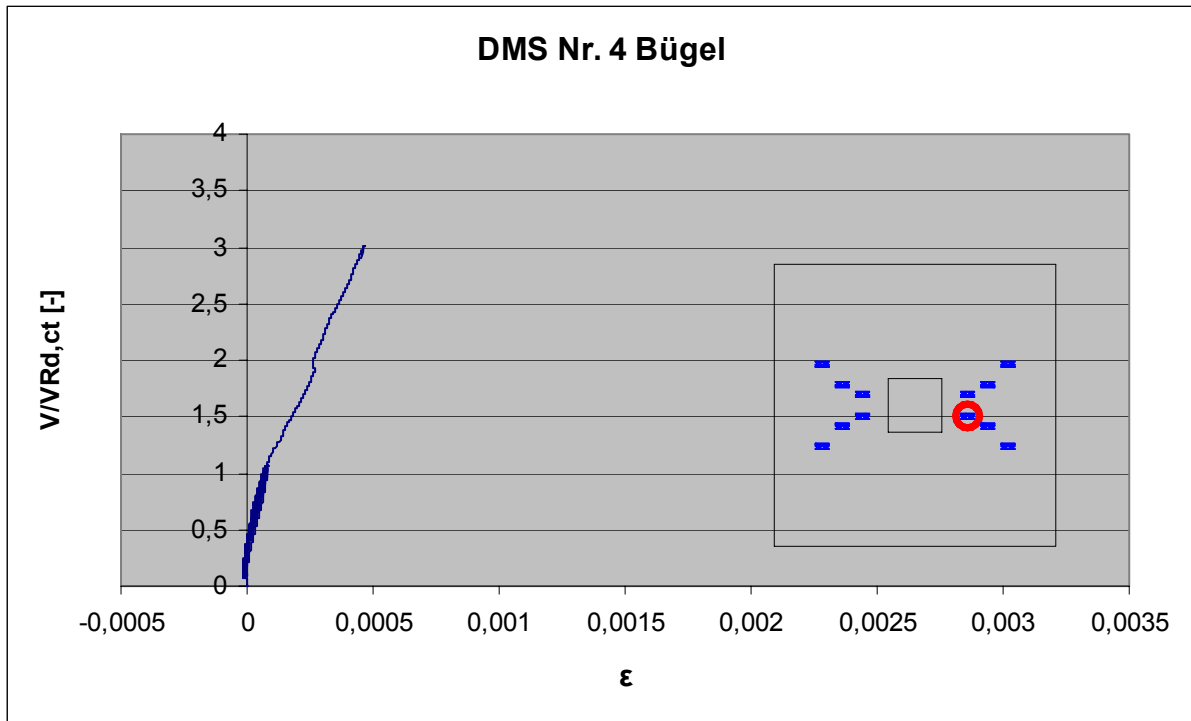
**DMS-Messungen der Bügelbewehrung Versuchskörper IM**



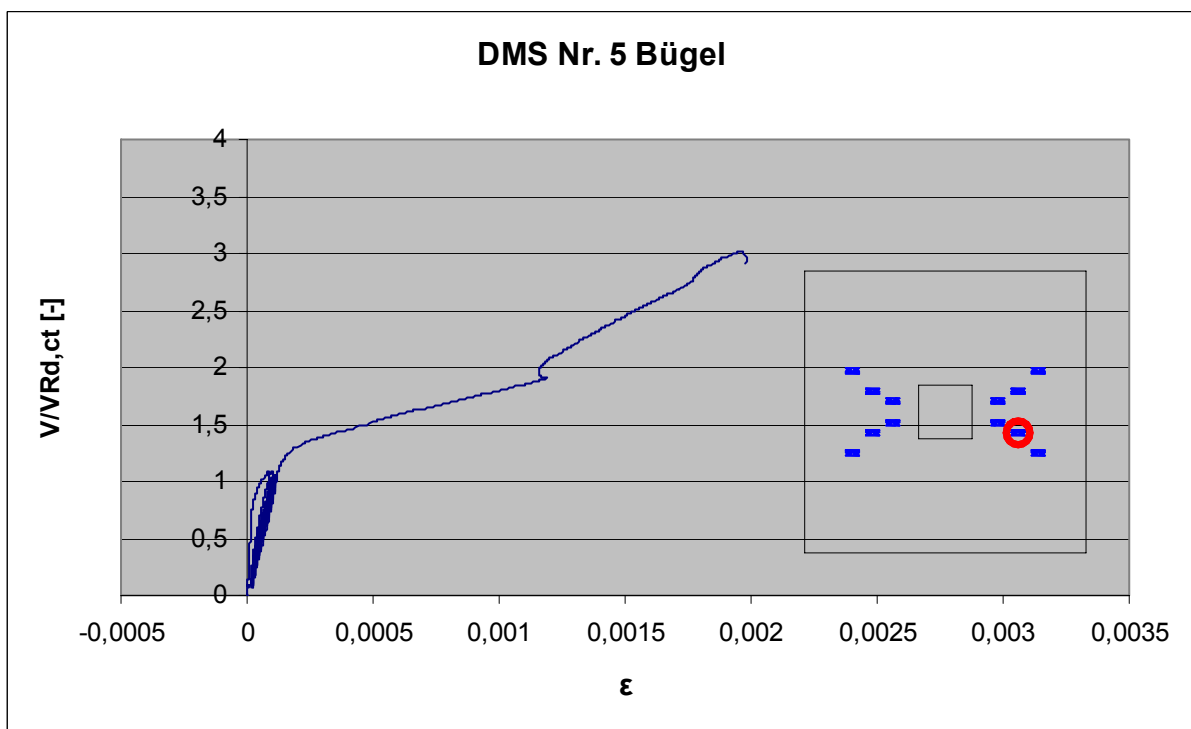
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 1



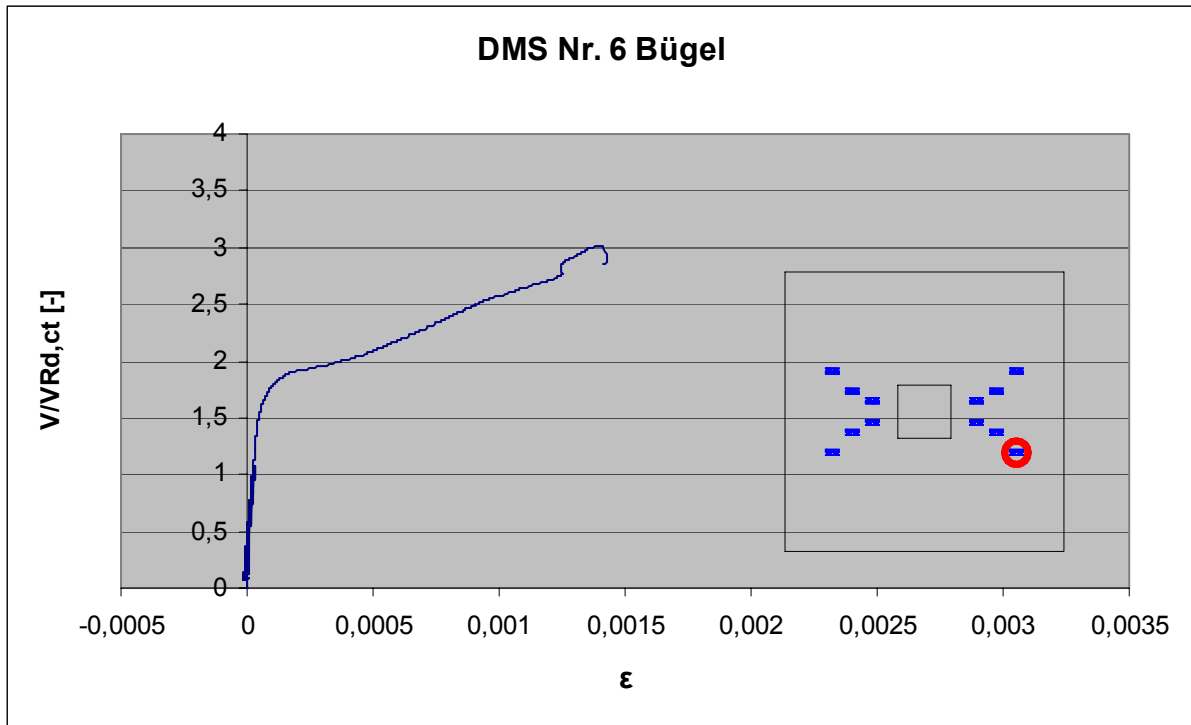
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 3



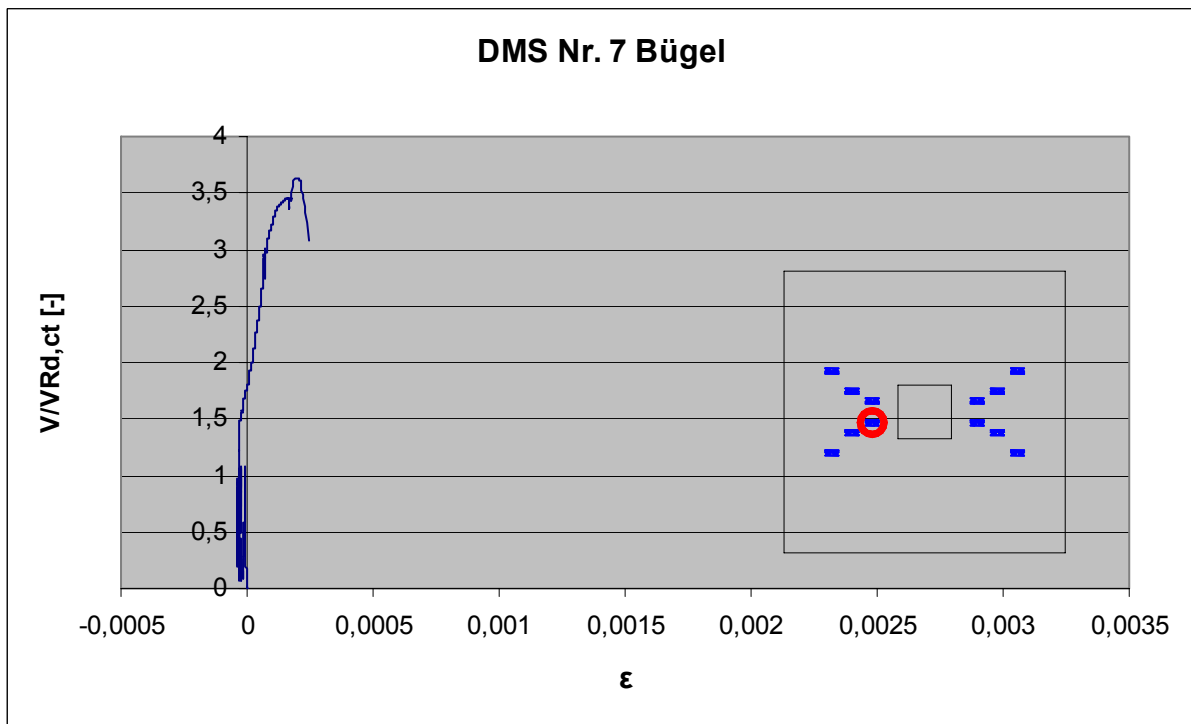
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 4



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 5

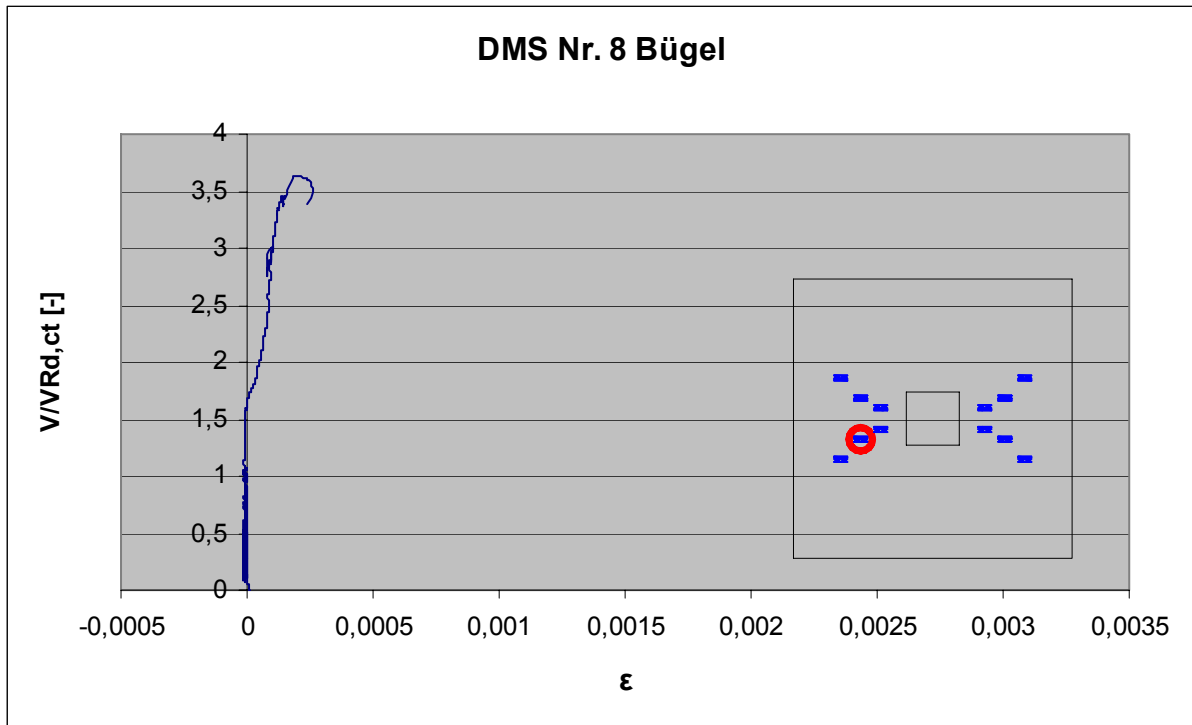


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 6

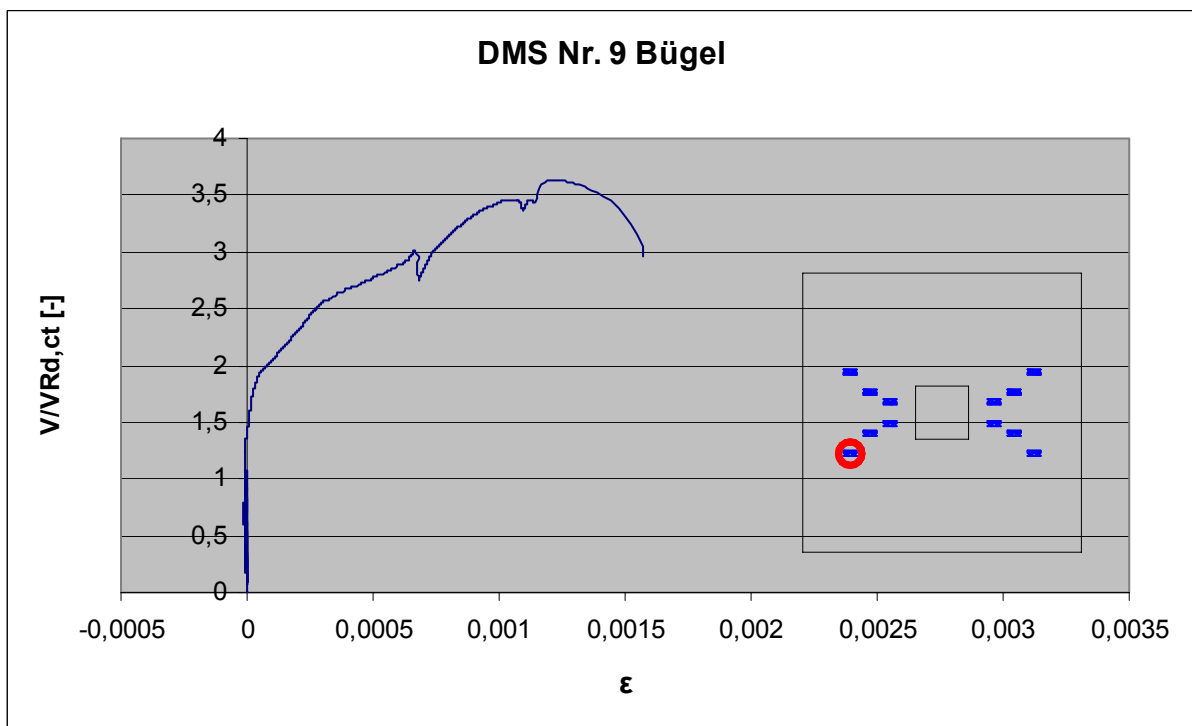


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 7

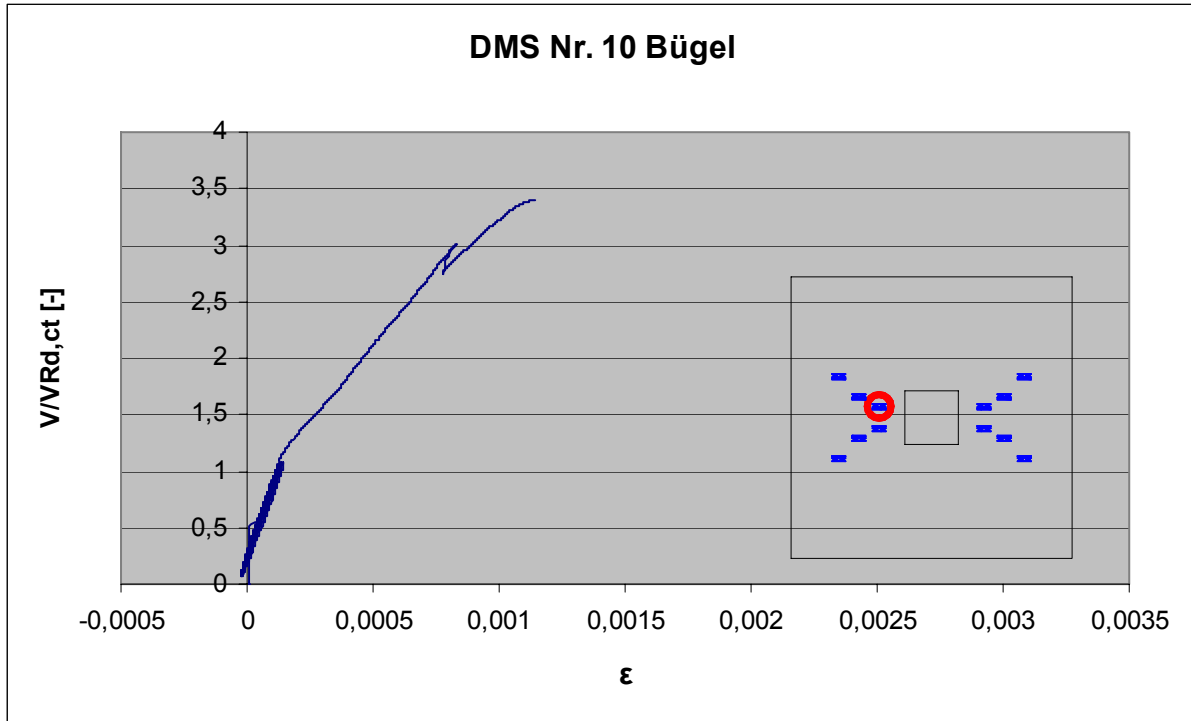




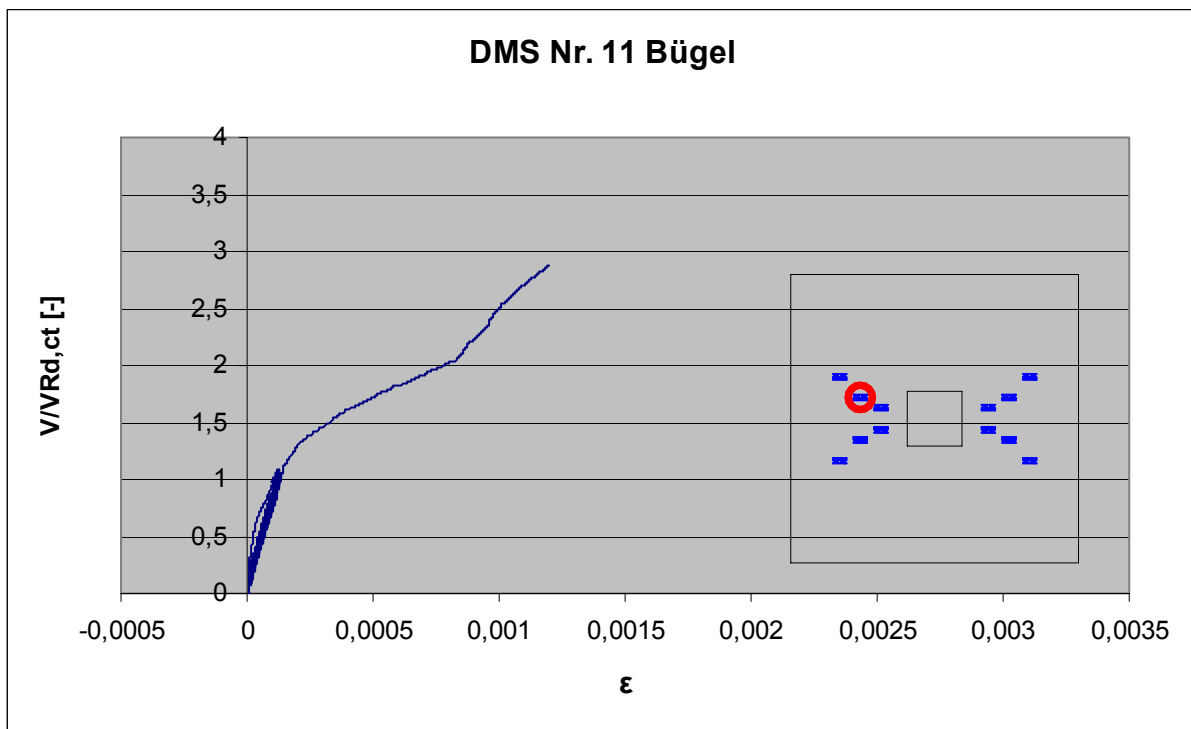
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 8



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 9



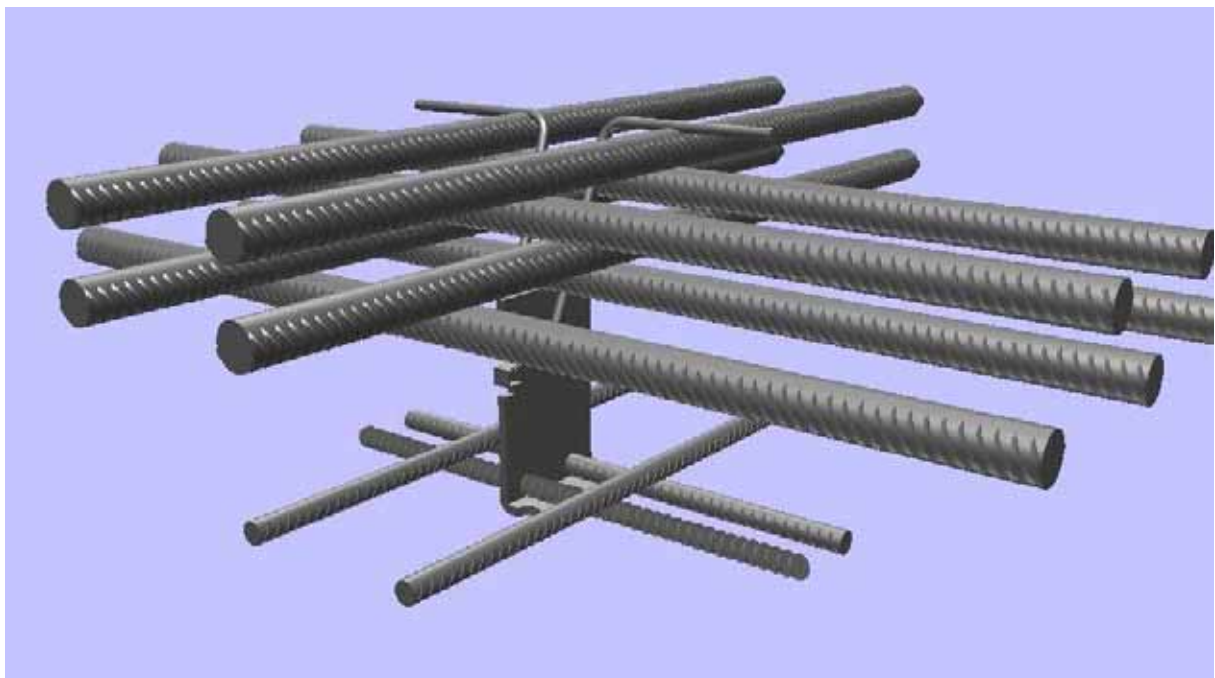
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 10



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IM am DMS Bü 11

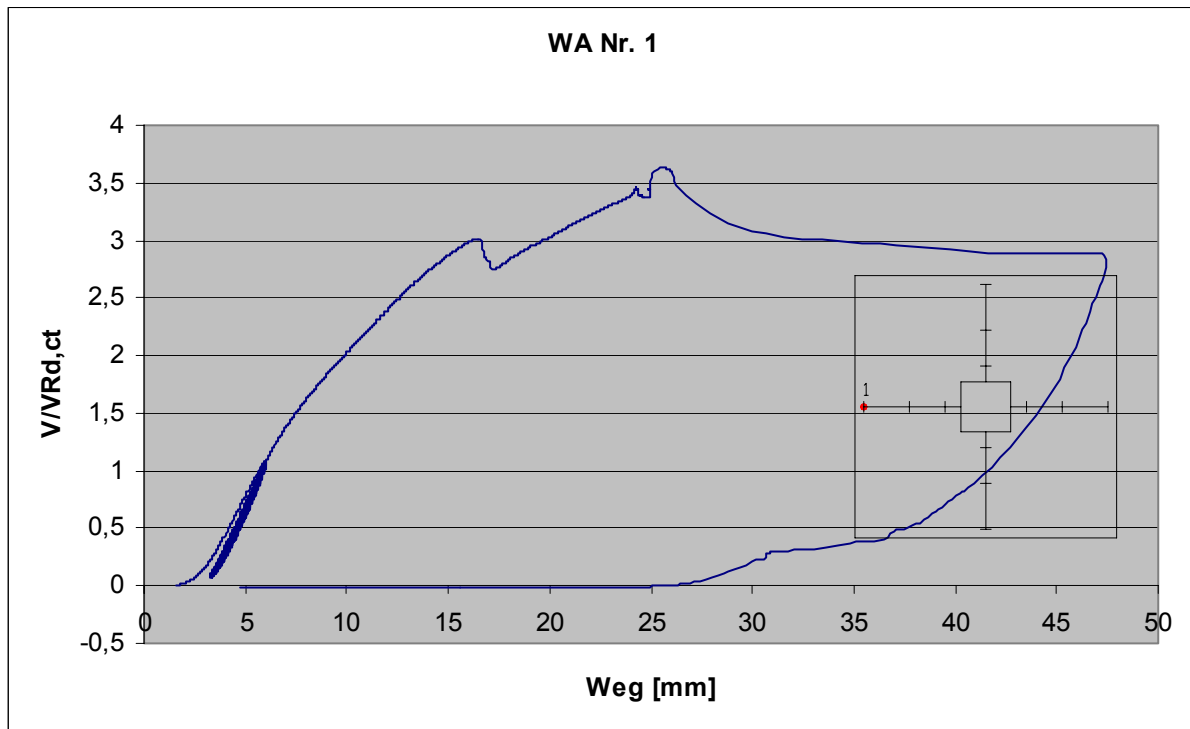


**Einbauteile mit Bügel**

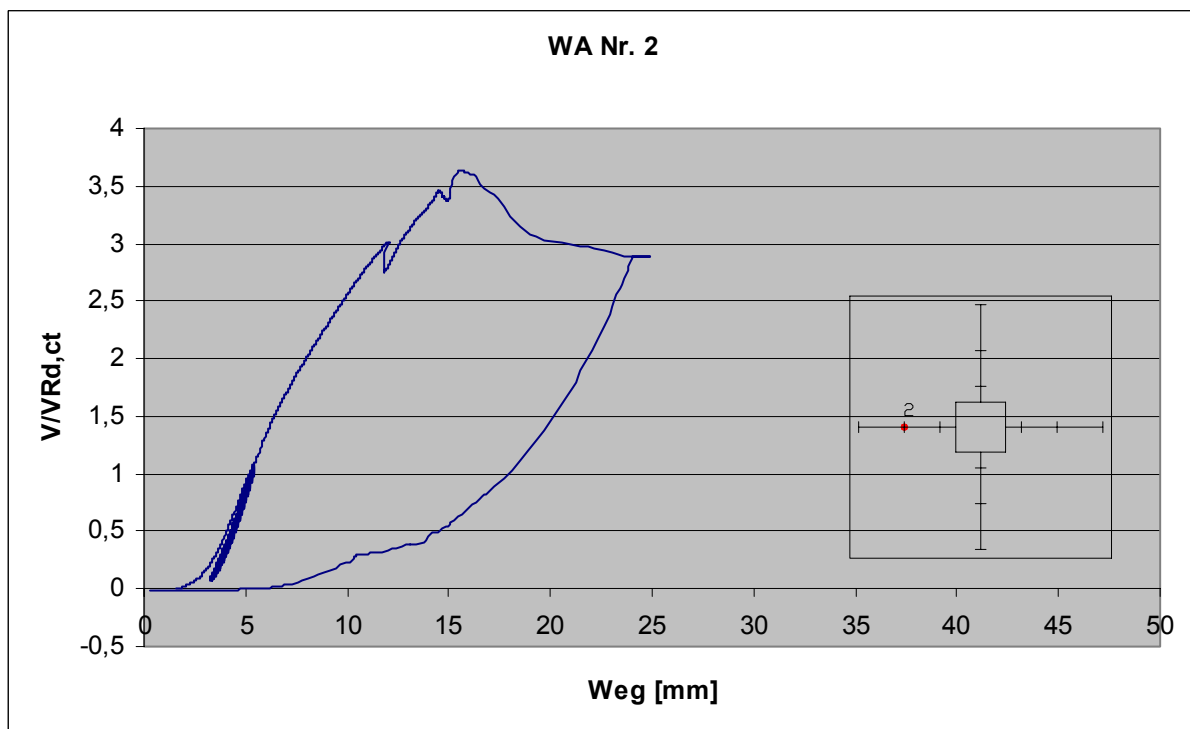


**Einbausituation eines Einbauteiles**

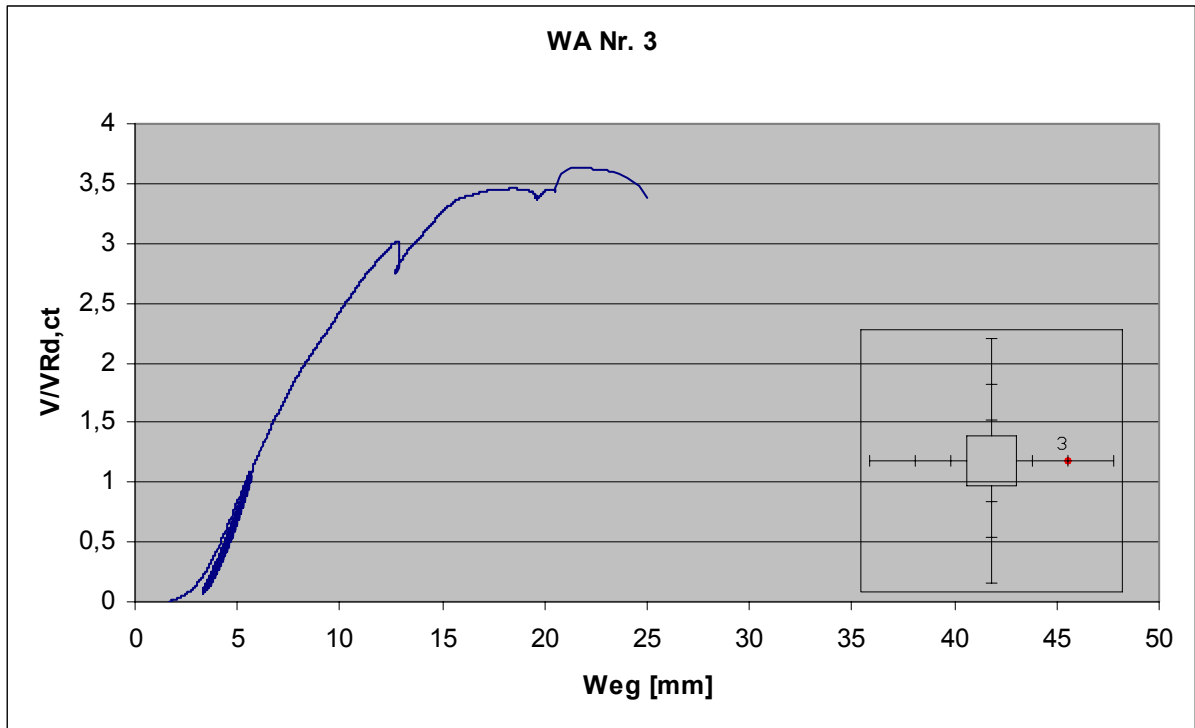
## Daten der induktiven Wegaufnehmer



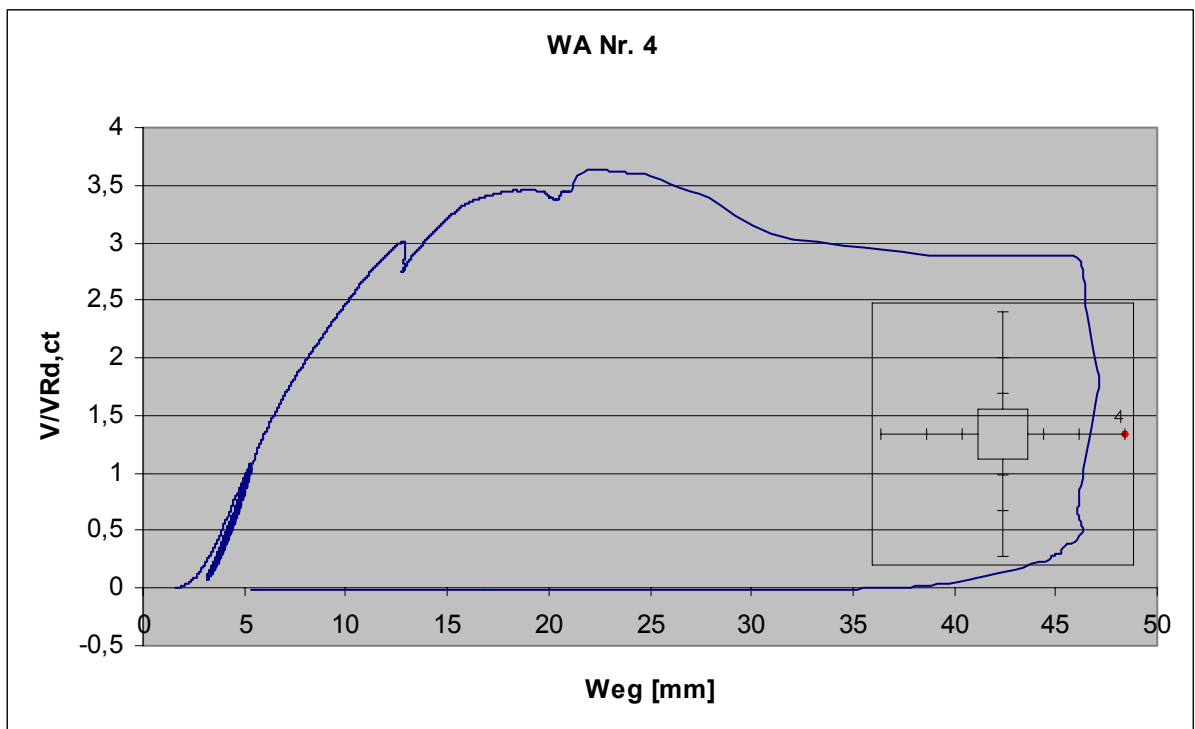
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IM am Wegaufnehmer WA Nr. 1



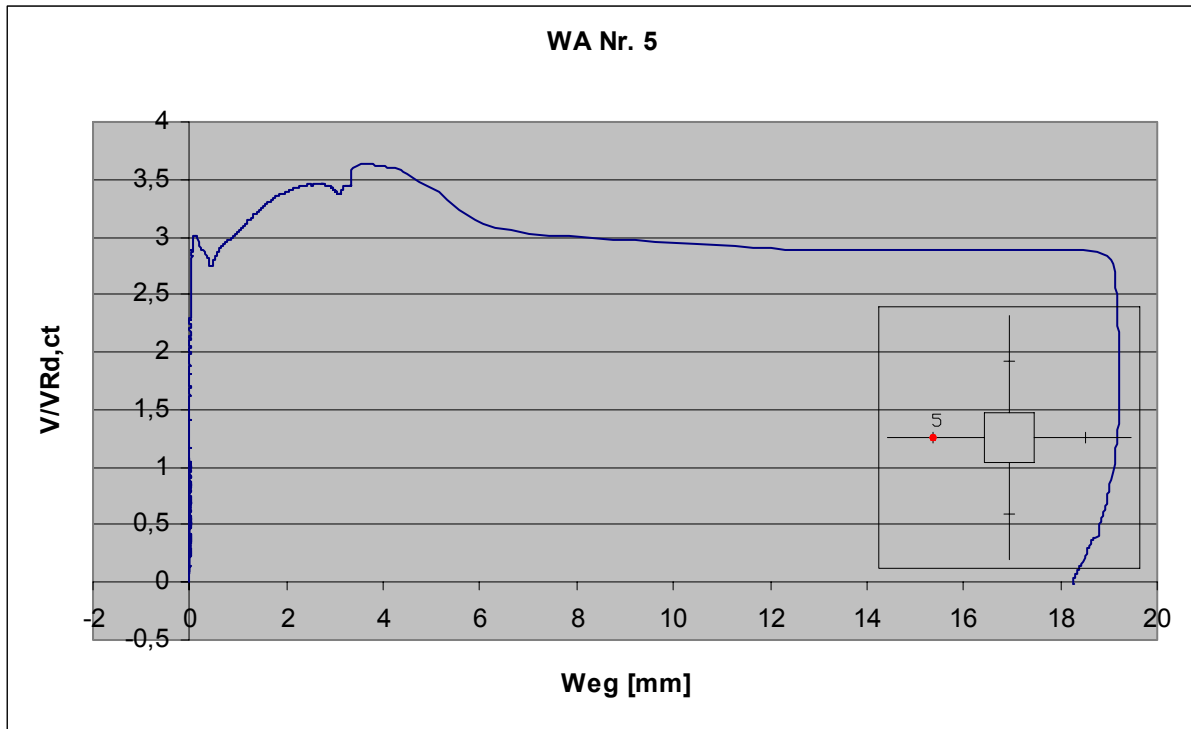
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IM am Wegaufnehmer WA Nr. 2



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IM am Wegaufnehmer WA Nr. 3



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IM am Wegaufnehmer WA Nr. 4



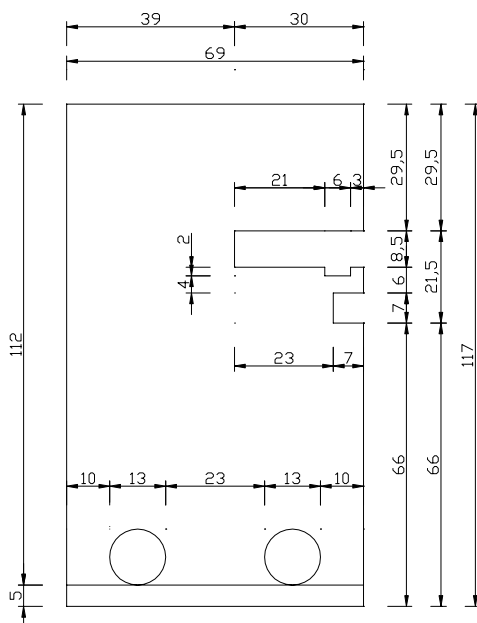
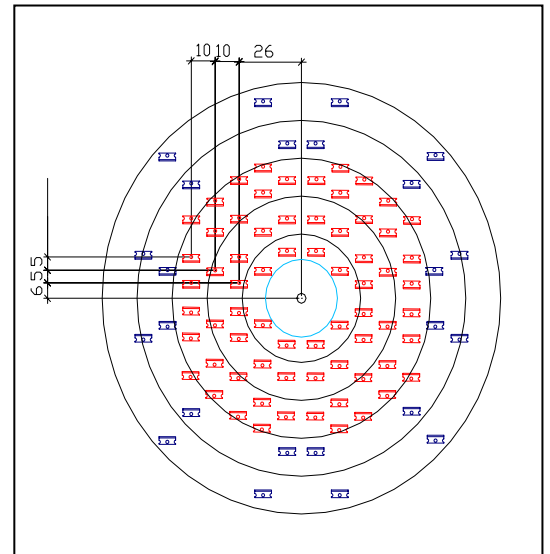
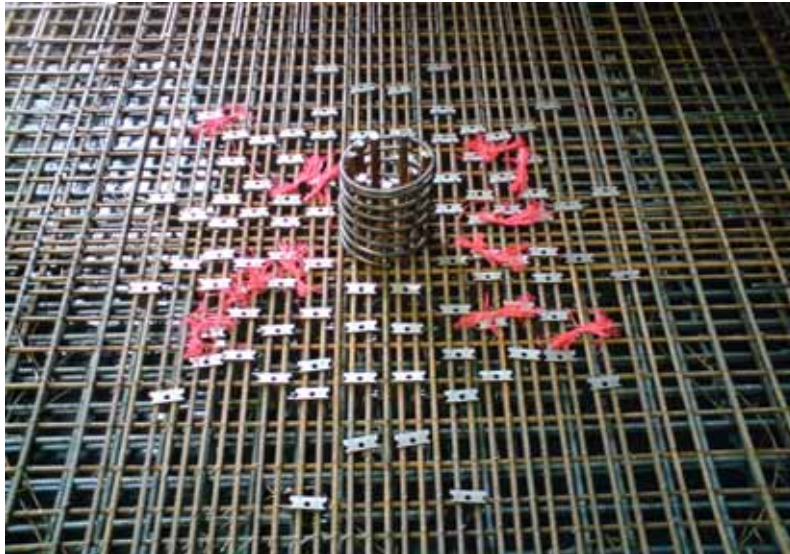
Messung der Plattendicke von Versuchskörper IM am Wegaufnehmer WA Nr. 5

### 3.7 Versuchskörper IFw

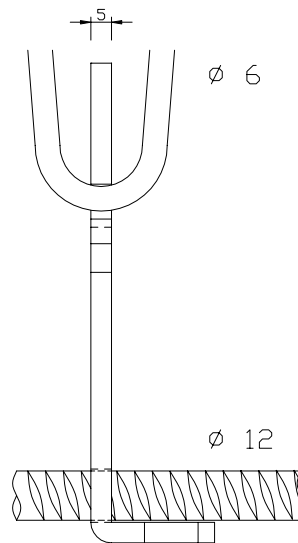
$f_{c,cube}$ :	42,5 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$V_u$ :	2005 [kN]	
$V_{Rd,ct}$ :	543 [kN]	(Berechnung mit $f_{ck} = 25,4$ N/mm <sup>2</sup> ; $\rho_{vorh} = 1,81$ %)
$V_u/V_{Rd,ct}$ :	3,69 [-]	

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

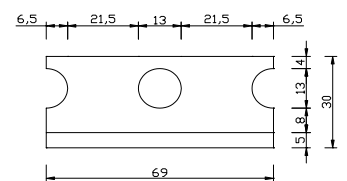
68 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 24 à 3 mm Bleche mit einem Bügel, untere Bewehrung  $\varnothing$  12 mm BST 500, obere Bewehrung  $\varnothing$  15 mm St 900/1100



Vorderansicht



Seitenansicht



Draufsicht

**Last – Verformungsverhalten**



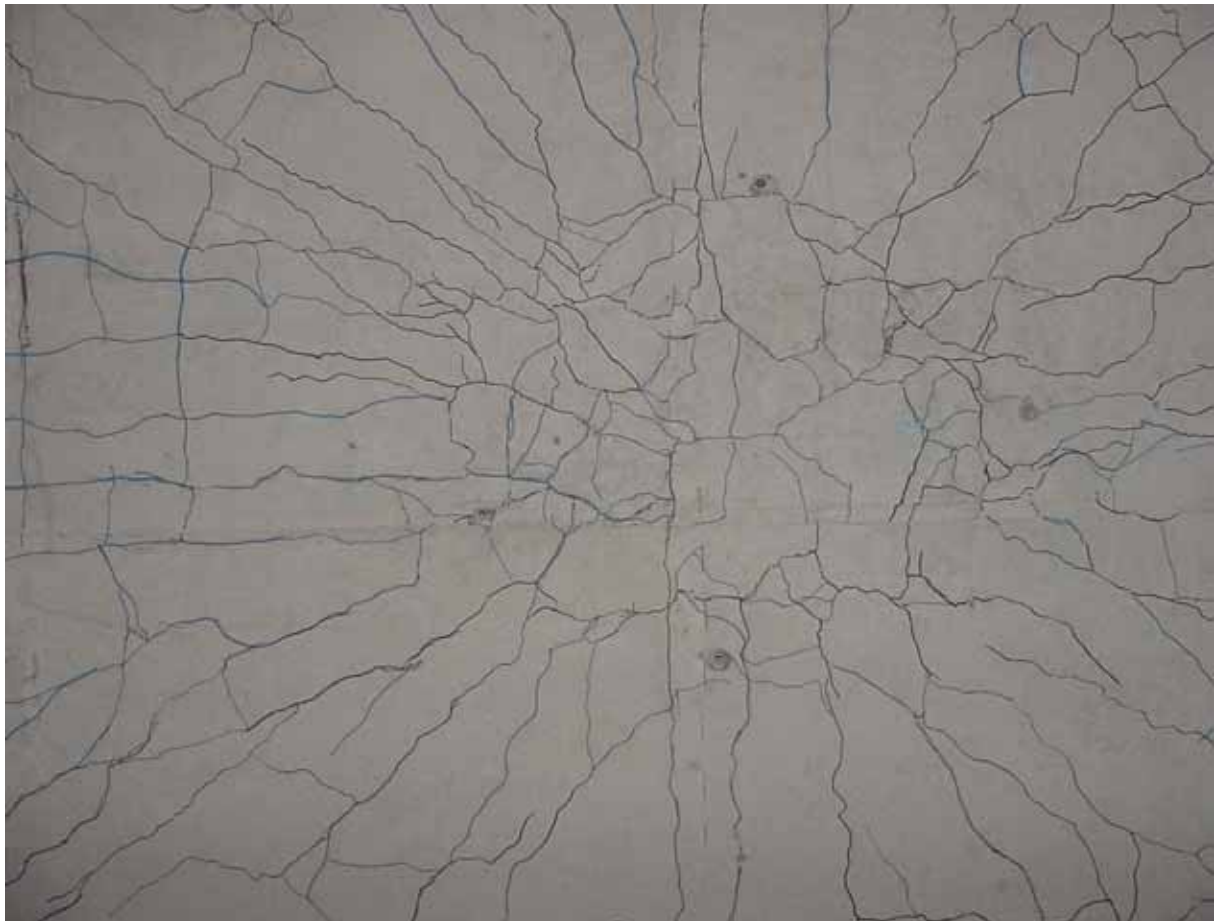
Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte



## Darstellung des Rissverlaufs



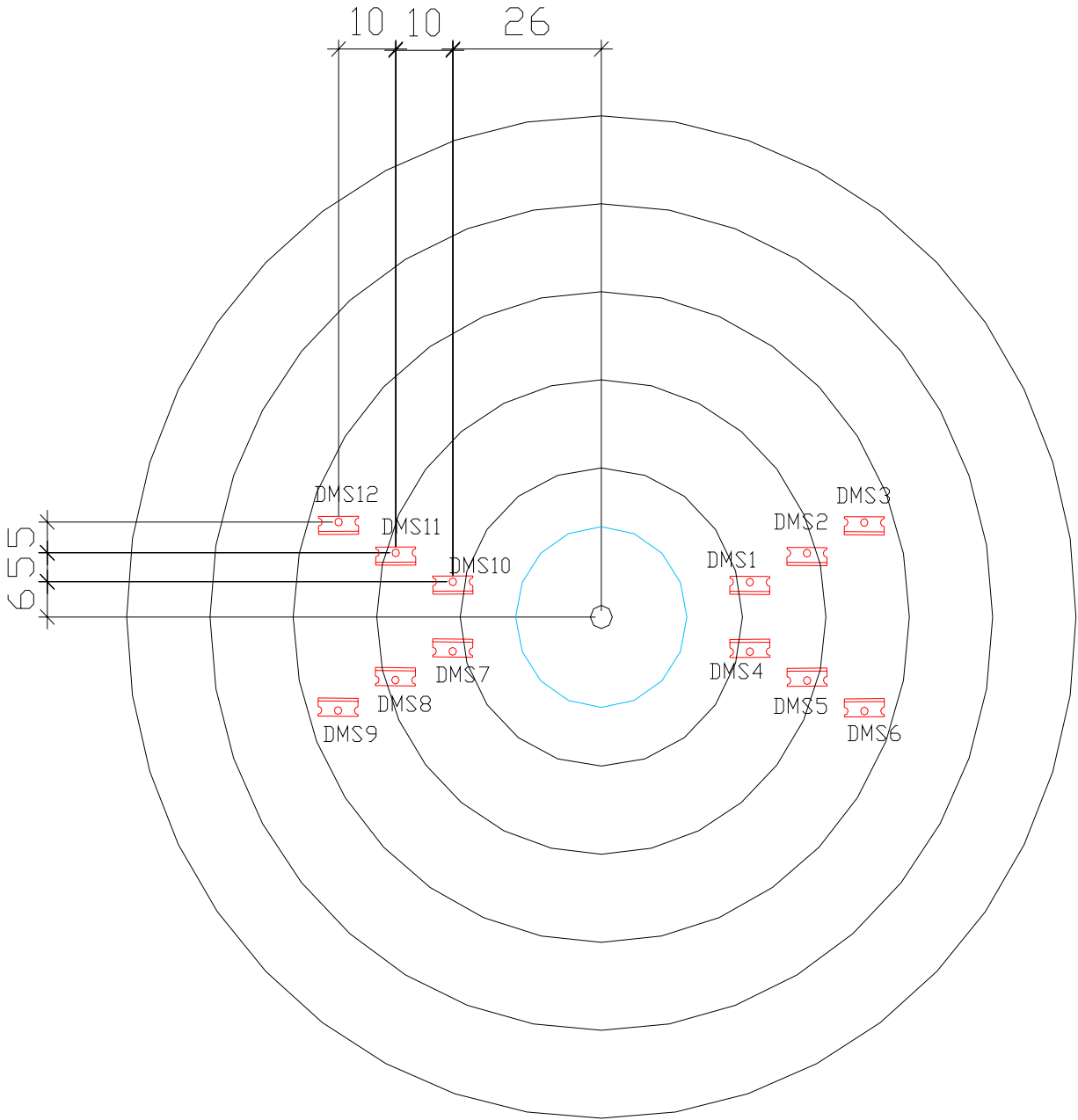
## Rissbild von der Seite (nachgezeichnet)



## Rissbild von Unten (nachgezeichnet)

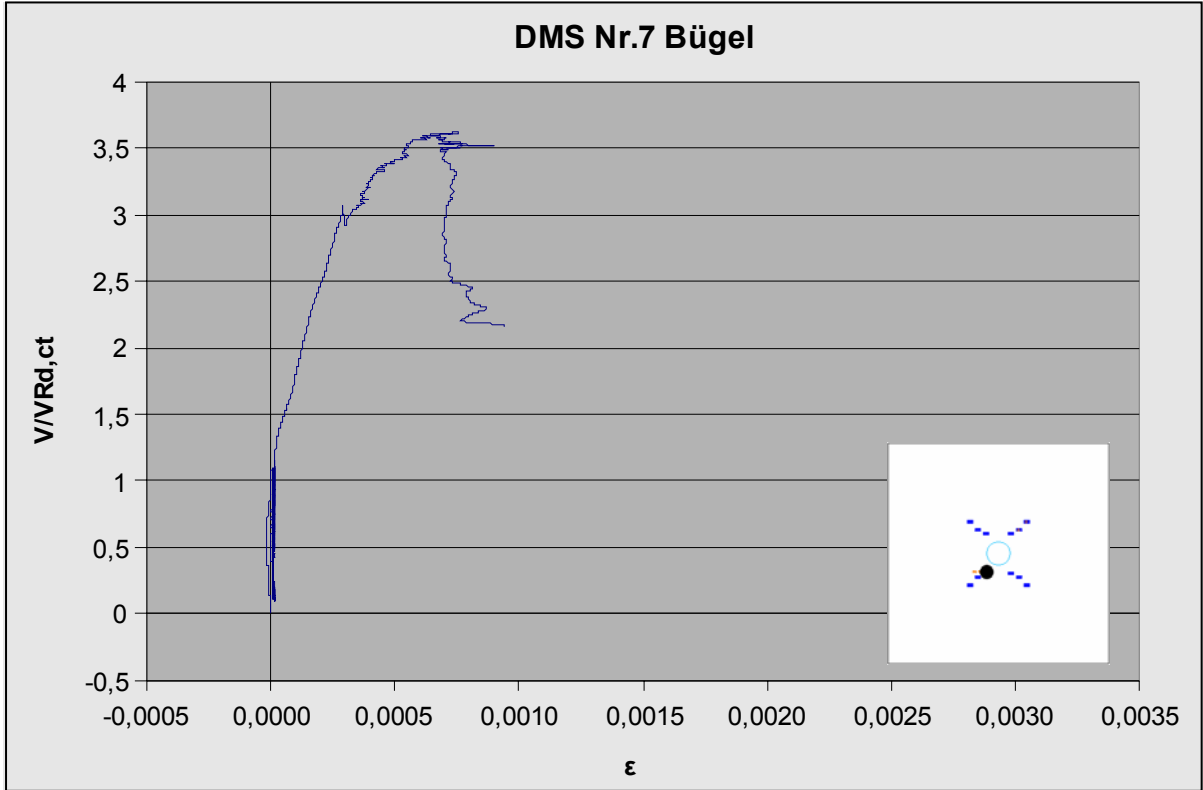


**Rissbild des Schnittes (nachgezeichnet)**

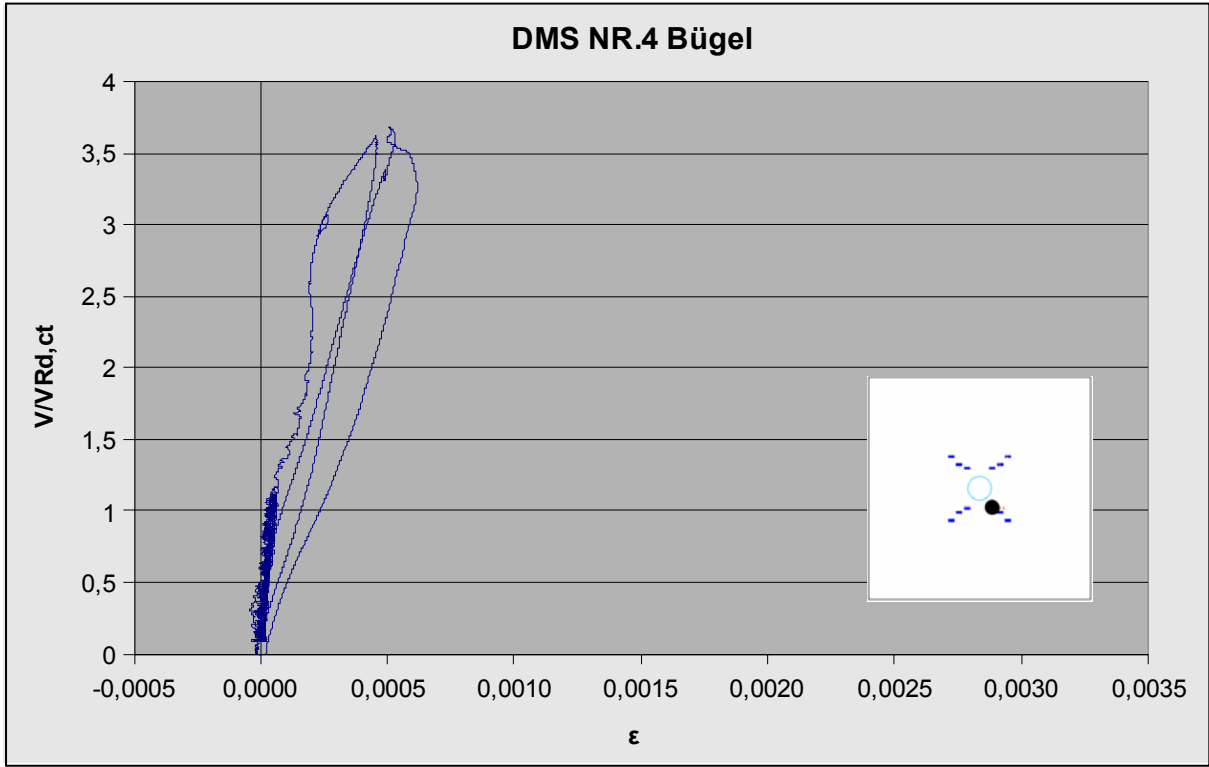


Lage der DMS auf den Bügeln

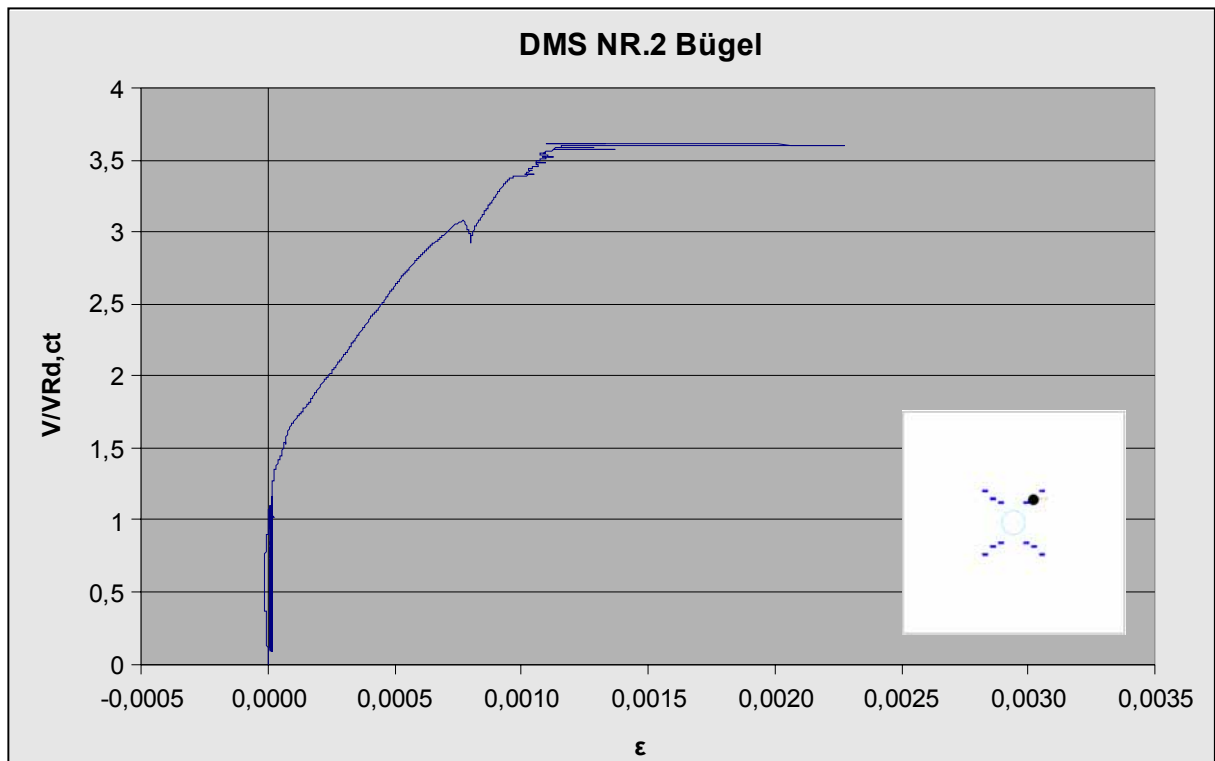
DMS-Messungen der Bügelbewehrung Versuchskörper IFw



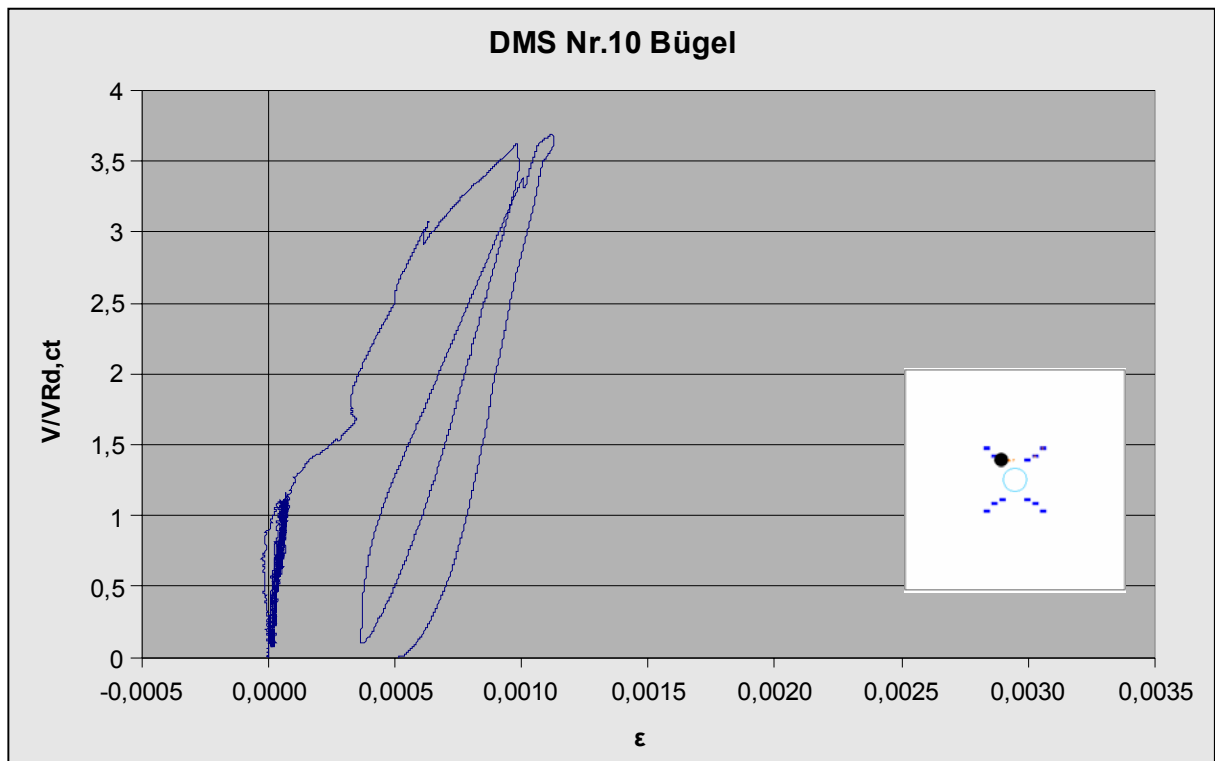
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IFw am DMS Bü 7



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IFw am DMS Bü 4

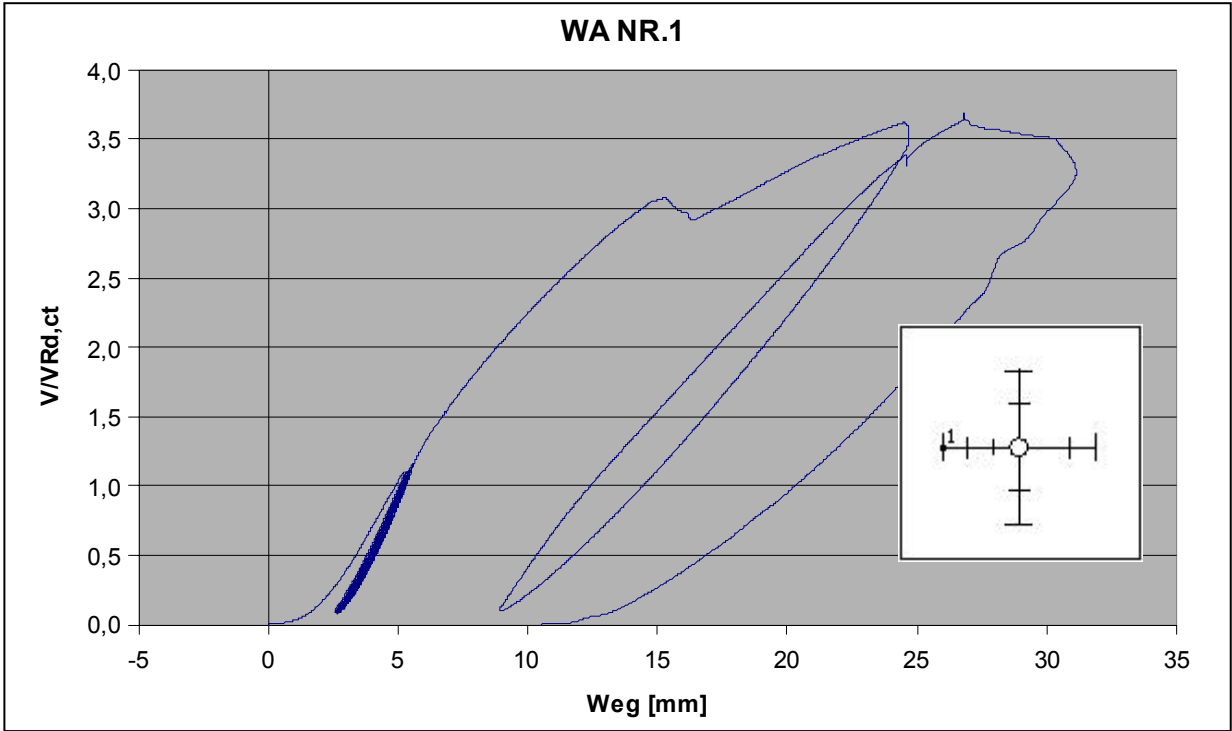


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IFw am DMS Bü 2

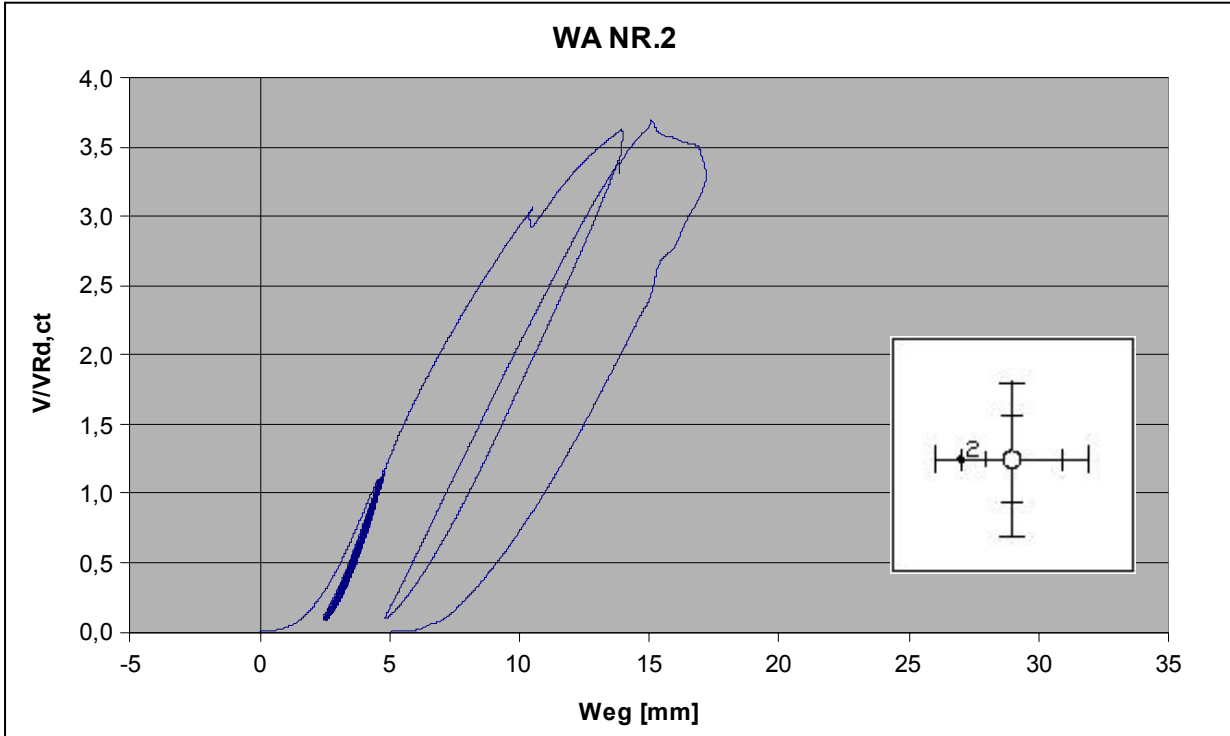


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IFw am DMS Bü 10

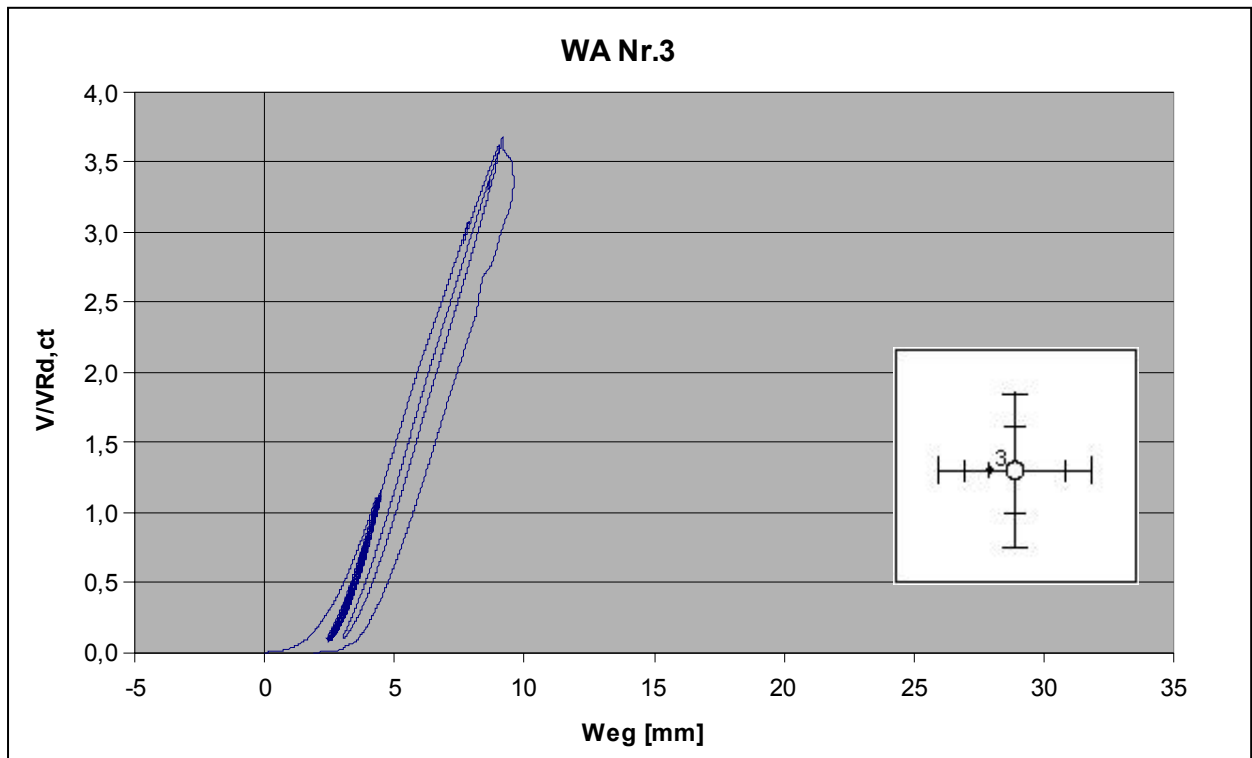
**Daten der induktiven Wegaufnehmer**



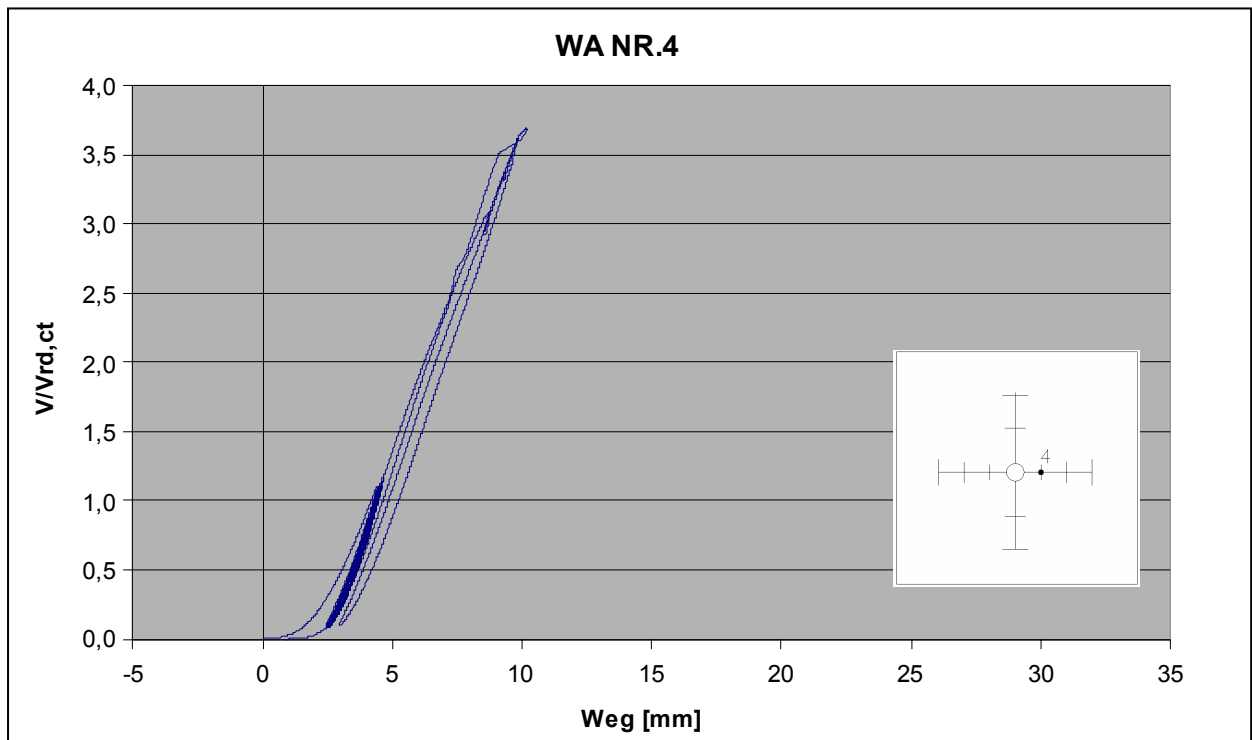
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 1



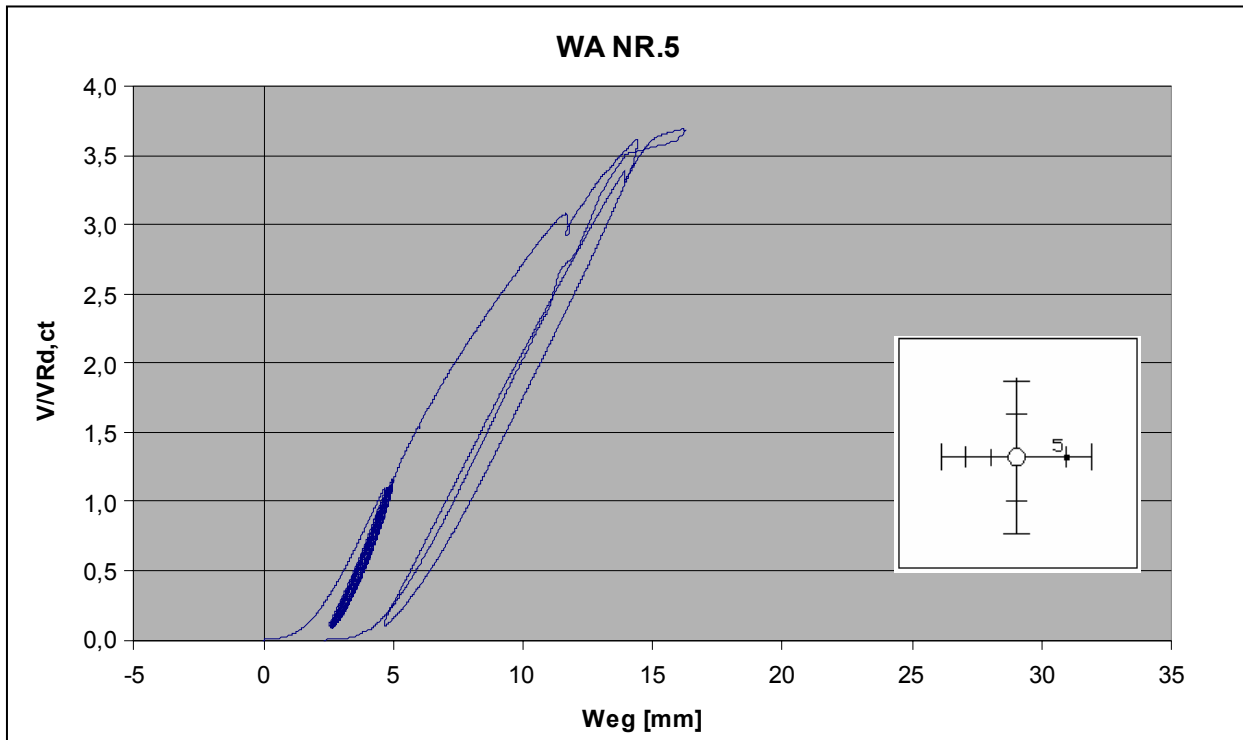
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 2



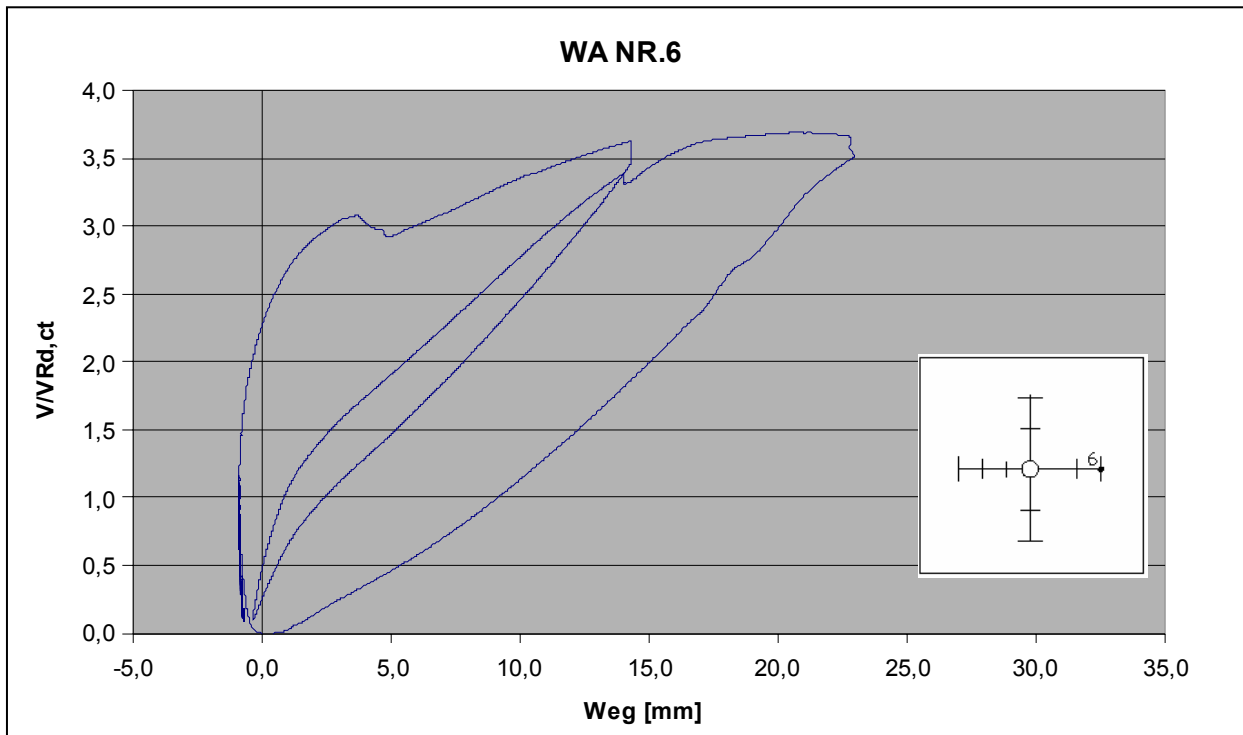
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 3



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 4

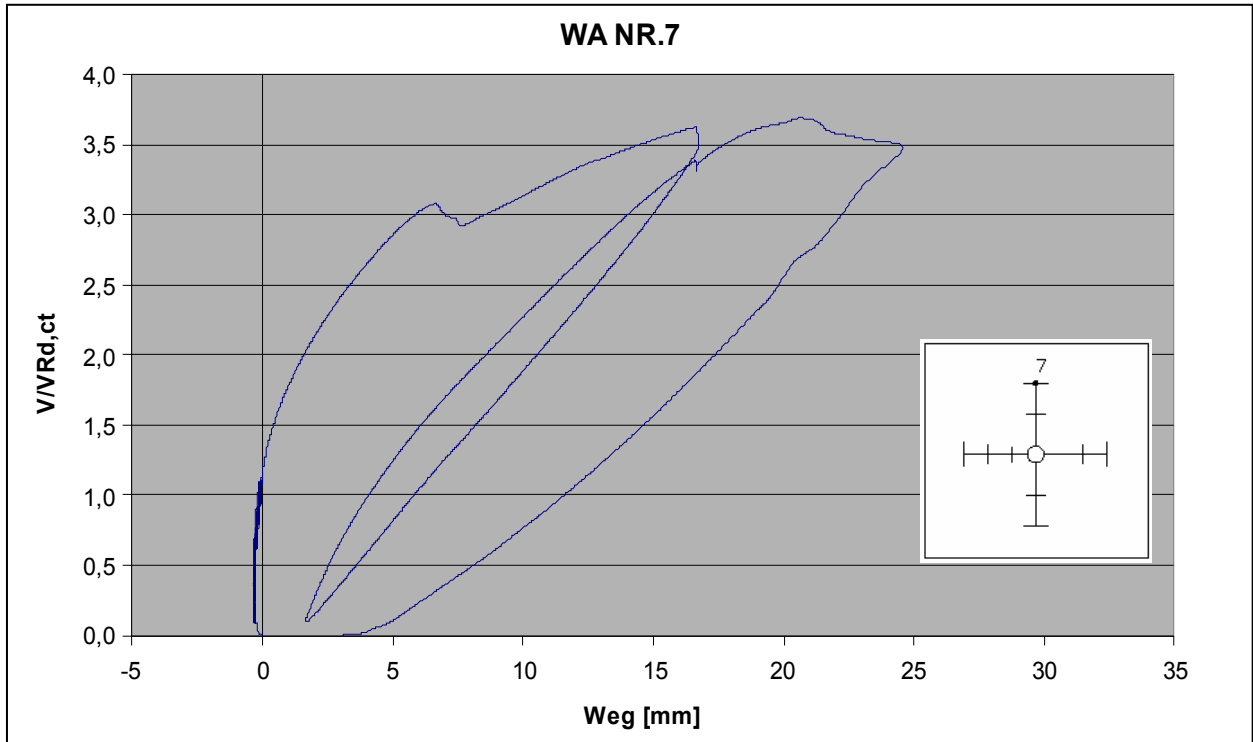


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 5

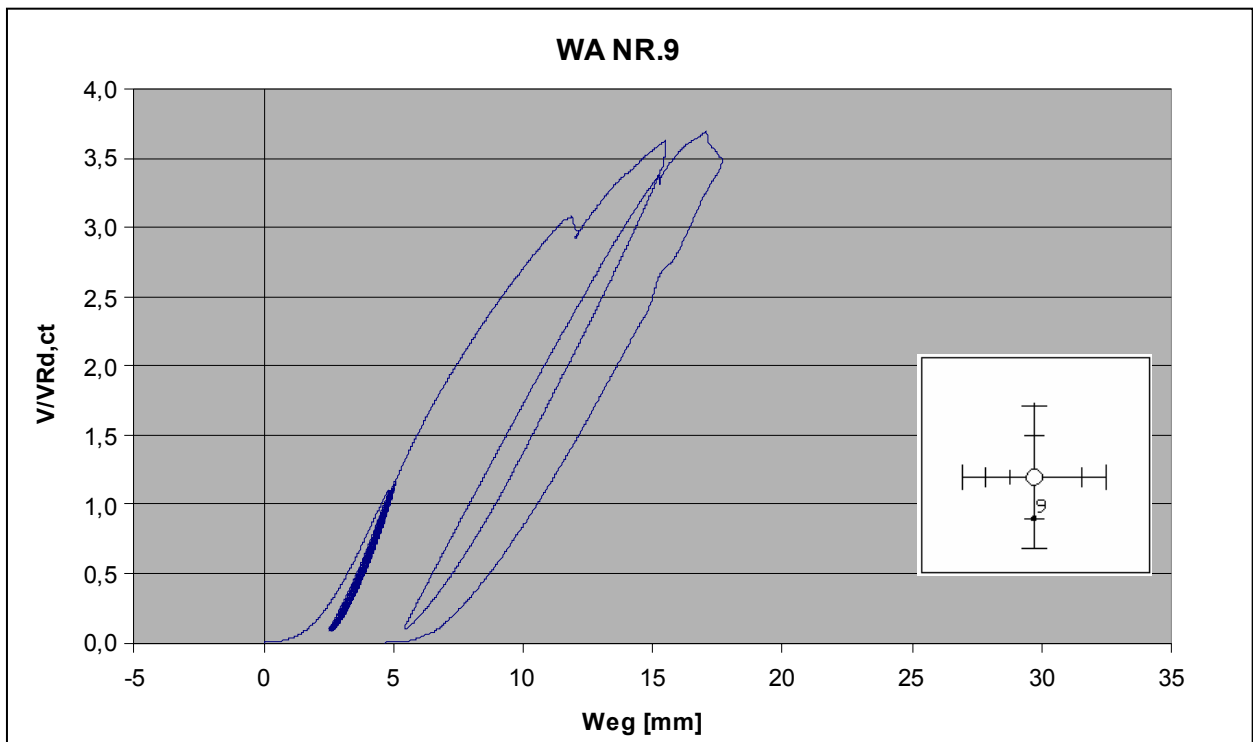


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 6

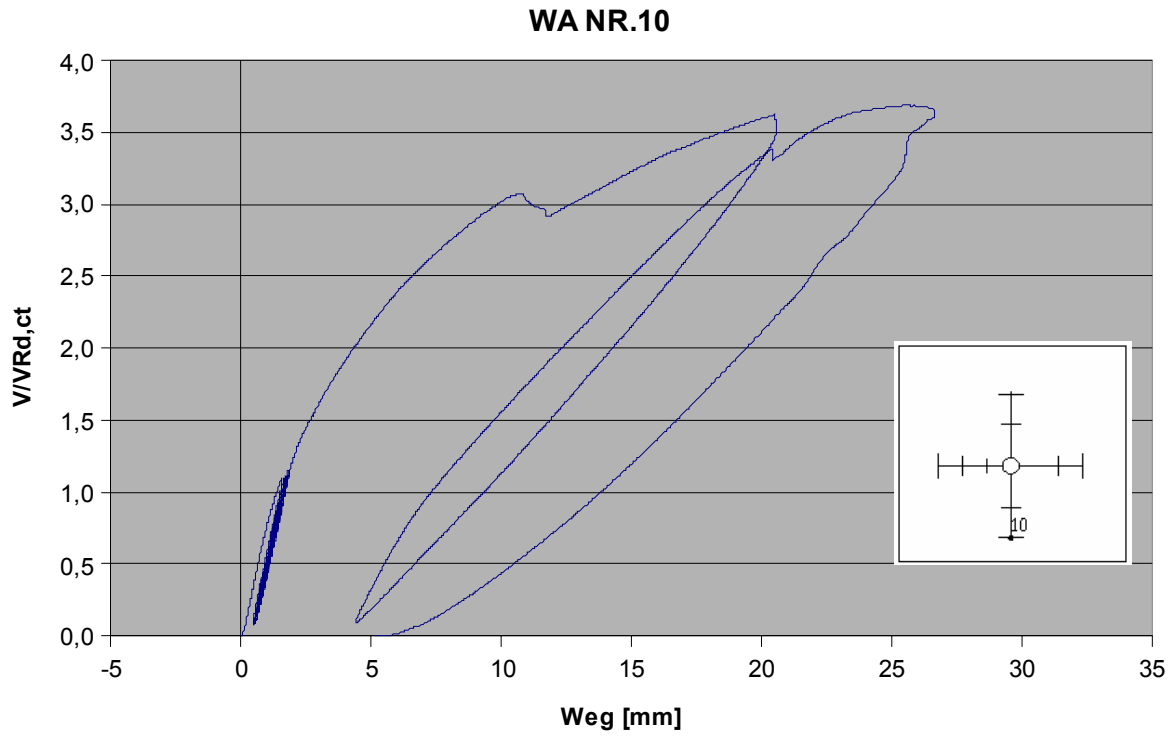




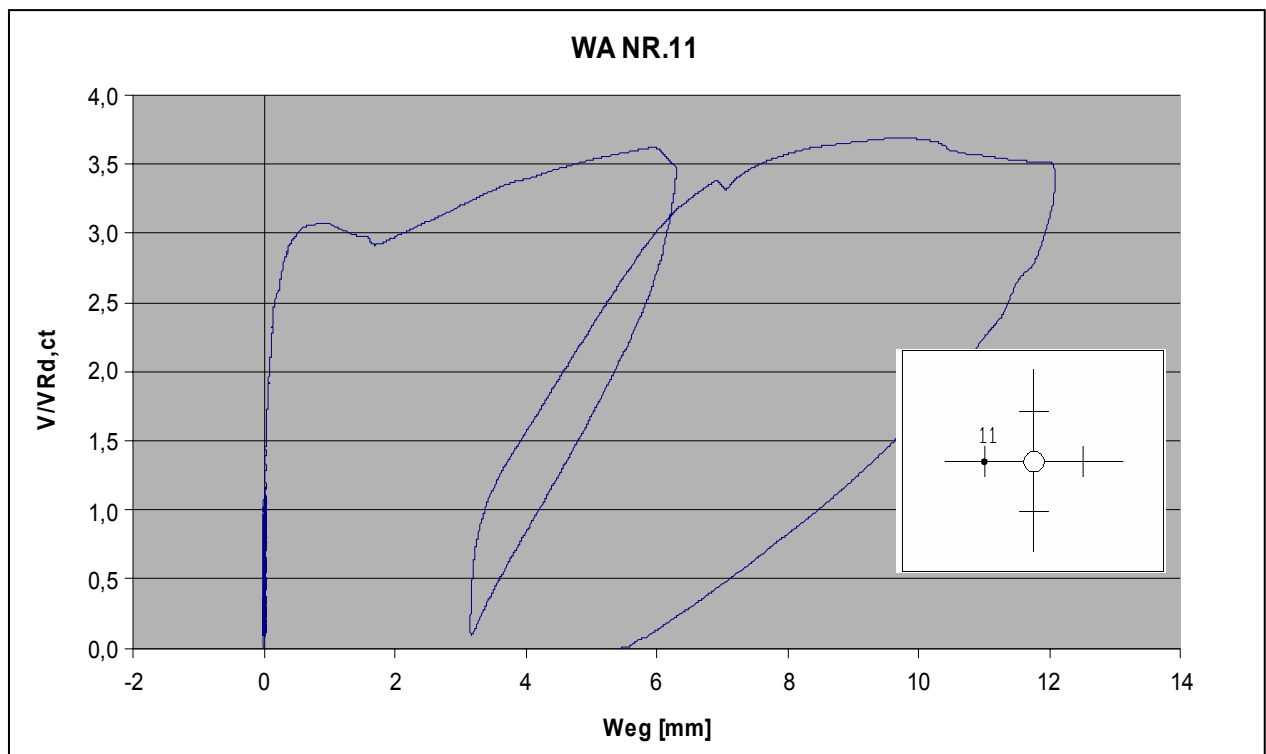
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 7



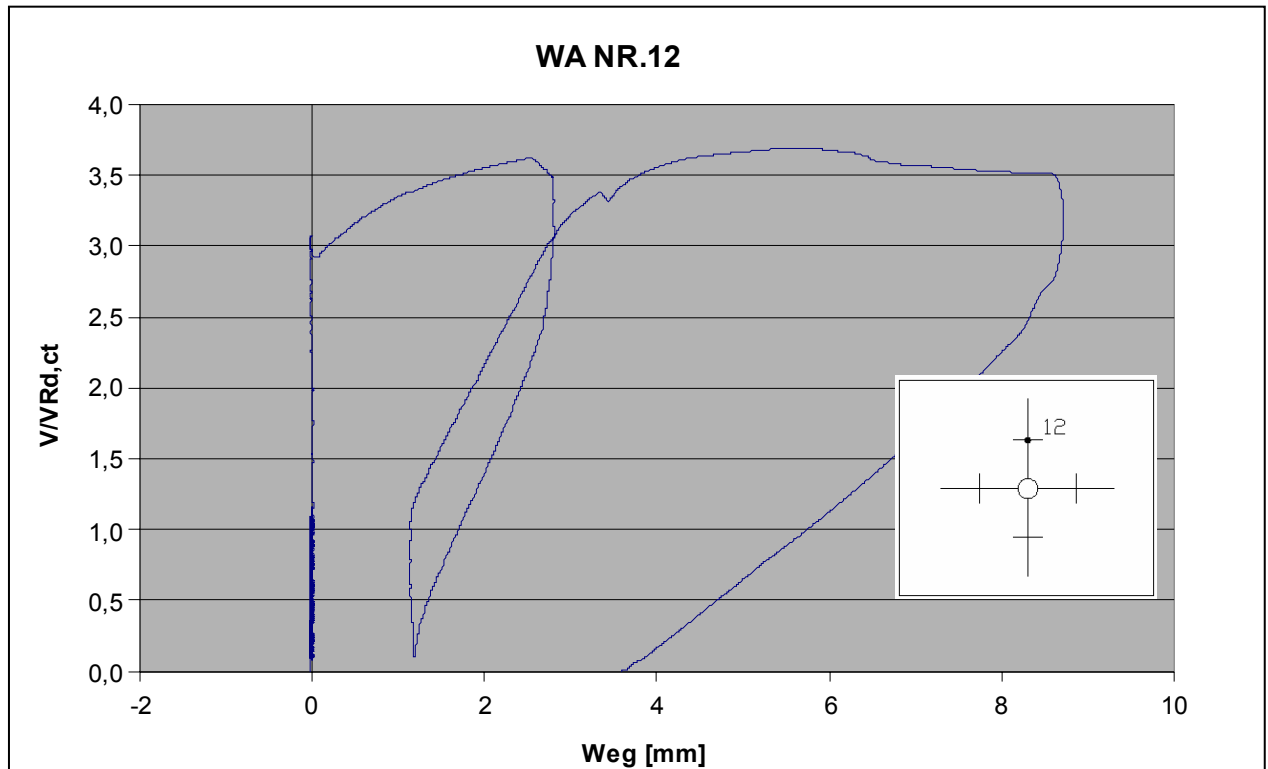
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 9



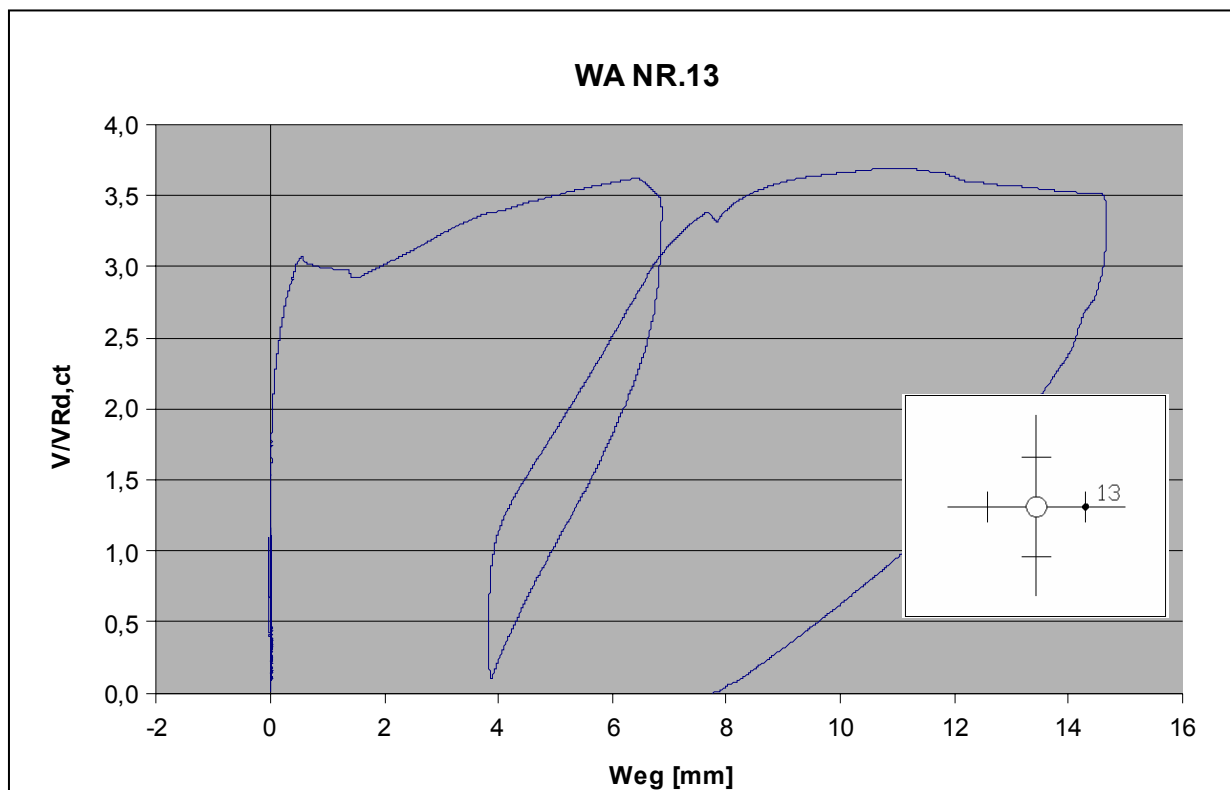
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 10



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 11



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 12



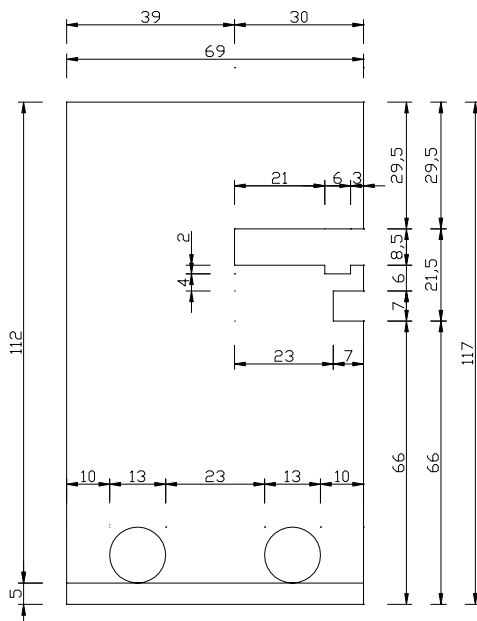
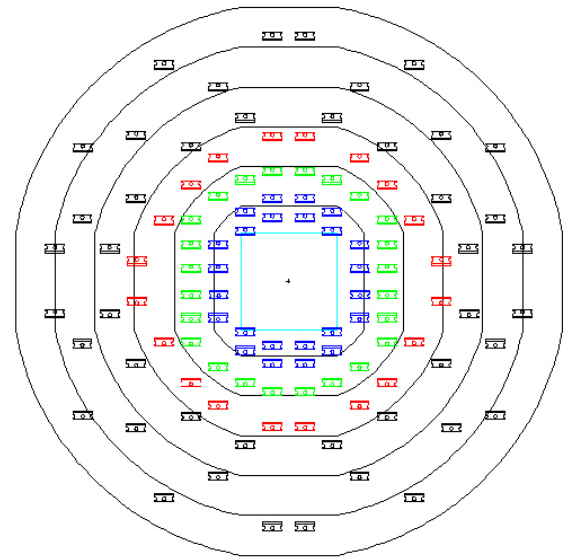
Messung der Plattendicke von Versuchskörper IFw am Wegaufnehmer WA 13

### 3.8 Versuchskörper I0 – Stütze 35,5 x 35,5 cm

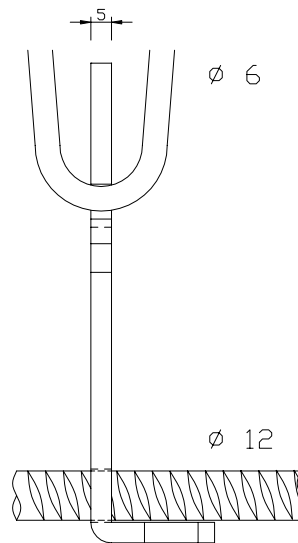
$f_{c,cube}$ :	24,5 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$V_u$ :	1880 [kN]	
$V_{Rd,ct}$ :	491 [kN]	(Berechnung mit $f_{ck} = 11,6$ N/mm <sup>2</sup> ; $\rho_{vorh} = 1,81$ %)
$V_u/V_{Rd,ct}$ :	3,83 [-]	

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

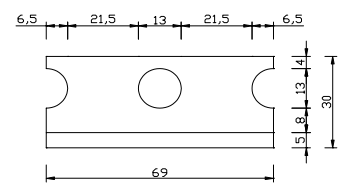
68 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 44 à 5 mm Bleche mit einem Bügel, untere Bewehrung  $\varnothing$  12 mm BST 500, obere Bewehrung  $\varnothing$  15 mm St 900/1100



Vorderansicht

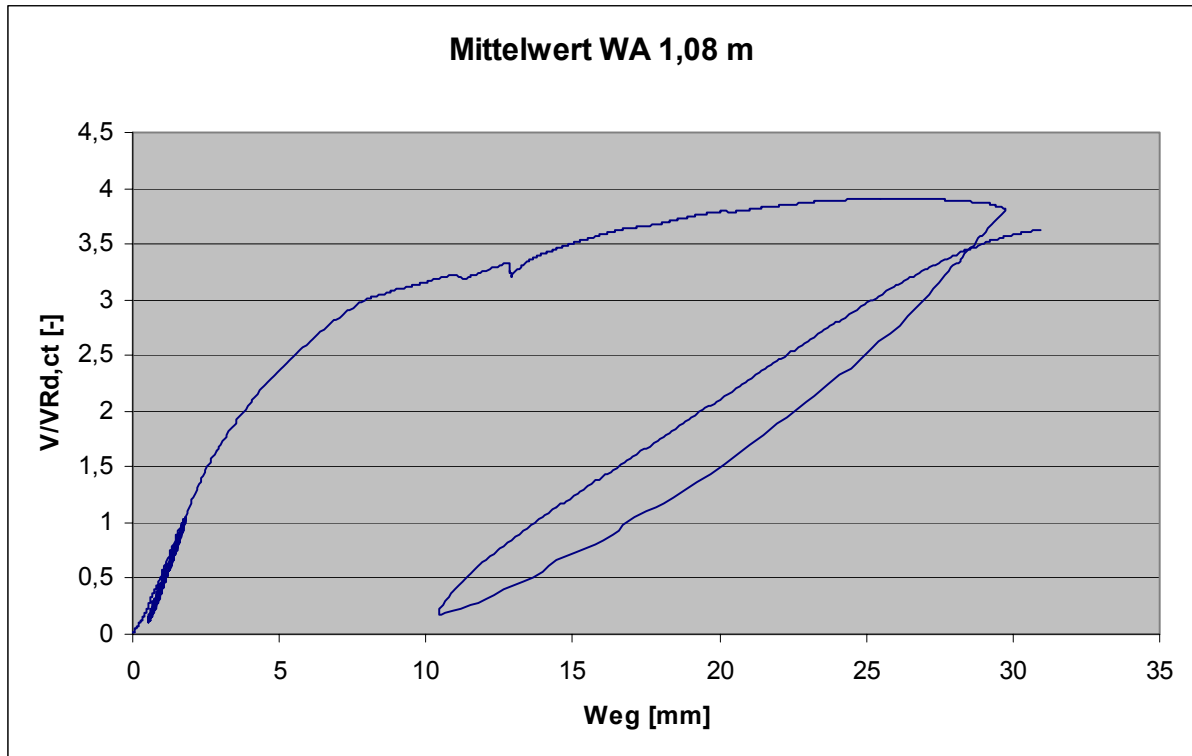


Seitenansicht

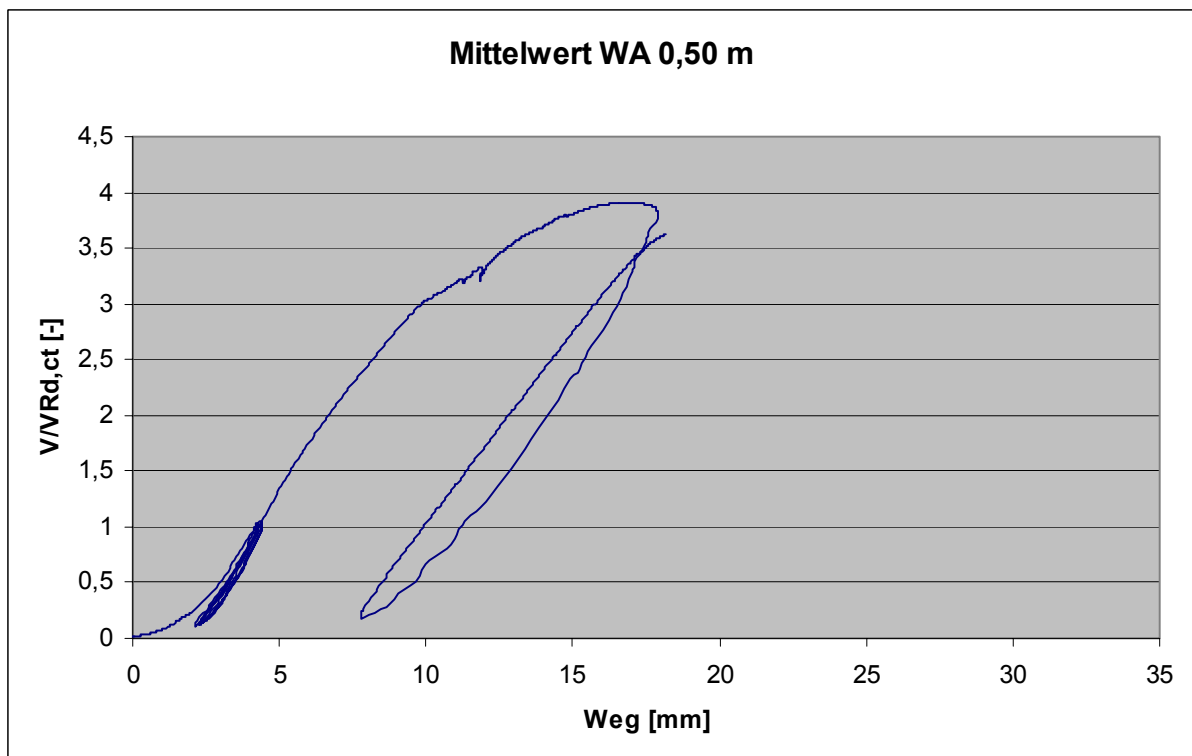


Draufsicht

## Last – Verformungsverhalten



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 0,5 m zur Stützenmitte

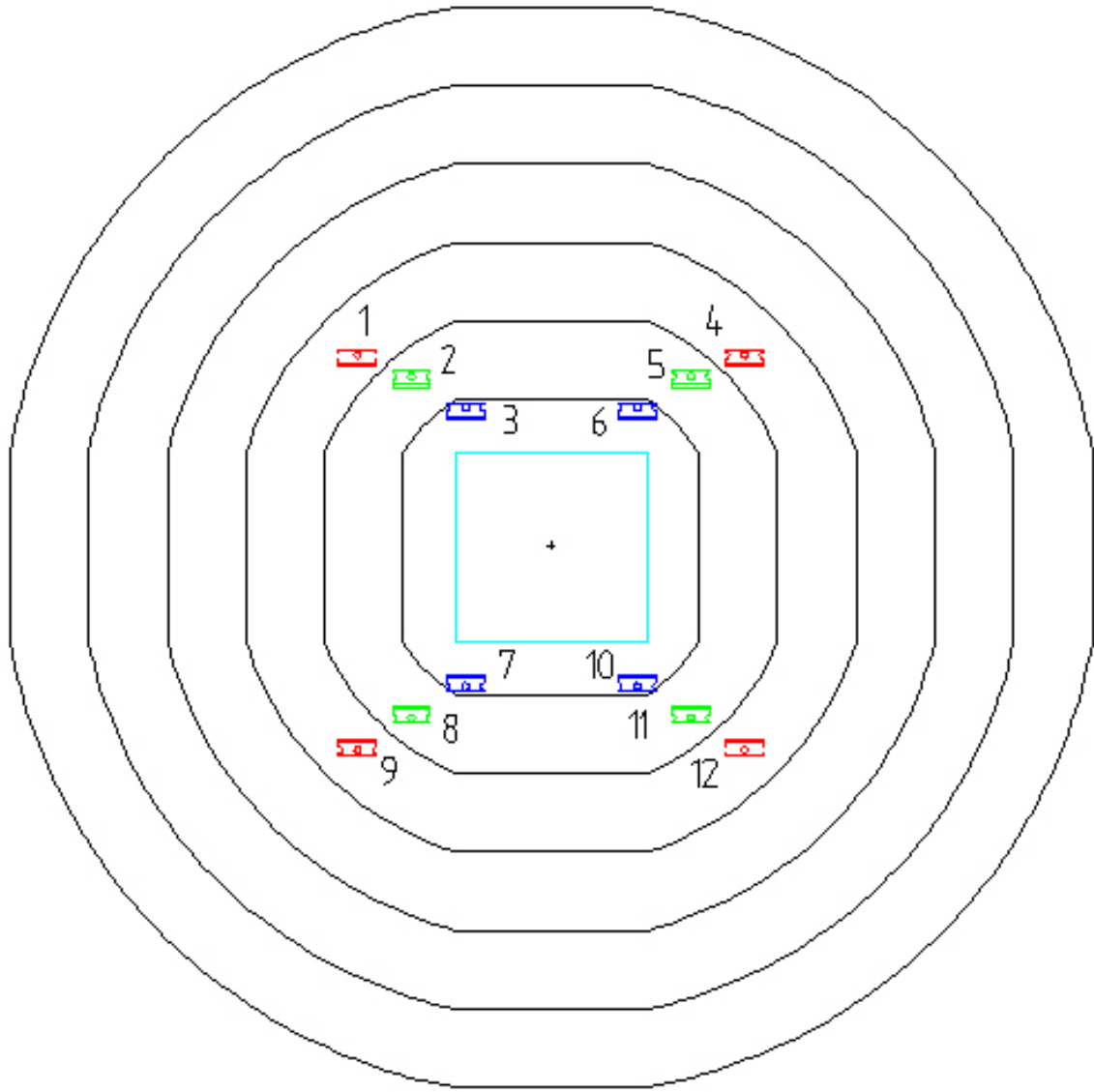
**Darstellung des Rissverlaufs**

**Rissbild von unten (nachgezeichnet)**



**Rissbild des Schnittes**



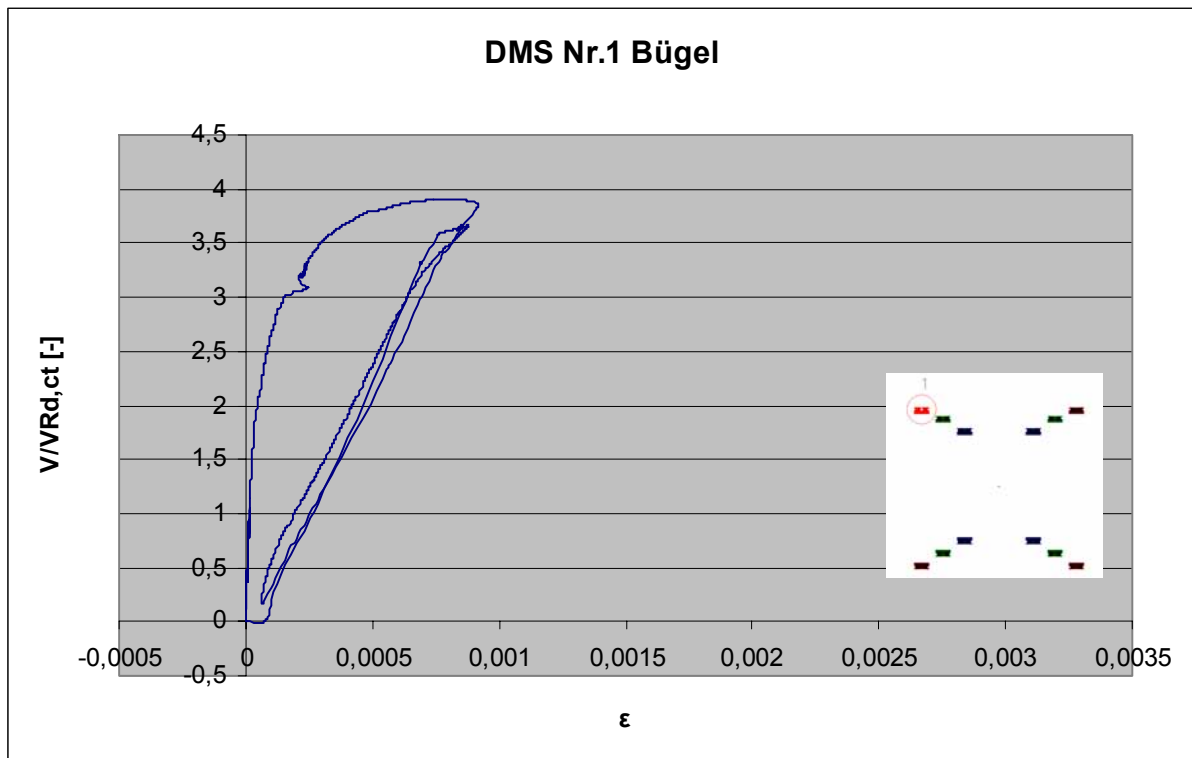


**Anordnung der DMS**

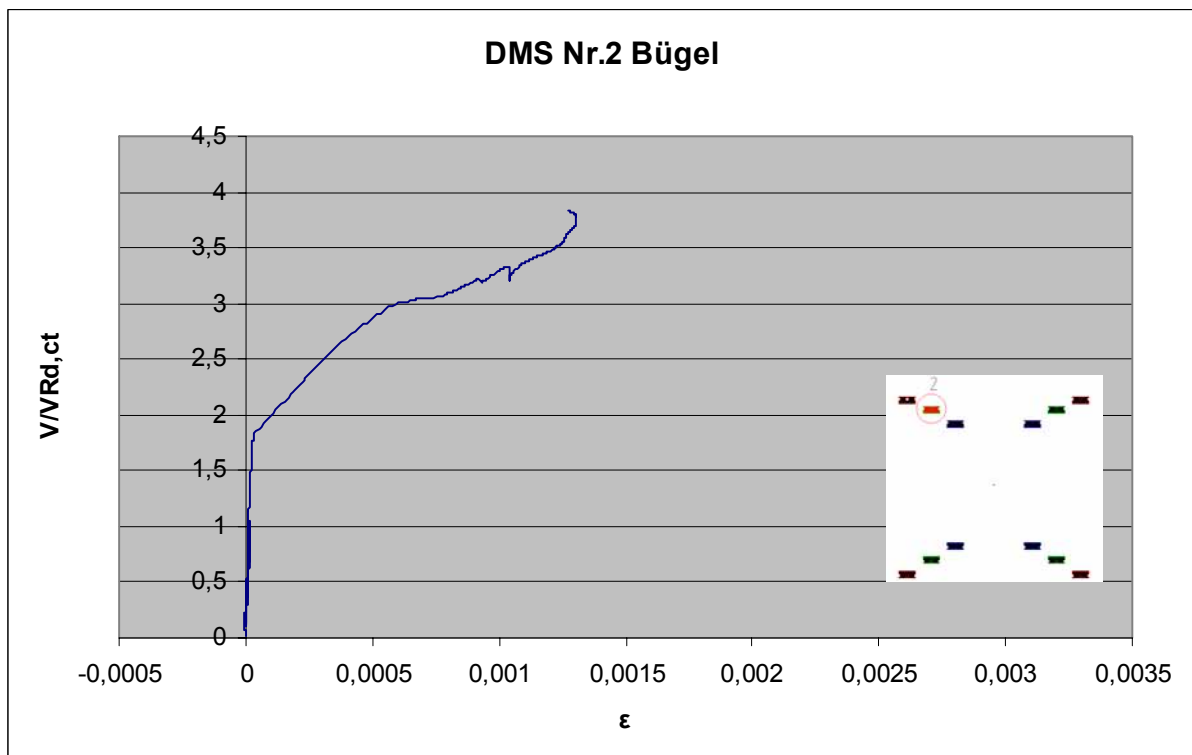


## DMS-Messungen der Bügelbewehrung Versuchskörper I0

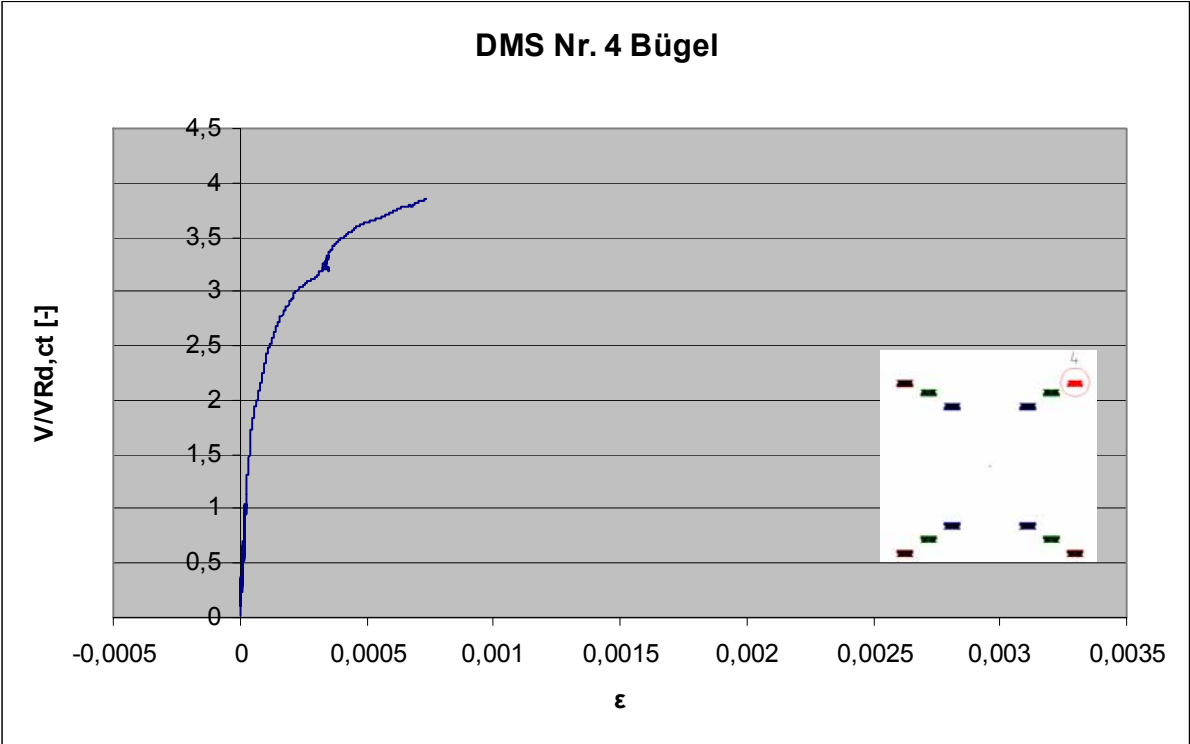
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper I0 am DMS Bü 1



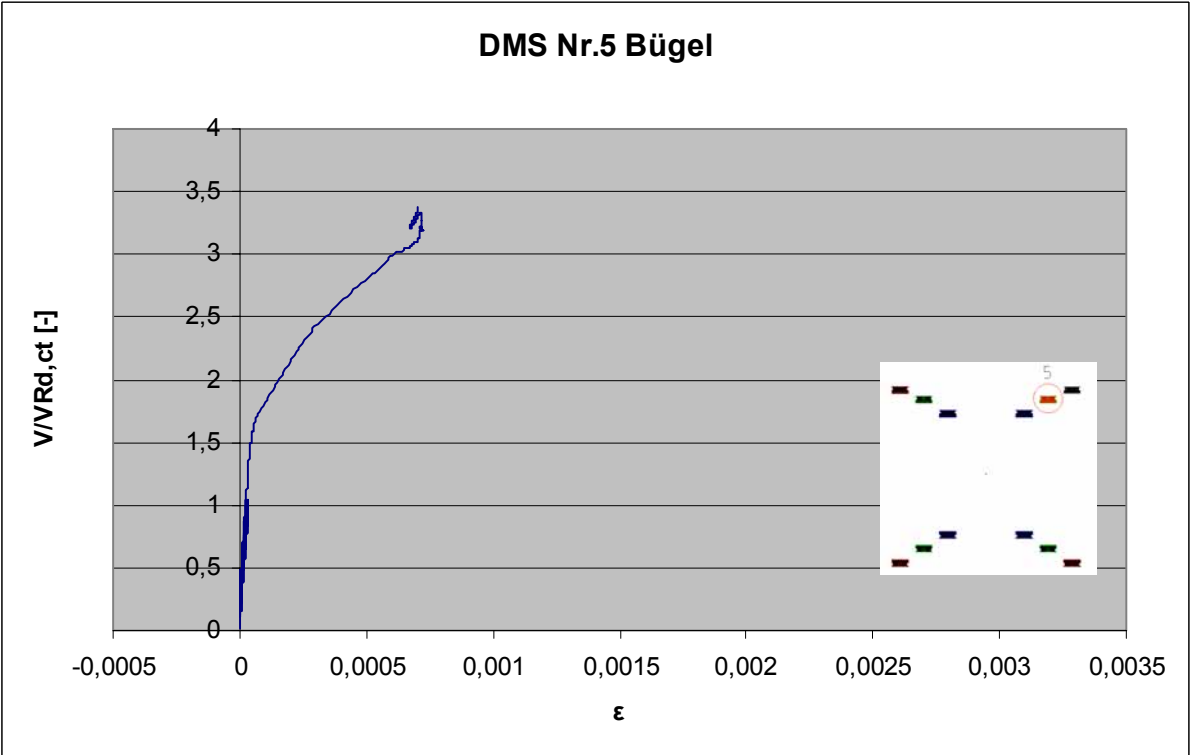
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper I0 am DMS Bü 2



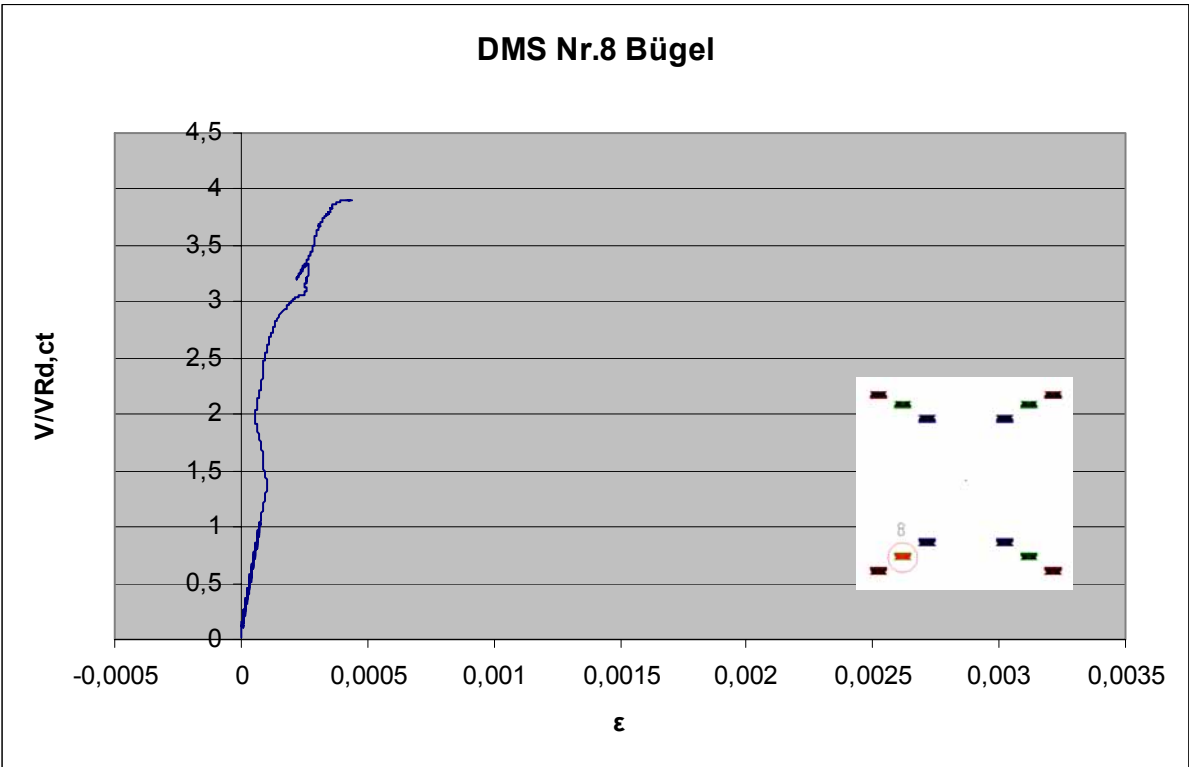
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper I0 am DMS Bü 4



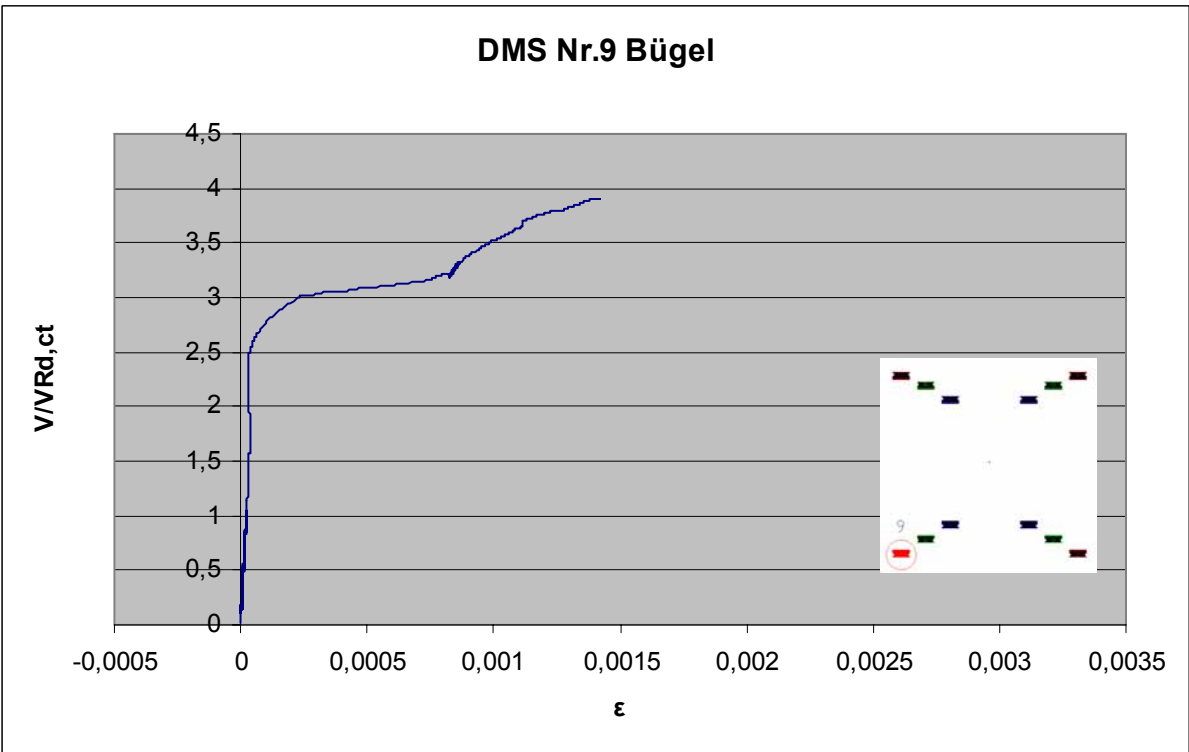
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper I0 am DMS Bü 5



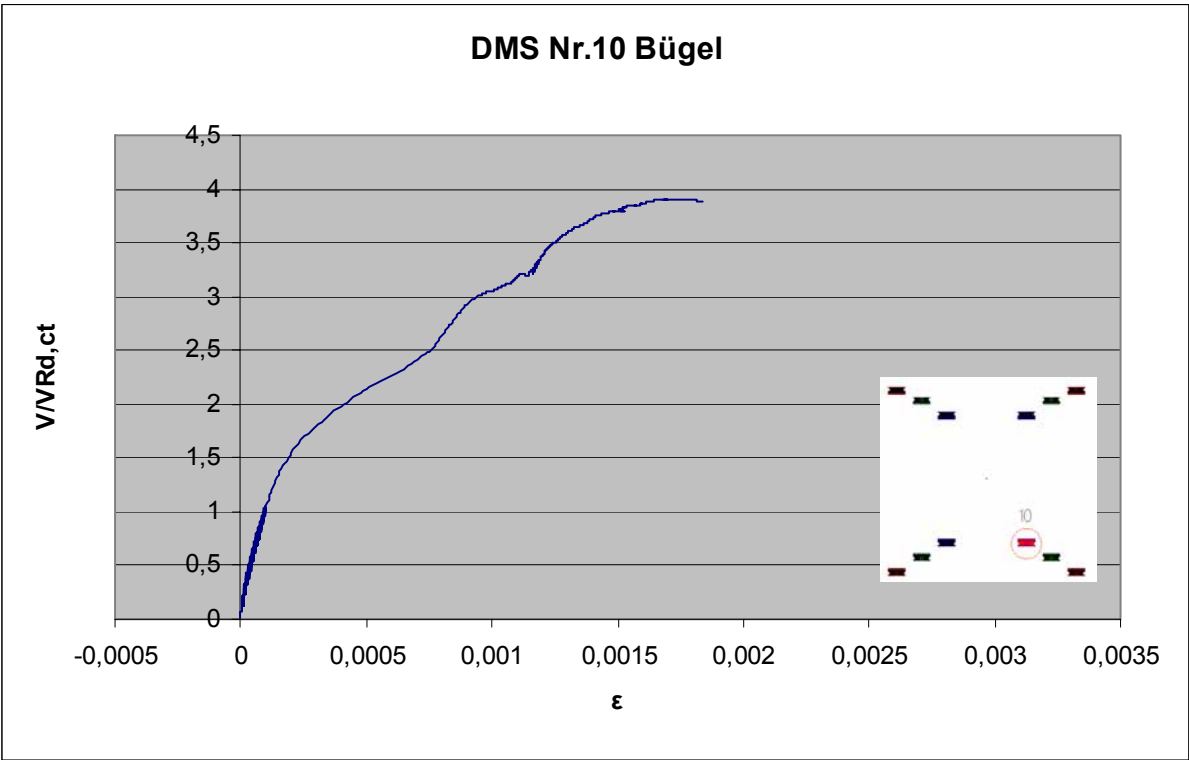
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper I0 am DMS Bü 8



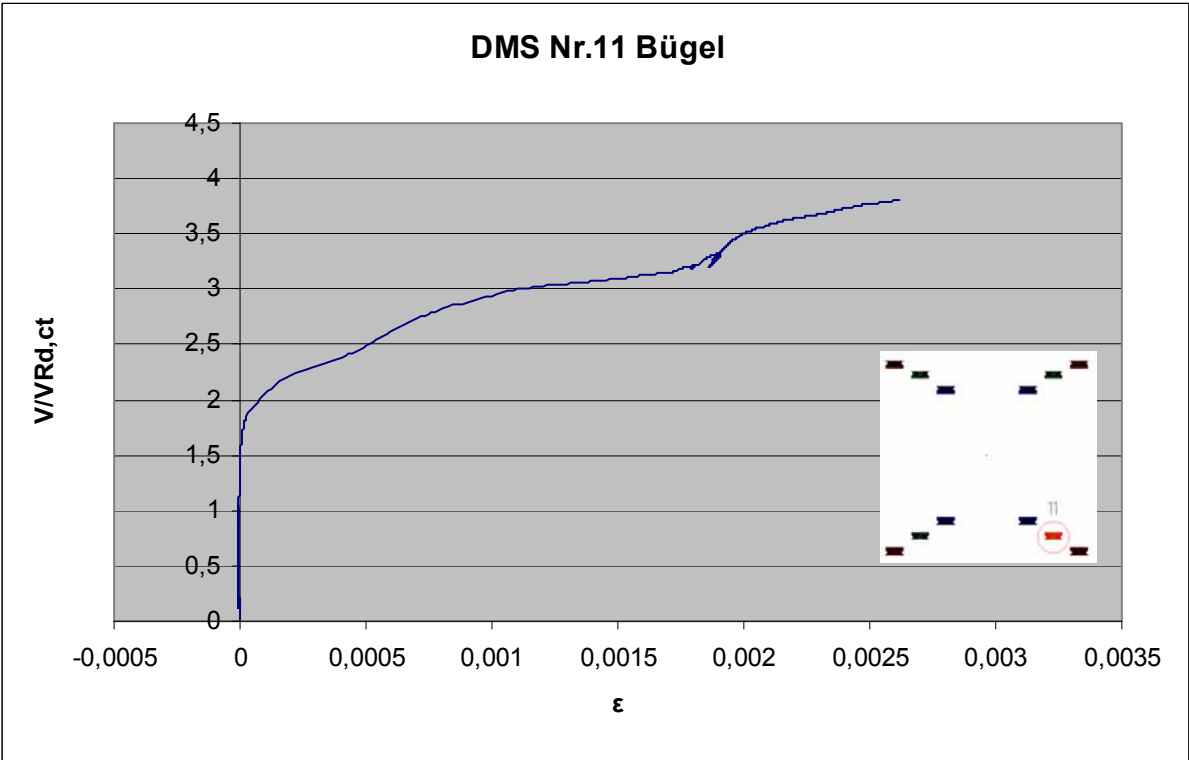
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper I0 am DMS Bü 9



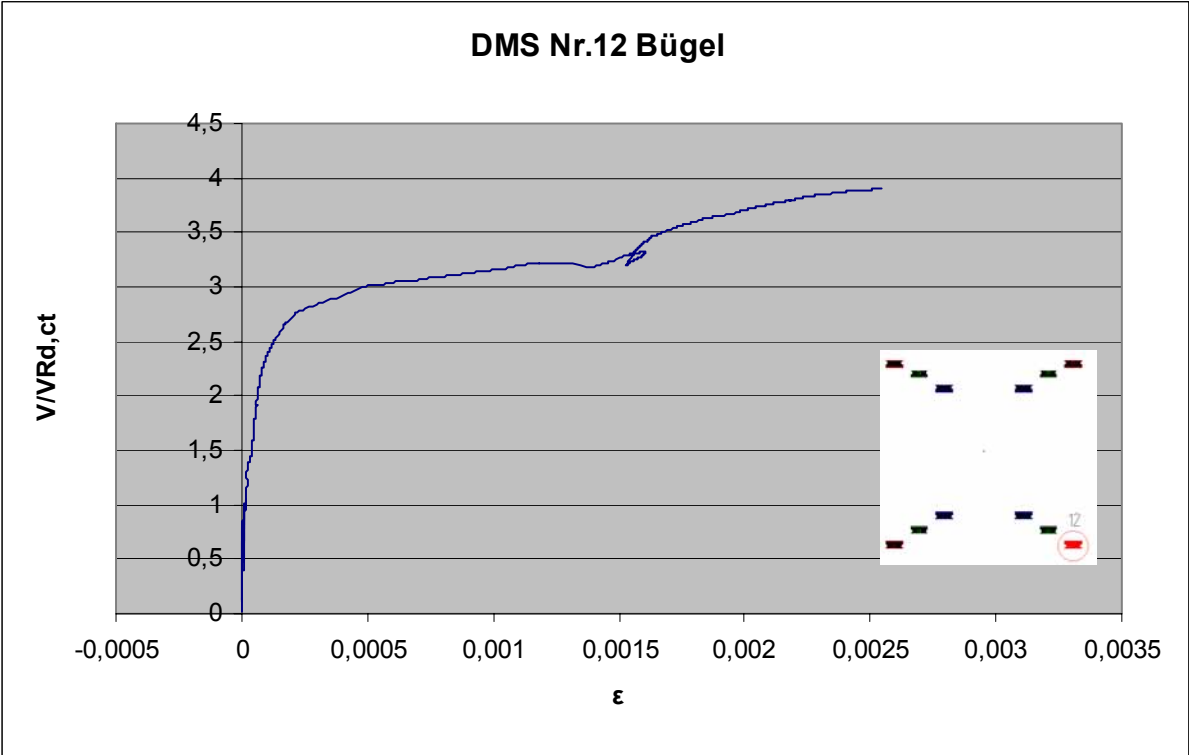
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper I0 am DMS Bü 10



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper I0 am DMS Bü 11



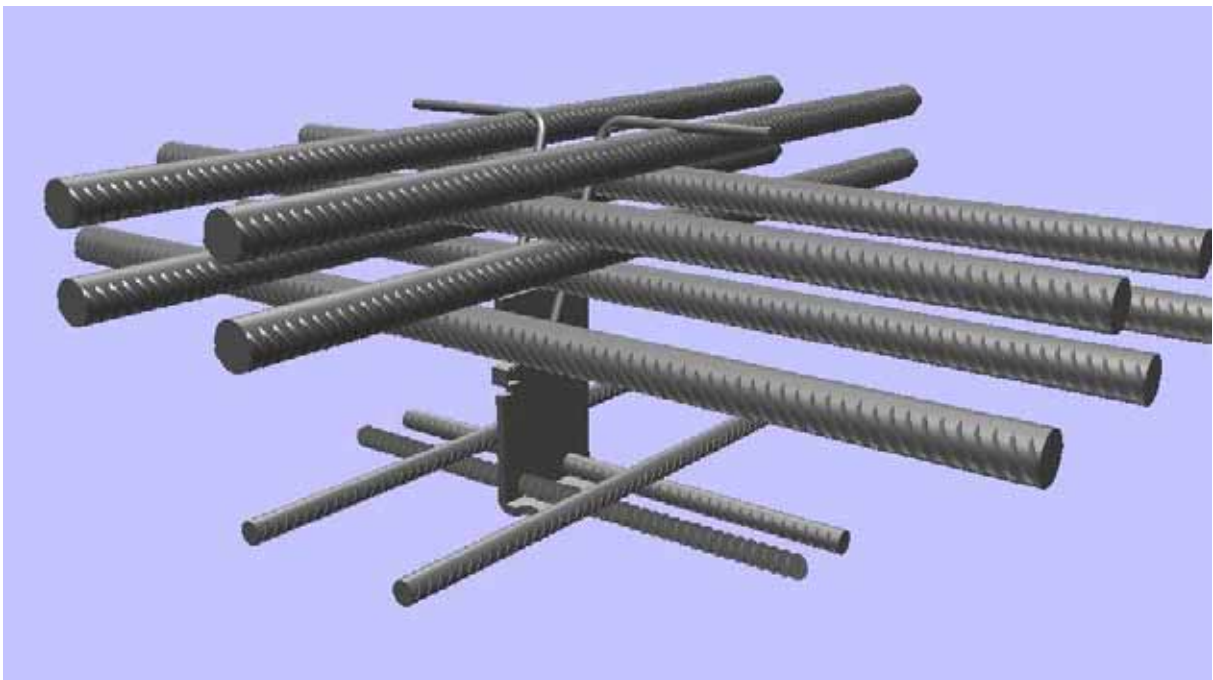
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper I0 am DMS Bü 12



**Einbauteil mit Bügel**

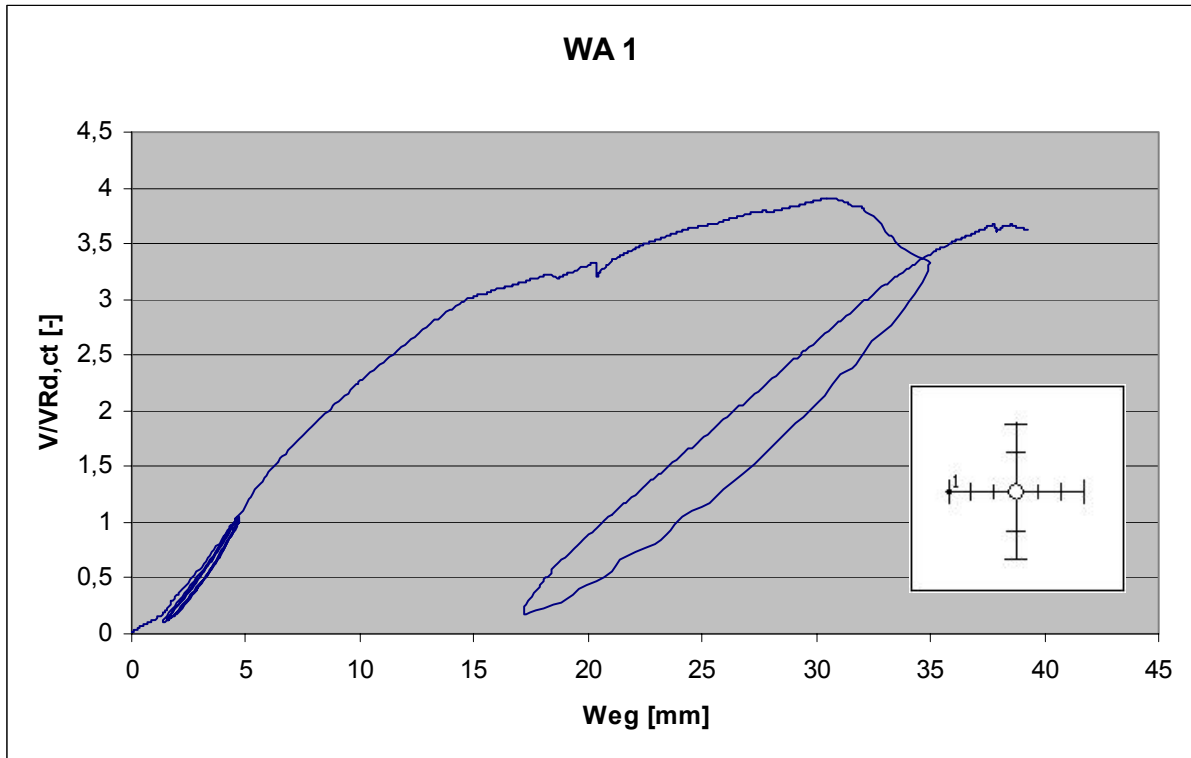


**Einbausituation eines Einbauteils**

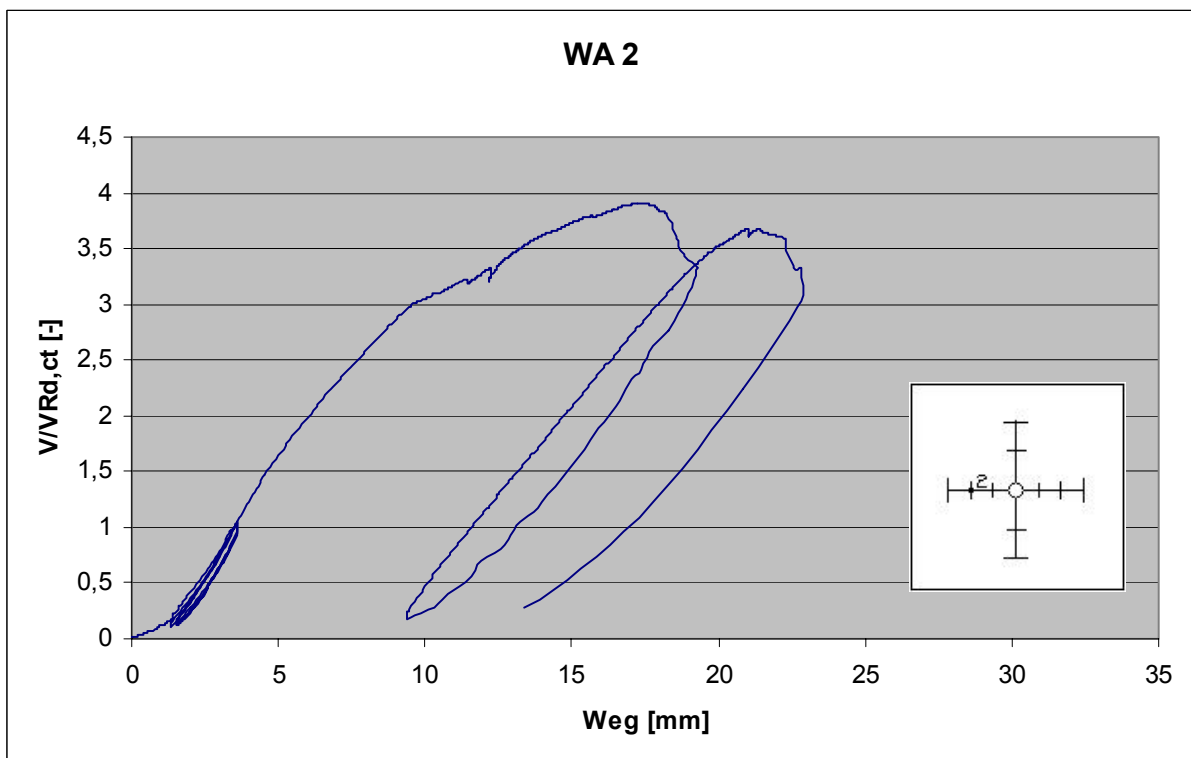


## Daten der induktiven Wegaufnehmer

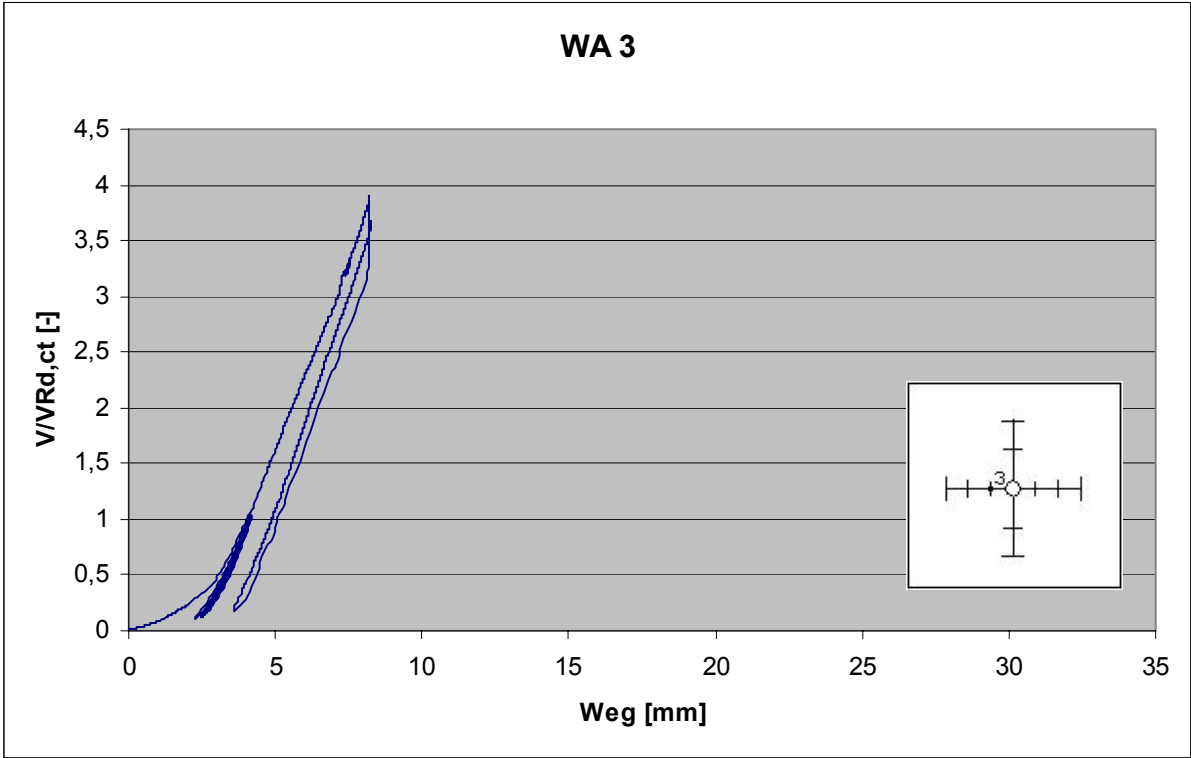
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper I0 am Wegaufnehmer WA 1



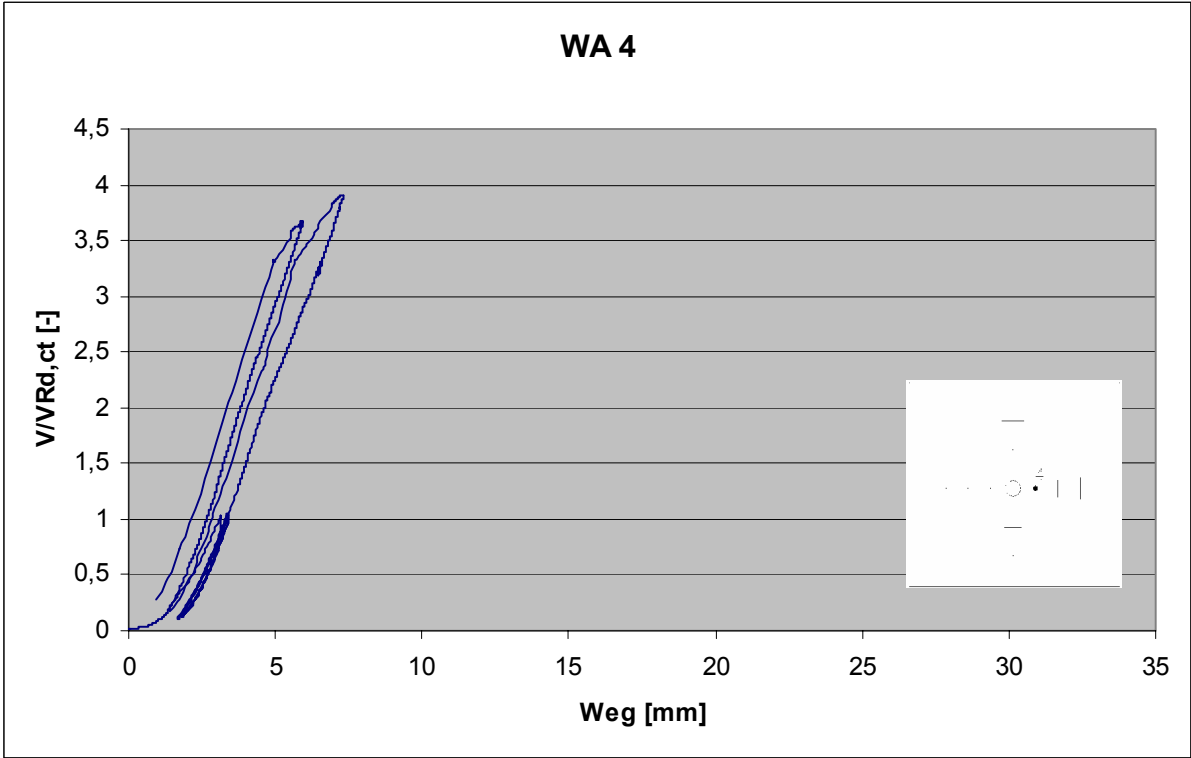
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper I0 am Wegaufnehmer WA 2



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper I0 am Wegaufnehmer WA 3

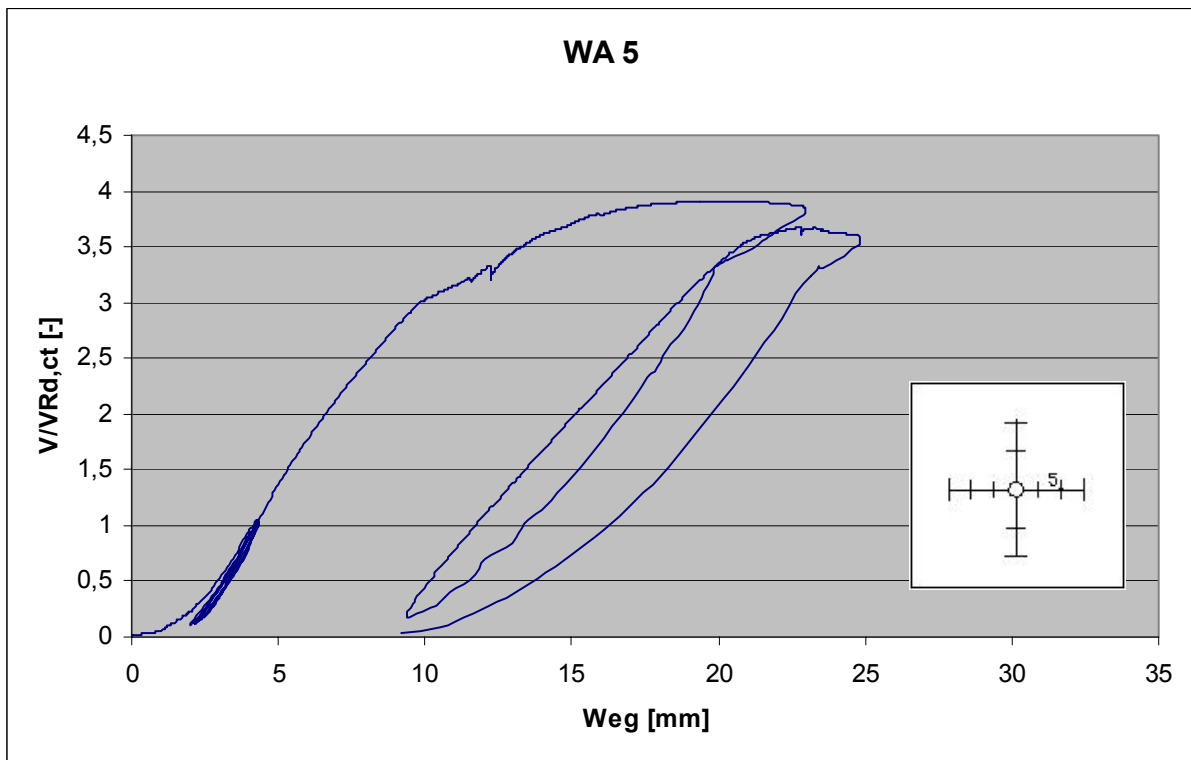


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper I0 am Wegaufnehmer WA 4

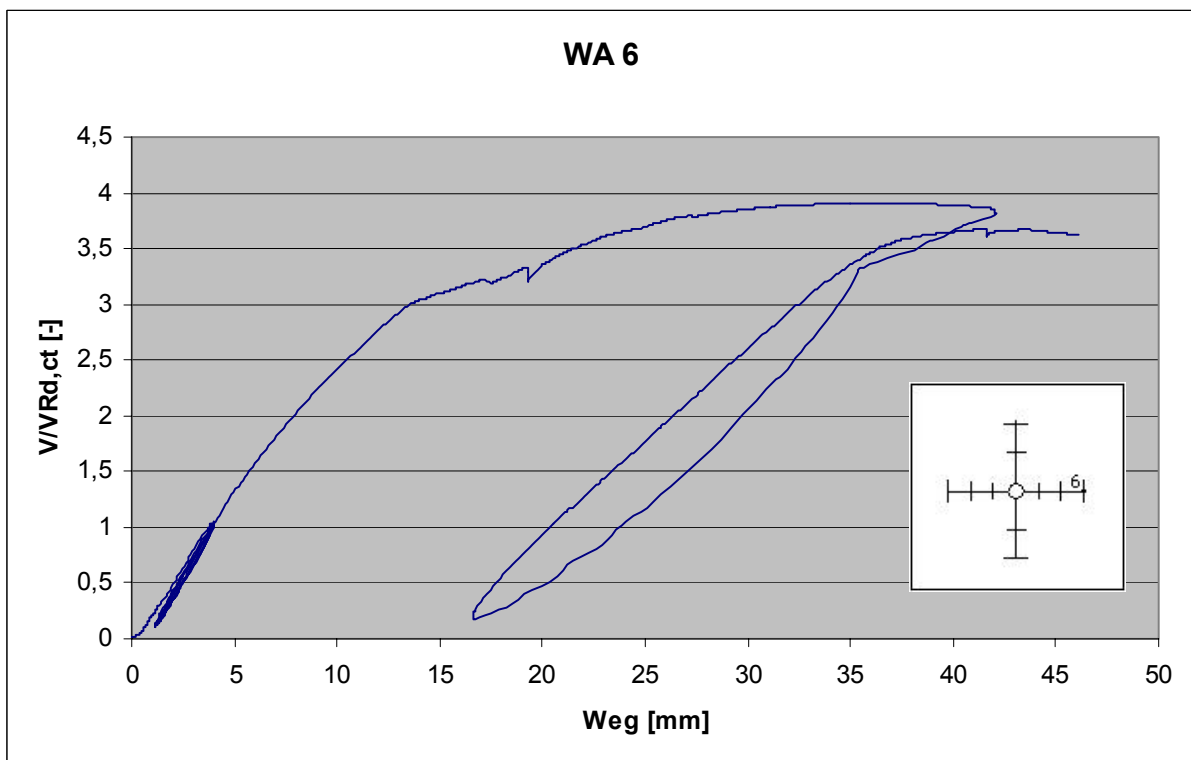




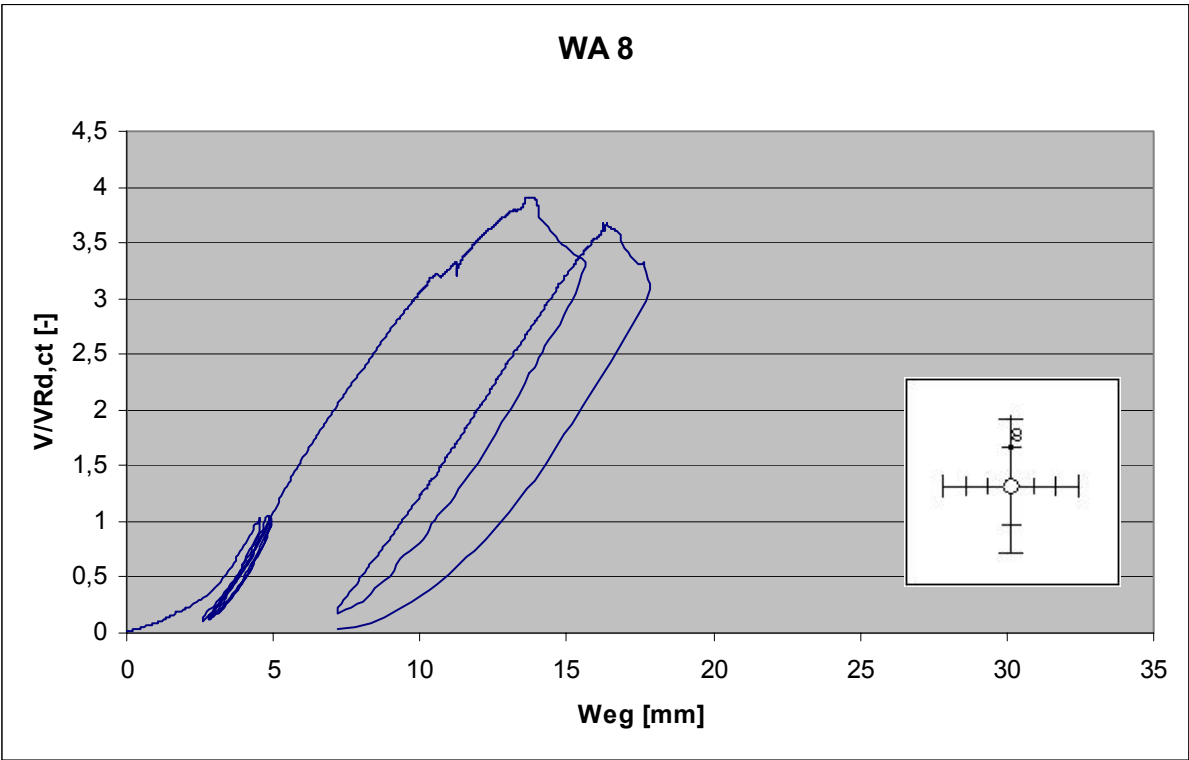
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper I0 am Wegaufnehmer WA 5



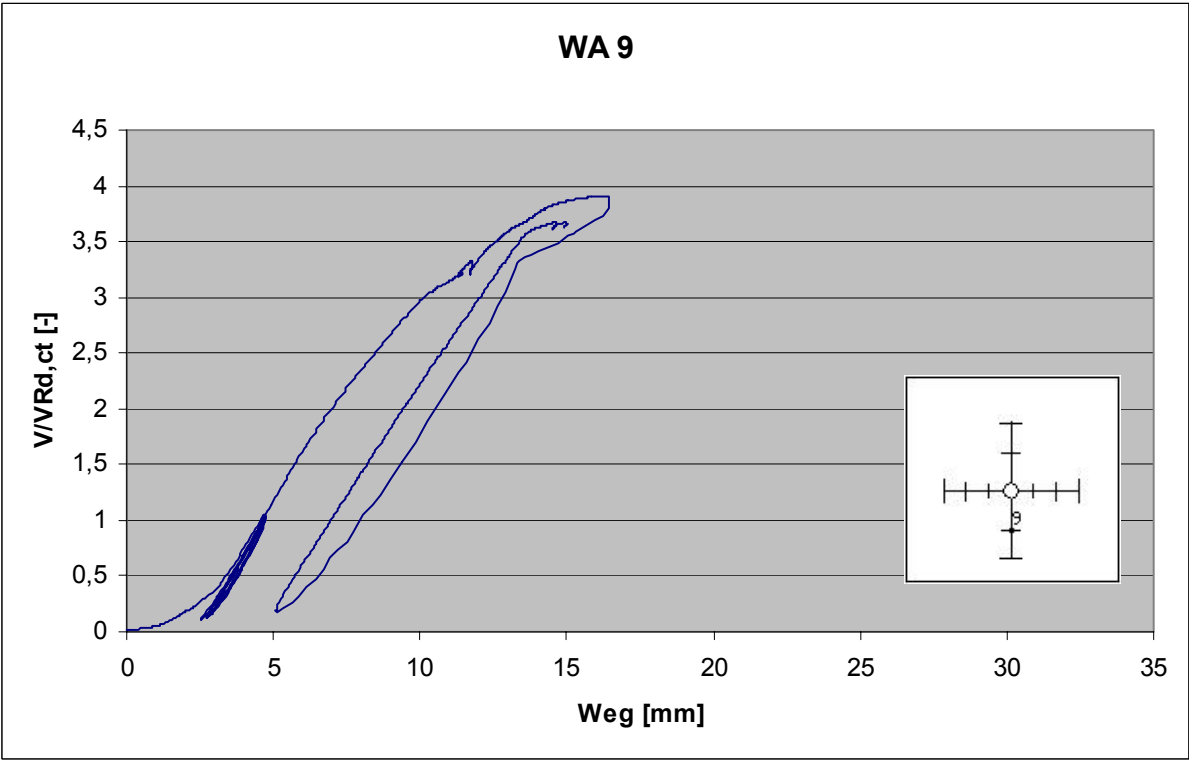
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper I0 am Wegaufnehmer WA 6



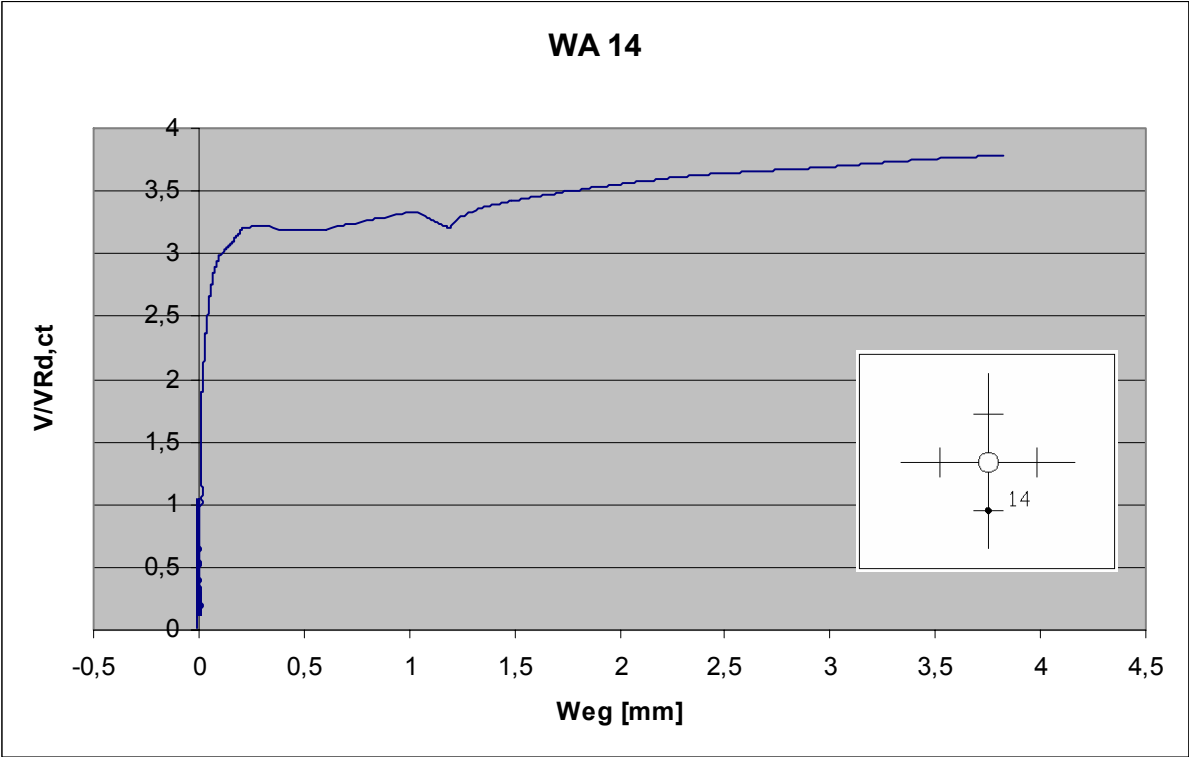
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper I0 am Wegaufnehmer WA 8



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper I0 am Wegaufnehmer WA 9



Messung der Plattendicke von Versuchskörper I0 am Wegaufnehmer WA 14

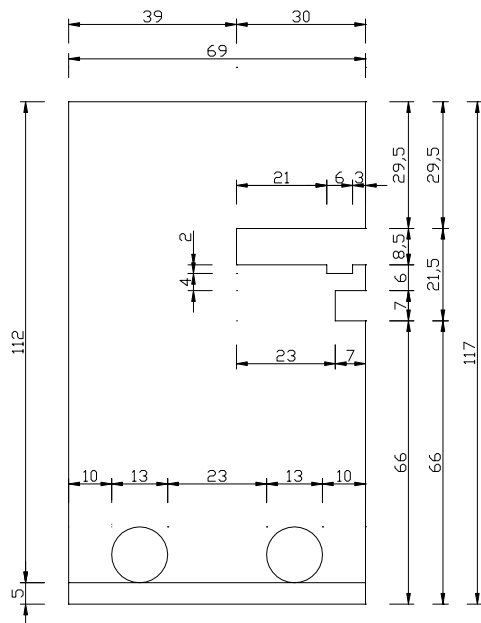
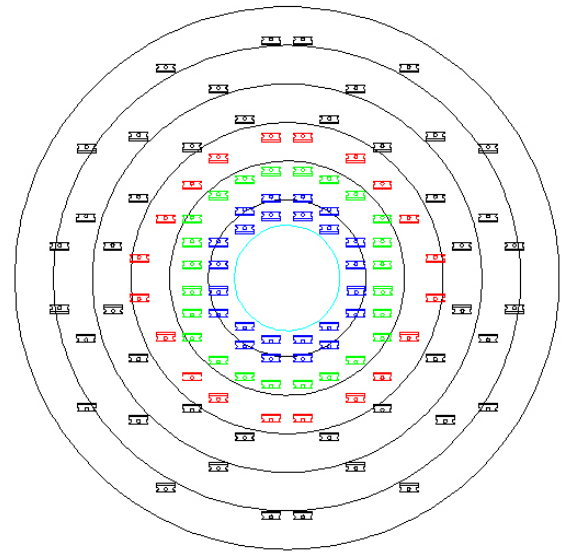


### 3.9 Versuchskörper IP – Stütze ø 40 cm

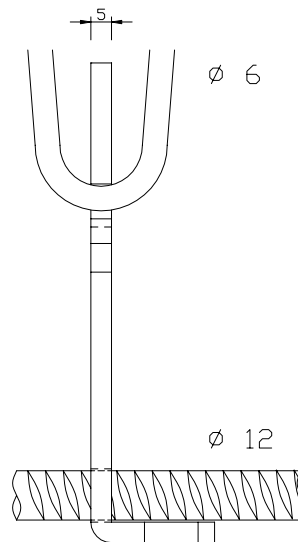
$f_{c,cube}$ :	27,7 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$V_u$ :	1920 [kN]	
$V_{Rd,ct}$ :	504 [kN]	(Berechnung mit $f_{ck} = 14,7$ N/mm <sup>2</sup> ; $\rho_{vorh} = 1,81$ %)
$V_u/V_{Rd,ct}$ :	3,81 [-]	

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

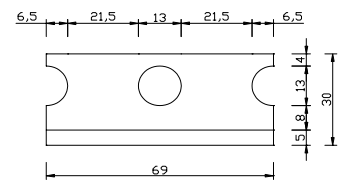
68 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 44 à 5 mm Bleche mit einem Bügel, untere Bewehrung Ø 12 mm BST 500, obere Bewehrung Ø 15 mm St 900/1100



Vorderansicht

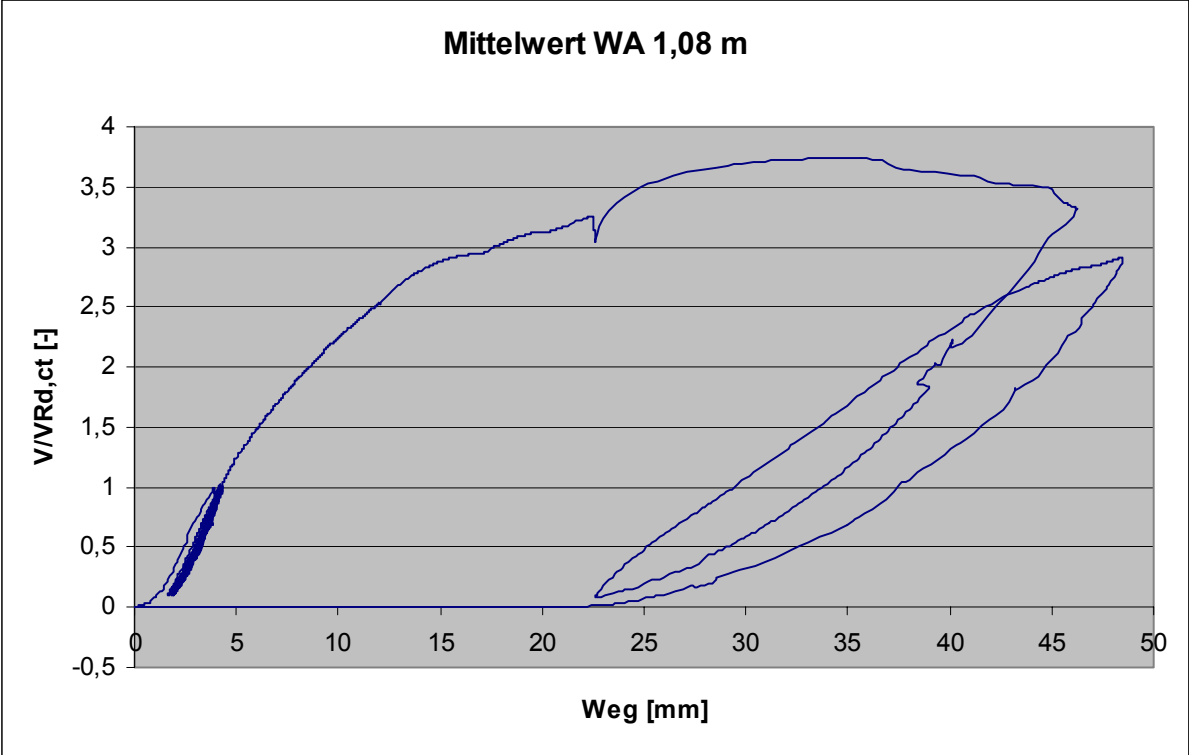


Seitenansicht

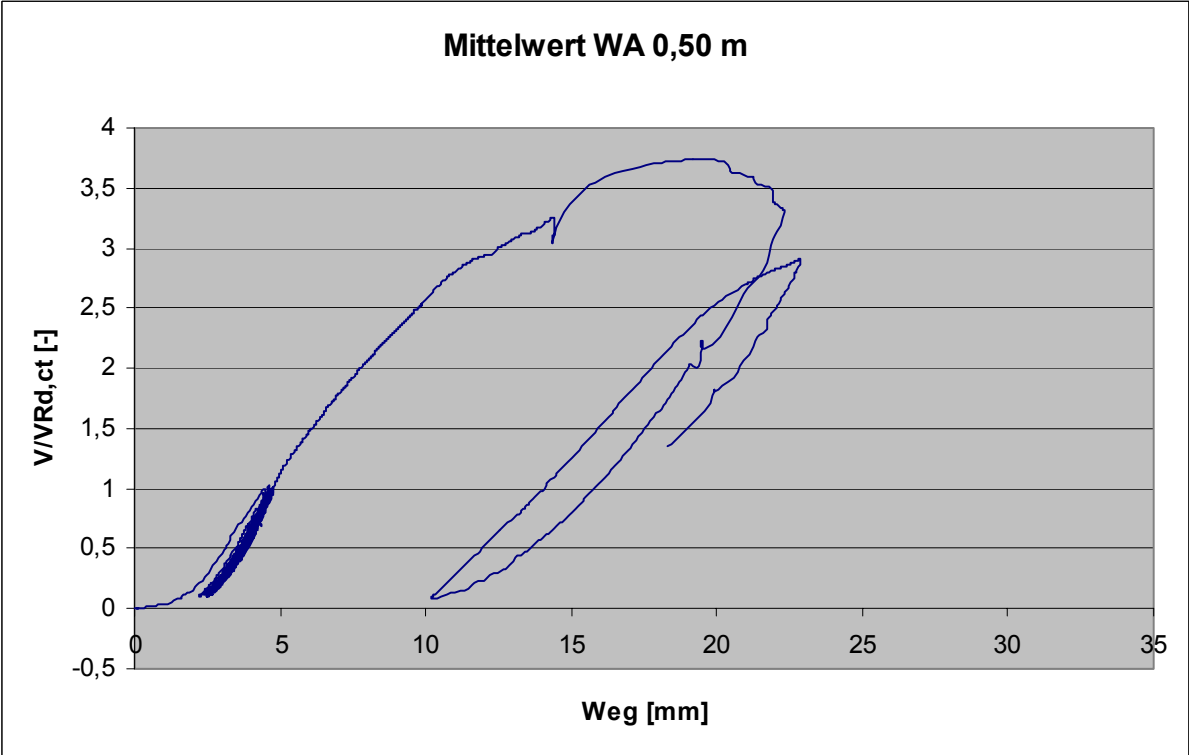


Draufsicht

**Last – Verformungsverhalten**



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 0,5 m zur Stützenmitte

**Darstellung des Rissverlaufs**

**Rissbild von unten (nachgezeichnet)**

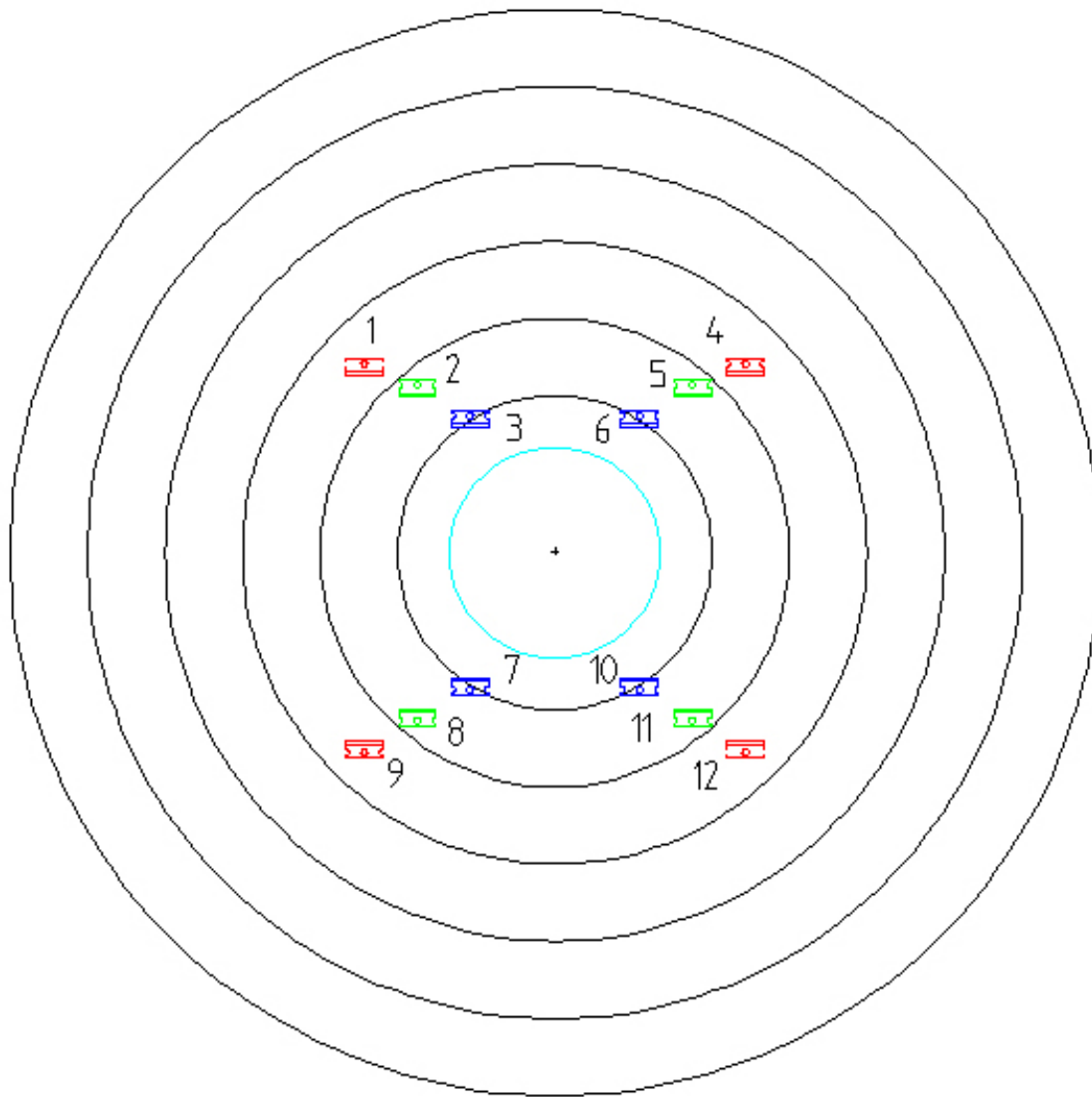


**Rissbild von unten (nachgezeichnet)**



**Rissbild des Schnittes**



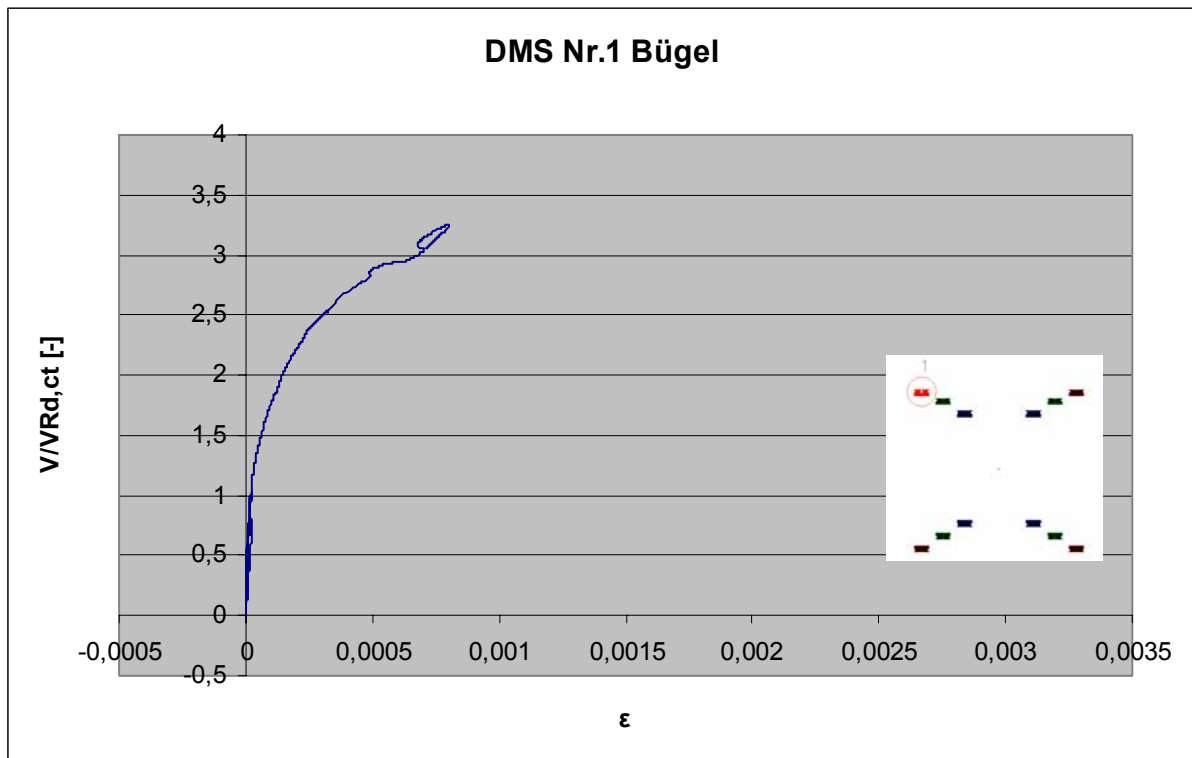


**Anordnung der DMS**

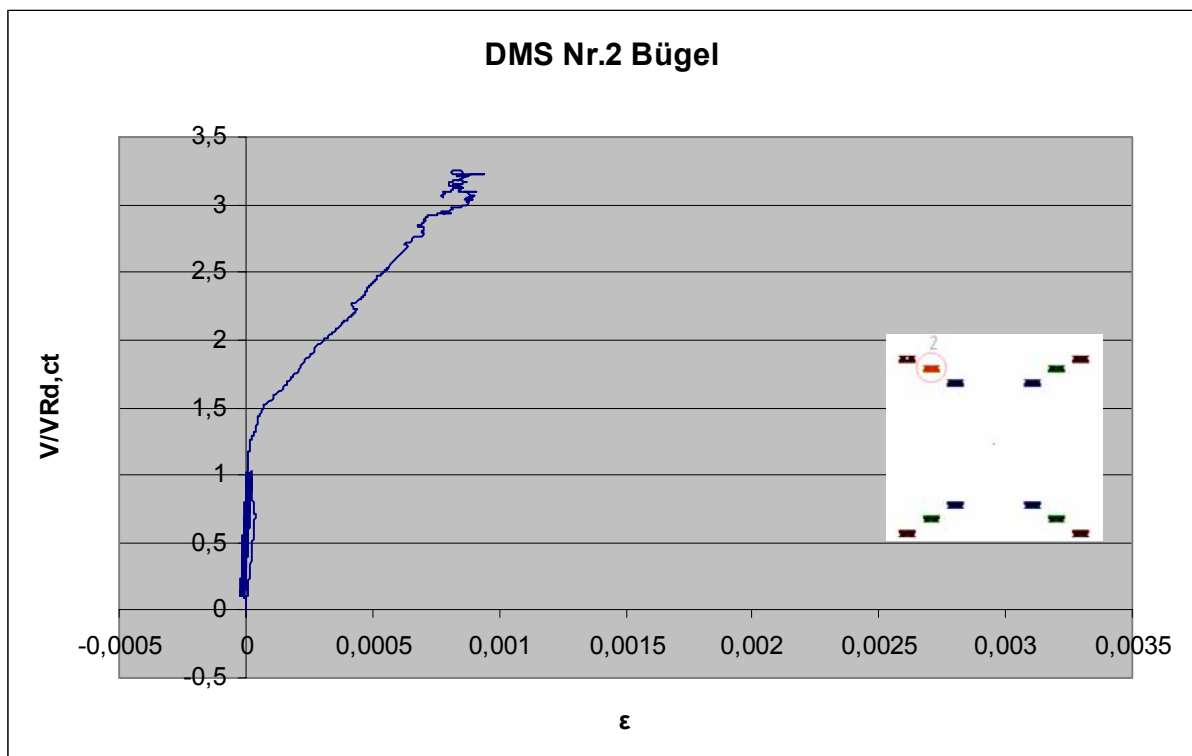


## DMS-Messungen der Bügelbewehrung Versuchskörper IP

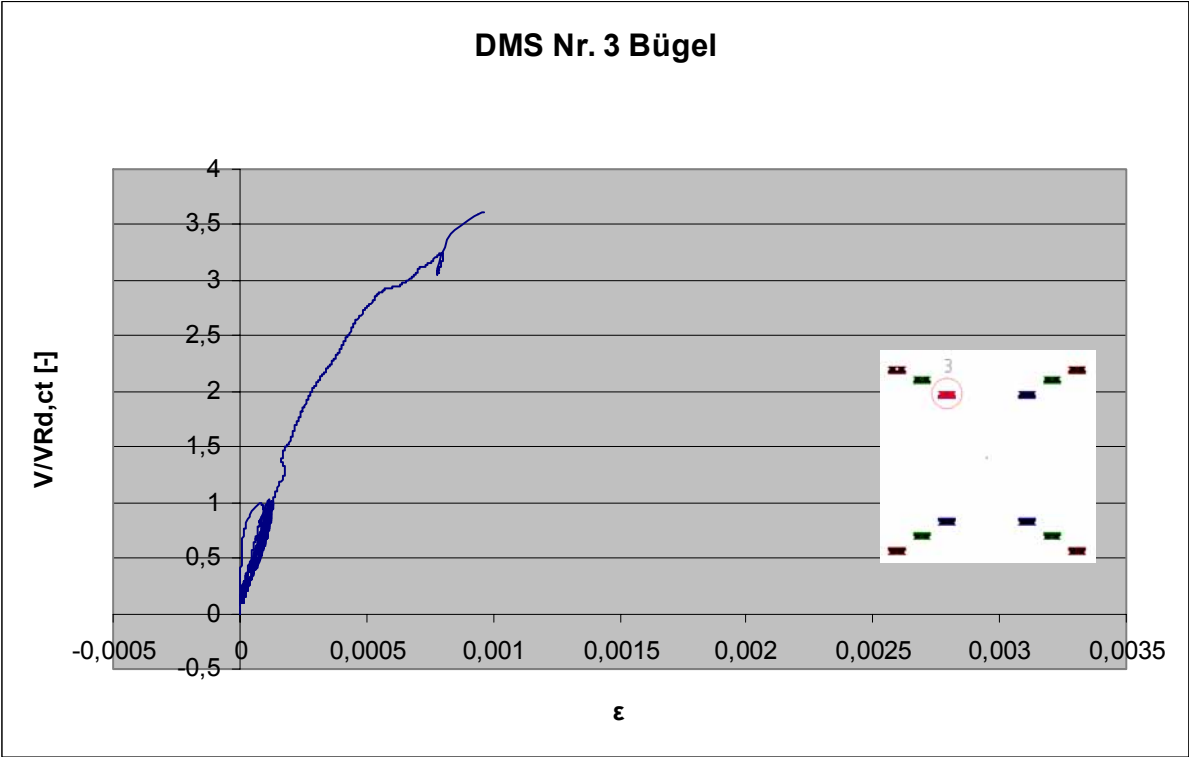
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IP am DMS Bü 1



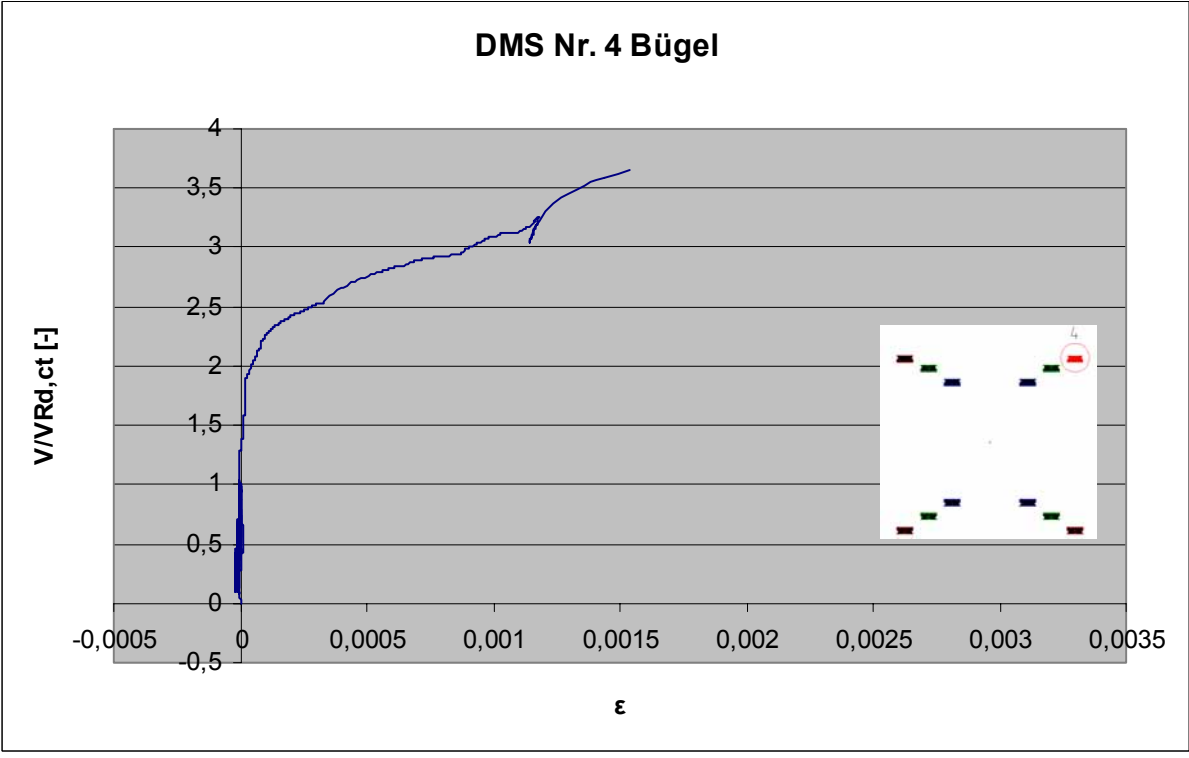
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IP am DMS Bü 2



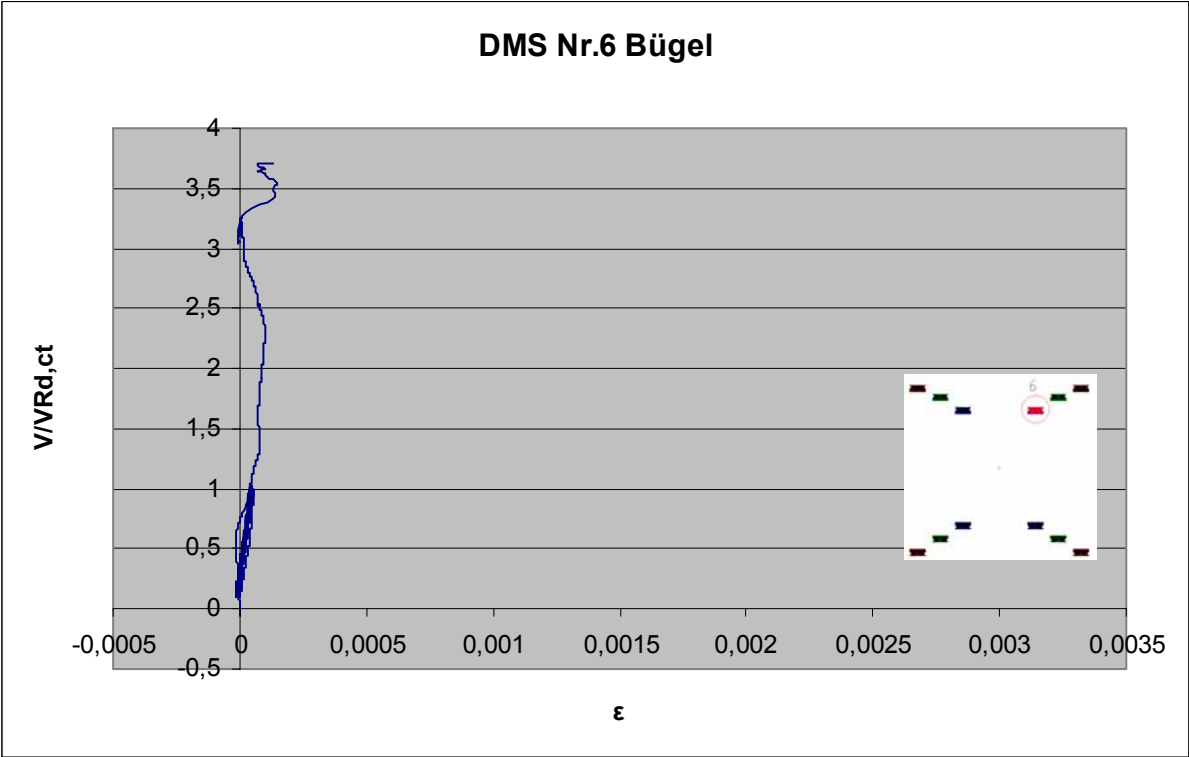
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IP am DMS Bü 3



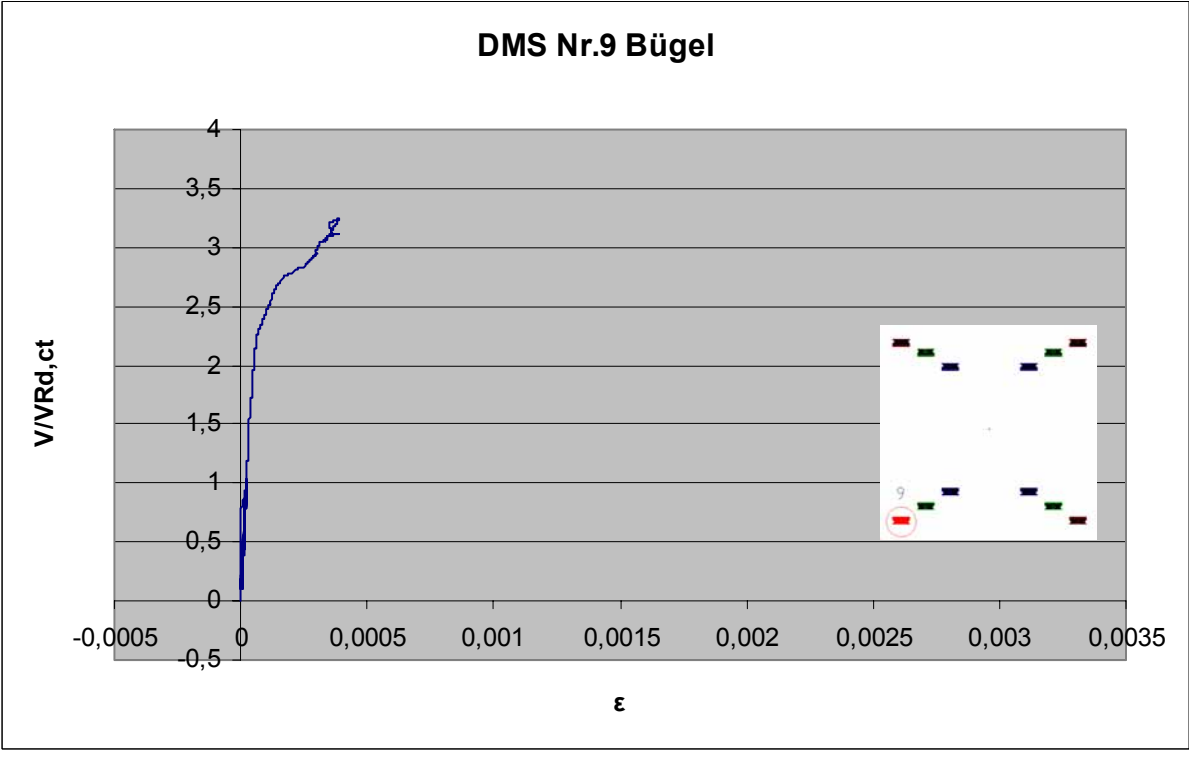
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IP am DMS Bü 4



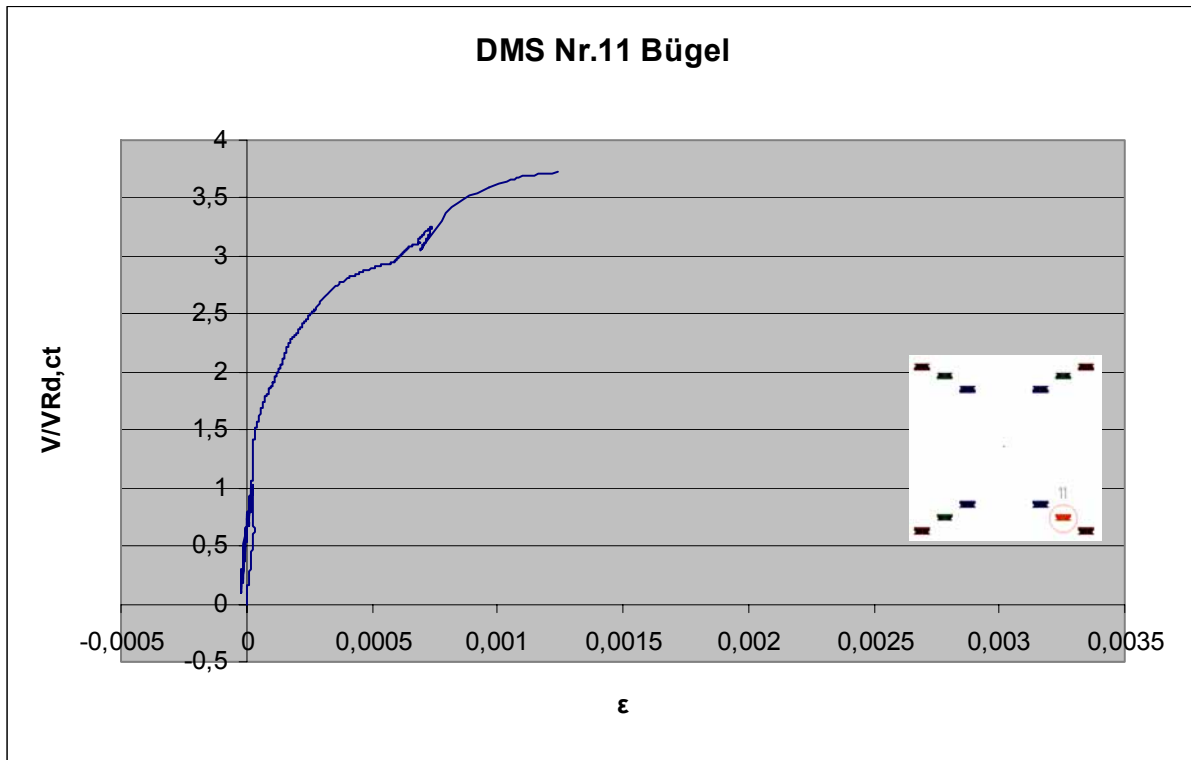
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IP am DMS Bü 6



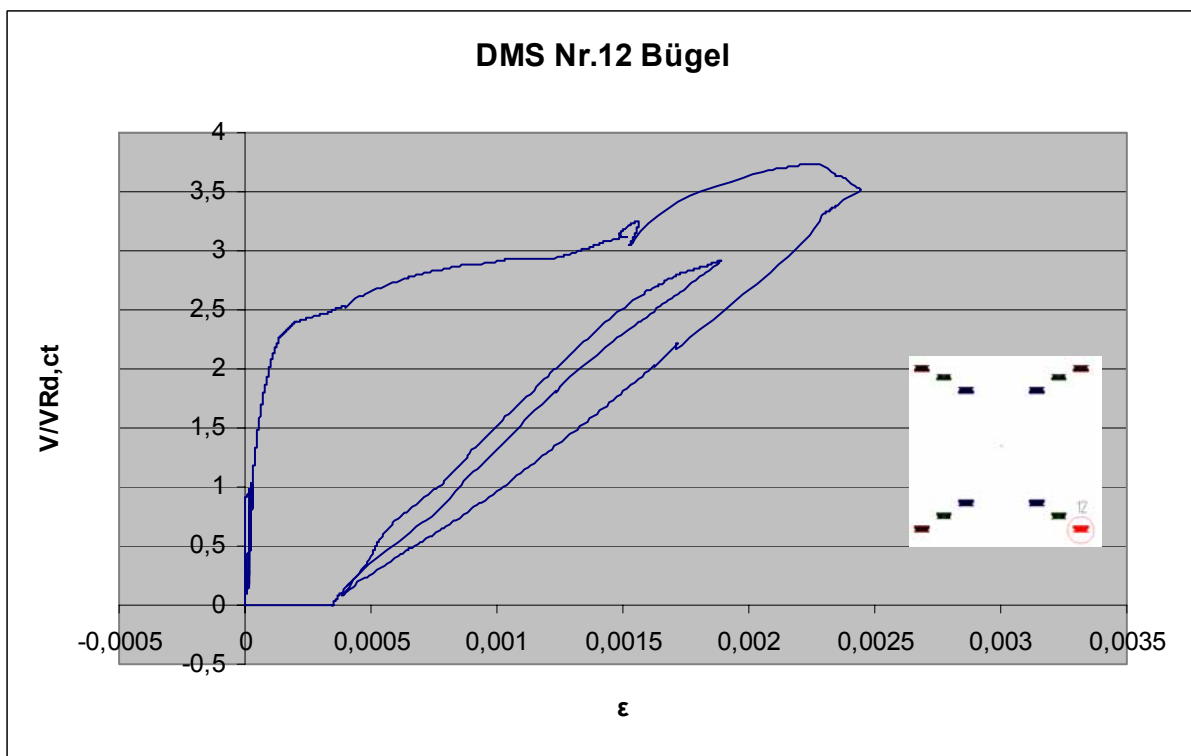
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IP am DMS Bü 9



## Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IP am DMS Bü 11



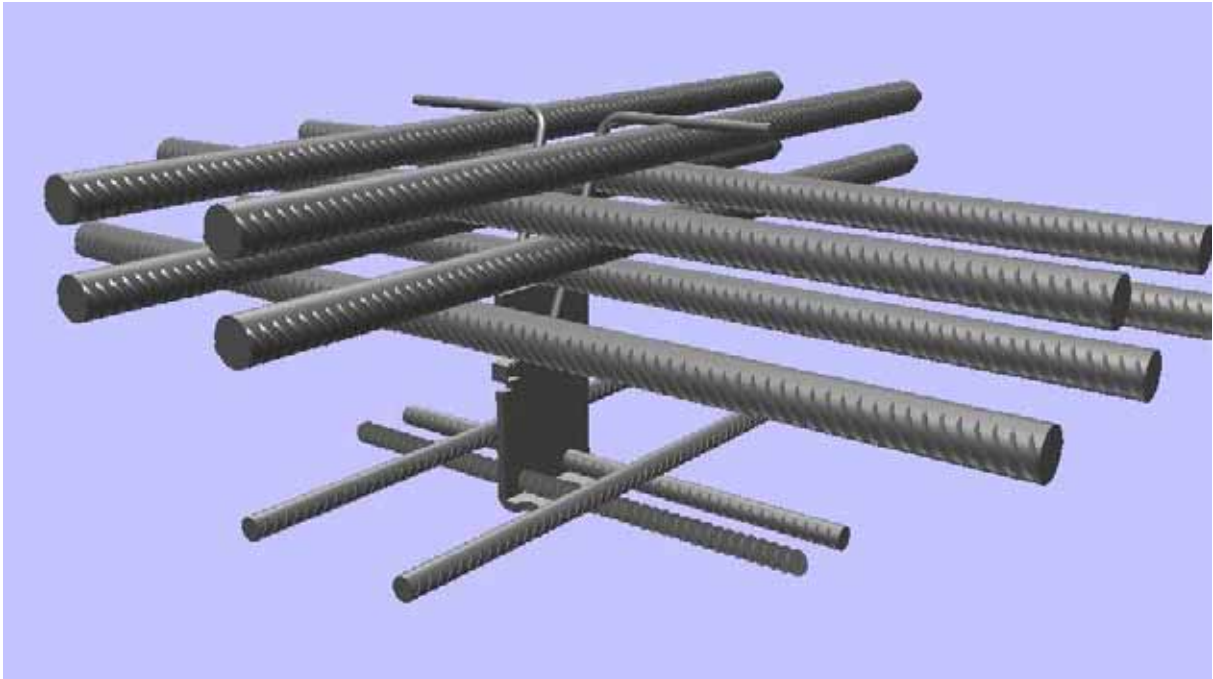
## Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IP am DMS Bü 12



**Einbauteile mit Bügel**

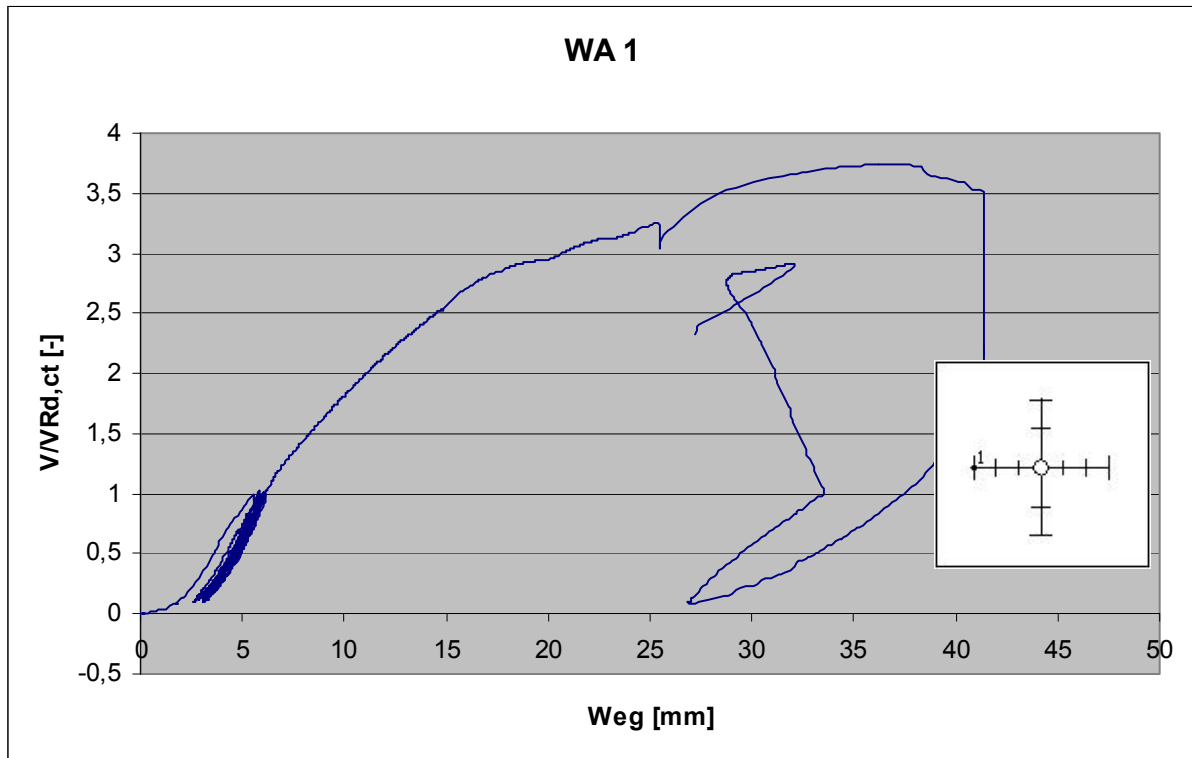


**Einbausituation eines Einbauteils**

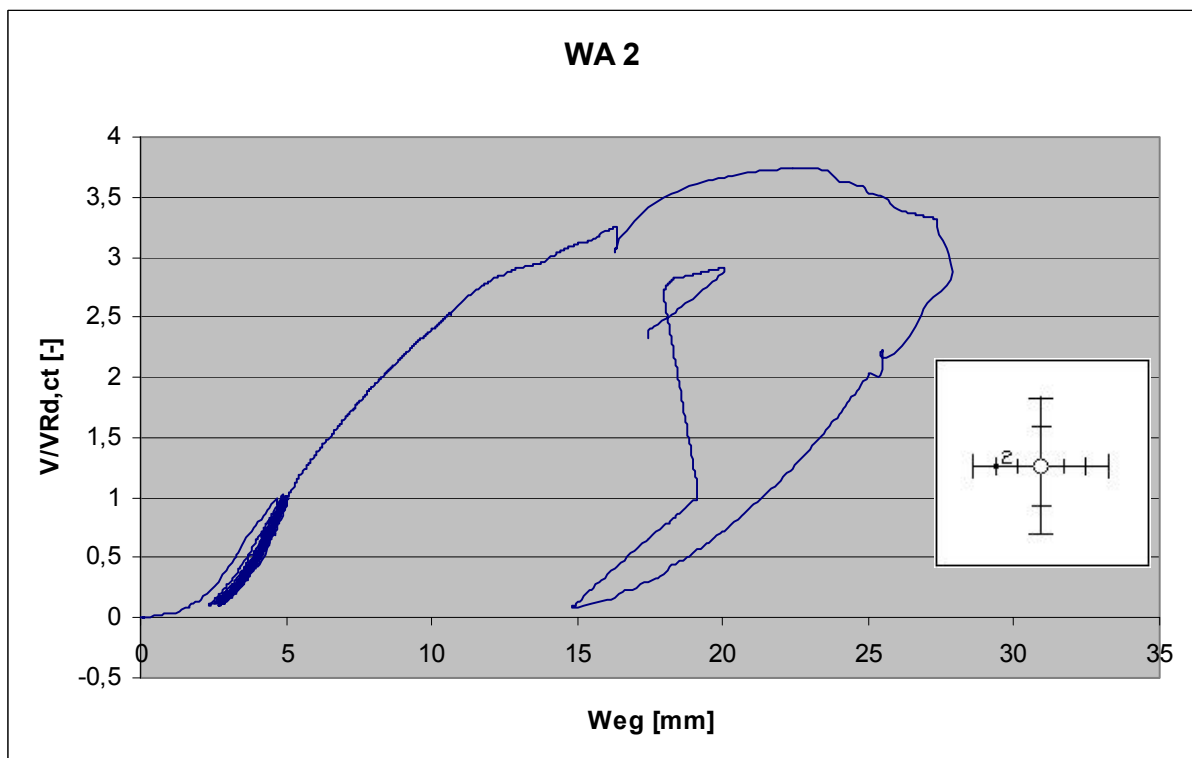


## Daten der induktiven Wegaufnehmer

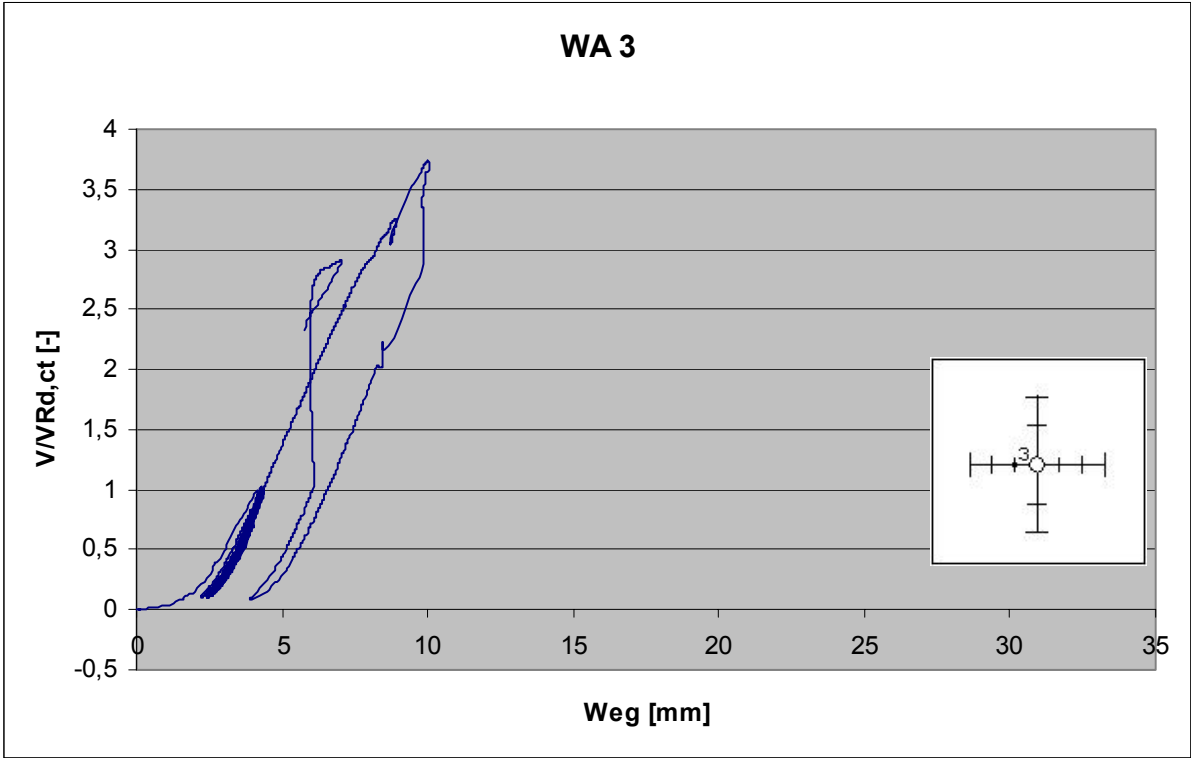
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 1



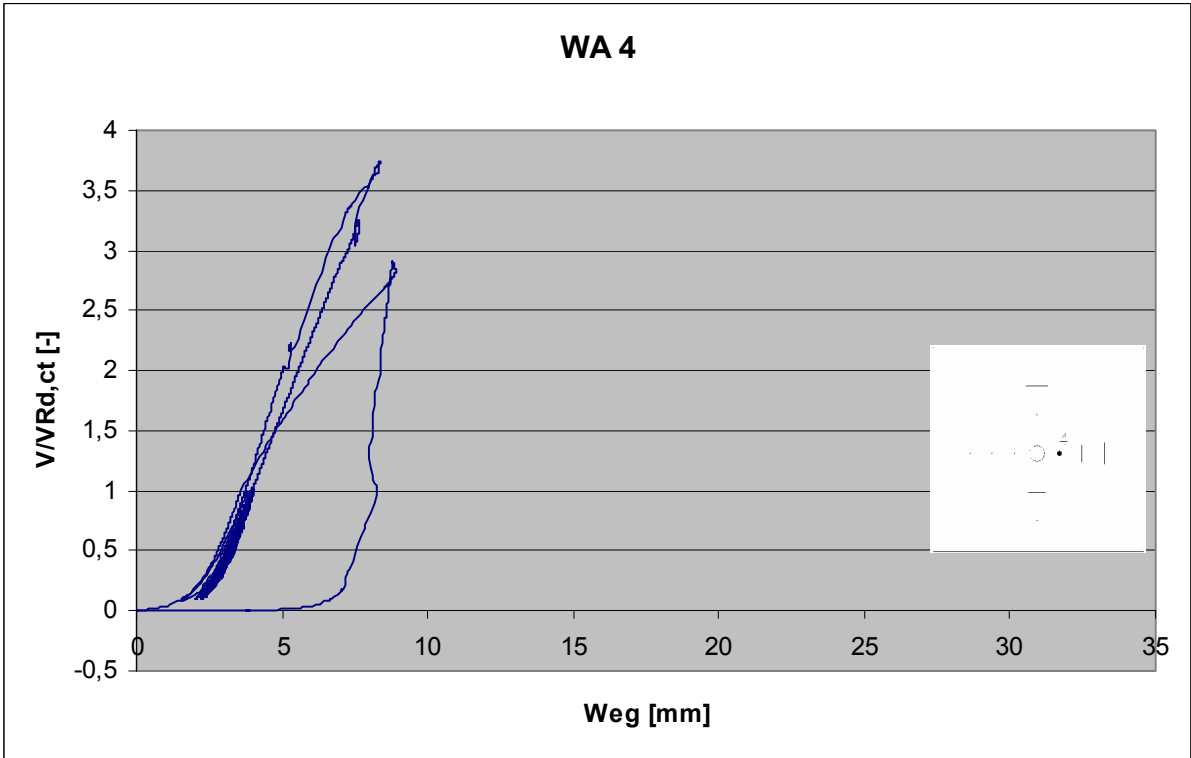
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 2



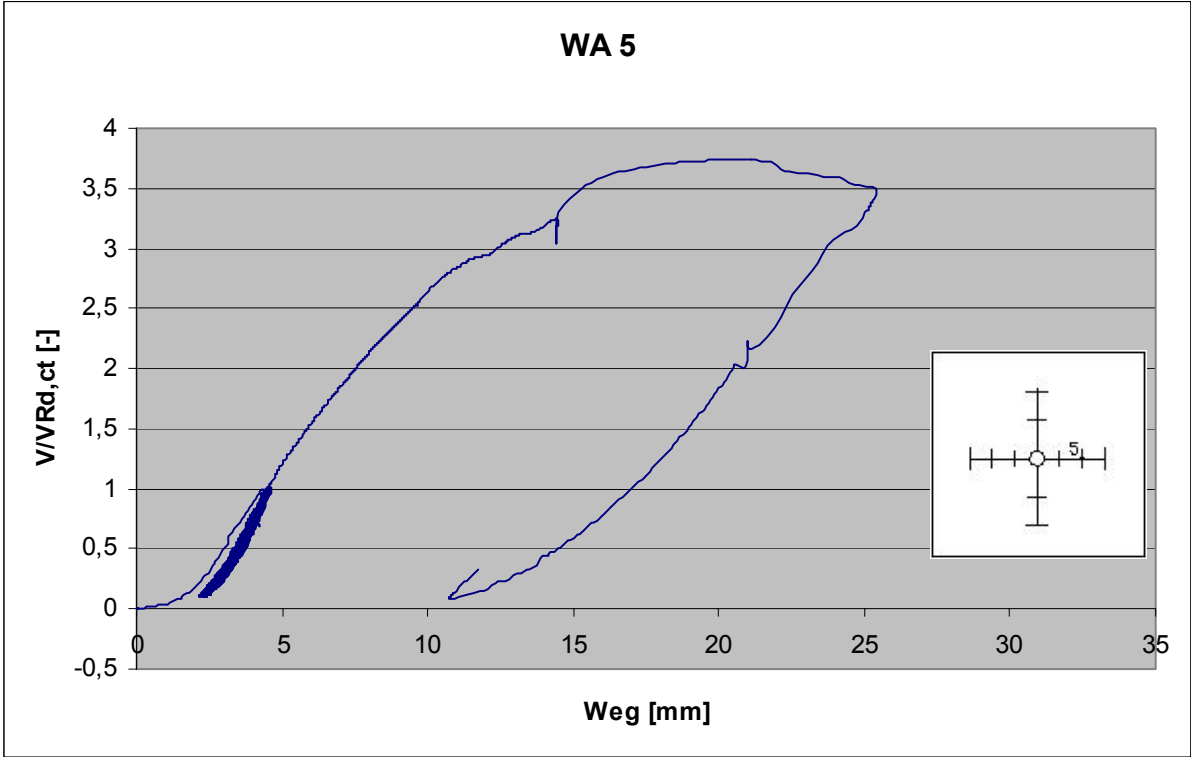
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 3



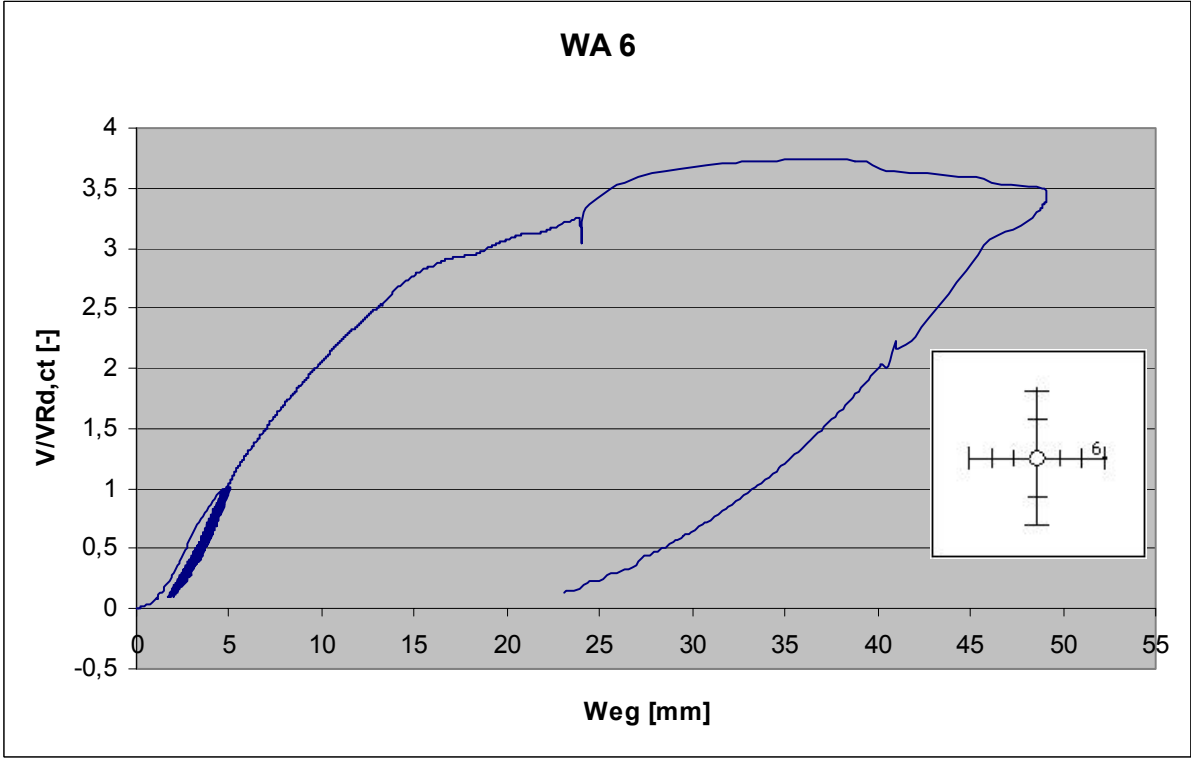
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 4



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 5

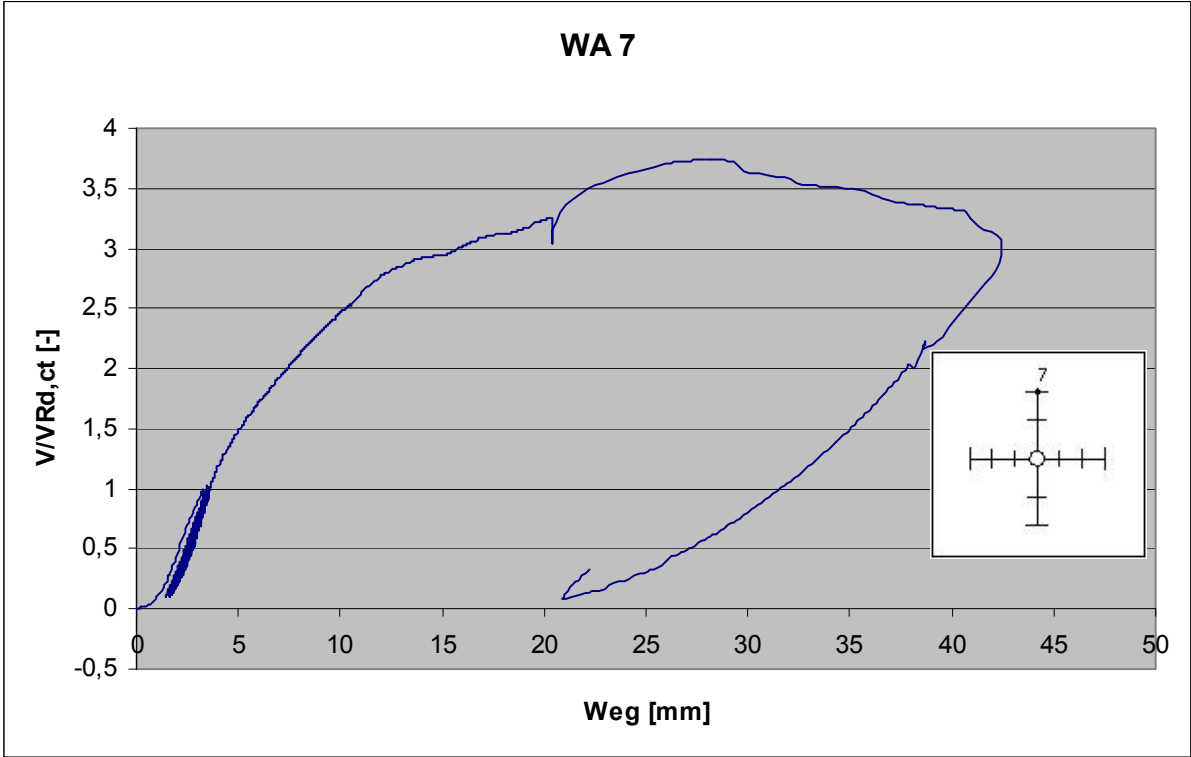


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 6

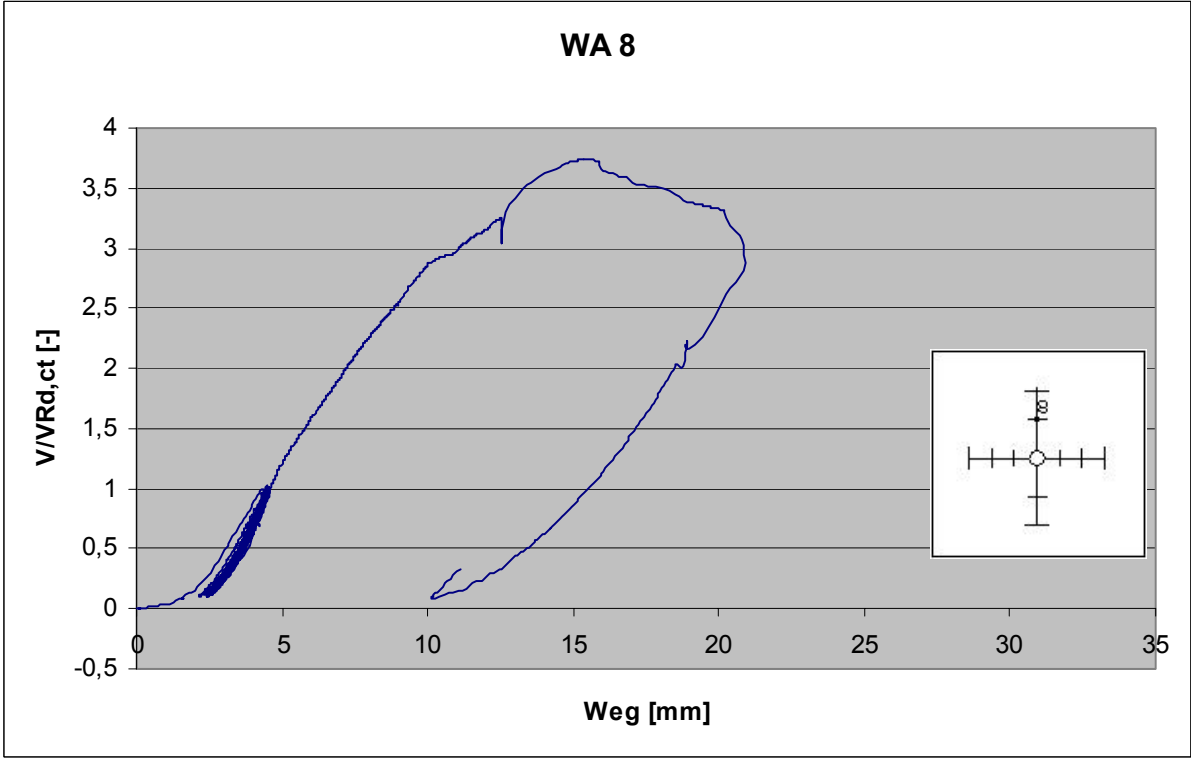




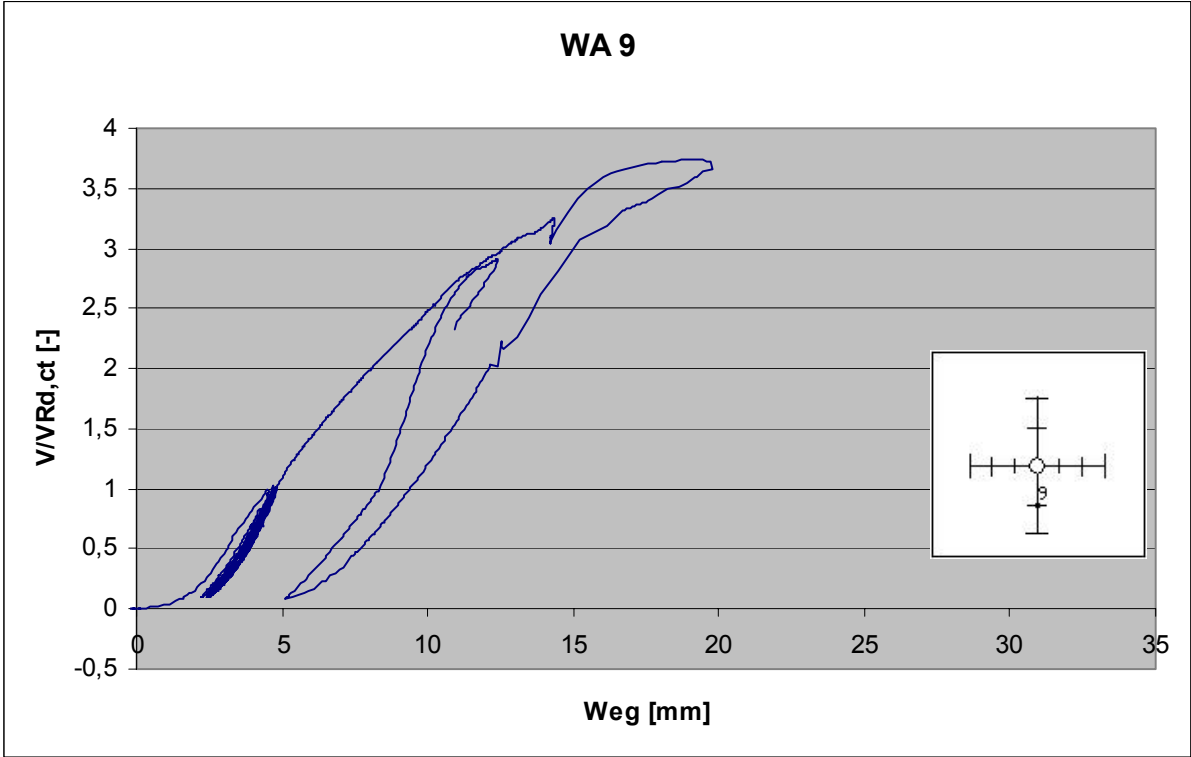
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 7



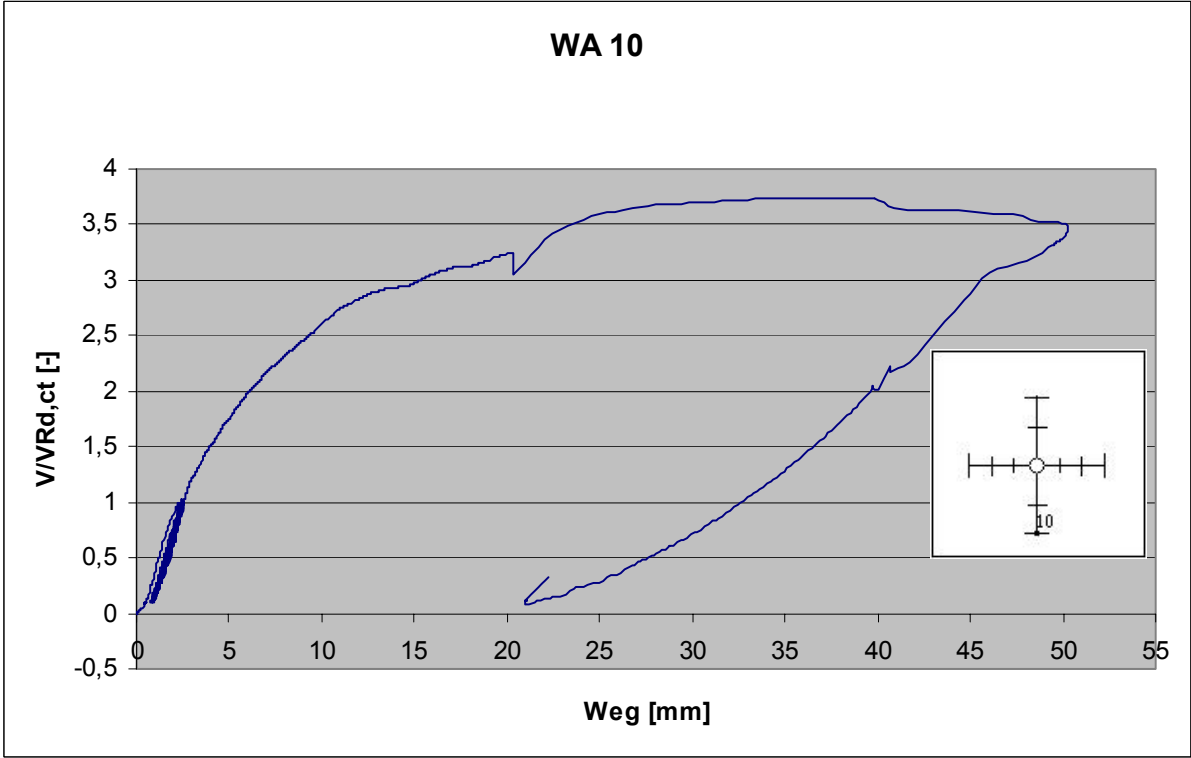
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 8



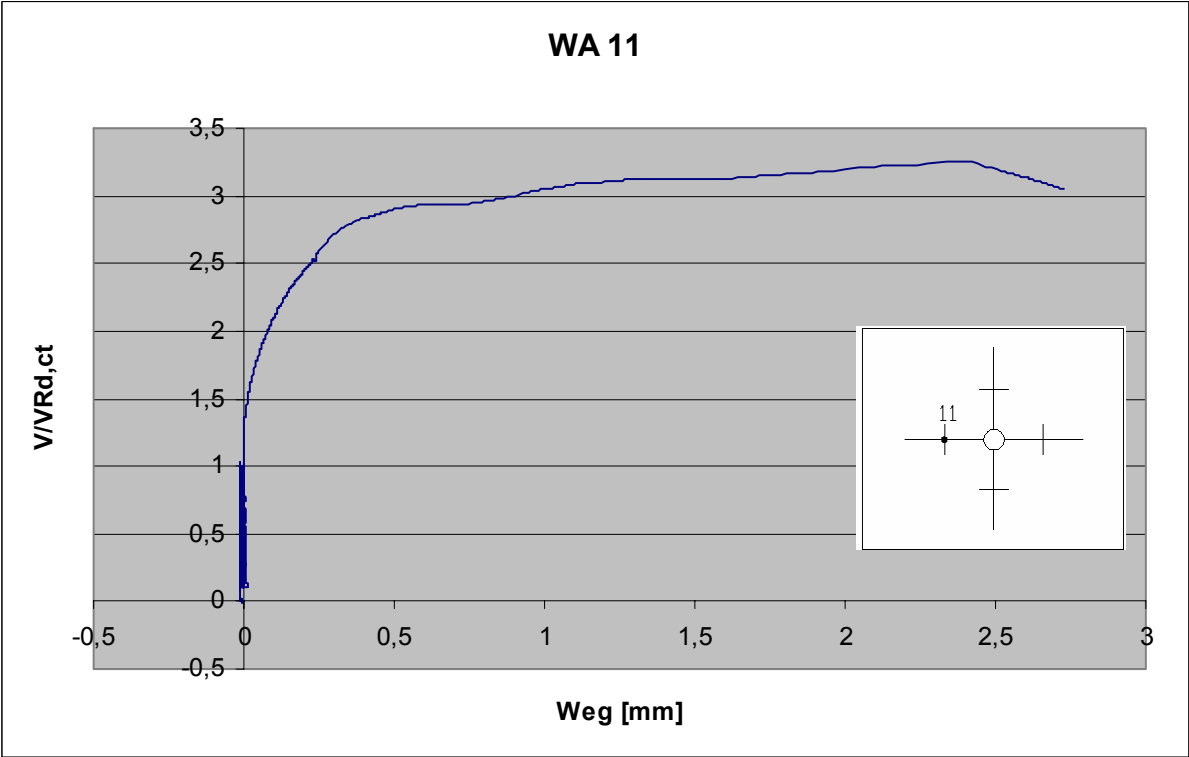
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 9



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 10



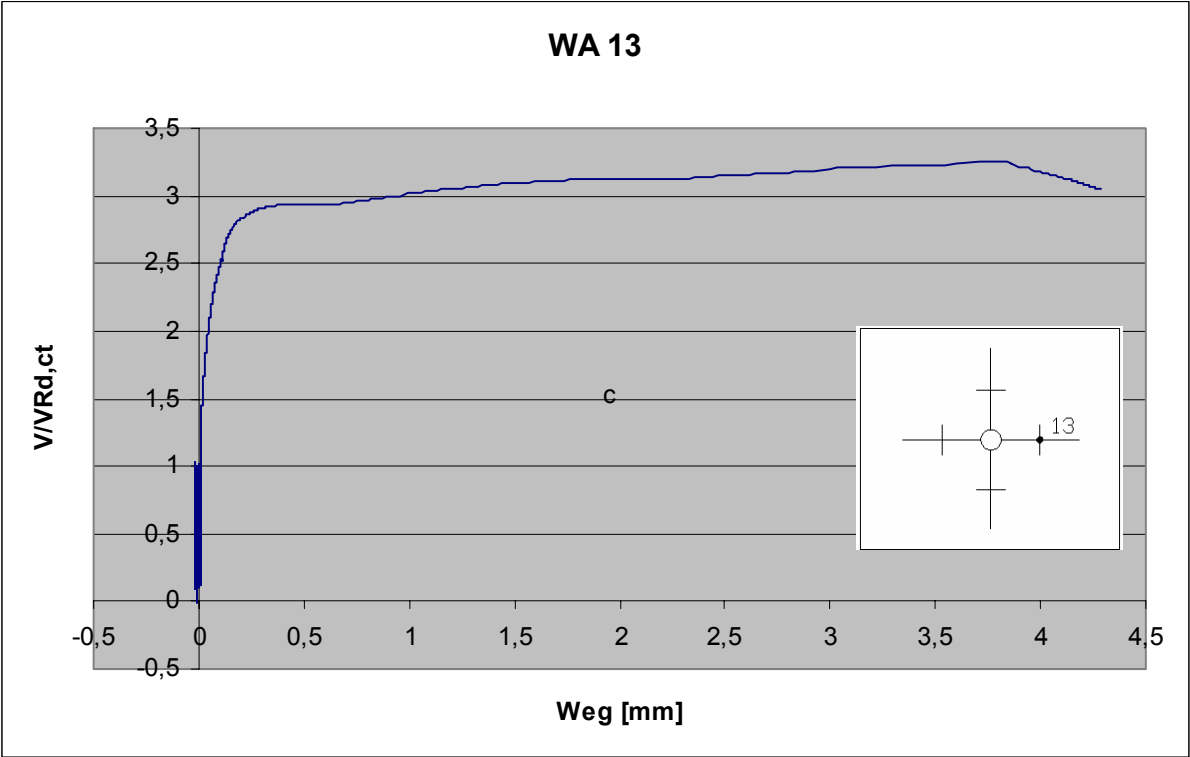
Messung der Plattendicke von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 11



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 12



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 13



Messung der Plattendicke von Versuchskörper IP am Wegaufnehmer WA 14

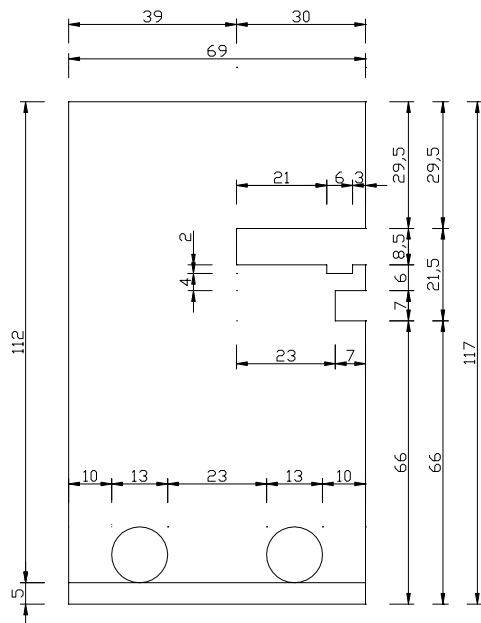
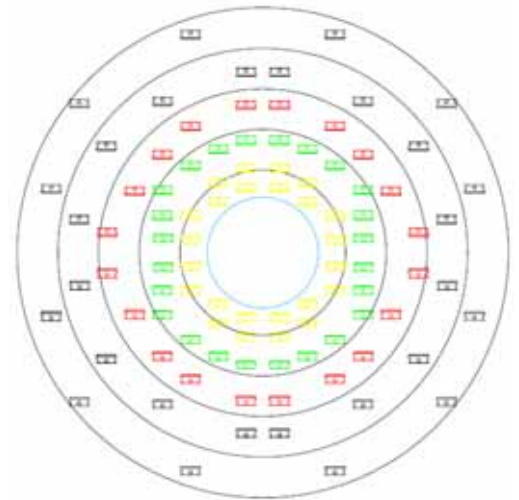


### 3.10 Versuchskörper IR – Stütze ø 40 cm

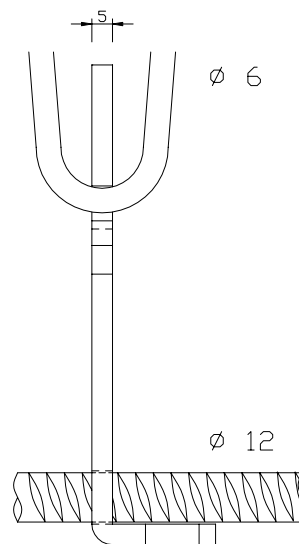
$f_{c,cube}$ :	34,7 [N/mm <sup>2</sup> ]
$V_u$ :	1755 [kN]
$V_{Rd,ct}$ :	483 [kN] (Berechnung mit $f_{ck} = 20,4$ N/mm <sup>2</sup> ; $\rho_{vorh} = 0,84$ %)
$V_u/V_{Rd,ct}$ :	3,63 [-]

#### Anordnung und Abmessung der Bleche

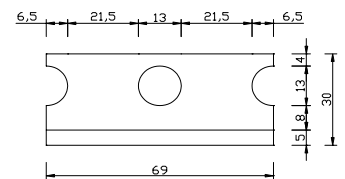
68 à 5 mm Bleche mit zwei Bügeln und 28 à 5 mm Bleche mit einem Bügel, untere Bewehrung Ø 12 mm BST 500, obere Bewehrung Ø 15 mm St 900/1100



Vorderansicht

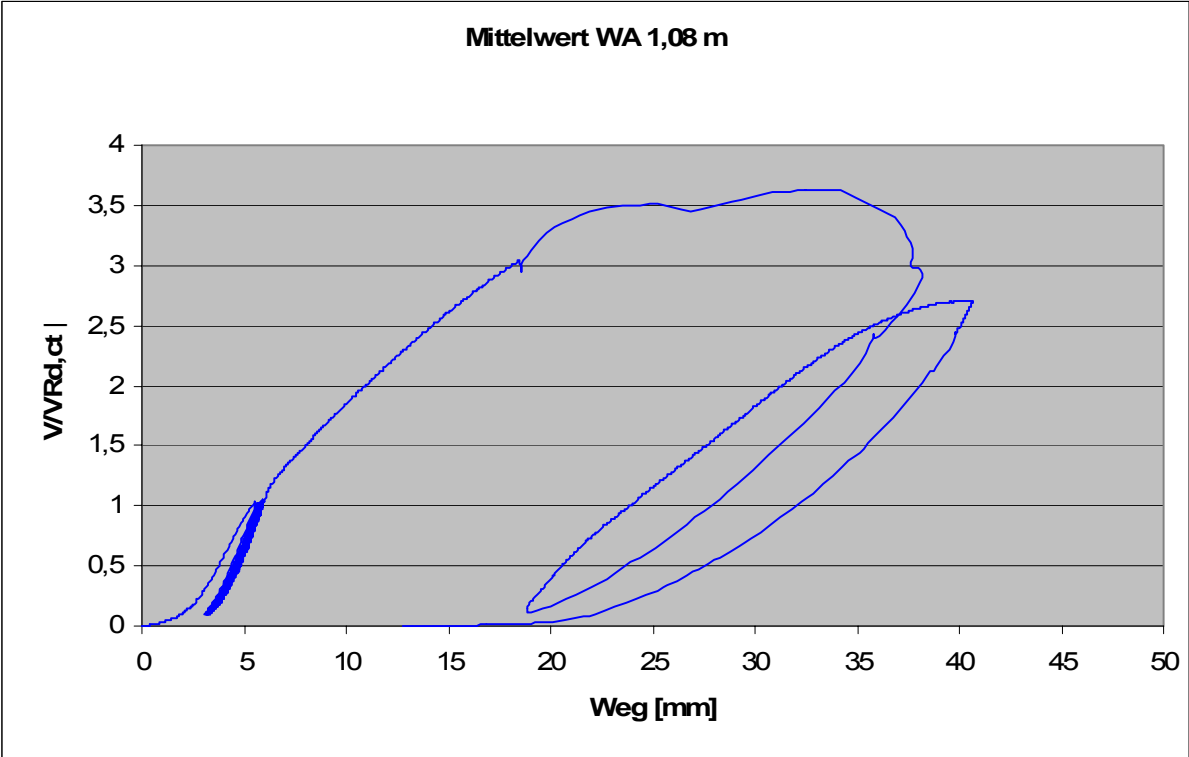


Seitenansicht

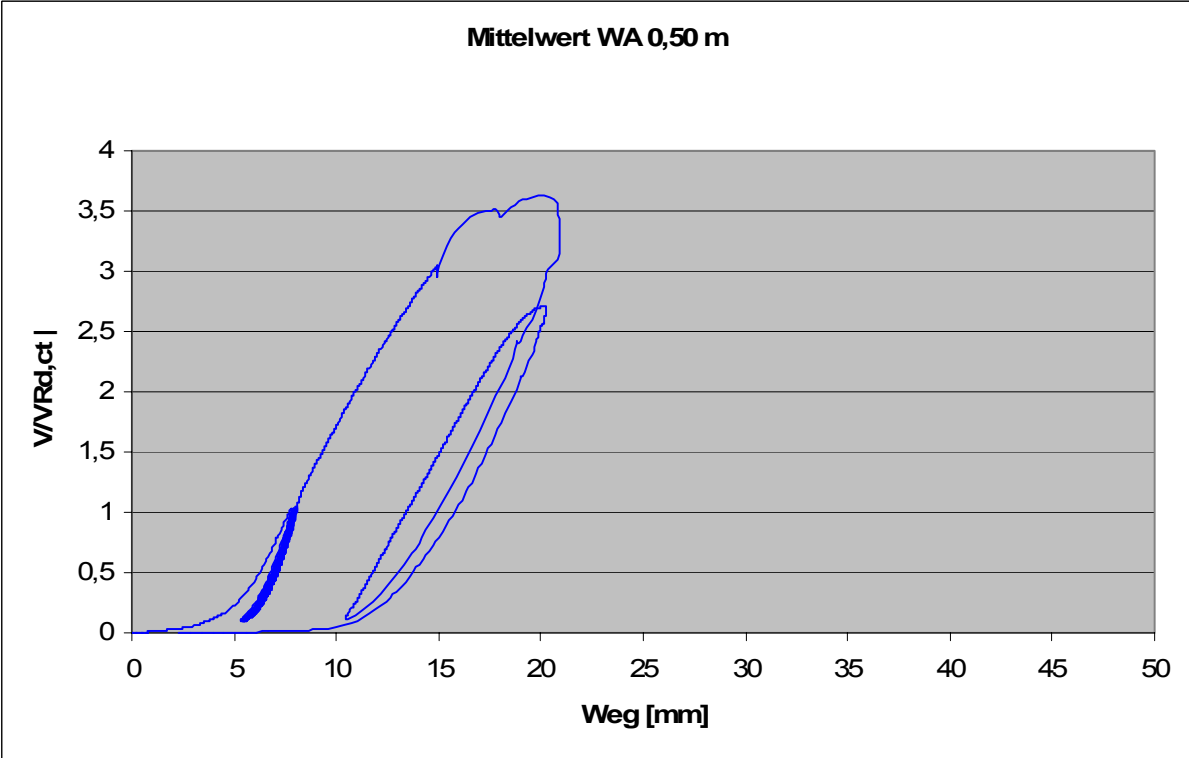


Draufsicht

**Last – Verformungsverhalten**



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 1,08 m zur Stützenmitte



Mittelwert der Messstellen im Abstand von 0,5 m zur Stützenmitte

## Darstellung des Rissverlaufs

### Rissbild von unten (nachgezeichnet)



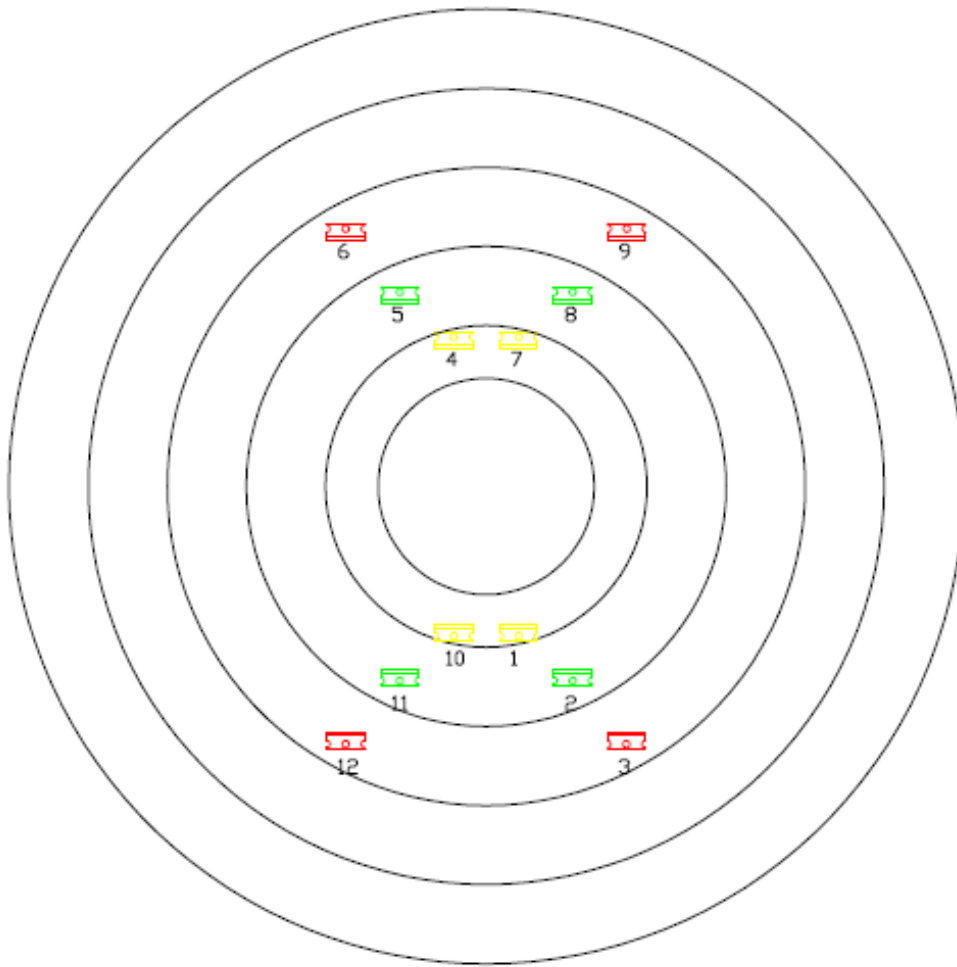
**Rissbild von der Seite (nachgezeichnet)**



**Rissbild des Schnittes**



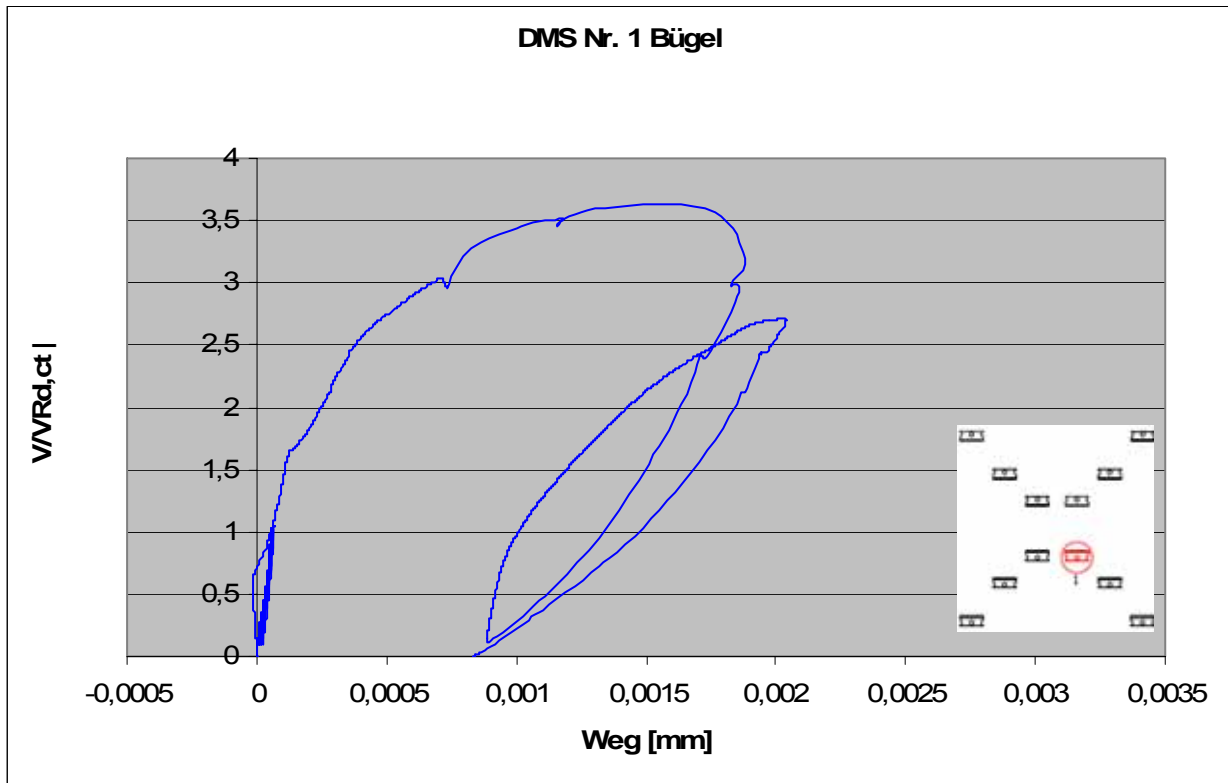




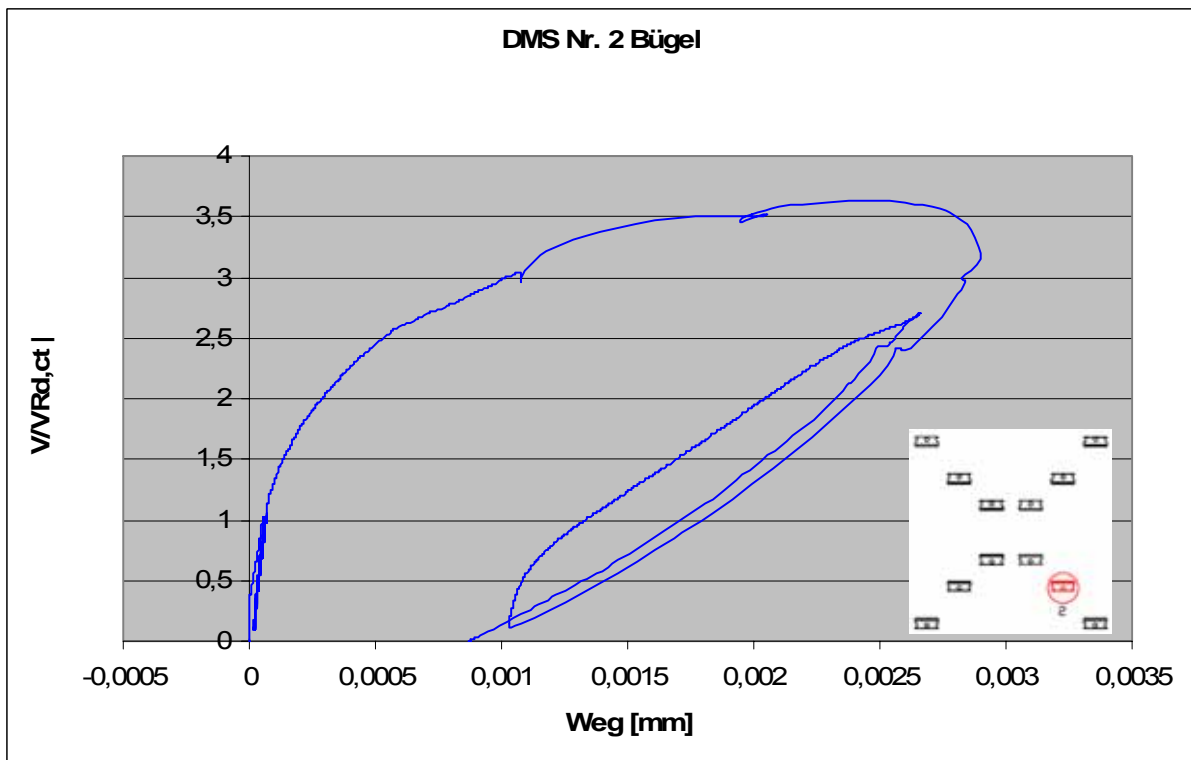
### Anordnung der DMS

## DMS-Messungen der Bügelbewehrung Versuchskörper IR

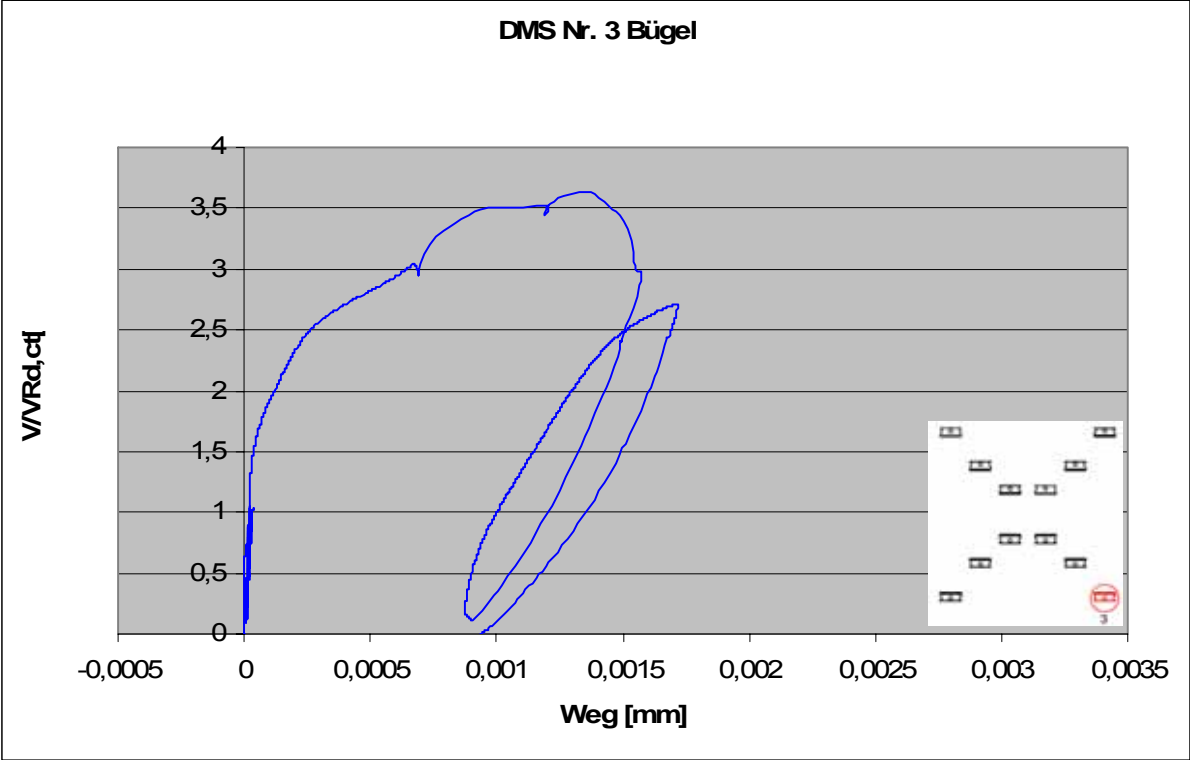
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 1



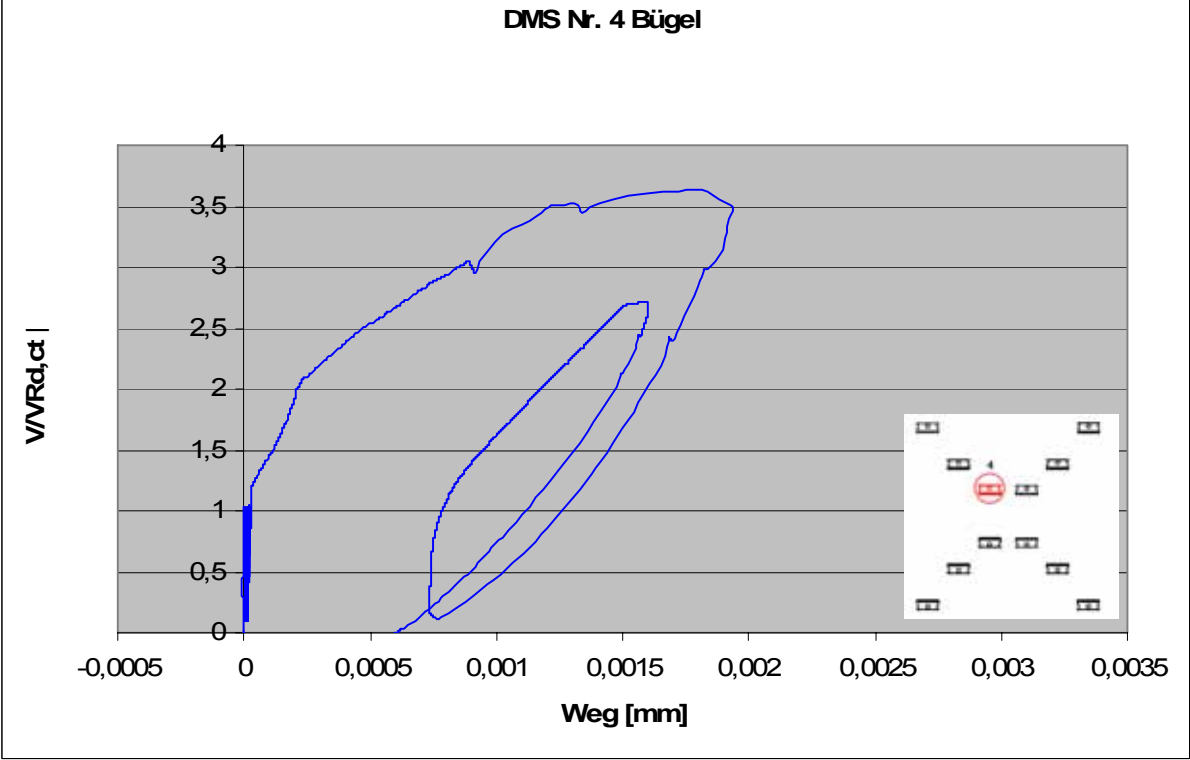
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 2



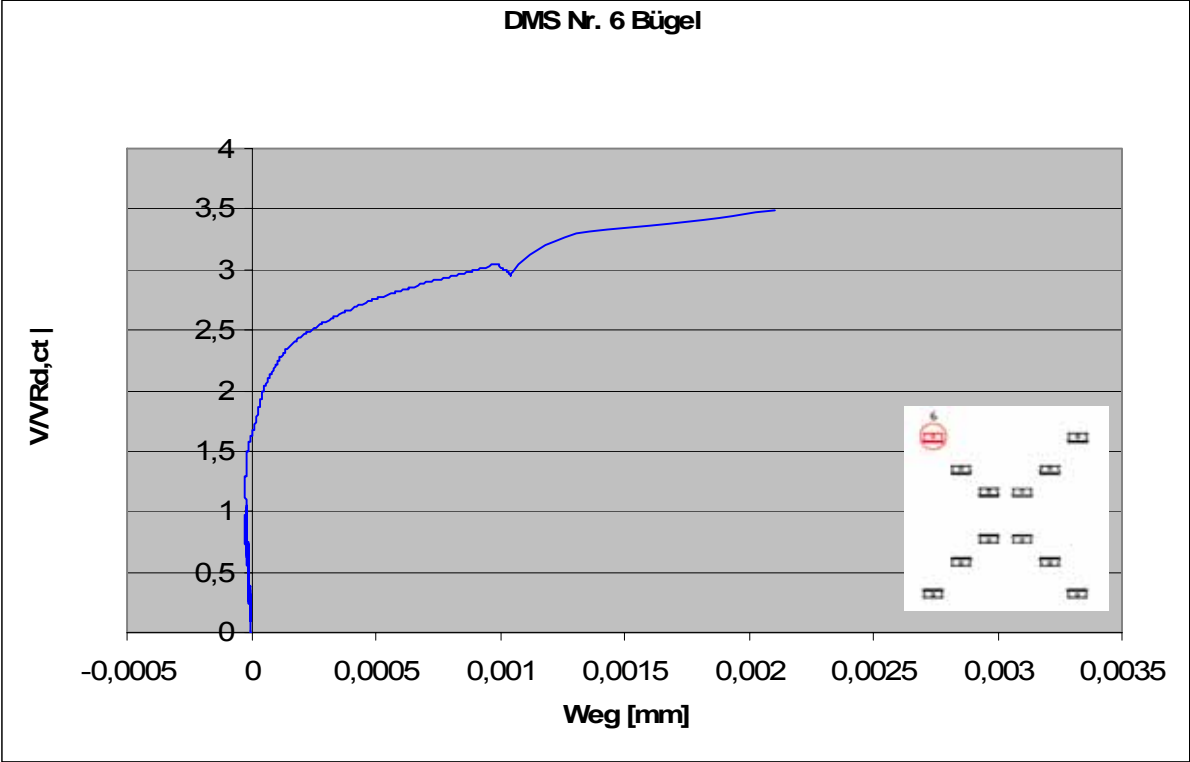
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 3



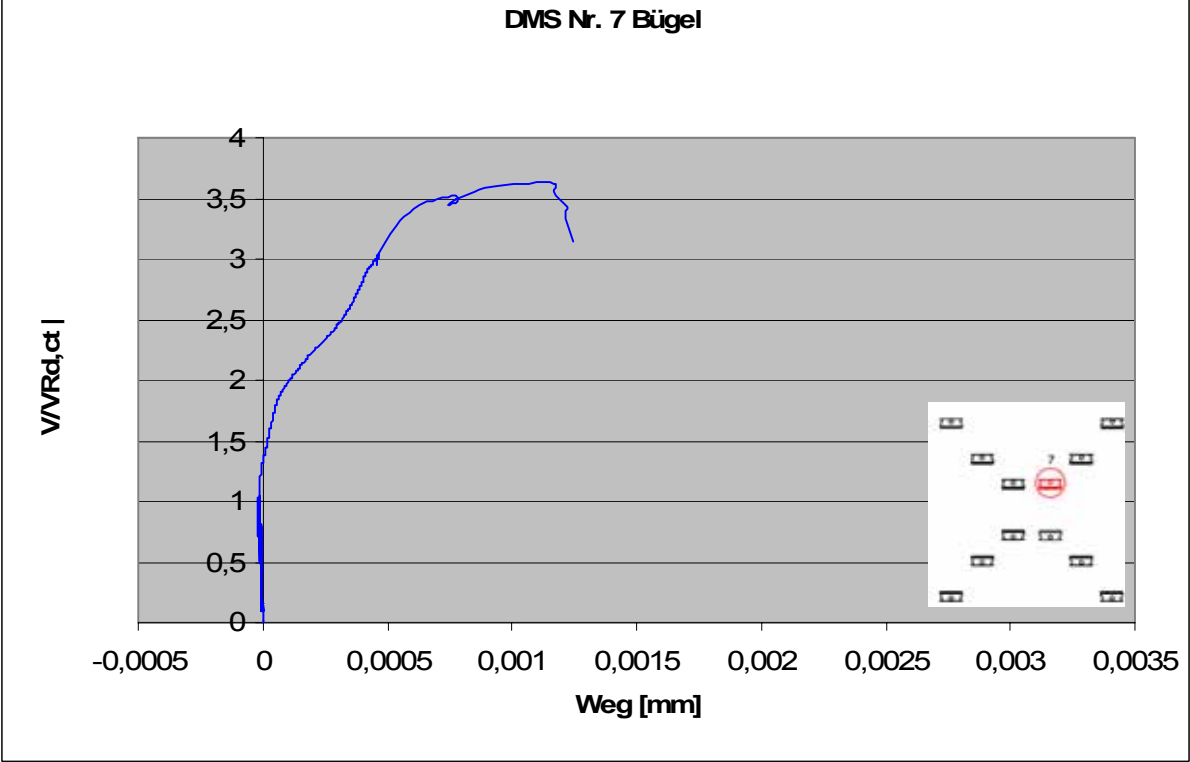
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 4



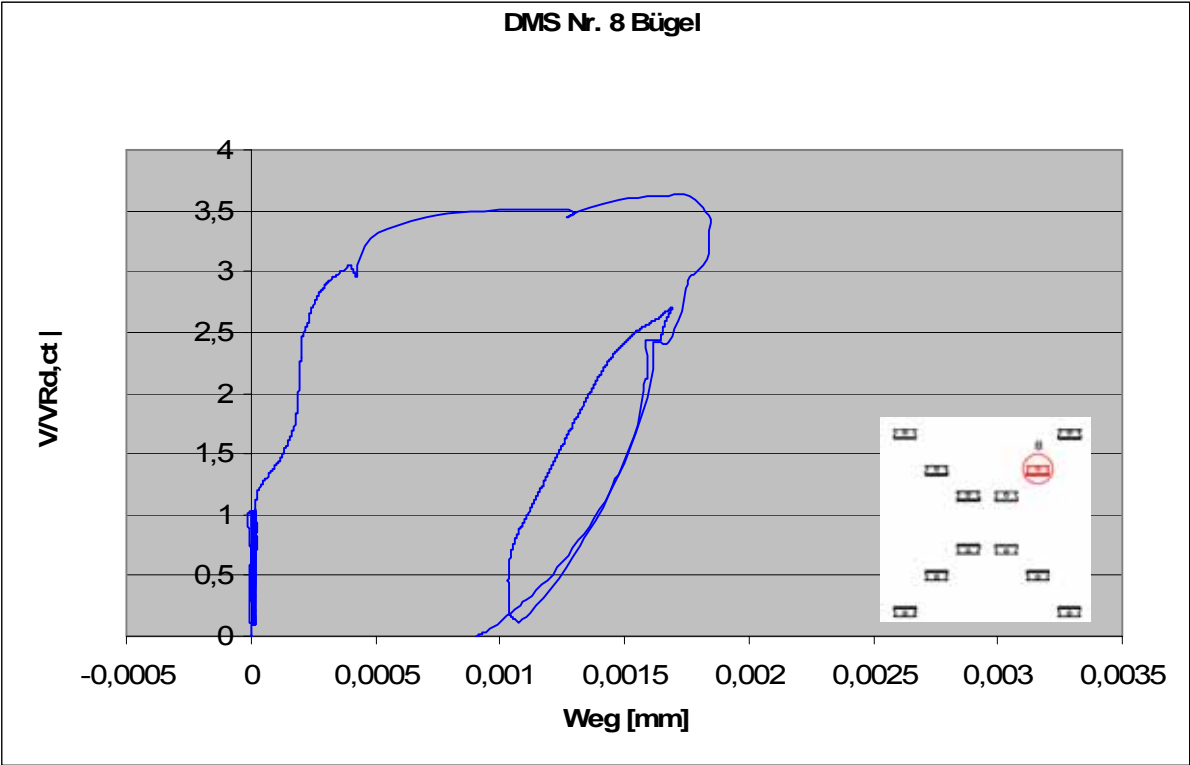
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 6



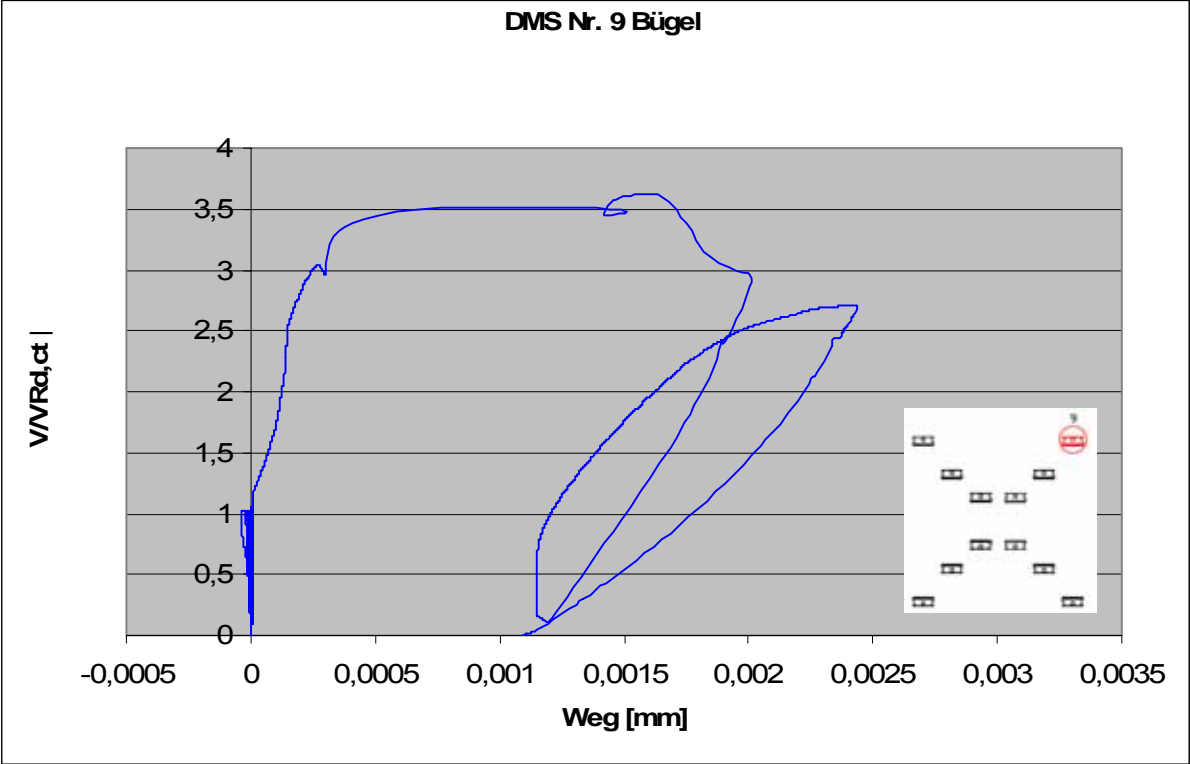
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 7



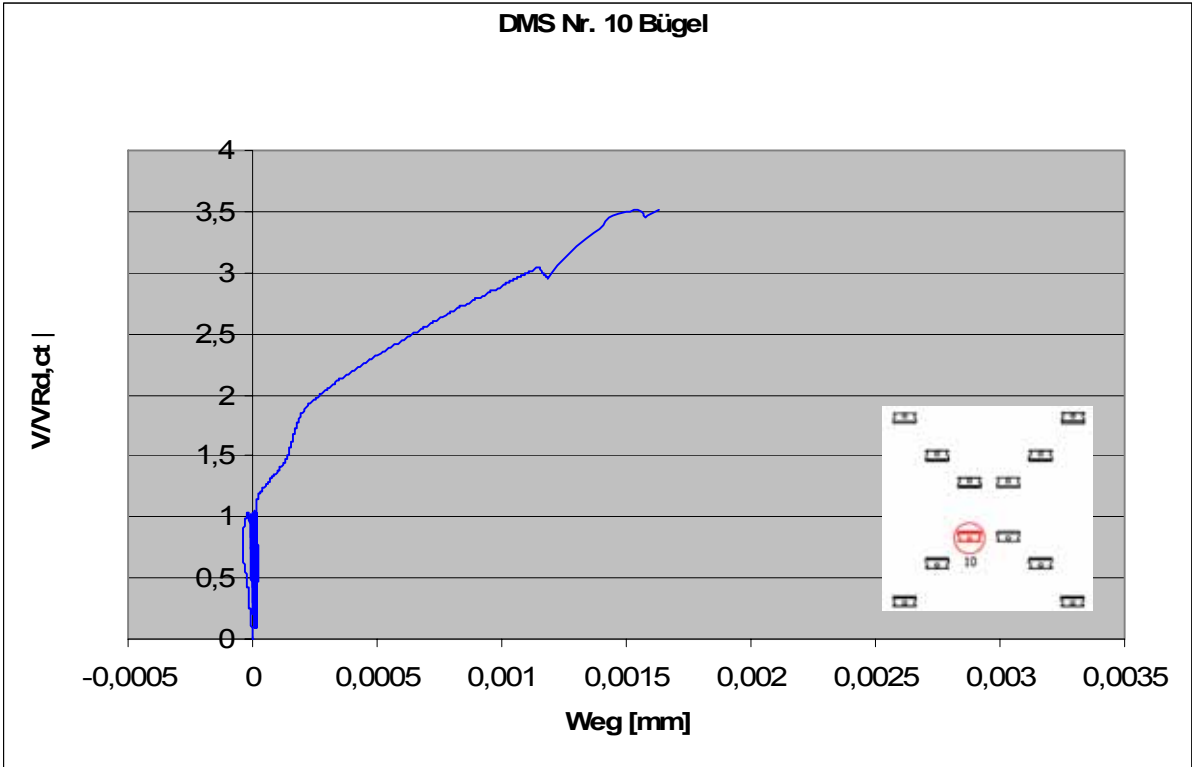
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 8



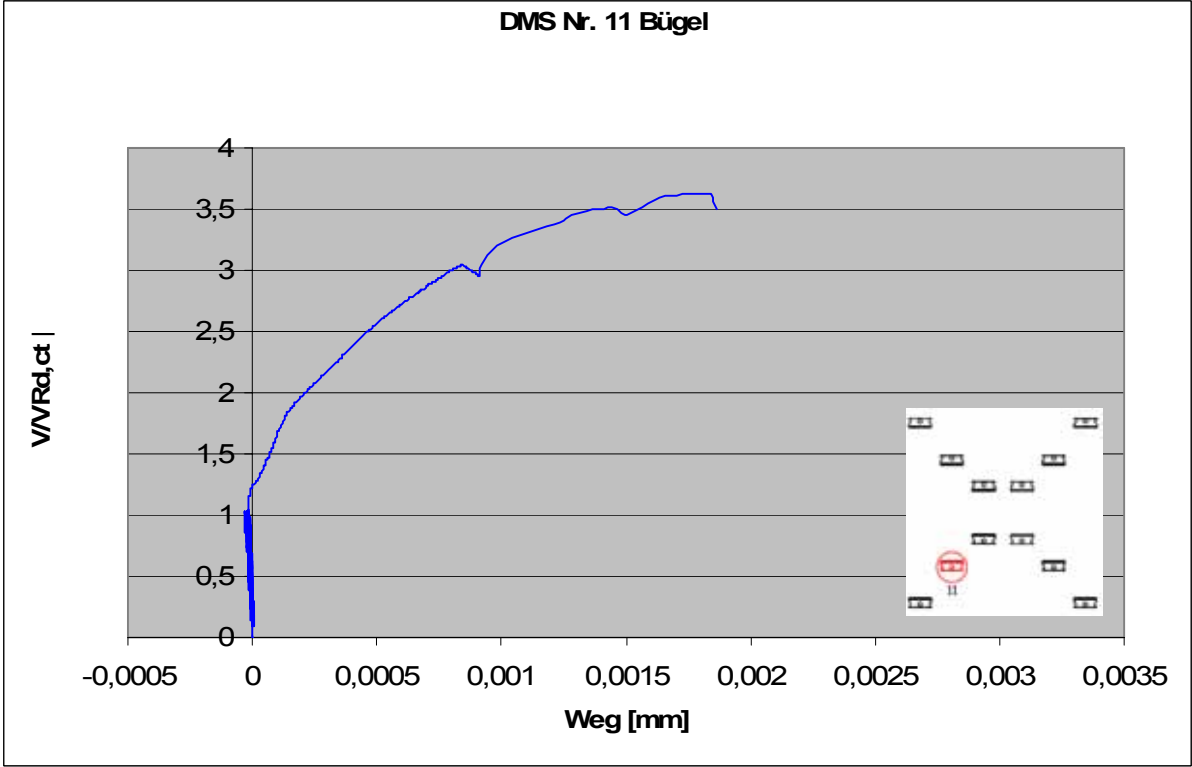
Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 9



Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 10

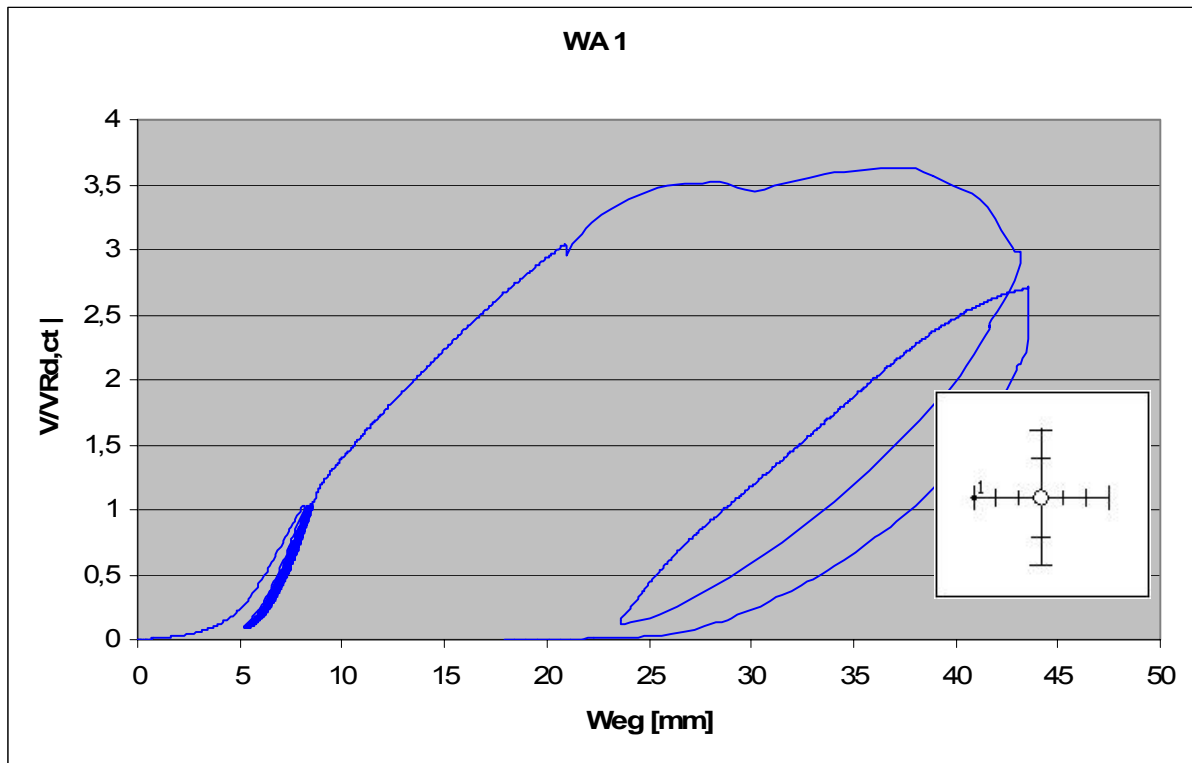


Dehnungsmessung der Bügelbewehrung von Versuchskörper IR am DMS Bü 11

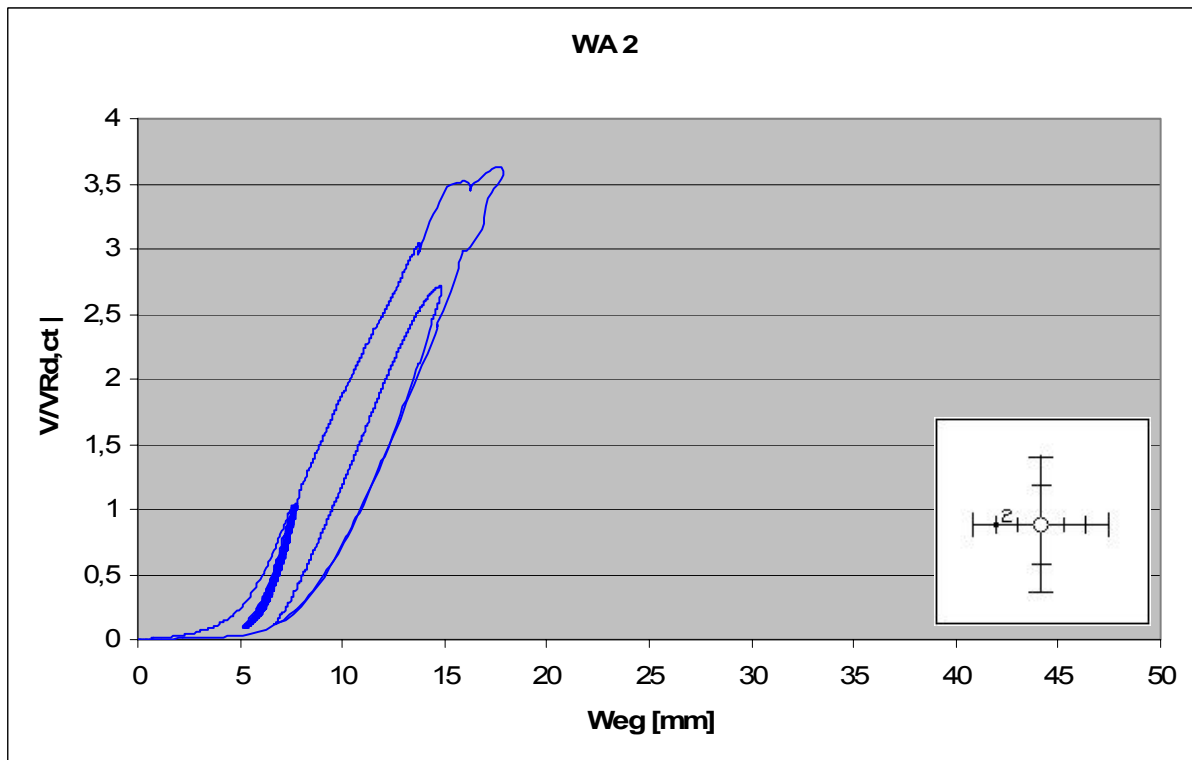


## Daten der induktiven Wegaufnehmer

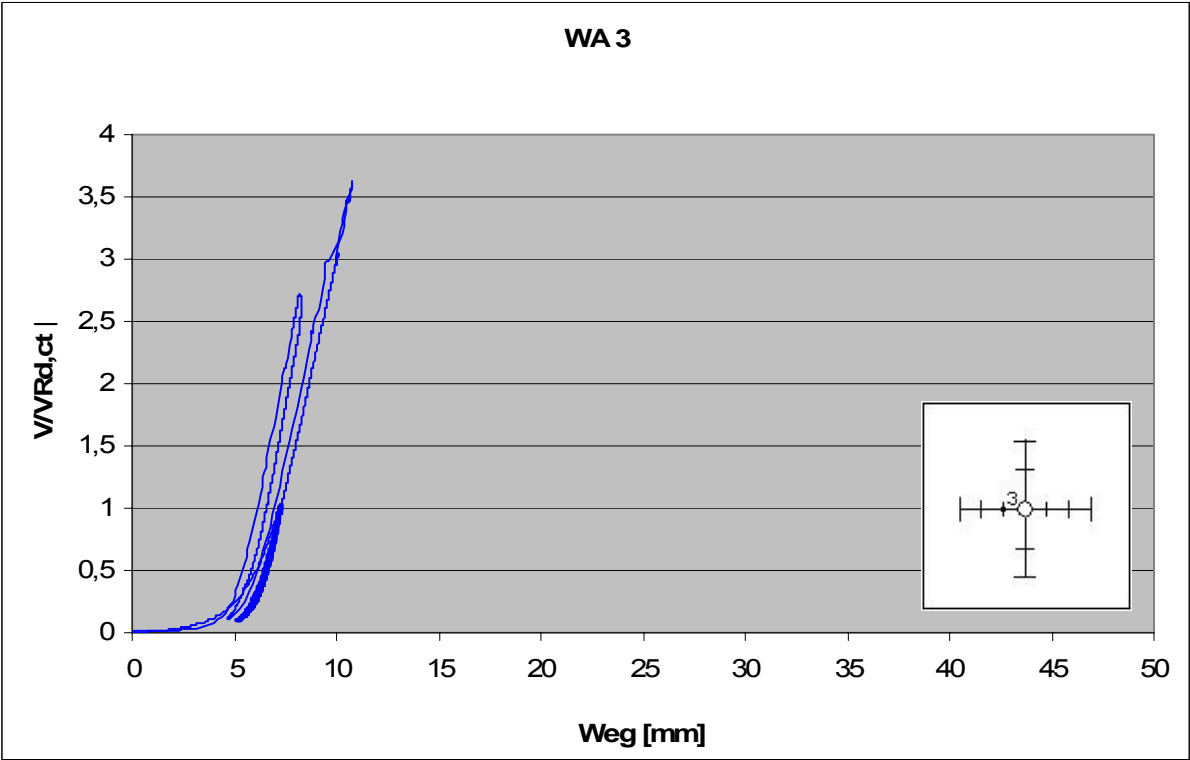
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 1



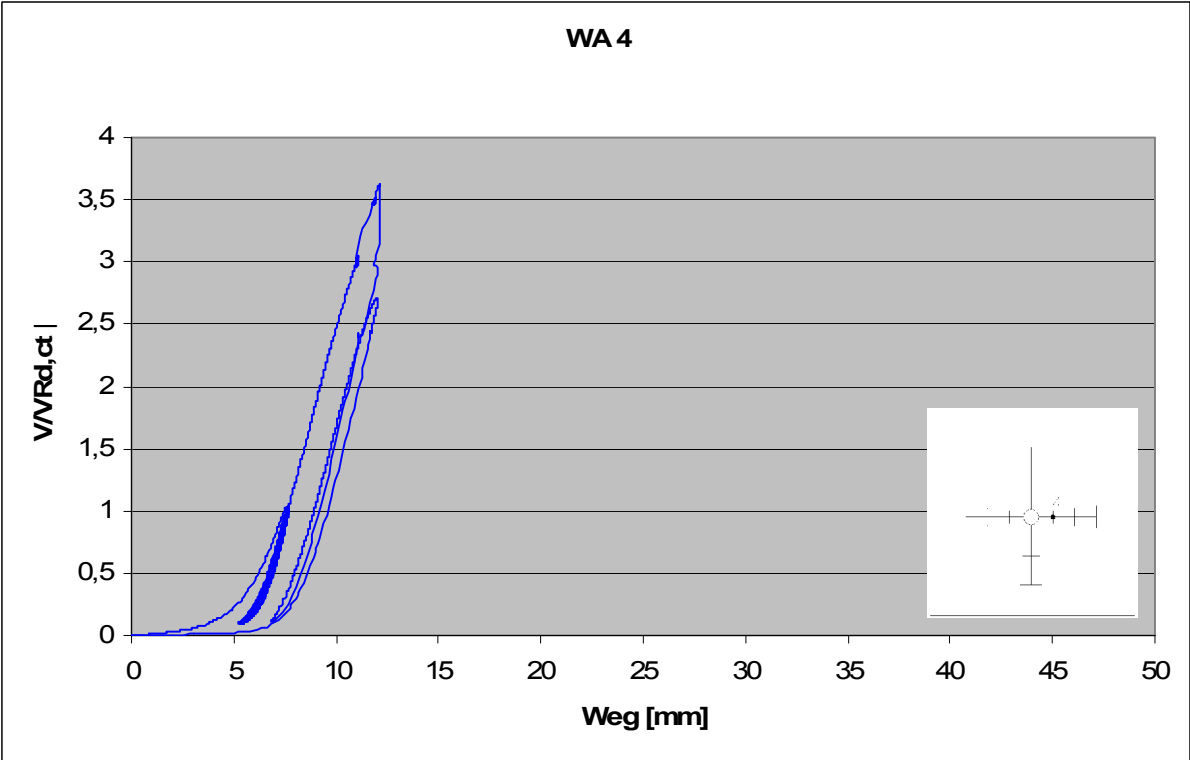
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 2



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 3

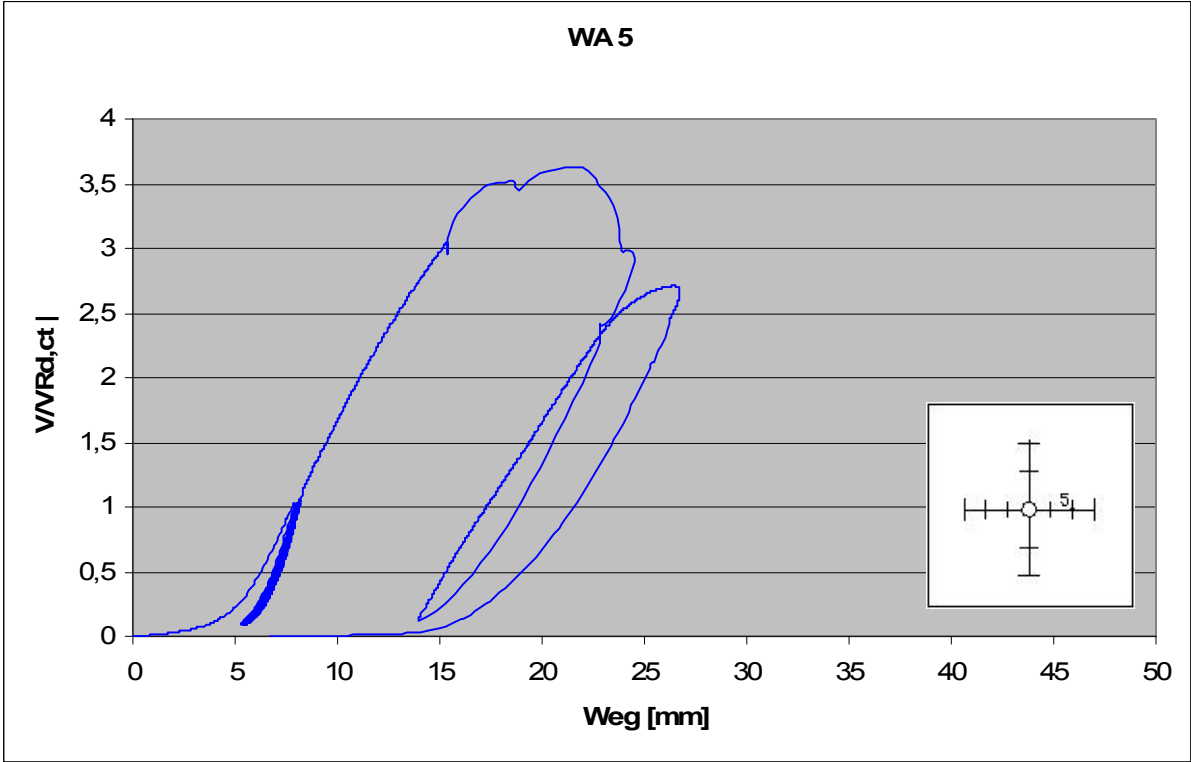


Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 4

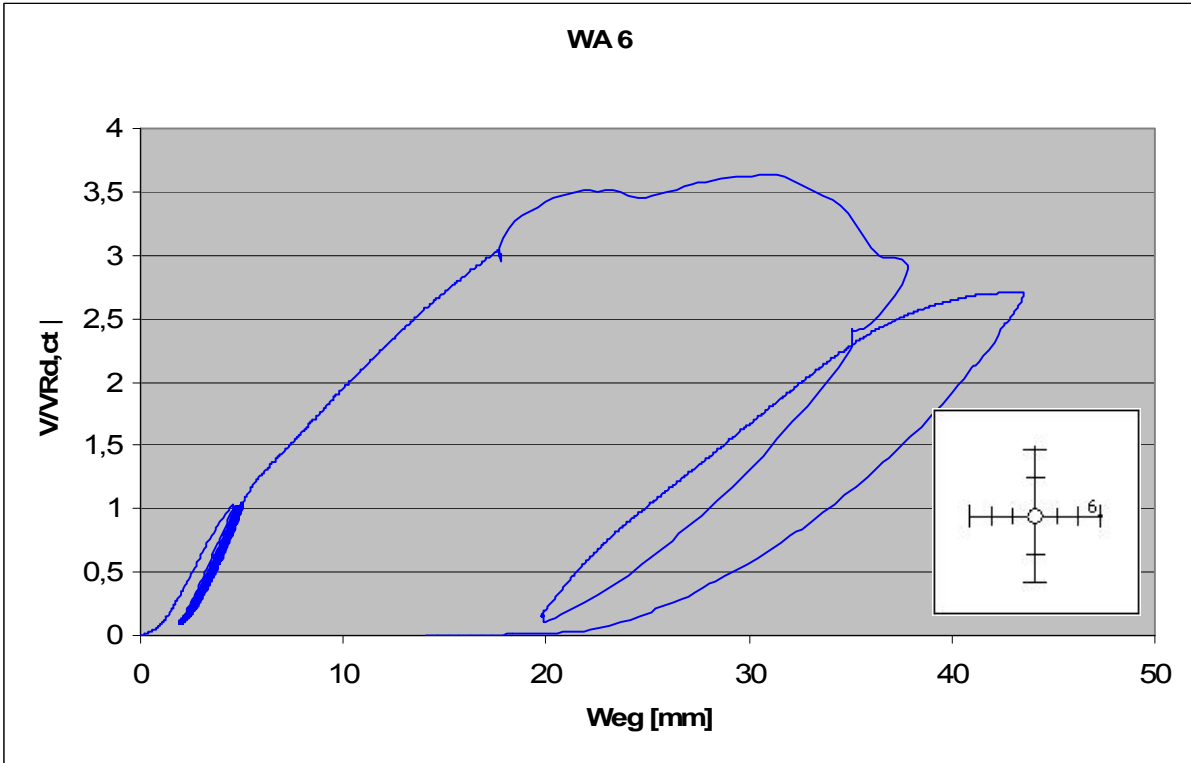




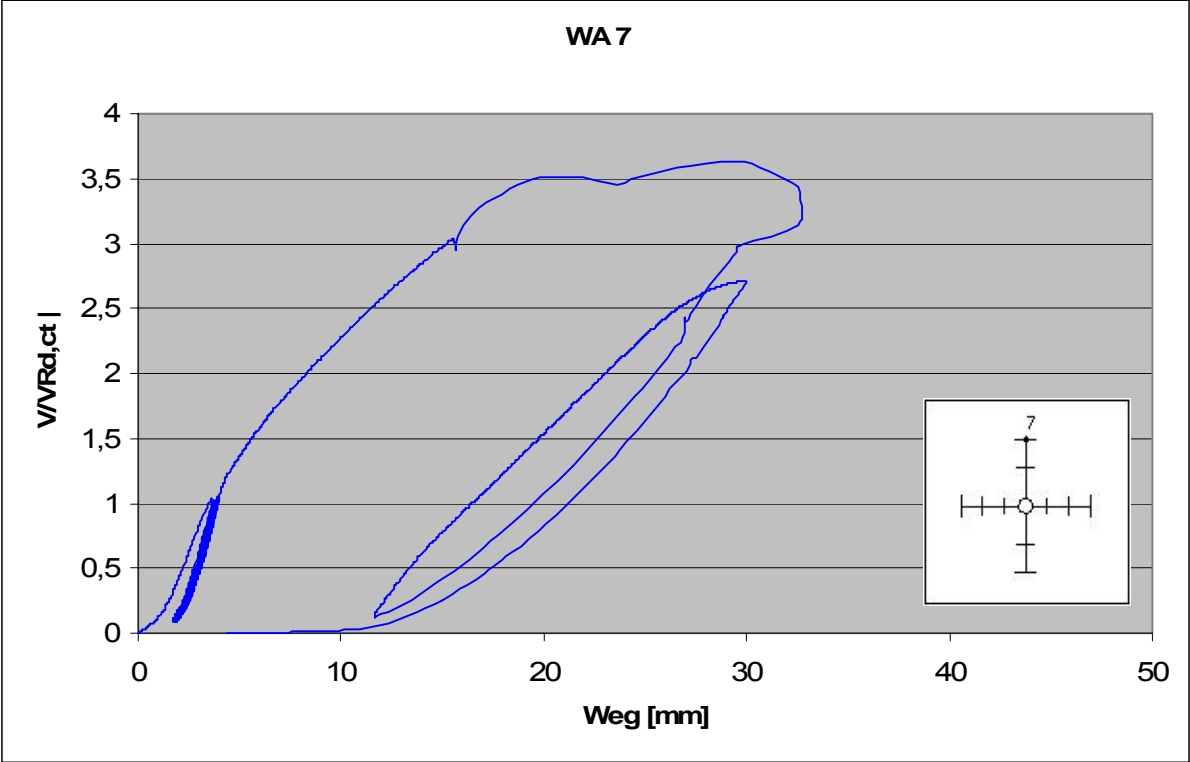
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 5



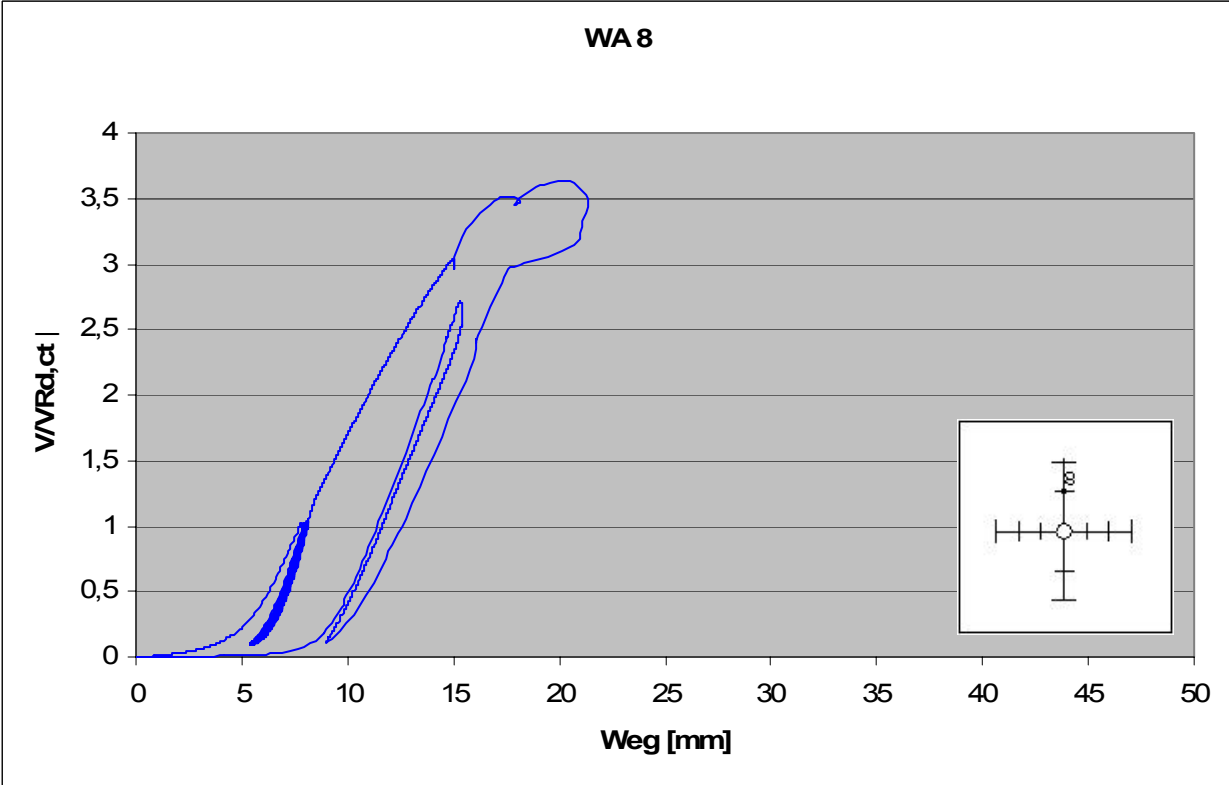
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 6



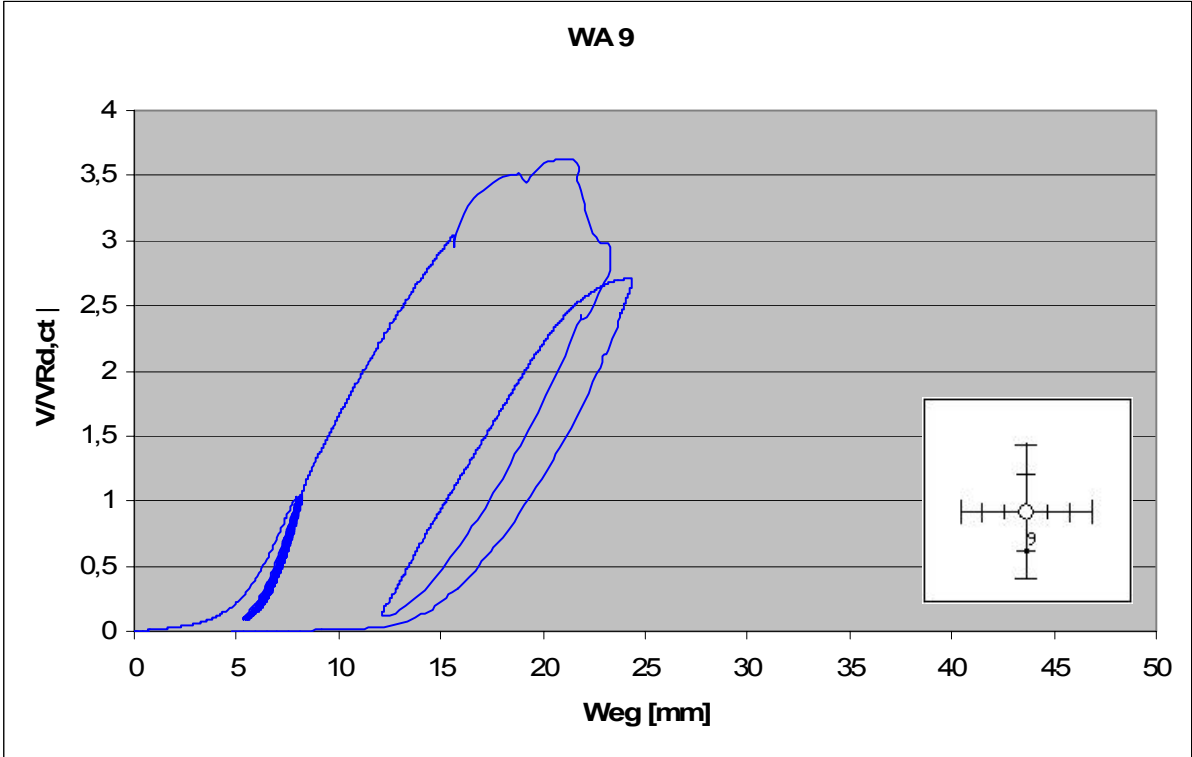
Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 7



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 8



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 9



Messung der Durchbiegung von Versuchskörper IR am Wegaufnehmer WA 10

