

## Ergänzungsnachweise zu den BGW-Sandwichplattenankern

Im Folgenden werden ergänzende Nachweise für die BGW-Sandwichplattenanker (BGW-SPA) zusammengestellt. Diese ergänzenden Nachweise sind für Einbau- und/oder Belastungsfälle zu führen, die über den Bereich, der über die Typenprüfungen abgedeckt ist, hinausgehen.

Die Rand- und Zwischenabstände der Sandwichplatten-Traganker (Stabtraganker, Manschettenanker und Flachanker) sind in den Typenprüfungen [2], [3] und [4] pauschal wie folgt begrenzt:

$a_H \geq 0,50 \text{ m}$	Rand- / Zwischenabstand horizontal bzw. quer zum Anker
$a_V \geq 1,00 \text{ m}$	Rand- / Zwischenabstand vertikal bzw. in Ankerichtung
$a_T \geq 1,00 \text{ m}$	Abstand horizontal und vertikal zu anderen Tragankern
Höchstabstände der Traganker zum Festpunkt beachten: $e \leq e_{max}$	

Bei einer differenzierten Betrachtung der einzelnen Anker sind die im Folgenden aufgeführten Randbedingungen einzuhalten, bzw. die folgenden Nachweise zu führen.

### 1. Ankerabstände Stabtraganker

Die Geometrie der Stabtraganker und die Länge der Verankerungsbewehrung ist in den folgenden Tabellen dargestellt:

#### Geometrie

Stabtraganker		d= 5,0 mm	d= 6,0 mm	d= 8,0 mm	d= 10,0 mm
SPA-1	$b_K$	45 mm	46 mm	48 mm	60 mm
	$b_H$	40 mm	40 mm	48 mm	60 mm
SPA-2	$b_{KK}$	160 mm	170 mm	180 mm	200 mm
	$b_S$	80 mm	80 mm	80 mm	100 mm

#### Verankerungsbewehrung

Stabtraganker		d= 5,0 mm	d= 6,0 mm	d= 8,0 mm	d= 10,0 mm
Vorsatzschale	$l_V$	450 mm	450 mm	700 mm	700 mm
Tragschale	$l_V$	700 mm	700 mm	800 mm	900 mm

Die Tragfähigkeit der Betonverankerung auf Zug, bzw. orthogonal zu den Betonschalen ist gewährleistet, wenn der Betonausbruchkörper und die Verankerungsbewehrung ungestört im Beton liegen. Dafür werden geometrische Nachweise der Verankerungszonen und der Einbindung der Bewehrung geführt.

Die Tragfähigkeit der Betonverankerung auf Schub, bzw. parallel zu den Betonschalen wird über die Berechnung des Widerstands gegen Betonkantenbruch nachgewiesen. Dazu werden zunächst die Betontragfähigkeiten der Anker auf Schub tabellarisch angegeben.

**Ankerbetontraglast vertikal**

Stabtraganker		d= 5 mm	d= 6 mm	d= 8 mm	d= 10 mm
SPA-1	$F_{V,Rd,c,max}$	8,7 kN	11,9 kN	14,7 kN	14,7 kN
SPA-2	$F_{V,Rd,c,max}$	17,5 kN	21,6 kN	24,4 kN	25,9 kN

Verankerungszone

Die Verankerungszone der Stabtraganker muss ungestört sein. Dazu muss sich der rechnerische Betonausbruchkörper ohne Einschränkung ausbilden können. Die Verankerungsbewehrung muss in mittiger Position zum Anker einbaubar sein. Eine außermittige Lage der Bewehrung, ein Verkürzen der Bewehrung und eine Überlappung mit der Verankerungsbewehrung anderer Traganker oder mit dem Verankerungsbereich von anderen Ankern ist nicht zulässig.

Auf Basis der Anker- und Bewehrungsgeometriewerte und unter Einbeziehung von Einbautoleranzen ist die unmittelbare, rechteckige Verankerungszone der Stabtraganker wie folgt festzulegen:

Breite Verankerungsbereich:  $b_V = 3 h_{ef} + b_K + 40 \text{ mm}$  für SPA-1

$b_V = 3 h_{ef} + b_{KK} + 40 \text{ mm}$  für SPA-2

mit  $h_{ef}$  – eff. Verankerungstiefe (50 mm)

Höhe Verankerungsbereich:  $h_V = l_V + 40 \text{ mm}$   $l_V$  – Länge Verankerungsbewehrung

Die Höhe bezieht sich dabei auf die Richtung der Verankerungsstäbe, die Breite orthogonal dazu.

Damit ergibt sich in Abhängigkeit vom Ankertyp, von der Ankergröße und von Vorsatz-/Tragschale die Breite/Höhe  $b_V/h_V$  der Verankerungszone zu:

**Verankerungszone**

Stabtranker	d= 5,0 mm	d= 5,0 mm	d= 6,0 mm	d= 8,0 mm	d= 10,0 mm
SPA-1 Vorsatzschale	$b_V / h_V$	235/490mm	236/490mm	238/740mm	250/740mm
SPA-1 Tragschale	$b_V / h_V$	235/740mm	236/740mm	238/840mm	250/940mm
SPA-2 Vorsatzschale	$b_V / h_V$	350/490mm	360/490mm	370/740mm	390/740mm
SPA-2 Tragschale	$b_V / h_V$	350/740mm	360/740mm	370/840mm	390/940mm

Mindestankerabstände

Die Mindestankerabstände sind damit wie folgt zu berechnen:

Randabstand quer:  $a_{RQ} = b_V / 2$

Randabstand längs:  $a_{RL} = h_V / 2$

Achsabstand zu Stabtragankern quer  $a_{ZQ} = b_V$

Achsabstand zu Stabtragankern längs  $a_{ZL} = h_V$

Achsabstand zu Verbundankern quer  $a_{VQ} = b_V / 2 + 180 \text{ mm}$

Achsabstand zu Verbundankern längs  $a_{VL} = h_V / 2 + 180 \text{ mm}$

Achsabstand zu anderen Tragankern quer  $a_{TQ} = b_V / 2 + b_T / 2$

Achsabstand zu anderen Tragankern längs  $a_{TL} = h_V / 2 + h_T / 2$

mit:

$b_T$  – Breite Verank.zone anderer Traganker

$h_T$  – Höhe Verank.zone anderer Traganker

### Betonkantenbruch Vorsatzschale

Im Folgenden wird für den jeweils geringsten Randlängsabstand  $a_{RL}$  der Stabtraganker SPA-1, SPA-2 der Nachweis des Betonkantenbruchs in der Vorsatzschale geführt. Ein Betonkantenbruch kann bei Vertikalankern am oberen Betonschalenrand der Vorsatzschale auftreten.

Für den Nachweis wird ein Betonausbruchkegel über die gesamte Dicke der Vorsatzschale mit einer Kantenneigung von 1:1,5 angenommen. Auf der effektiven Bruchfläche (50% der gesamten Bruchfläche) wird der Bemessungswert der Betonzugfestigkeit angesetzt. Das Integral der Zugspannungskomponenten orthogonal zur Betonoberfläche auf der effektiven Bruchfläche entspricht dem Ansatz der Betonzugfestigkeit auf 50% der Ausbruchprojektionsfläche, so dass der Ansatz wie folgt formuliert werden kann:

effektive Projektionsfläche:  $A_{P,eff} = 0,5 \cdot 3 a_{RL} \cdot V$  für SPA-1

$A_{P,eff} = 0,5 \cdot (3 a_{RL} + b_{KK} - 2 b_K) \cdot V$  für SPA-2

mit:

$V$  – Dicke Vorsatzschale

Tragfähigkeit auf Betonkantenbruch:  $V_{Rd,c} = A_{P,eff} \cdot f_{ctd} = A_{P,eff} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c$

$V_{Rd,c} = 0,5 \cdot 3 a_{RL} \cdot V \cdot f_{ctd}$  für SPA-1

$V_{Rd,c} = 0,5 (3 a_{RL} + b_{KK} - 2 b_K) \cdot V \cdot f_{ctd}$  für SPA-2

Es werden die Mindestwerte für SPA-1, SPA-2 berechnet:

Für  $V=70\text{mm}$ ,  $f_{ctd}=2,0/1,8=1,11 \text{ N/mm}^2$  (C30/37),  $a_{RL,min}=h_V/2=245 \text{ mm}$  (SPA-1), bzw.  $370 \text{ mm}$  (SPA-2) und  $(b_{KK} - 2 b_K)_{min}=(160 - 2 \cdot 45)=70\text{mm}$  gilt:

SPA-1:  $V_{Rd,c} = 0,5 \cdot 3 \cdot 245 \cdot 70 \cdot 1,11 \cdot 10^{-3} = 28,6 \text{ kN}$

SPA-2  $V_{Rd,c} = 0,5 \cdot (3 \cdot 245 + 70) \cdot 70 \cdot 1,11 \cdot 10^{-3} = 31,3 \text{ kN}$

Damit ist die Tragfähigkeit auf Betonkantenbruch in der Vorsatzschale für alle Ankergrößen nachgewiesen.

Betonkantenbruch Tragschale

Im Folgenden wird für die Stabtraganker SPA-1, SPA-2 der Nachweis des Betonkantenbruchs in der Tragschale geführt. Ein Betonkantenbruch kann bei Vertikalankern am unteren Betonschalenrand der Vorsatzschale auftreten. Dabei ist die Betonfestigkeit der Tragschale zu beachten.

In der Tragschale (Mindestdicke 100 mm) werden die abgespreizten Enden der Stabtraganker verankert. Die Lage der Stabtragankerenden wird durch die Höhe h der Anker bestimmt. Die Höhe der Anker richtet sich nach der Dämmstärke und der gewählten Einbindetiefe. Für den Nachweis ist zunächst der Abstand des Verankerungselements („Haken“ bei SPA-1, „Schlaufe“ bei SPA-2) vom Rand zu bestimmen. Dieser ist die Differenz aus dem Anker:

Randabstand Verank.element:  $a_{RL,E} = a_{RL} - h$   $h$  – Ankerhöhe

Der Nachweis des Betonkantenbruchs wird nach ETAG 001 geführt:

Tragfähigkeit auf Betonkantenbruch:  $V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot A_{c,V} / A_{c,V}^0 \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ucr,V}$

$V_{Rd,c}^0 = 0,45 d_{nom}^{0,5} \cdot (l_f / d_{nom})^{0,2} \cdot f_{c,cube}^{0,5} / \gamma_c \cdot a_{RL,E}^{1,5}$

mit:

$d_{nom} = d$

$l_{ef} = h_{ef} = 55 \text{ mm}$

$A_{c,V} / A_{c,V}^0 = (b_H + 3 a_{RL,E}) / (3 a_{RL,E})$  für SPA-1

$A_{c,V} / A_{c,V}^0 = (b_S + 3 a_{RL,E}) / (3 a_{RL,E})$  für SPA-2

$\psi_{s,V} = \psi_{h,V} = \psi_{ec,V} = \psi_{\alpha,V} = \psi_{ucr,V} = 1,0$

$f_{c,cube} = 37 \text{ N/mm}^2 \text{ (C30/37)}, \gamma_c = 1,8$

Der Nachweis ist für die untere Ankerstrebe (Druckstrebe) der Stabtraganker zu führen. Der Bemessungstragwert auf Betonkantenbruch entspricht der Hälfte der vertikalen Ankertraglast. Die vertikale Ankertraglast beträgt somit:

$F_{V,Rd,c} = 2 V_{Rd,c}$

Die Auswertung erfolgt für alle Ankergrößen beispielhaft für Beton C30/37 tabellarisch.

**Betonkantenbruch SPA-1, Tragschale**

Durchmesser	$d_{nom}$	5 mm	6 mm	8 mm	10 mm
Verankerungstiefe	$h_{ef}$	55 mm	55 mm	55 mm	55 mm
max. Ankerhöhe	$h_{max}$	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm
Randabstand	$a_{RL,E} = h_V / 2 - h_{max}$	220 mm	170 mm	170 mm	170 mm
Ankerbreite	$b_H$	40 mm	40 mm	48 mm	60 mm
Tragfähigkeit	$V_{Rd,c}^0$	17,9 kN	12,9 kN	14,0 kN	15,0 kN
eff. Projektionsfläche	$A_{c,V} / A_{c,V}^0$	1,06	1,08	1,09	1,12
Tragfähigkeit	$V_{Rd,c}$	19,0 kN	13,9 kN	15,3 kN	16,8 kN
max. Vertikalkraft	$F_{V,Rd,c}$	<b>38,0 kN</b>	<b>27,7 kN</b>	<b>30,7 kN</b>	<b>33,5 kN</b>

**Betonkantenbruch SPA-2, Tragschale**

Durchmesser	$d_{nom}$	5 mm	6 mm	8 mm	10 mm
Verankerungstiefe	$h_{ef}$	55 mm	55 mm	55 mm	55 mm
max. Ankerhöhe	$h_{max}$	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm
Randabstand	$a_{RLE} = h_V / 2 - h_{max}$	220 mm	170 mm	170 mm	170 mm
Ankerbreite	$b_s$	80 mm	80 mm	80 mm	100 mm
Tragfähigkeit	$V_{Rd,c}^0$	17,9 kN	12,9 kN	14,0 kN	15,0 kN
eff. Projektionsfläche	$A_{c,V} / A_{c,V}^0$	1,12	1,16	1,16	1,20
Tragfähigkeit	$V_{Rd,c}$	<b>20,1 kN</b>	<b>14,9 kN</b>	<b>16,2 kN</b>	<b>17,9 kN</b>
max. Vertikalkraft	$F_{V,Rd,c}$	<b>40,2 kN</b>	<b>29,8 kN</b>	<b>32,4 kN</b>	<b>35,9 kN</b>

## 2. Ankerabstände Manschettenanker

Die Geometrie und die maximalen Verankerungstragfähigkeiten der Manschettenanker sowie die Anzahl und Länge der Zulage- und Verankerungsbewehrung ist in den folgenden Tabellen dargestellt.

### Geometrie und Bewehrung

Manschettenanker		d= 51 mm	d= 76 mm	d= 102 mm	d= 127 mm	d= 153 mm
Ankerdurchmesser	d	51 mm	76 mm	102 mm	127 mm	153 mm
Ausbruchkegel-Ø	$d_A$	261 mm	286 mm	312 mm	337 mm	363 mm
Zulagebewehrung Anzahl - Länge	n - $l_z$	4-700 mm	4-700 mm	4-700 mm	4-700 mm	4-700 mm
Manschettenanker		d= 178 mm	d= 204 mm	d= 229 mm	d= 255 mm	d= 280 mm
Ankerdurchmesser	d	178 mm	204 mm	229 mm	255 mm	280 mm
Ausbruchkegel-Ø	$d_A$	388 mm	414 mm	439 mm	465 mm	490 mm
Zulagebewehrung Anzahl - Länge	n - $l_z$	4-700 mm	8-800 mm	8-800 mm	8-800 mm	8-800 mm

### Maximale Ankerbetontragfähigkeiten

Manschettenanker		d= 51 mm	d= 76 mm	d= 102 mm	d= 127 mm	d= 153 mm
Ankerbetontraglast vertikal	$F_{V,Rd,c,max}$	14,5 kN	20,3 kN	28,2 kN	36,5 kN	45,4 kN
Ankerbetontraglast horizontal	$F_{H,Rd,c,max}$	6,2 kN	7,2 kN	8,2 kN	9,2 kN	10,2 kN
Manschettenanker		d= 178 mm	d= 204 mm	d= 229 mm	d= 255 mm	d= 280 mm
Ankerbetontraglast vertikal	$F_{V,Rd,c,max}$	52,5 kN	59,8 kN	66,9 kN	74,3 kN	81,4 kN
Ankerbetontraglast horizontal	$F_{H,Rd,c,max}$	11,2 kN	12,0 kN	12,6 kN	13,2 kN	13,8 kN

Verankerungszone

Die Verankerungszone der Manschettenanker muss ungestört sein. Dazu muss sich der rechnerische Betonausbruchkörper ohne Einschränkung ausbilden können. Die Verankerungsbewehrung muss in mittiger Position zum Anker einbaubar sein. Eine außermittige Lage der Bewehrung, ein Verkürzen der Bewehrung und eine Überlappung mit der Verankerungsbewehrung anderer Traganker oder mit dem Verankerungsbereich von anderen Ankern ist nicht zulässig.

Die unmittelbare, quadratische Verankerungszone der Manschettenanker ist auf Basis der Anker- und Bewehrungsgeometriewerte und unter Einbeziehung von Einbautoleranzen festzulegen. Dazu müssen alle folgenden Bedingungen eingehalten werden, die jeweils eine Einbautoleranz von 40 mm berücksichtigen:

Breite/Höhe Verankerungszone:  $b_v = h_v \geq 3 h_{ef} + d + 40\text{mm}$  Ausbruchkegelnachweis  
 mit  $h_{ef}$  – eff. Verankerungstiefe (70 mm)

$b_v = h_v \geq l_z + 40\text{mm}$   
 mit  $l_z$  – Länge der Zulagebewehrung

$b_v = h_v \geq d + s_z + 40\text{mm}$   
 mit  $s_z$  – Summe d. Stababstände d. Zulagebew.  
 $s_z = 60\text{ mm}$  (d=51 bis 178 mm)  
 $s_z = 180\text{ mm}$  (d=204 bis 280 mm)

Die Abmessungen der Verankerungszonen betragen damit:

**Verankerungszone**

Manschettenanker		d= 51 mm	d= 76 mm	d= 102 mm	d= 127 mm	d= 153 mm
Breite / Höhe	$b_v = h_v$	740 mm	740 mm	740 mm	740 mm	740 mm
Manschettenanker		d= 178 mm	d= 204 mm	d= 229 mm	d= 255 mm	d= 280 mm
Breite / Höhe	$b_v = h_v$	740 mm	840 mm	840 mm	840 mm	840 mm

Betonkantenbruch

Der Nachweis auf Betonkantenbruch wird mit der maximalen Ankerverikaltraglast geführt. Für den Nachweis auf Betonkantenbruch wird ein Betonausbruchkegel über die gesamte Dicke der Vorsatzschale mit einer Kantenneigung von 1:1,5 angenommen. Die Tragschale ist nicht maßgebend. Auf der effektiven Bruchfläche (50% der gesamten Bruchfläche) wird der Bemessungswert der Betonzugfestigkeit angesetzt. Das Integral der Zugspannungskomponenten orthogonal zur Betonoberfläche auf der effektiven Bruchfläche entspricht dem Ansatz der Betonzugfestigkeit auf 50% der Ausbruchprojektionsfläche. Es wird angenommen, dass der Ausbruchkegel ab der Ankermitte beginnt. Dabei kann der Lasteinleitungsbereich des Ankers (Ankerdurchmesser) nicht als Bruchfläche mit herangezogen werden.

effektive Projektionsfläche:  $A_{P,eff} = 0,5 \cdot 3 a_{RK} \cdot V$   
 mit:  $V$  – Dicke Vorsatzschale

Tragfähigkeit auf Betonkantenbruch:  $V_{Rd,c} = A_{P,eff} \cdot f_{ctd} = A_{P,eff} \cdot f_{ctk,0.05} / \gamma_c$   
 $V_{Rd,c} = 1,5 \cdot a_{RK} \cdot V \cdot f_{ctd}$

Damit kann der erforderliche Achs-Randabstand der Manschettenanker in Kraftrichtung  $a_{RK}$  für den maßgebenden Wert von  $V=70\text{mm}$  wie folgt bestimmt werden:

$$a_{RK} = V_{Rd,c} / (1,5 \cdot V \cdot f_{ctd}) = F_{V,Rd,c,max} / (1,5 \cdot V \cdot f_{ctd})$$

#### Randabstand Kraftrichtung

Manschettenanker		d= 51 mm	d= 76 mm	d= 102 mm	d= 127 mm	d= 153 mm
Randabstand	$a_{RK}$	124 mm	174 mm	242 mm	313 mm	389 mm
Manschettenanker		d= 178 mm	d= 204 mm	d= 229 mm	d= 255 mm	d= 280 mm
Randabstand	$a_{RK}$	450 mm	513 mm	573 mm	637 mm	698 mm

Bei geringerer AnkerAusnutzung sind kleinere Randabstände möglich.

Dieser Nachweis beinhaltet nicht die Lasteinleitung und den Kurzschluss des Kräftepaars aus dem Einspannmoment der Anker in die Betonschalen. Die dafür erforderlichen Randabstände werden über die Verankerungszonen eingehalten.

#### Mindestankerabstände

Die Mindestankerabstände sind damit wie folgt zu berechnen ( $b_v=h_v$ ):

Randabstand quer:  $a_{RQ} = b_v / 2$   
 Randabstand längs:  $a_{RL} = \max \{h_v / 2 ; a_{RK}\}$   
 Achsabstand zu Verbundankern  $a_v = b_v / 2 + 180 \text{ mm}$   
 Achsabstand zu anderen Tragankern quer  $a_{TQ} = b_v / 2 + b_T / 2$   
 Achsabstand zu anderen Tragankern längs  $a_{TL} = h_v / 2 + h_T / 2$   
 mit:  $b_T$  – Breite Verank.zone anderer Traganker  
 $h_T$  – Höhe Verank.zone anderer Traganker

### 3. Ankerabstände Flachanker

Die Geometrie und die maximalen Vertikallasttragfähigkeiten der Flachanker und die Länge der Zula-  
 ge- und Verankerungsbewehrung sind in den folgenden Tabellen angegeben.

#### Geometrie und Bewehrung

Flachanker		b= 80 mm	b= 120 mm	b= 160 mm	b= 200 mm	b= 240 mm
Ankerbreite	b	80 mm	120 mm	160 mm	200 mm	240 mm
Verankerungsbew.länge	$l_v$	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm
Zulagebewehrungslänge	$l_z$	600 mm	600 mm	600 mm	600 mm	900 mm
Flachanker		b= 280 mm	b= 320 mm	b= 360 mm	b= 400 mm	
Ankerbreite	b	280 mm	320 mm	360 mm	400 mm	
Verankerungsbew.länge	$l_v$	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm	
Zulagebewehrungslänge	$l_z$	900 mm	1000 mm	1000 mm	1000 mm	

#### Maximale Ankerbetontragfähigkeiten

Flachanker		b= 80 mm	b= 120 mm	b= 160 mm	b= 200 mm	b= 240 mm
Ankerbetontraglast vertikal	$F_{V,Rd,c,max}$	7,4 kN	17,0 kN	26,1 kN	33,1 kN	37,8 kN
Flachanker		b= 280 mm	b= 320 mm	b= 360 mm	b= 400 mm	
Ankerbetontraglast vertikal	$F_{V,Rd,c,max}$	44,0 kN	47,8 kN	49,6 kN	55,2 kN	

#### Verankerungszone

Die Verankerungszone der Flachanker muss ungestört sein. Dazu muss sich der rechnerische Beton-  
 ausbruchkörper ohne Einschränkung ausbilden können. Die Verankerungsbewehrung muss in mitti-  
 ger Position zum Anker einbaubar sein. Eine außermittige Lage der Bewehrung, ein Verkürzen der  
 Bewehrung und eine Überlappung mit der Verankerungsbewehrung anderer Traganker oder mit dem  
 Verankerungsbereich von anderen Ankern ist nicht zulässig.

Die unmittelbare, rechteckige Verankerungszone der Flachanker ist auf Basis der Anker- und Beweh-  
 rungsgeometriewerte und unter Einbeziehung von Einbautoleranzen festzulegen. Dazu müssen alle  
 folgenden Bedingungen eingehalten werden, die jeweils eine Einbautoleranz von 40 mm berücksich-  
 tigen:

$$\text{Breite/Höhe Verankerungszone: } b_v \geq l_v + 40\text{mm}$$

mit  $l_v$  – Länge der Verankerungsbewehrung

$$h_v \geq l_z + 40\text{mm}$$

mit  $l_z$  – Länge der Zulagebewehrung



Die Abmessungen der Verankerungszonen betragen damit:

**Verankerungszone**

Manschettenanker		b= 80 mm	b= 120 mm	b= 160 mm	b= 200 mm	b= 240 mm
Breite / Höhe	$b_V / h_V$	400/640mm	400/640mm	400/640mm	400/640mm	400/940mm
Manschettenanker		b= 280 mm	b= 320 mm	b= 360 mm	b= 400 mm	
Breite / Höhe	$b_V = h_V$	400/940mm	400/1040mm	400/1040mm	400/1040mm	

Betonkantenbruch

Der Nachweis auf Betonkantenbruch wird mit der maximalen Ankervertikaltraglast geführt. Für den Nachweis auf Betonkantenbruch wird ein Betonausbruchkegel über die gesamte Dicke der Vorsatzschale mit einer Kantenneigung von 1:1,5 angenommen. Die Tragschale ist nicht maßgebend. Auf der effektiven Bruchfläche (50% der gesamten Bruchfläche) wird der Bemessungswert der Betonzugfestigkeit angesetzt. Das Integral der Zugspannungskomponenten orthogonal zur Betonoberfläche auf der effektiven Bruchfläche entspricht dem Ansatz der Betonzugfestigkeit auf 50% der Ausbruchprojektionsfläche. Es wird angenommen, dass der Ausbruchkegel ab dem Ankerende beginnt.

effektive Projektionsfläche:  $A_{P,eff} = 0,5 \cdot 3 a_{RK} \cdot V$

mit:  $V$  – Dicke Vorsatzschale

Tragfähigkeit auf Betonkantenbruch:  $V_{Rd,c} = A_{P,eff} \cdot f_{ctd} = A_{P,eff} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c$

$V_{Rd,c} = 1,5 \cdot a_{RK} \cdot V \cdot f_{ctd}$

Damit kann der erforderliche Achs-Randabstand der Flachanker in Krafrichtung  $a_{RL,K}$  für den maßgebenden Wert von  $V=70$ mm aus der maßgebenden, maximalen Ankervertikallast wie folgt bestimmt werden. Dabei wird der ungünstigste Wert für Anker mit  $t=3,0$  mm Stärke verwendet.

$a_{RL,K} = a_{RK} + b / 2$

$a_{RL,K} = V_{Rd,c} / (1,5 \cdot V \cdot f_{ctd}) + b / 2$

$a_{RL,K} = F_{V,Rd,c,max} / (1,5 \cdot V \cdot f_{ctd}) + b / 2$

**Randabstand Krafrichtung**

Manschettenanker		b= 80 mm	b= 120 mm	b= 160 mm	b= 200 mm	b= 240 mm
Randabstand	$a_{RL,K}$	103 mm	206 mm	304 mm	384 mm	444 mm
Manschettenanker		b= 280 mm	b= 320 mm	b= 360 mm	b= 400 mm	
Randabstand	$a_{RL,K}$	517 mm	570 mm	605 mm	673 mm	

Bei geringerer AnkerAusnutzung sind kleinere Randabstände möglich.

Dieser Nachweis beinhaltet nicht die Lasteinleitung und den Kurzschluss des Kräftepaars aus dem Einspannmoment der Anker in die Betonschalen. Die dafür erforderlichen Randabstände werden über die Verankerungszonen eingehalten.

#### Mindestankerabstände

Die Mindestankerabstände der Flachanker sind damit wie folgt zu berechnen:

Randabstand quer:	$a_{RQ} = b_V / 2$
Randabstand längs:	$a_{RL} = \max \{h_V / 2 ; a_{RL,K}\}$
Achsabstand zu Flachankern quer	$a_{ZQ} = b_V$
Achsabstand zu Flachankern längs	$a_{ZL} = h_V$
Achsabstand zu Verbundankern	$a_V = b_V / 2 + 180 \text{ mm}$
Achsabstand zu anderen Tragankern quer	$a_{TQ} = b_V / 2 + b_T / 2$
Achsabstand zu anderen Tragankern längs	$a_{TL} = h_V / 2 + h_T / 2$
mit:	$b_T$ – Breite Verank.zone anderer Traganker
	$h_T$ – Höhe Verank.zone anderer Traganker

## 4. Zulagebewehrung in den Betonschalen

### Rückhänge- und Querkzugbewehrung

Bei randnaher Lasteinleitung ist eine Rückhänge- und Querkzugbewehrung für die schalenparallel wirkende Last  $F_V$  zu bemessen. Es wird angenommen, dass sich die durch das Verankerungselement eingeleitete Last  $F$  im Winkel von  $45^\circ$  im Bauteil ausbreitet. Dabei wird die Stahlspannung in der Bewehrung auf  $\sigma_{\text{grenz}} = 270 \text{ N/mm}^2$  beschränkt, um die Rissbreite gering zu halten:

Rückhängebewehrung	$A_{S,R} = F_{V,d} / \sigma_{\text{grenz}}$	$\sigma_{\text{grenz}} = 270 \text{ N/mm}^2$
Querkzugbewehrung	$A_{S,Q} = F_{V,d} / (2 \sigma_{\text{grenz}})$	$\sigma_{\text{grenz}} = 270 \text{ N/mm}^2$

Als Rückhängebewehrung kann die Verankerungsbewehrung und die im Lastausstrahlbereich angeordnete Grundbewehrung der Betonschale angesetzt werden. Als Querkzugbewehrung kann ebenfalls die Grundbewehrung der Betonschale angesetzt werden.

Dieser Nachweis ist für Stabtraganker, Manschettenanker und Flachanker zu führen.

## 5. Interaktionstragfähigkeiten der Flachanker

### Betonverankerung

Die Momententragfähigkeit  $M_{Rd,c}$  der Betonverankerung beträgt:

$$\text{mit: } M_{Rd,c} = M_{Rd,c}^0 - 0,3 N_d \cdot L_2 \quad \text{mit } N_d = |F_{Hd}|$$

$M_{Rd,c}^0$  – Grundwert der Momententfkg d. Verankerung

Aus der Momententragfähigkeit  $M_{Rd,c}$  wird über den Hebelarm  $z$  die Vertikalkrafttragfähigkeit der Verankerung  $V_{Rd,c}$  bestimmt :

$$V_{Rd,c} = 2 M_{Rd,c} / z$$

Der Hebelarm  $z$  zwischen der Trag- und der Vorsatzschale beträgt:

$$z = a + V / 2 + 30 \text{ mm} \quad a - \text{Dämmstärke}$$

Damit beträgt die Vertikaltraglast der Betonverankerung:

$$V_{Rd,c} = 2 (M_{Rd,c}^0 - 0,3 F_{H,d} \cdot (b + 3 h_{ef})) / z$$

$h_{ef} = 60 \text{ mm}$   
 $b$  – Ankerbreite

Einige Auswertungsbeispiele sind in der folgenden Tabelle angegeben.

### Interaktionstragfähigkeit Betonverankerung

Flachanker		b= 80 mm	b= 120 mm	b= 160 mm	b= 200 mm	b= 240 mm
Grundwert Momententragfähigkeit	$M_{Rd,c}^0$	1,07 kNm	1,42 kNm	1,83 kNm	2,29 kNm	2,79 kNm
Verankerungsbreite	$L_2$	260 mm	300 mm	340 mm	380 mm	420 mm
Momententragfähigkeit	$M_{Rd,c}$ ( $N_d = 4 \text{ kN}$ )	0,76 kNm	1,06 kNm	1,42 kNm	1,83 kNm	2,29 kNm
Momententragfähigkeit	$M_{Rd,c}$ ( $N_d = 6 \text{ kN}$ )	0,60 kNm	0,88 kNm	1,22 kNm	1,60 kNm	2,04 kNm
Flachanker		b= 280 mm	b= 320 mm	b= 360 mm	b= 400 mm	
Grundwert Momententragfähigkeit	$M_{Rd,c}^0$	3,35 kNm	3,96 kNm	4,62 kNm	5,33 kNm	
Verankerungsbreite	$L_2$	460 mm	500 mm	540 mm	580 mm	
Momententragfähigkeit	$M_{Rd,c}$ ( $N_d = 4 \text{ kN}$ )	2,80 kNm	3,36 kNm	3,97 kNm	4,63 kNm	
Momententragfähigkeit	$M_{Rd,c}$ ( $N_d = 6 \text{ kN}$ )	2,52 kNm	3,06 kNm	3,64 kNm	4,28 kNm	

### Stabilitätsversagen

Die Momententragfähigkeit  $M_{Rd,k}$  infolge Widerstands gegen Stabilitätsversagen beträgt:

$$M_{Rd,k} = M_{Rd,k}^0 \cdot (1 - |F_{Hd}| / N_{Rd,k})$$

mit:

$M_{Rd,k}^0$  – Grundwert der Momententfkg. auf Stabilität  
 $N_{Rd,k}$  – Knicktragfähigkeit der Anker fkt(b, t, a)

Aus der Momententragfähigkeit  $M_{Rd,k}$  wird über den Hebelarm  $z$  die Vertikalkrafttragfähigkeit infolge Widerstand gegen Stabilitätsversagen  $V_{Rd,k}$  bestimmt :

$$V_{Rd,k} = 2 M_{Rd,k} / z$$

Die Werte für  $M_{Rd,k}^0$  und  $N_{Rd,k}$  werden auf den zwei folgenden Seiten angegeben.

### Auswertung

Die Tragtabellen der Typenprüfung [4] wurden für eine horizontale Einwirkung von  $|F_{H,d}|=4,0$  kN aufgestellt. Bei größerer einwirkender Horizontalkraft  $|F_{H,d}|$  ist für jeden Einzelfall (Ankergröße  $b$ , Ankerstärke  $t$ , Vorsatzschalendicke  $V$ , Dämmstärke  $a$ ) zu prüfen, ob die Traglast nach den o.a. Interaktionsgleichungen für die Betonverankerung ( $V_{Rd,c}$ ) und für Knicken ( $V_{Rd,k}$ ) maßgebend wird und die Vertikalkrafttragfähigkeit  $F_{V,Rd}$  auf  $\min \{V_{Rd,c}; V_{Rd,k}\}$  beschränkt werden muss.

Bei geringeren äußeren Normalkräften  $|F_{H,d}|$  ist auf Grund der Vielzahl der Tragfähigkeitsbegrenzungen der Flachanker keine Erhöhung der vertikalen Traglasten  $F_{V,Rd}$  der Tragtabellen möglich.

Alternativ können auf Nachfrage die Auswertungstabellen für definierte Horizontalgrenzlasten  $|F_{H,d}|$  ausgegeben werden.

G10-35 BGW Sandwichplattenanker

15.10.2010

N <sub>Rd,k</sub>	b	a [mm]	kN																											
			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250					
80 mm	t=1,5mm	26,6	22,8	19,5	16,6	14,1	12,1	10,4	9,1	7,9	7,0	6,2	5,5	4,9	4,5	4,0	3,7	3,4	3,1	2,8	2,6	2,4	2,3	2,1						
	t=2,0mm	40,3	36,2	32,3	28,7	25,4	22,5	20,0	17,8	15,8	14,2	12,7	11,5	10,4	9,5	8,6	7,9	7,3	6,7	6,2	5,7	5,3	5,0	4,6						
	t=3,0mm	68,4	63,8	59,4	55,3	51,3	47,5	43,9	40,5	37,4	34,5	31,8	29,4	27,2	25,2	23,3	21,7	20,2	18,8	17,5	16,4	15,4	14,4	13,5						
120 mm	t=1,5mm	39,9	34,2	29,2	24,9	21,2	18,2	15,7	13,6	11,9	10,5	9,3	8,3	7,4	6,7	6,1	5,5	5,0	4,6	4,3	3,9	3,6	3,4	3,1						
	t=2,0mm	60,5	54,2	48,4	43,0	38,2	33,8	30,0	26,7	23,8	21,3	19,1	17,2	15,6	14,2	12,9	11,9	10,9	10,0	9,3	8,6	8,0	7,4	6,9						
	t=3,0mm	102,6	95,7	89,2	82,9	76,9	71,2	65,8	60,8	56,1	51,8	47,8	44,1	40,8	37,7	35,0	32,5	30,2	28,2	26,3	24,6	23,0	21,6	20,3						
160 mm	t=1,5mm	53,2	45,7	38,9	33,1	28,3	24,2	20,9	18,1	15,9	14,0	12,4	11,0	9,9	8,9	8,1	7,4	6,7	6,2	5,7	5,2	4,8	4,5	4,2						
	t=2,0mm	80,7	72,3	64,6	57,4	50,9	45,1	40,0	35,6	31,7	28,4	25,5	23,0	20,8	18,9	17,3	15,8	14,5	13,4	12,4	11,5	10,6	9,9	9,3						
	t=3,0mm	136,9	127,6	118,9	110,5	102,6	95,0	87,8	81,1	74,8	69,0	63,7	58,8	54,4	50,3	46,7	43,3	40,3	37,6	35,1	32,8	30,7	28,8	27,1						
200 mm	t=1,5mm	66,6	57,1	48,7	41,4	35,3	30,3	26,1	22,7	19,8	17,5	15,5	13,8	12,4	11,2	10,1	9,2	8,4	7,7	7,1	6,5	6,1	5,6	5,2						
	t=2,0mm	100,9	90,4	80,7	71,7	63,6	56,4	50,0	44,4	39,6	35,5	31,8	28,7	26,0	23,6	21,6	19,8	18,1	16,7	15,5	14,3	13,3	12,4	11,6						
	t=3,0mm	171,1	159,5	148,6	138,2	128,2	118,7	109,7	101,3	93,5	86,3	79,6	73,5	68,0	62,9	58,3	54,2	50,4	46,9	43,8	41,0	38,4	36,0	33,9						
240 mm	t=1,5mm	79,9	68,5	58,4	49,7	42,4	36,3	31,3	27,2	23,8	21,0	18,6	16,6	14,8	13,4	12,1	11,0	10,1	9,2	8,5	7,9	7,3	6,8	6,3						
	t=2,0mm	121,0	108,5	96,8	86,1	76,3	67,6	60,0	53,3	47,5	42,5	38,2	34,5	31,2	28,4	25,9	23,7	21,8	20,1	18,5	17,2	16,0	14,9	13,9						
	t=3,0mm	205,3	191,5	178,3	165,8	153,8	142,5	131,7	121,6	112,2	103,5	95,5	88,2	81,6	75,5	70,0	65,0	60,5	56,3	52,6	49,2	46,1	43,2	40,6						
280 mm	t=1,5mm	93,2	79,9	68,1	58,0	49,5	42,4	36,6	31,7	27,8	24,4	21,7	19,3	17,3	15,6	14,1	12,9	11,8	10,8	9,9	9,2	8,5	7,9	7,3						
	t=2,0mm	141,2	126,6	113,0	100,4	89,1	78,9	70,0	62,2	55,5	49,6	44,6	40,2	36,4	33,1	30,2	27,7	25,4	23,4	21,6	20,1	18,6	17,4	16,2						
	t=3,0mm	239,5	223,4	208,0	193,4	179,5	166,2	153,6	141,9	130,9	120,8	111,5	102,9	95,2	88,1	81,7	75,8	70,5	65,7	61,4	57,4	53,7	50,4	47,4						
320 mm	t=1,5mm	106,5	91,3	77,9	66,3	56,5	48,5	41,8	36,3	31,7	27,9	24,8	22,1	19,8	17,8	16,2	14,7	13,4	12,3	11,3	10,5	9,7	9,0	8,4						
	t=2,0mm	161,4	144,7	129,1	114,8	101,8	90,2	80,0	71,1	63,4	56,7	51,0	46,0	41,6	37,8	34,5	31,6	29,0	26,8	24,7	22,9	21,3	19,8	18,5						
	t=3,0mm	273,7	255,3	237,8	221,1	205,1	189,9	175,6	162,1	149,6	138,0	127,4	117,6	108,7	100,7	93,3	86,7	80,6	75,1	70,1	65,6	61,4	57,6	54,2						
360 mm	t=1,5mm	119,8	102,7	87,6	74,6	63,6	54,5	47,0	40,8	35,7	31,4	27,9	24,8	22,3	20,1	18,2	16,5	15,1	13,9	12,8	11,8	10,9	10,1	9,4						
	t=2,0mm	181,5	162,7	145,2	129,1	114,5	101,5	90,0	80,0	71,3	63,8	57,3	51,7	46,8	42,6	38,8	35,6	32,7	30,1	27,8	25,8	24,0	22,3	20,8						
	t=3,0mm	307,9	287,2	267,5	248,7	230,7	213,7	197,5	182,4	168,3	155,3	143,3	132,3	122,3	113,2	105,0	97,5	90,7	84,5	78,9	73,8	69,1	64,8	60,9						
400 mm	t=1,5mm	133,1	114,2	97,4	82,9	70,7	60,6	52,2	45,3	39,7	34,9	30,9	27,6	24,7	22,3	20,2	18,4	16,8	15,4	14,2	13,1	12,1	11,3	10,5						
	t=2,0mm	201,7	180,8	161,4	143,5	127,2	112,7	100,0	88,9	79,2	70,9	63,7	57,5	52,0	47,3	43,1	39,5	36,3	33,4	30,9	28,6	26,6	24,8	23,2						
	t=3,0mm	342,1	319,1	297,2	276,3	256,4	237,4	219,5	202,7	187,0	172,5	159,2	147,0	135,9	125,8	116,7	108,3	100,8	93,9	87,6	82,0	76,8	72,0	67,7						

G10-35 BGW Sandwichplattenanker

15.10.2010

$M_{Rd,k}^0$ kNm		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
b	a [mm]																							
80 mm	t=1,5mm	0,63	0,55	0,47	0,40	0,34	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
	t=2,0mm	0,91	0,85	0,77	0,69	0,61	0,54	0,48	0,43	0,38	0,34	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
	t=3,0mm	1,45	1,40	1,35	1,29	1,23	1,14	1,05	0,97	0,90	0,83	0,76	0,71	0,65	0,60	0,56	0,52	0,48	0,45	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
120 mm	t=1,5mm	1,42	1,23	1,05	0,89	0,76	0,65	0,56	0,49	0,43	0,38	0,33	0,30	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
	t=2,0mm	2,04	1,91	1,74	1,55	1,37	1,22	1,08	0,96	0,86	0,77	0,69	0,62	0,56	0,51	0,47	0,43	0,39	0,36	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25
	t=3,0mm	3,27	3,15	3,03	2,90	2,77	2,56	2,37	2,19	2,02	1,86	1,72	1,59	1,47	1,36	1,26	1,17	1,09	1,01	0,95	0,89	0,83	0,78	0,73
160 mm	t=1,5mm	2,52	2,19	1,87	1,59	1,36	1,16	1,00	0,87	0,76	0,67	0,59	0,53	0,48	0,43	0,39	0,35	0,32	0,30	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20
	t=2,0mm	3,62	3,40	3,10	2,75	2,44	2,16	1,92	1,71	1,52	1,36	1,22	1,10	1,00	0,91	0,83	0,76	0,70	0,64	0,59	0,55	0,51	0,48	0,44
	t=3,0mm	5,81	5,60	5,38	5,16	4,92	4,56	4,21	3,89	3,59	3,31	3,06	2,82	2,61	2,42	2,24	2,08	1,93	1,80	1,68	1,57	1,47	1,38	1,30
200 mm	t=1,5mm	3,94	3,42	2,92	2,49	2,12	1,82	1,57	1,36	1,19	1,05	0,93	0,83	0,74	0,67	0,61	0,55	0,50	0,46	0,43	0,39	0,36	0,34	0,31
	t=2,0mm	5,66	5,32	4,84	4,30	3,82	3,38	3,00	2,67	2,38	2,13	1,91	1,72	1,56	1,42	1,29	1,19	1,09	1,00	0,93	0,86	0,80	0,74	0,69
	t=3,0mm	9,08	8,75	8,41	8,06	7,69	7,12	6,58	6,08	5,61	5,18	4,78	4,41	4,08	3,77	3,50	3,25	3,02	2,82	2,63	2,46	2,30	2,16	2,03
240 mm	t=1,5mm	5,68	4,93	4,21	3,58	3,05	2,62	2,26	1,96	1,71	1,51	1,34	1,19	1,07	0,96	0,87	0,79	0,73	0,67	0,61	0,57	0,52	0,49	0,45
	t=2,0mm	8,15	7,66	6,97	6,20	5,50	4,87	4,32	3,84	3,42	3,06	2,75	2,48	2,25	2,04	1,86	1,71	1,57	1,44	1,34	1,24	1,15	1,07	1,00
	t=3,0mm	13,08	12,60	12,11	11,61	11,08	10,26	9,48	8,76	8,08	7,45	6,88	6,35	5,87	5,44	5,04	4,68	4,35	4,06	3,79	3,54	3,32	3,11	2,93
280 mm	t=1,5mm	7,73	6,71	5,72	4,87	4,16	3,56	3,07	2,67	2,33	2,05	1,82	1,62	1,46	1,31	1,19	1,08	0,99	0,91	0,83	0,77	0,71	0,66	0,62
	t=2,0mm	11,10	10,42	9,49	8,44	7,48	6,63	5,88	5,23	4,66	4,17	3,75	3,38	3,06	2,78	2,54	2,32	2,13	1,97	1,82	1,68	1,57	1,46	1,36
	t=3,0mm	17,80	17,14	16,48	15,80	15,08	13,96	12,91	12,91	11,92	11,00	10,15	9,36	8,65	7,99	7,40	6,86	6,37	5,92	5,52	5,15	4,82	4,51	4,24
320 mm	t=1,5mm	10,10	8,77	7,48	6,36	5,43	4,65	4,01	3,48	3,05	2,68	2,38	2,12	1,90	1,71	1,55	1,41	1,29	1,18	1,09	1,01	0,93	0,86	0,80
	t=2,0mm	14,50	13,61	12,39	11,02	9,77	8,66	7,68	6,83	6,09	5,45	4,89	4,41	4,00	3,63	3,31	3,03	2,79	2,57	2,37	2,20	2,04	1,90	1,78
	t=3,0mm	23,25	22,39	21,52	20,64	19,69	18,23	16,86	15,57	14,36	13,25	12,23	11,29	10,44	9,66	8,96	8,32	7,74	7,21	6,73	6,29	5,90	5,53	5,20
360 mm	t=1,5mm	12,78	11,10	9,46	8,05	6,87	5,89	5,08	4,41	3,85	3,39	3,01	2,68	2,41	2,17	1,96	1,79	1,63	1,50	1,38	1,27	1,18	1,09	1,02
	t=2,0mm	18,35	17,23	15,69	13,94	12,37	10,96	9,72	8,64	7,70	6,89	6,19	5,58	5,06	4,60	4,19	3,84	3,53	3,25	3,00	2,78	2,59	2,41	2,25
	t=3,0mm	29,43	28,34	27,24	26,12	24,92	23,08	21,34	19,70	18,18	16,77	15,48	14,29	13,21	12,23	11,34	10,53	9,79	9,13	8,52	7,97	7,46	7,00	6,58
400 mm	t=1,5mm	15,78	13,70	11,68	9,94	8,48	7,27	6,27	5,44	4,76	4,19	3,71	3,31	2,97	2,68	2,43	2,21	2,02	1,85	1,70	1,57	1,45	1,35	1,26
	t=2,0mm	22,65	21,27	19,37	17,22	15,27	13,53	12,00	10,67	9,51	8,51	7,64	6,89	6,24	5,67	5,18	4,74	4,35	4,01	3,71	3,44	3,19	2,98	2,78
	t=3,0mm	36,33	34,99	33,63	32,25	30,77	28,49	26,34	24,32	22,44	20,70	19,11	17,65	16,31	15,10	14,00	13,00	12,09	11,27	10,52	9,84	9,21	8,65	8,13

## 6. Normen, Typenprüfungen, Richtlinien

- [1] Prüfbericht Nr. 4117.20 – 1981/01/08: Statische Typenprüfung BGW Sandwichplattenanker – Verbundanker, 03.04.2009
- [2] Prüfbericht Nr. 4117.20 – 1981/02/08: Statische Typenprüfung BGW Sandwichplattenanker – Stabtraganker, 05.06.2009
- [3] Prüfbericht Nr. 4117.20 – 1981/03/08: Statische Typenprüfung BGW Sandwichplattenanker – Manschettenanker, 10.08.2009
- [4] Prüfbericht Nr. 4117.20 – 1981/04/08: Statische Typenprüfung BGW Sandwichplattenanker – Flachanker, 30.11.2009
- [5] Europäische Organisation für Technische Zulassungen (EOTA): ETAG 001 Metal anchors for use in concrete – Annex C: Design Methods for Anchorages. S. 30. Stand: November 2006

aufgestellt in Aachen, den 15. Oktober 2010

\_\_\_\_\_  
Dr.-Ing. N. Kerkeni

\_\_\_\_\_  
Dipl.-Ing. C. Bergholz