

## Verkalit<sup>®</sup>-Stein



MÜHLBERG/ELBE

WERBEN/ELBE

## ■ Verkalit®-Deckwerkstein

UMFASSENDE DEICH- UND BÖSCHUNGSSCHUTZ SEIT ÜBER 40 JAHREN

Verkalit®-Steine sind entwickelt worden, um eine Erosion der Böschungen und damit eine Gefährdung der Standsicherheit von Hochwasserschutz-Bauwerken zu vermeiden. Dabei wurde hoher Wert darauf gelegt, eine **optimale Widerstandsfähigkeit, insbesondere gegenüber hohen Belastungen, z. B. Wellenschlag, Eisgang und Treibgut**, zu erreichen.

Die Stabilität ergibt sich durch ein Nut-Federsystem, das eine Kraftübertragung zwischen den eingebauten Verkalitsteinen bewirkt. Durch den vertikalen Verbund ist ein Deckwerk, welches mit Verkalit®-Steinen ausgeführt ist, einerseits sehr gelenkig, andererseits kann es den o. g. Einflüssen nachweislich widerstehen. Der **vertikale Verbund mit Nut und Feder wirkt wie ein Kugellager**; somit ist sichergestellt, dass eventuelle Schäden am Deich sofort erkennbar sind.

Verkalit®-Steine werden mit der Betongüte C45/55 einschichtig, d.h. ohne Vorsatz und Feinschicht, produziert. Somit wird eine hohe Festigkeit und damit auch Frostbeständigkeit erreicht. Mit Hilfe von entsprechenden Verlegegeräten lassen sich Verkalit®-Steine **mit hoher Verlegeleistung wirtschaftlich einbauen**. So wurden z. B. beim Objekt Jade-Weserport Wilhelmshaven bis zu 1.200 m<sup>2</sup> am Tag verlegt. Durch die Steingeometrie kann ein direkter Anschluss der Verlegeeinheiten untereinander, ohne zusätzliche Arbeiten, erfolgen.

Neben den vielen Praxisreferenzen wurde bereits 2011 die Funktionsfähigkeit des Nut-Feder-Systems im Rahmen von **Großversuchen im**

**Wellenkanal des Forschungszentrums Küste in Hannover durch Prof. Schüttrumpf auch wissenschaftlich untersucht.**

Hier wurde u.a. nachgewiesen, dass zum Herauslösen **eines einzelnen** Steines aus dem System eine Zugkraft von i. M. 40 kN aufzubringen ist und die Stabilitätskennzahl des Verkalit-Deckwerksystems > 7 beträgt. Ein Herauslösen eines Steins aus dem Deckwerk und somit die Zerstörung des Deckwerks ist ohne mechanische Kräfteintragung nicht möglich, d.h. das Deckwerk ist nicht zerstörbar bei fachgerechtem Einbau! Weitere Untersuchungen hierzu, die die ersten Versuchsergebnisse untermauern, wurden auch in den Versuchen der RWTH Aachen 2016/2017 durchgeführt. Die Ergebnisse hierzu finden Sie in den Untersuchungsberichten hinter Register 11!

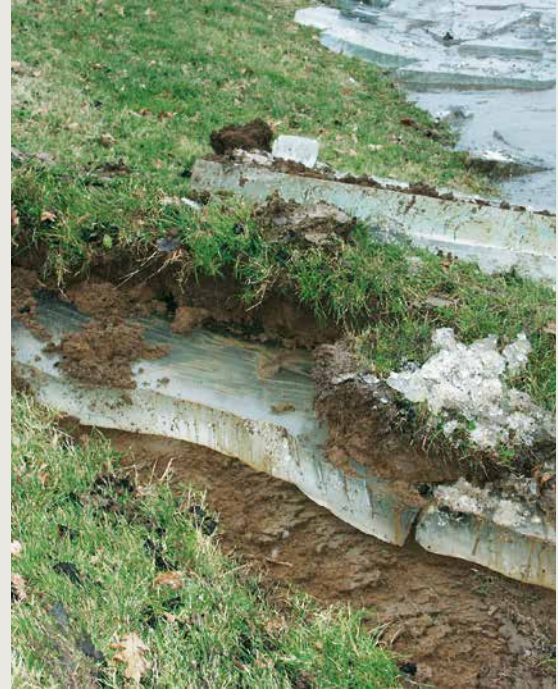
Eine Variante des Vollsteins ist der Verkalit®-mgv-. Der Stein ist eine Anpassung auf die objektbezogenen Bedürfnisse an Durchlässigkeit ohne signifikante Verringerung der Deckwerkstabilität. Der Verkalit®-mgv-Stein hat eine unterbrochene Feder und eine seitliche Vertiefung, die für eine Erhöhung der Durchlässigkeit sorgen. Er ist, z. B. im Binnenbereich, für die Entwässerung von Fußpunkten oder für Überströmstrecken besonders gut geeignet. In den technischen Daten finden Sie entsprechende Bemessungsparameter.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die verzahnten Deckwerksteine für einen Mehrertrag an Stabilität gegenüber herkömmlichen Setzsteindeckwerken sorgen.



## ■ Verkalit<sup>®</sup>-Stein

UMFASSENDE DEICH- UND BÖSCHUNGSSCHUTZ SEIT ÜBER 40 JAHREN



### Verkalit<sup>®</sup>-Steine

Bilder oben links: Schäden durch Eis | Bild oben rechts: Schäden durch Eis (Quelle: Thiemann 2003).

Bild unten links: Überströmversuch Aachen.

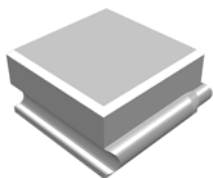
Bild unten rechts: Wellenkanal-Langzeitbelastung mit auflaufender Welle.

# Verkalit®-Stein

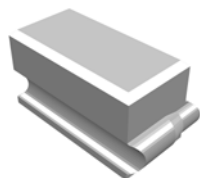
## TECHNISCHE DATEN

Artikel	Format	Nennmaß			Gewicht	Bedarf
	Bezeichnung	Länge	Breite	Dicke	kg/m <sup>2</sup>	ca. St./m <sup>2</sup> verl. Fläche
	cm	mm	mm	mm		
Verkalit®-Vollstein	30/30	300	300	120	264	10,6
Verkalit®-Halbstein	30/15	300	150	120	264	21,2
Verkalit®-Vollstein	30/30	300	300	150	330	10,6
Verkalit®-Halbstein	30/15	300	150	150	330	21,2
Verkalit®-Vollstein	30/30	300	300	180	396	10,6
Verkalit®-Halbstein	30/15	300	150	180	396	21,2
Verkalit®-3/4 Stein	30/22,5	300	225	180	395	14,8
Verkalit®-Vollstein	30/30	300	300	250	550	10,6
Verkalit®-Halbstein	30/15	300	150	250	550	21,2
Verkalit®-Vollstein <sup>1)</sup>	30/30	300	300	300	660	10,6
Verkalit®-Halbstein <sup>1)</sup>	30/15	300	150	300	660	21,6

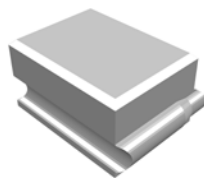
<sup>1)</sup> auf Anfrage



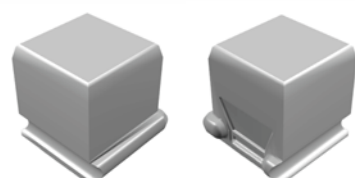
Verkalit®-Vollstein



Verkalit®-Halbstein



Verkalit®-3/4 Stein  
(nur in 180 mm Dicke)



Verkalit®mgv-Stein

## ■ Verkalit<sup>®</sup>-mgv-Stein

### PRODUKTDATEN FÜR DIE BEMESSUNG VON DECKWERKEN

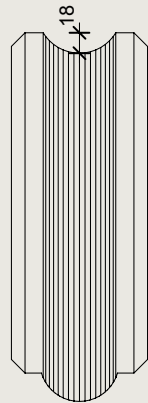
$p_s$	Rohdichte Beton	[kg/m <sup>3</sup> ]	2.380
$n_s$	Hohlraumanteil Stein	[-]	nicht bemessungsrelevant ( $n_s = 0,04$ )
$n_D$	Fugenanteil Deckwerk	[-]	0,03
$k$	Hydraulische Rauheit	[m]	0,02
$\varphi'$	Reibungswinkel (zwischen Deckwerkstein und Filterschicht)	[°]	25,0
$k'$	Permeabilität	[m/s]	$7,3 \cdot 10^{-2}$
$C_{fy}$	Dynamischer Kraftbeiwert	[-]	0,2
$K_x$	Dynamischer Vorfaktor böschungs- parallele Strömungskräfte	[-]	0,12
$K_y$	Dynamischer Vorfaktor Strömungskräfte senkrecht zur Böschung	[-]	0,16

**Verkalit®-Stein**

STEINZEICHNUNGEN

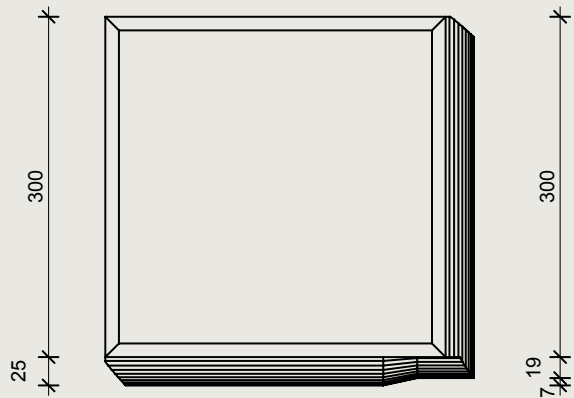
Verkalit®-Stein, 120 mm mit Einlauffase

16  
12 64 28

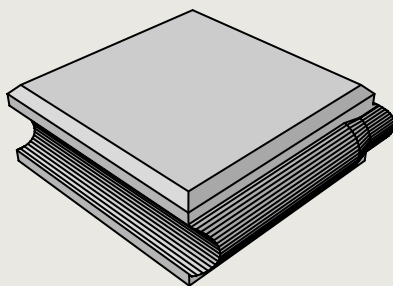


120

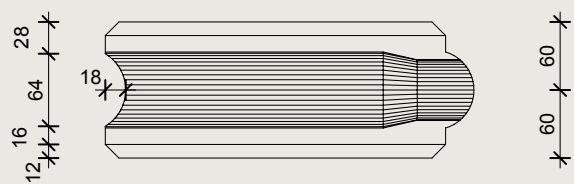
300 25



245 30 50

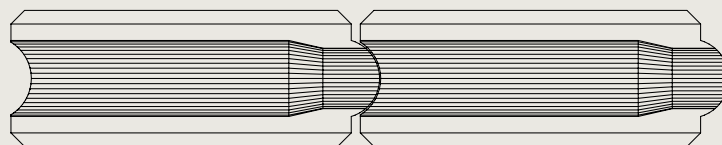


300 25



12 276 12

8 300

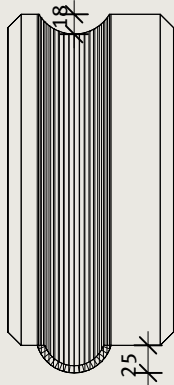


**Verkalit®-Stein**

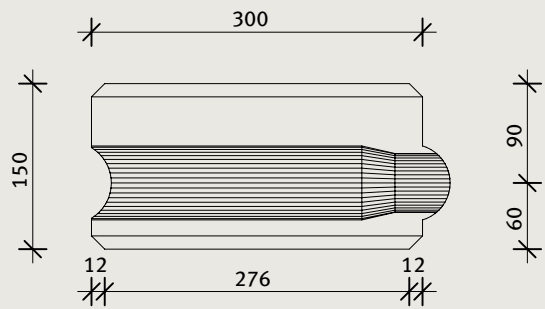
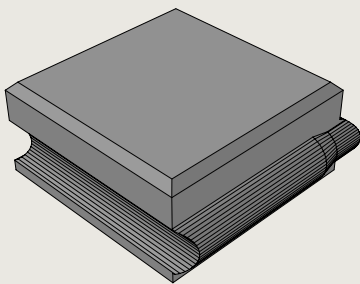
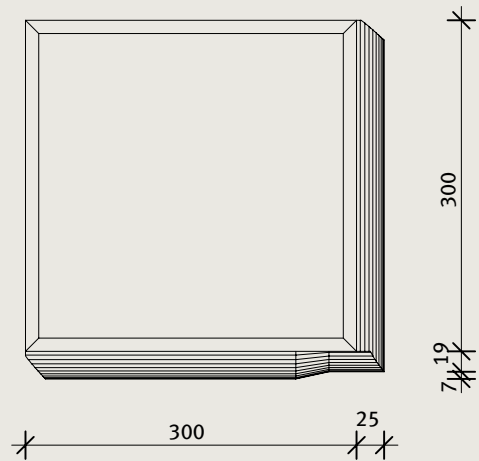
STEINZEICHNUNGEN

Verkalit®-Stein, 150 mm mit Einlauffase

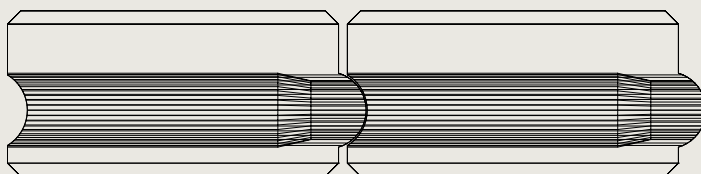
12 16 64 46 12



12 67 45 12  
15



8 300

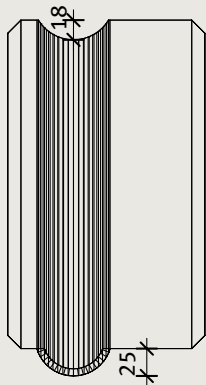


**Verkalit®-Stein**

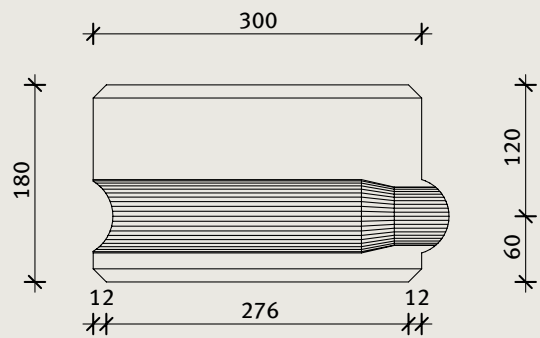
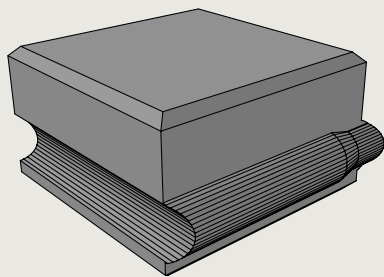
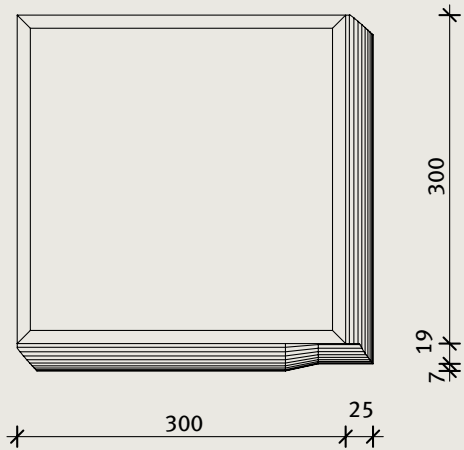
STEINZEICHNUNGEN

Verkalit®-Stein, 180 mm mit Einlauffase

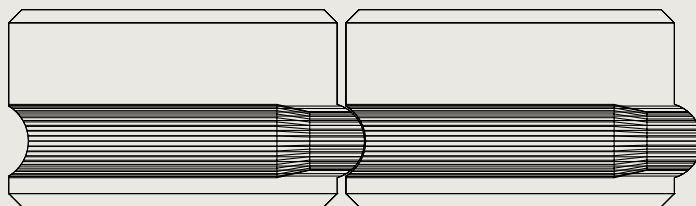
12 16 64 76 12  
\* \* \* \* \*



12 67 75 12  
15 \* \* \* \* \*



8 300  
\* \* \* \* \*

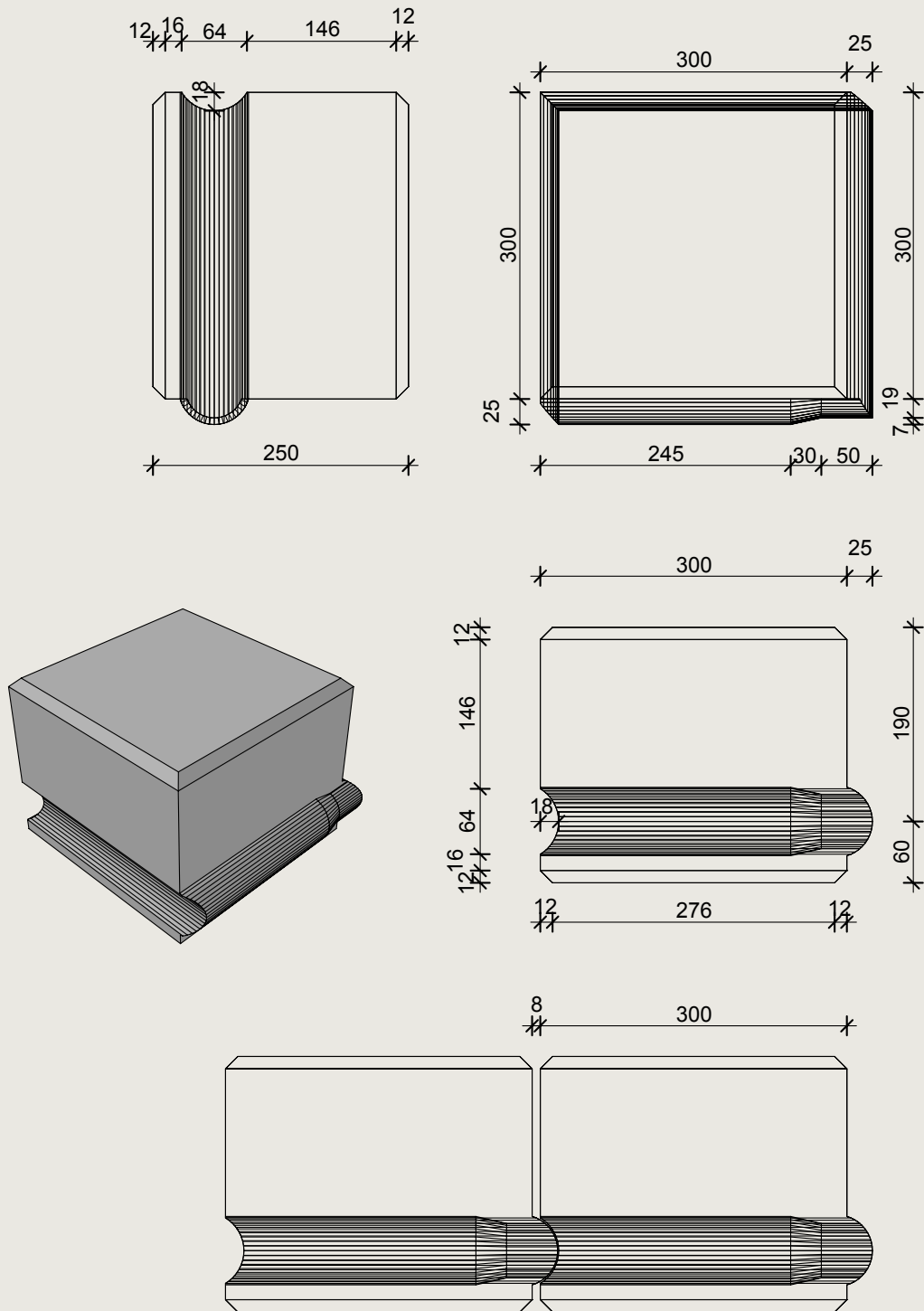




**Verkalit®-Stein**

STEINZEICHNUNGEN

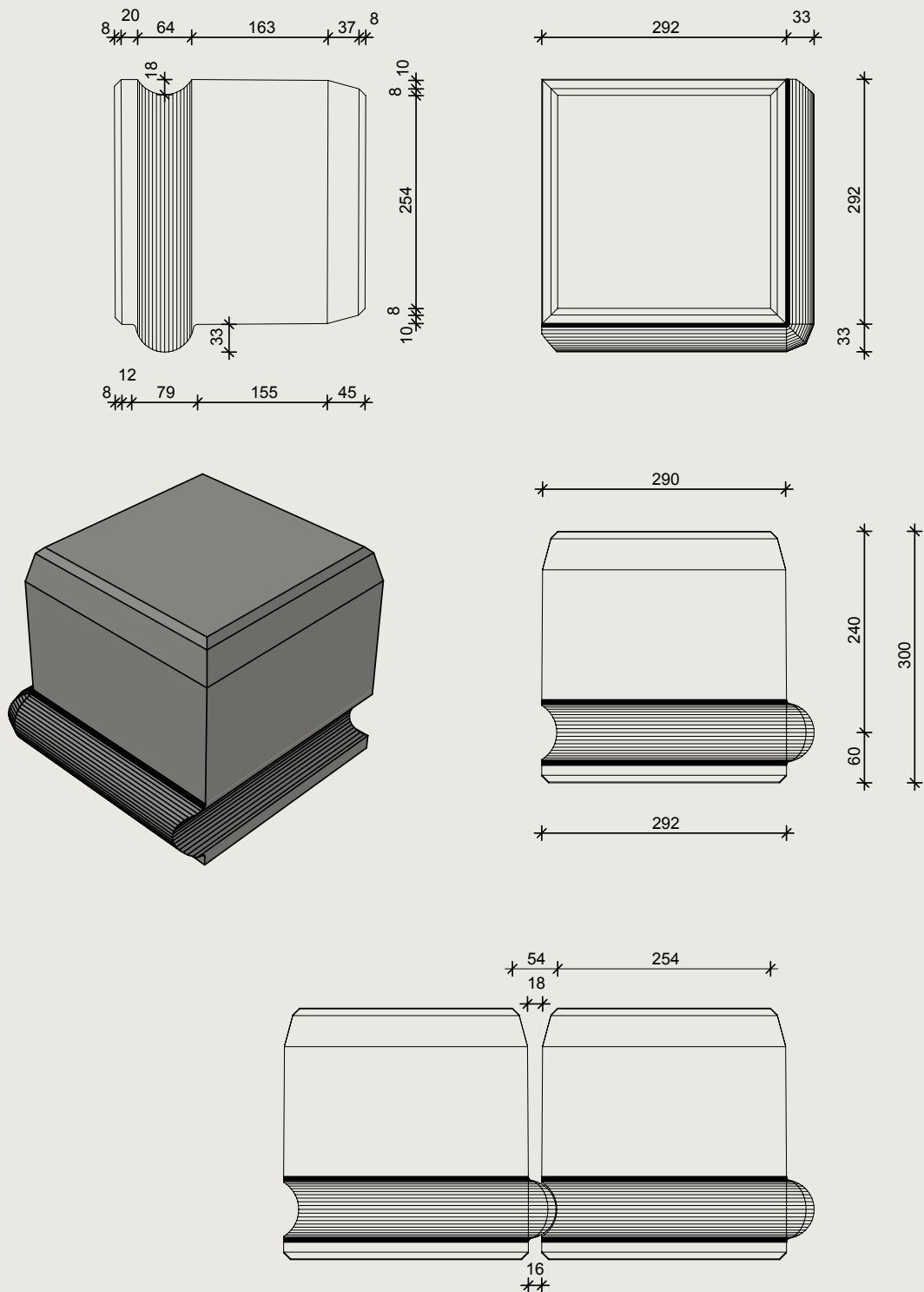
Verkalit®-Stein, 250 mm mit Einlauffase



 **Verkalit®-Stein**

STEINZEICHNUNGEN

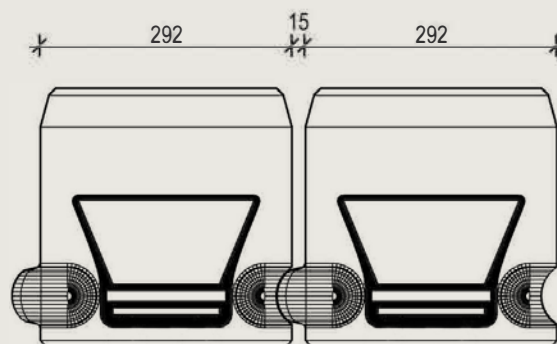
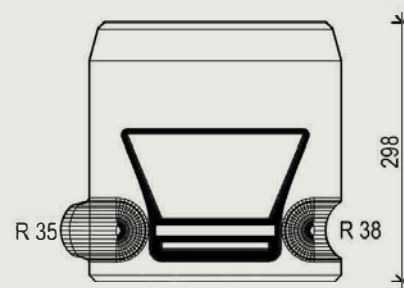
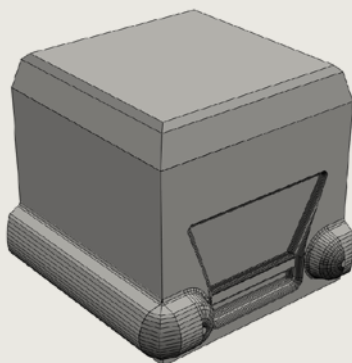
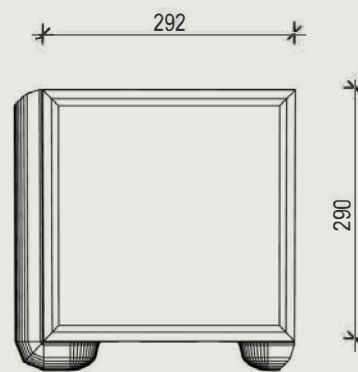
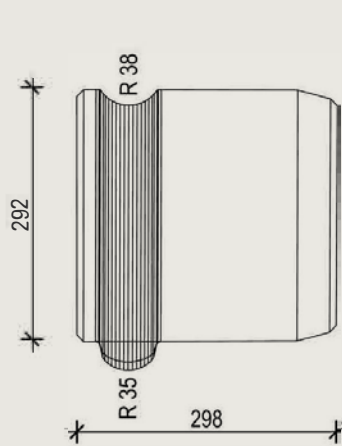
Verkalit®-Stein, 300 mm ohne Einlauffase



**Verkalit<sup>®</sup>-mgv-Stein**

STEINZEICHNUNGEN

Verkalit<sup>®</sup>-mgv-Stein, 300 mm ohne Einlauffase

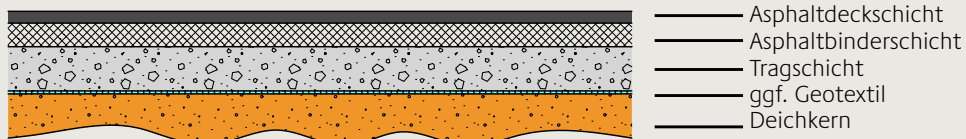


# Verkalit®-Stein

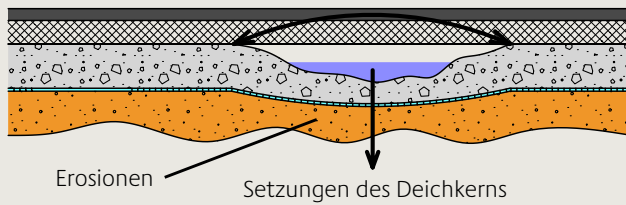
## SYSTEMVORTEILE

### Beispielhafte Aufbaurdarstellungen

**Problem** bei Deckwerk in starrer Bauweise, z. B. Asphalt

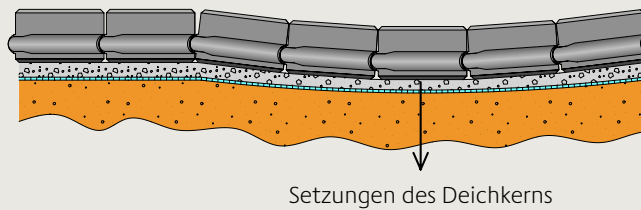
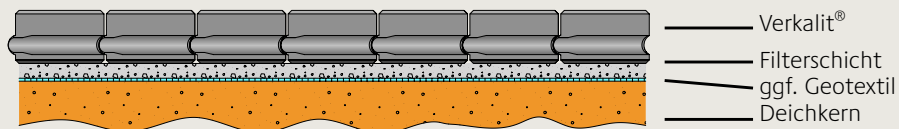


### Gewölbetragwirkung



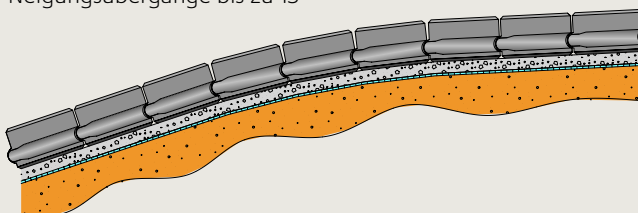
### Beispielhafte Lösung mit Deckwerk aus Verkalit® (flexibles Deckwerk)

Das umlaufende Nut- und Federsystem gleicht Setzungen im Böschungsaufbau aus



### Übergangsloser Knickpunkt

Neigungsübergänge bis zu 13 °



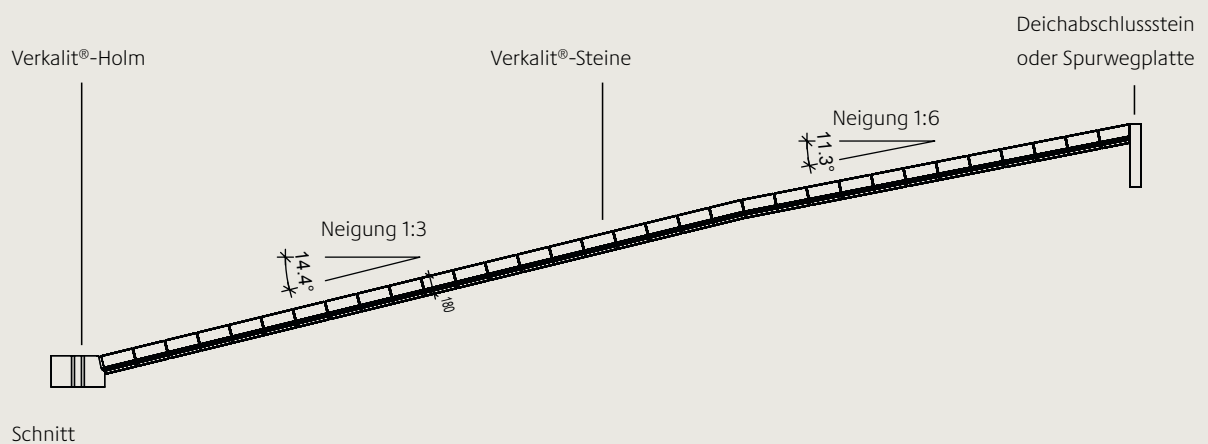
**Verkalit<sup>®</sup>-Stein**  
VERLEGEMÖGLICHKEITEN



Verkalit<sup>®</sup>-Stein | Hoopte

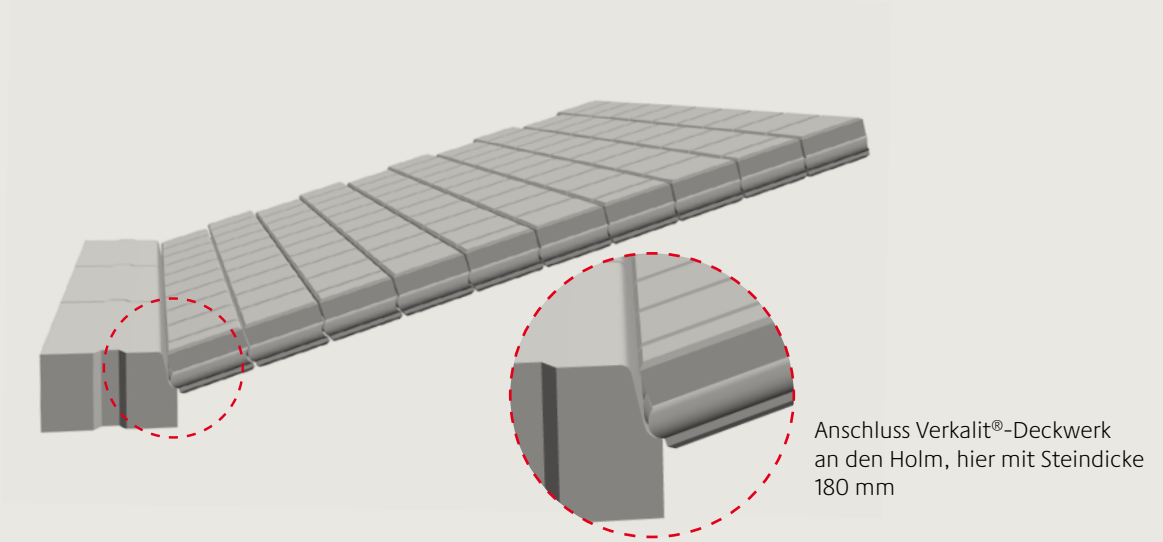


Verkalit<sup>®</sup>-Stein | Anschluss an den Holm

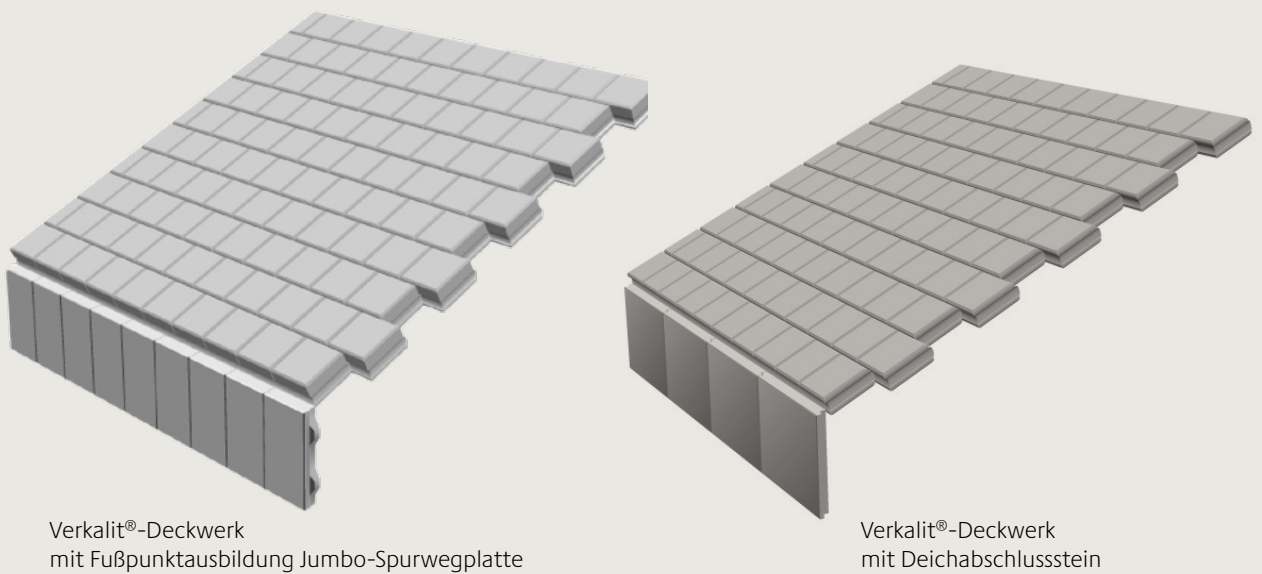


**Verkalit®-Stein**  
VERLEGEMÖGLICHKEITEN

Beispielhafte Darstellung Verkalit®-Stein mit Fußsicherung Verkalit®-Holm



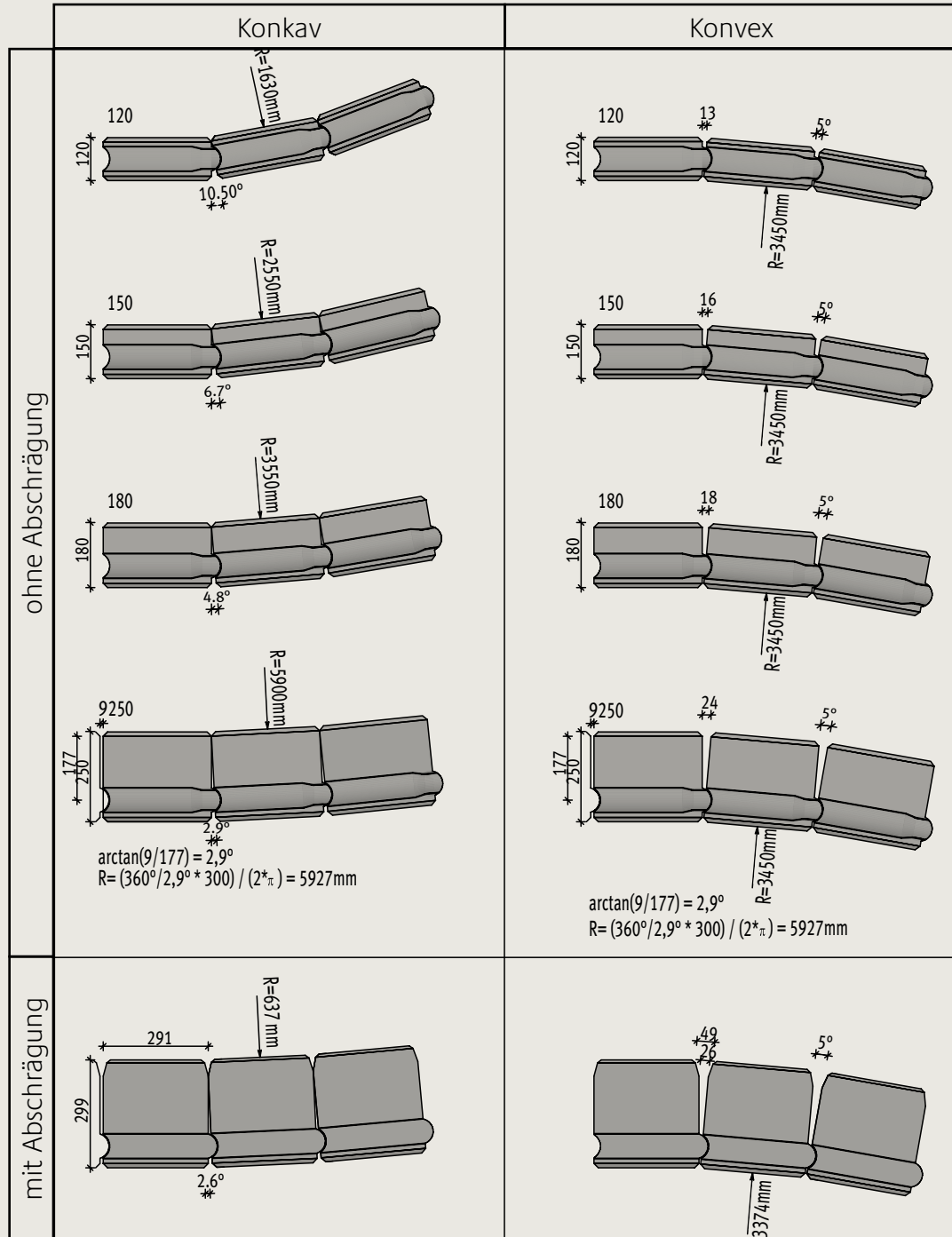
Beispielhafte Darstellung Verkalit®-Stein mit landseitiger Fußpunktausbildung Jumbo-Spurwegplatte und Deichabschlussstein





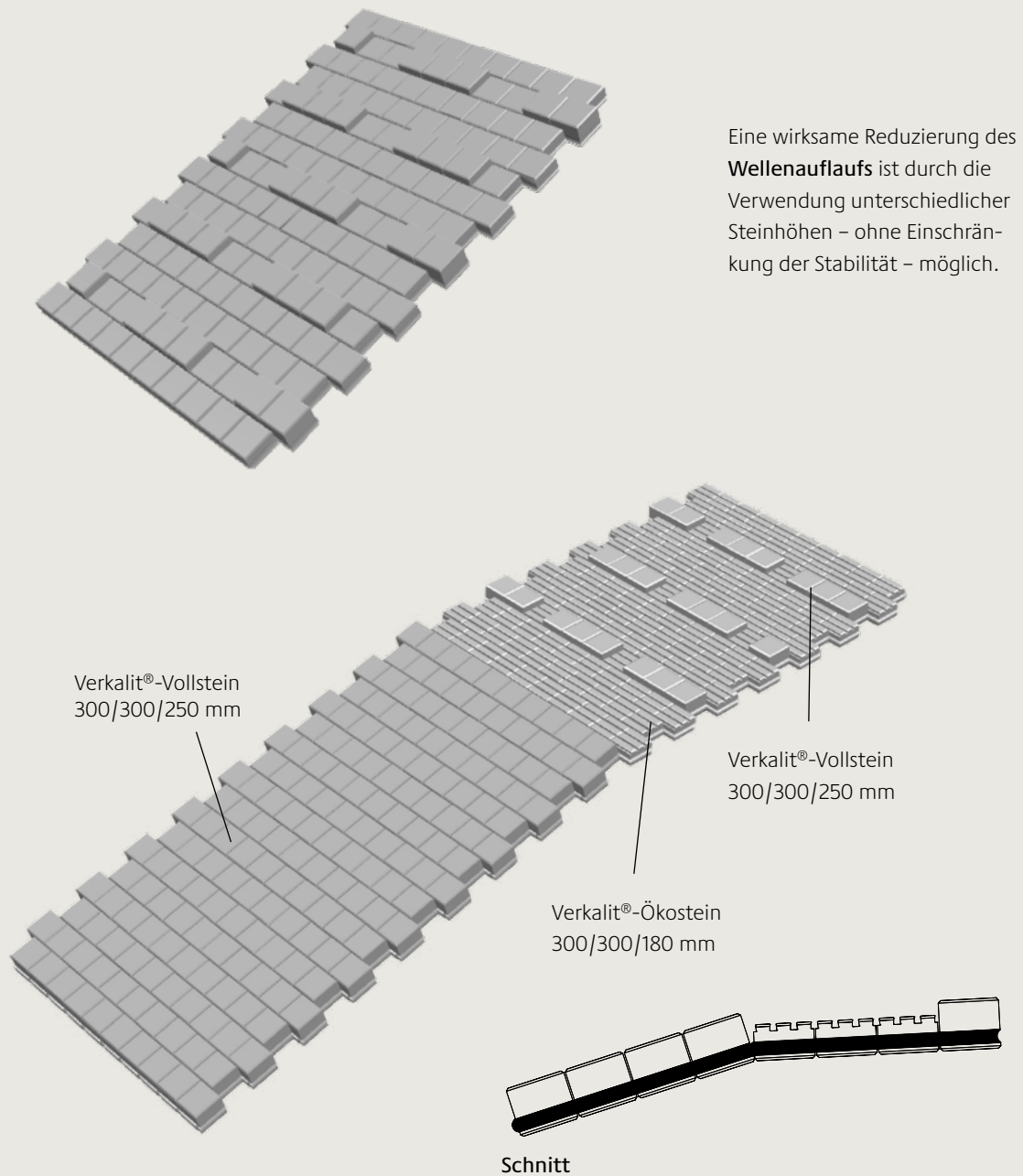
**Verkalit®-Stein**  
VERLEGEMÖGLICHKEITEN

Rotationsfähigkeit von Verkalit®-Deckwerksystemen



**Verkalit<sup>®</sup>-Stein**  
VERLEGEMÖGLICHKEITEN

Beispielhafte Lösungen zum Aufbau zur Wellenauflaufreduzierung



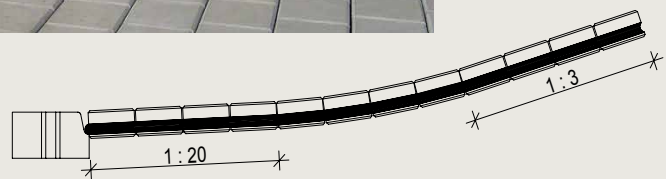
**HINWEIS**

Wellenauflaufgutachten von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf (RWTH, Aachen) auf Anfrage erhältlich.

**Verkalit<sup>®</sup>-Stein**  
VERLEGEMÖGLICHKEITEN

Beispielhafte Darstellung der Rotationsfähigkeit von Verkalit<sup>®</sup>-Steinen

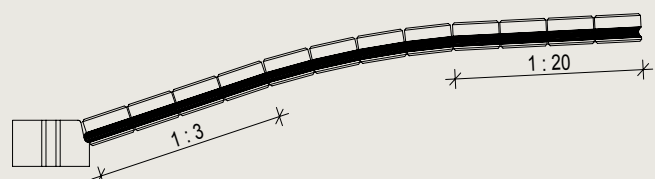
Konkave Fläche



Konvexe Fläche



Verkalit<sup>®</sup>-Stein | befahrbare Rampe



## ■ Verkalit®-Stein

VERLEGEMÖGLICHKEITEN



### Verkalit®-Steine | Hoopste

Mit Verkalit®-Deckwerk lassen sich ohne Sondersteine auch Kurven realisieren.

Mit dem umlaufenden Nut- und Federsystem erhält der Verkalit®-Stein eine **Verbundwirkung**, die den Extrembelastungen durch Wasser und Eis widersteht. Mit Hilfe von Halbsteinen lassen sich auch enge Radien ausbilden, ohne dass es zu aufwändigen Schneidarbeiten auf der Baustelle kommt.



## ■ Verkalit®-Stein

### REFERENZOBJEKTE



Verkalit®-Steine | **Schwinde**



Verkalit®-Steine | **Kehdingen/Niederelbe**

Einen sehr praktischen und zusätzlich wirtschaftlichen Vorteil des in der Oberfläche ebenen Deckwerks zeigt dieses Bild: Die Flächen werden zum Ablagern bzw. zum Trocknen von Treibsel- und Mähgut genutzt. Vor den Herbststürmen wird das Deckwerk in einem Arbeitsgang gesäubert, das jeweilige unterjährige Räumen der Flächen kann somit entfallen.

## ■ Verkalit®-Stein

REFERENZOBJEKTE



Verkalit®-Steine | Over/Elbe



Verkalit®-Steine | Jade-Weser-Port/Wilhelmshaven

Durch angefasste Kanten (unterseitig) ist eine Verlegung direkt auf Vlies zulässig.



■ Verkalit®-Stein

REFERENZOBJEKTE



Verkalit®-Öko | Sassendorf 11/2011



Verkalit®-Öko | Sassendorf 07/2012



## ■ Verkalit<sup>®</sup>-Stein

REFERENZOBJEKTE



Verkalit<sup>®</sup>-Öko-Stein | Begrünung vor Ausbau abgeschält



Verkalit<sup>®</sup>-Stein | Hamburg Kreesand  
Hier erkennt man die tiefe Verwurzelung. Optimaler Erosionsschutz am Deich.



■ Verkalit®-Stein

REFERENZOBJEKTE



Verkalit®-Stein | Lemwerder

■ Verkalit®-Stein

REFERENZOBJEKTE



Verkalit®-Stein | **Horumersiel/Nordsee**

Verlegung von 1970 – Das Deckwerk widersteht problemlos auch den gewaltigen Kräfteinwirkungen durch Eisschub



## ■ Verkalit<sup>®</sup>-mgv-Stein

REFERENZOBJEKTE



Verkalit<sup>®</sup>-mgv-Stein | Westermeerdijk



Verkalit<sup>®</sup>-mgv-Stein | Westermeerdijk

# Verkalit®-Stein

## AUSSCHREIBUNGSEMPFEHLUNG

Pos.	Menge	Unverbindlicher Text einer Leistungsbeschreibung	Preis	
			EP	GP
			€	€

1	..... m <sup>2</sup>	<p><b>Verkalit®-Steine</b></p> <p>liefern und durch qualifiziertes Fachunternehmen verlegen. Böschungsneigung: 1:XX bis 1:XX Material: Deckwerksteine aus Beton, ohne Vorsatz, ohne Feinschicht (einschichtig). Festigkeitsklasse C 45/55 nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2, Expositionsklasse XF4, XM2, Feuchteklasse WA</p> <p>Abmessungen: - 300/300/300 mm - 300/300/250 mm - 300/300/180 mm - 300/300/150 mm - 300/300/120 mm</p> <p>mit gelenkig angeschlossener umlaufender Nut- und Feder. Widerstand gegen Herausziehen einzelner Steine &gt; 20kN. Vorlage der Prüfzeugnisse und Wellenkanalnachweise 14 Tage vor Verlegung beim Auftraggeber. Vorbereitung des Planums für die Aufnahme des Deckwerks ist mit einzukalkulieren, Toleranzen auf 4m Länge max. 3 cm. Zum Leistungsumfang gehören die Lieferung und der Einbau von Formsteinen, wie z. B. Halbsteine, der fachgerechte Anschluss an vorhandene Flächen sowie die Verlegung in Radian.</p> <p>Die Fertigteile bedürfen der Zustimmung durch den Auftraggeber.</p> <p>Hersteller: BERDING BETON GmbH oder gleichwertig</p>	.....	.....
---	----------------------	---	-------	-------

1	Pausch	<p><b>Logistik-Zwischenlager</b> als zusätzliche Position zur Baustelleneinrichtung: Zwischenlager für ..... m<sup>2</sup> Verkalit®-Steine einrichten, und ... m<sup>2</sup> vor Verlegebeginn einlagern und zum Verlegen vorhalten. Transportweg zur Verlegestelle maximal .....m. Nach Räumung ist der ursprüngliche Zustand wiederherzustellen.</p>	.....	.....
---	--------	---	-------	-------