

# SCHUBVERSTÄRKUNG MIT ASSY<sup>®</sup> PLUS VG SCHRAUBEN IN NADELHOLZ



## SCHUBVERSTÄRKUNG NACH ETA-11/0190

### Allgemeines

Die Bemessung einer Schubverstärkung mit Würth ASSY plus Vollgewindeschrauben  $\varnothing$  8 mm ist nach ETA-11/0190 Anhang 4 bei Bauteilen aus Brettschichtholz und Balkenschichtholz aus Nadelholz möglich. Die Schubverstärkung ist unter  $45^\circ$  zur Faserrichtung anzuordnen. Die Tragfähigkeitssteigerung durch eine Schubverstärkung hängt vom Bauteilquerschnitt, der Schraubenlänge und Schraubenanzahl sowie der Querkraft im Bauteil ab. Tragfähigkeitssteigerungen von 20% und mehr sind möglich.

Die Voraussetzung für die Bemessung einer Schubverstärkung nach ETA-11/0190 ist, dass das zu verstärkende Bauteil intakt und nicht durch Risse geschädigt ist. Sofern ein Bauteil bereits durch Risse geschädigt ist, kann eine Schubverstärkung nur noch den vorhandenen Restquerschnitt verstärken!

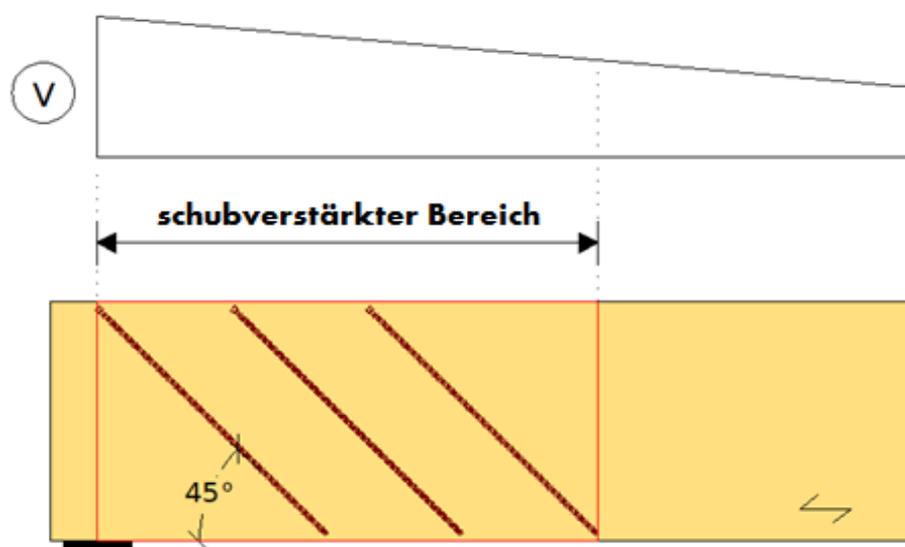


Bild 1: Prinzipielle Anordnung einer Schubverstärkung mit Schrauben, der schubverstärkte Bereich ist gekennzeichnet

Grundlage für die Bemessung einer Schubverstärkung nach ETA-11/0190 sind die Ergebnisse des Forschungsberichts „Schubverstärkung von Holz mit Holzschrauben und Gewindestangen“ (Blaß, H. J., Krüger O. 2010). Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden unter anderem Schubverstärkungen von Brettschichtholz mit ASSY plus VG Schrauben  $\varnothing$  8 mm untersucht und Versuche mit schubverstärkten Trägern aus Brettschichtholz durchgeführt. Aufgrund fehlender weitergehender Forschungsergebnisse sind andere Schraubendurchmesser und Baustoffe in der technischen Bewertung nicht geregelt.

Bauteile die bereits durch Risse stark geschädigt sind, können analog zur Schubverstärkung saniert werden. Die Bemessung der sanierten Träger kann nach EN 1995-1-1 Anhang B erfolgen. Alternativ kann der sanierte Träger mit Hilfe eines Stabwerksprogramm modelliert werden und die Bemessung des sanierten Trägers mit den Schnittgrößen erfolgen.

## SCHUBVERSTÄRKUNG NACH ETA-11/0190

### Forschungsbericht „Schubverstärkung von Holz mit Holzschrauben und Gewindestangen“

BLASS H. J., KRÜGER O. (2010) Schubverstärkung von Holz mit Holzschrauben und Gewindestangen. KIT Scientific Publishing.

Download als PDF: <https://www.ksp.kit.edu/download/1000020518>

### Anordnung einer Schubverstärkung

Durch numerische Berechnungen wurden optimale Anordnungen von Vollgewindeschrauben zur Schubverstärkung ermittelt. Die Schrauben sollten unter  $45^\circ$  zur Faserrichtung angeordnet werden und so orientiert sein, dass sie bei Schubbeanspruchung durch Zugkräfte in axialer Richtung beansprucht werden. Die Schubverstärkung sollte den gesamten Bereich abdecken, in dem die maximale Schubspannung wirkt. Bei veränderlichem Querkraftverlauf ist es in der Regel ausreichend die Schubverstärkung konzentriert am Auflager anzuordnen, da dort die maximale Schubbeanspruchung auftritt.

### Wirkungsweise einer Schubverstärkung

Durch die geeignet angeordneten Vollgewindeschrauben wird das Holz zum einen entlastet, da die Schraube entsprechend ihrer Verbundsteifigkeit Last aufnimmt und somit die im Bauteil wirkende Schubspannung verringert. Die zugbeanspruchte Schraube bewirkt eine Umlenkkraft rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes und damit eine Querdruckspannung im Bereich der maximalen Schubspannung im Bauteil. Die Querdruckspannung wirkt sich positiv auf die Schubfestigkeit des Holzes aus und erhöht somit zum anderen die Schubfestigkeit des Holzes.

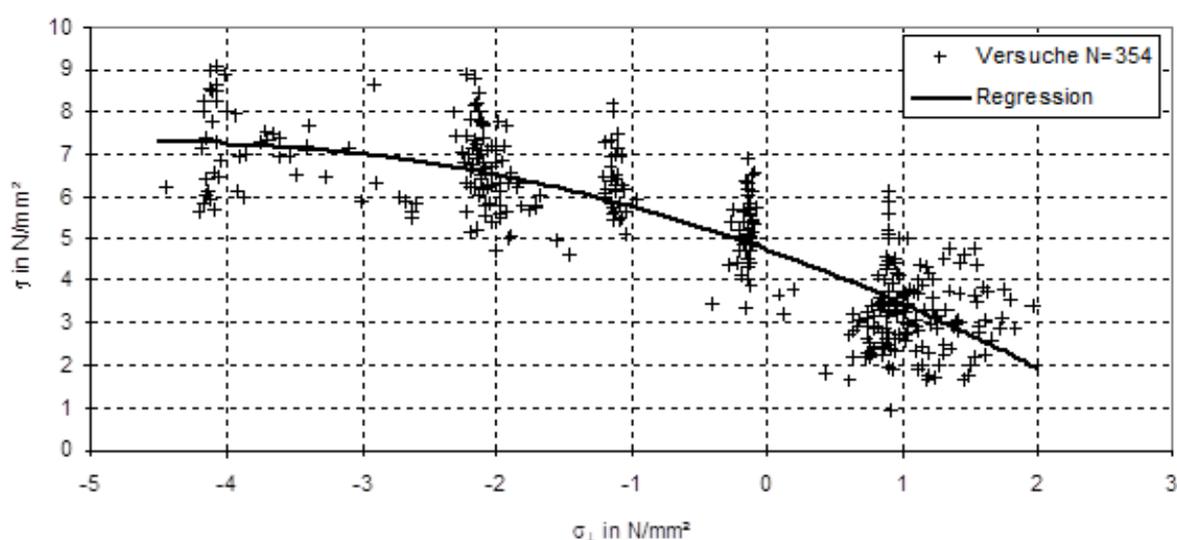


Bild 2: Einfluss der Querspannung auf die Schubtragfähigkeit des Holzes, Auszug aus Forschungsbericht „Schubverstärkung von Holz mit Holzschrauben und Gewindestangen“

## SCHUBVERSTÄRKUNG NACH ETA-11/0190

### Versuchsergebnisse

Zur Prüfung der Wirksamkeit von Schubverstärkungen wurden unverstärkte und mit Würth ASSY plus Vollgewindeschrauben schubverstärkte Brettschichtholzträger in 4-Punkt-Biegeversuchen bis zum Versagen belastet (siehe Kapitel 6.3 des Forschungsberichts). Die unverstärkten Träger dienten als Referenz für die Wirksamkeit der Schubverstärkung.

Für Verstärkungen mit mindestens 4 Vollgewindeschrauben ASSY plus VG 8 Stk. in Faserrichtung hintereinander wurden Steigerungen der Schubtragfähigkeit der verstärkten Träger von im Mittel bis zu 28% erreicht.

Versuch	Rohdichte	Schubspannung	Traglaststeigerung
	kg/m <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
unverstärkt	471	5,57	-
Z4-130-60	466	6,56	18
Z5-100-60	463	7,13	28

Tabelle 1: Mittelwerte der Versuchsergebnisse nach Kapitel 6.3 des Forschungsberichts „Schubverstärkung von Holz mit Holzschrauben und Gewindestangen“

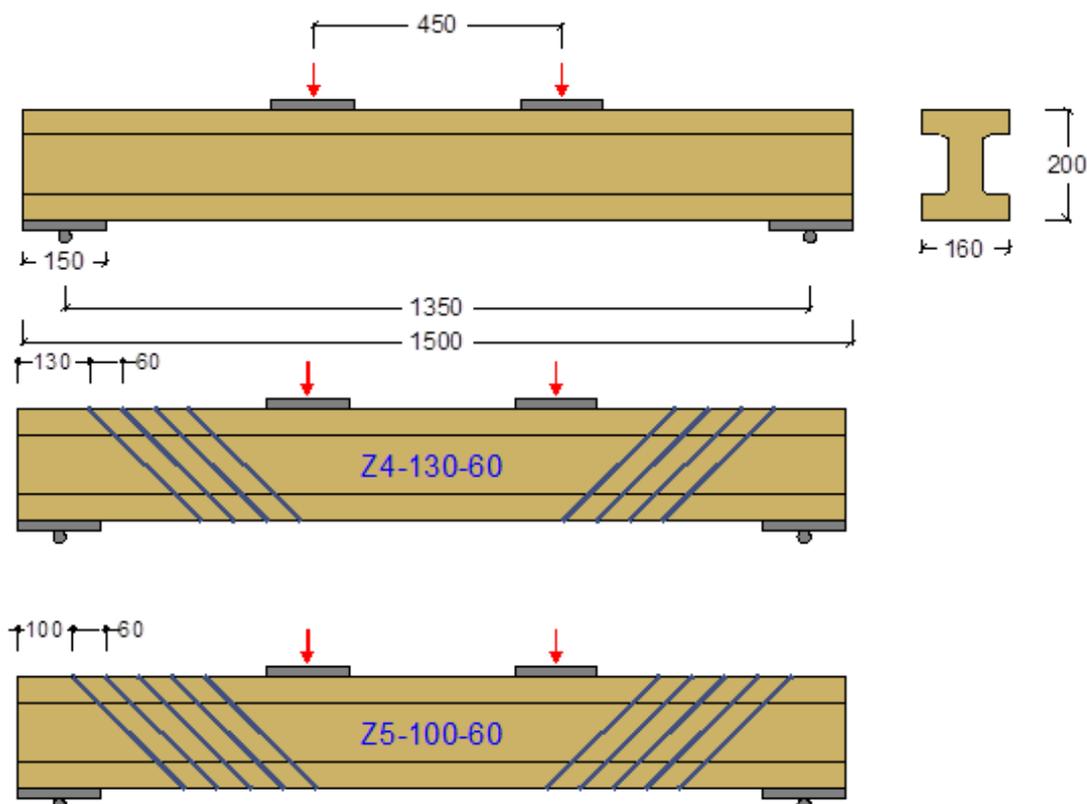


Bild 3: Geprüfte Träger, Auszug aus Forschungsbericht „Schubverstärkung von Holz mit Holzschrauben und Gewindestangen“

HINWEIS: Es handelt sich hier um Planungshilfen. Die Werte sind durch autorisierte Personen im Projektfall zu bemessen.

## BEMESSUNGSBEISPIEL SCHUBVERSTÄRKUNG

### Beispiel Schubverstärkung

Der Nachweis der Schubtragfähigkeit über dem Endauflager eines Durchlaufträgers ist nicht eingehalten. Zur Erhöhung der Schubtragfähigkeit soll eine Schubverstärkung mit ASSY plus VG Schrauben  $\varnothing$  8mm nach ETA-11/0190 vorgenommen werden.

### Angaben

BSH GL32c:	$b / h = 16 \text{ cm} / 36 \text{ cm}$
Bemessungswert der Querkraft am Auflager:	$V_{Ed,A} = 84,2 \text{ kN}$
Bemessungswert der Querkraft im Abstand $h$ zum Auflager:	$V_{Ed} = 69,8 \text{ kN}$
Nutzungsklasse:	1
Klasse der Lasteinwirkungsdauer:	mittel

### Querkraftverlauf im unverstärktem Träger

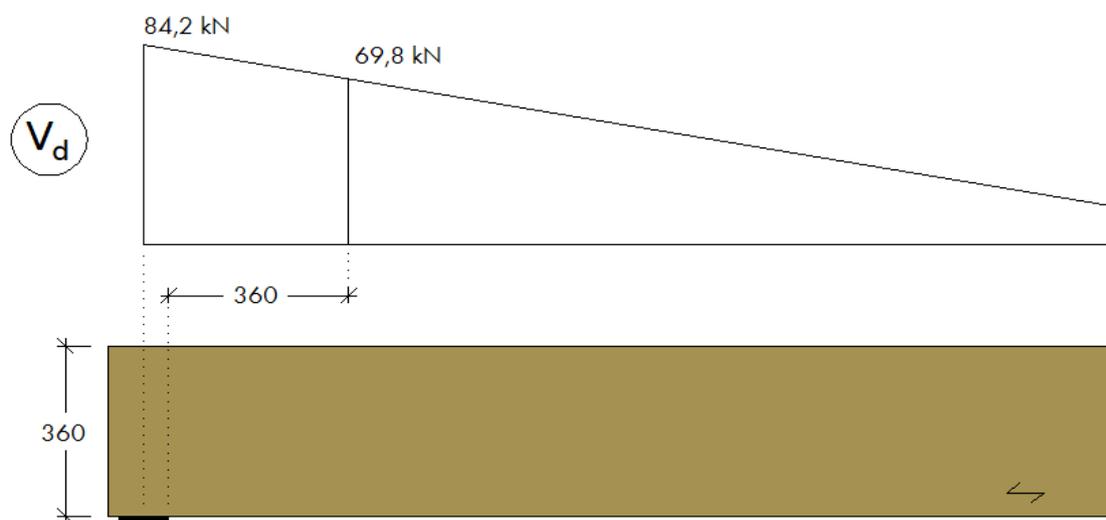


Bild 4: Querkraftverlauf im unverstärktem Bemessungsbeispiel

### Nachweis der Schubtragfähigkeit ohne Schubverstärkung nach DIN EN 1995-1-1/NA (6.1.7)

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_{Ed}}{b_{ef} \cdot h} = 2,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2,15 \text{ N/mm}^2$$

HINWEIS: Es handelt sich hier um Planungshilfen. Die Werte sind durch autorisierte Personen im Projektfall zu bemessen.

## BEMESSUNGSBEISPIEL SCHUBVERSTÄRKUNG

mit:

$$b_{ef} = k_{cr} \times b = 114 \text{ mm}$$

$$k_{cr} = 2,5 / f_{v,k} = 0,71$$

$$f_{v,k} = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Nachweis:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{2,54 \text{ N/mm}^2}{2,15 \text{ N/mm}^2} = 1,18 > 1,0 \quad \Rightarrow \quad \text{Schubverstärkung erforderlich.}$$

### Querkrafttragfähigkeit des unverstärkten Bauteils nach DIN EN 1995-1-1/NA (6.1.7)

$$V_{Rd} = \frac{f_{v,d} \cdot b_{ef} \cdot h}{1,5} = 59,1 \text{ kN}$$

Für Bereiche mit einer Querkraft kleiner 59,1 kN ist der Schubspannungsnachweis ohne Schubverstärkung eingehalten und somit keine Schubverstärkung erforderlich.

### Schubverstärkung

Einschraubwinkel 45°:

maximale Schraubenlänge:  $h \times \sqrt{2} = 509 \text{ mm}$

Gewählte Schraube:

Würth ASSY plus VG 8x480 mm

Kerndurchmesser:

$d_1 = 5,0 \text{ mm}$

Gewindelänge:

$l_g = 445 \text{ mm}$

Ausziehparameter:

$f_{ax,k} = 11,0 \text{ N/mm}^2$

Zugtragfähigkeit:

$F_{tens,k} = 20,0 \text{ kN}$

Schraubenabstände:

$a_1 = 100 \text{ mm}$

3 Schraubenreihen rechtwinklig zur Faser:  $n_{90} = 3$

$a_2 = 50 \text{ mm}$

$a_{2,c} = 30 \text{ mm}$

Die Mindestabstände nach ETA-11/0190 sind eingehalten.

## BEMESSUNGSBEISPIEL SCHUBVERSTÄRKUNG

### Nachweis der Schubtragfähigkeit mit Schubverstärkung nach ETA-11/0190

$$f_{v,mod,d} = \frac{f_{v,d} \cdot k_{\tau}}{\eta_H} = 2,59 \text{ N/mm}^2$$

mit:

$$\eta_H = \frac{G \cdot b^* \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \left( \frac{6}{\pi \cdot d \cdot h \cdot k_{ax}} + \frac{a_1}{E \cdot A_S} \right)}{1 + G \cdot b^* \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \left( \frac{6}{\pi \cdot d \cdot h \cdot k_{ax}} + \frac{a_1}{E \cdot A_S} \right)} = 0,883$$

$$b^* = b / n_{90} = 53,3 \text{ mm}$$

(Bezugsbreite bei mehrreihiger Anordnung rechtwinklig zur Faserrichtung)

$$k_{ax} = 12,5 \text{ N/mm}$$

$$E \cdot A_S = \frac{E \cdot \pi \cdot d_1^2}{4} = 4,12 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 650 \text{ N/mm}^2$$

und

$$k_{\tau} = 1 - 0,46 \cdot \sigma_{90,d} - 0,052 \cdot \sigma_{90,d}^2 = 1,06$$

$$\sigma_{90,d} = -\frac{F_{ax,d}}{\sqrt{2} \cdot b^* \cdot a_1} = -0,141 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{ax,d} = \frac{\sqrt{2} \cdot (1 - \eta_H) \cdot V_{Ed} \cdot \alpha_1}{h \cdot n_{90}} = 1,07 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,mod,d}} = \frac{2,54 \text{ N/mm}^2}{2,59 \text{ N/mm}^2} = 0,98$$

**Der Schubspannungsnachweis ist mit einer ASSY plus VG Verstärkung eingehalten.**

$$\frac{f_{v,mod,d}}{f_{v,d}} - 1 = \frac{2,59}{2,15} - 1 = 0,20$$

**Durch die Schubverstärkung ergibt sich eine Erhöhung der Schubtragfähigkeit von 20%.**

### Nachweis der Schraubentragfähigkeit

$$F_{ax,R,d} = \min\{f_{ax,d} \cdot d \cdot l_{ef}; F_{tens,d}\} = 12,0 \text{ kN}$$

mit:

$$f_{ax,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ax,k}}{\gamma_M} = 6,77 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{ef} = l_g / 2 = 223 \text{ mm}$$

## BEMESSUNGSBEISPIEL SCHUBVERSTÄRKUNG

$$F_{\text{tens,d}} = F_{\text{tens,k}} / \gamma_M = 15,4 \text{ kN}$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Nachweis:

$$\frac{F_{\text{ax,d}}}{F_{\text{ax,Rd}}} = \frac{1,07 \text{ kN}}{12,0 \text{ kN}} = 0,09$$

### Schubverstärkung mit 5x3 ASSY plus VG 8x480mm

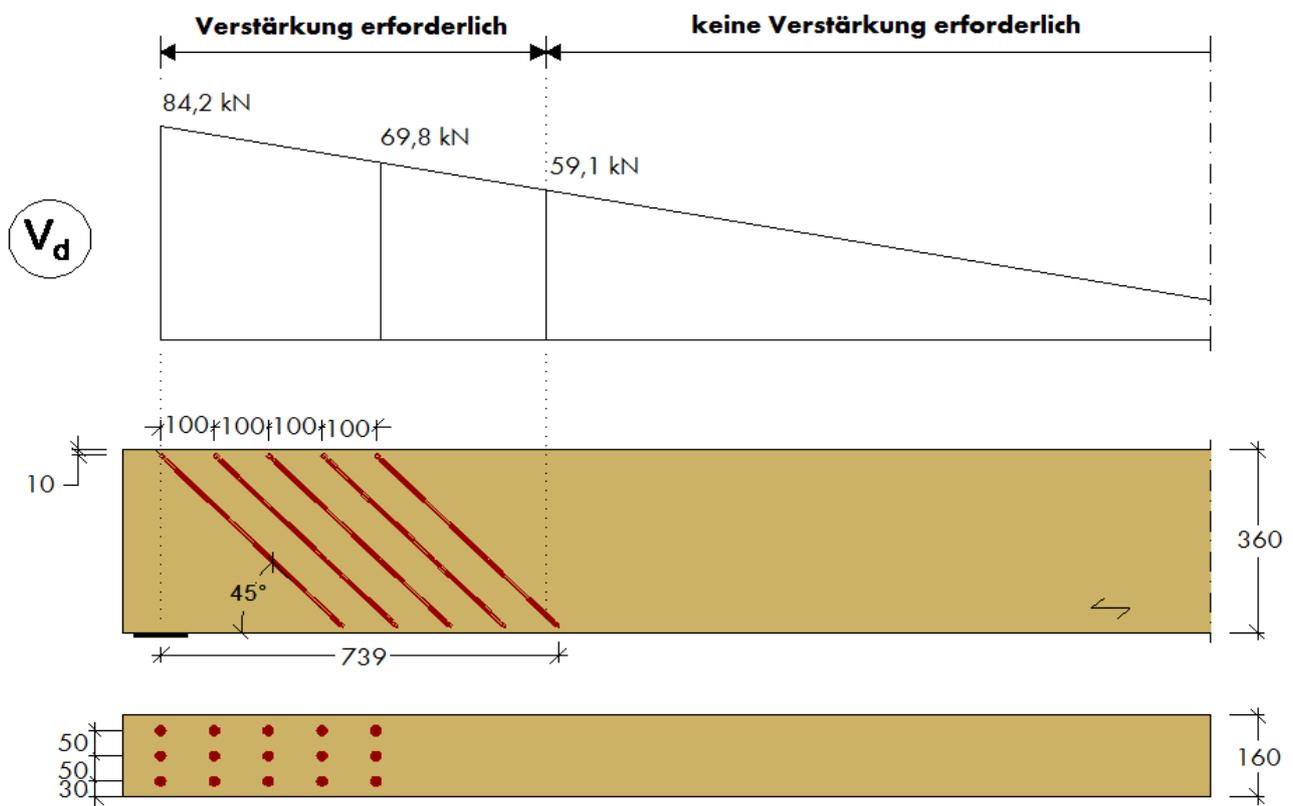


Bild 5: Querkraftverlauf im verstärkten Bemessungsbeispiel

HINWEIS: Es handelt sich hier um Planungshilfen. Die Werte sind durch autorisierte Personen im Projektfall zu bemessen.

# **ASSY® - DIE SCHRAUBE FÜR DAS HOLZ UND BAUHANDWERK**

Adolf Würth GmbH & Co.KG  
D-74650 Künzelsau  
T +049 7940 15-0  
F +49 7940 15-1000  
info@wuerth.com  
www.wuerth.de

© by Adolf Wuerth GmbH & Co. KG  
Printed in Germany  
Alle Rechte vorbehalten  
Verantwortlich für den Inhalt  
Abt. PCV Udo Cera  
SWG Engineering Oliver Krüger

Nachdruck nur mit Genehmigung  
Wir behalten uns das Recht vor, Produktveränderungen, die aus unserer Sicht einer Qualitätsverbesserung dienen, auch ohne Vorankündigung oder Mitteilung jederzeit durchzuführen. Abbildungen können Beispielabbildungen sein, die im Erscheinungsbild von der gelieferten Ware abweichen können. Irrtümer behalten wir uns vor. Für Druckfehler übernehmen wir keine Haftung. Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen.