

RC_25. Juli 2014

Begriffe / Definitionen / Abkürzungen

Im Rahmen der Anwendung von Lamellen und Fasergrids im Bauwesen sollten neben den bautechnischen Begriffen auch diejenigen aufgeführt sein, die im Maschinenbau für FKV bereits verwendet werden.

*Basis für FKV ist die Richtlinie VDI 2014, Blatt 3, bei der der Autor Herausgeber war.

*Basis für eine isotrope homogene Betonmatrix (mit oder ohne CNT) oder einen solchen Mörtel, für quasi-isotrope homogene Betonmatrix (mit CNT und statistisch verteilten Kurzfasern) und anisotrop verstärkte Betonmatrix (transversal-isotrop durch uni-direktionale Rovings (Garne, tapes) aber auch orthotrop durch mehr-direktional Verstärkung (Grids, Lamellen).

Zum besseren gegenseitigen Verständnis hatte ich mich verpflichtet, Begriffe etc. zusammen zu stellen, die im betrachteten Anwendungsbereich auftreten.

Diese sollen dann auch in den Schriftstücken verwendet werden.

Diese Projektnotiz ist als "Living Document" zu betrachten.

Ich bitte um eventuelle Korrekturen und Ergänzungen.

Ihr Ralf Cuntze (08136 7754)

Für Berechner von Laminaten mit Polymermatrix habe ich noch mein neues Arbeitsblatt zur Klassischen Laminattheorie angehängt.

Begriffe / Definitionen / Abkürzungen

FESTIGKEITSBEGRIFFE (Maschinenbauwesen gegenüber Bauwesen)

$\bar{R} = f_m$	average or typical strength, utilized in test data mapping (= mean strength in case of infinite test data)
R, f	Fraktilenwert = statistisch abgeminderte Festigkeit, und Festigkeit allgemein (strength design allowable). $f = f_m - 1.65 \times \text{Standardabweichung } s$
$f_{c,w}$	Würfeldruckfestigkeit
$f_{c,cyl}$	Zylinderdruckfestigkeit [Prüfnorm SN EN 12390]
f_{ck}	charakteristische Festigkeit nach Eurocode 2
$f_{ck,w}$	am 150mm-Würfel gemessene Druckfestigkeit
$f_{b,w}$	Biegefestigkeit

ABKÜRZUNGEN

CDM	continuum damage mechanics
CDS	characteristic damage state
CFRP	carbon-fibre-reinforced plastic
CLT	classical laminate theory
CTE	coefficient of thermal expansion
Eff	material stressing effort = Werkstoffanstrengung
F	failure function
FEA	finite element analysis
FEM	finite element method
FF	fiber failure
FKV	Faser-Kunststoff-Verbund
FVK	faserverstärkter Kunststoff
FoS	factor of safety (j or γ)
FRC	fiber-reinforced concrete
FRP	fiber-reinforced plastic
GFRP	glass-fibre-reinforced plastic
IFF	inter-fibre failure
ILS	interlaminar stresses (τ_{23} , τ_{13} , σ_3 of a UD lamina)
ILSS	interlaminar shear strength
LEFM	linear elastic fracture mechanics
MoS	margin of safety
NDE	non-destructive evaluation
NCF	non-crimp fabric
NDI	non-destructive inspection
NDT	non-destructive testing
NF	normal fracture (σ -based)
RF	reserve factor
RT	room temperature
SCF	stress concentration factor
SF	shear fracture (τ -based)
SY	shear yielding (τ -based)
UD	uni-directional
WF	lamina with woven-fabric reinforcement
3D	three-dimensional

Abkürzungen, Symbole, Indizes (deutsche und englische Fassung)

Abkürzungen Abbreviations

Deutsche Abkürzung	Begriff in deutscher Fassung	Englische Abkürzung	Begriff in englischer Übersetzung
AFK	aramidfaserverstärkter Kunststoff	AFRP	Aramid fibre reinforced plastic
AWV	ausgeglichener Winkelverbund	AWV	balanced angle-ply laminate
C-Faser	Kohlenstofffaser	C-fibre	Carbon fibre
C-Faser-Schicht	kohlenstofffaserverstärkte Schicht	C-fibre-lamina	lamina with Carbon fibre reinforcement
G-Faser	Glasfaser	G-fibre	Glass fibre
G-Faser-Schicht	glasfaserverstärkte Schicht	G-fibre-lamina	lamina with Glass fibre reinforcement
CFK	kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff	CFRP	Carbon fibre reinforced plastic
CLT	klassische Laminattheorie	CLT	Classical Laminate Theory
FB	Faserbruch	FF	fibre Failure
FEM	Finite-Element-Methode	FEA	Finite Element Analysis
FKV	Faser-Kunststoff-Verbund	FRP	fibre reinforced plastic
G-Schicht	gewebeverstärkte Schicht	WF-lamina	lamina with woven-fabric reinforcement
GFK	glasfaserverstärkter Kunststoff	GFRP	Glass fibre reinforced plastic
ILS	interlaminare Spannungen (τ_{31} , τ_{32} , σ_{33})	ILS	interlaminar stresses (τ_{31} , τ_{32} , σ_{33})
ILSS	interlaminare Schubfestigkeit	ILSS	interlaminar shear strength
KOS	Koordinatensystem	COS	coordinate system
Laminat	Bezeichnung für das Rechenmodell zur Beschreibung des aus mehreren, miteinander verklebten Schichten bestehenden FKV. In Blatt 1 und 2 der Richtlinie VDI 2202 wird hierfür die Bezeichnung Schichtenverbund verwendet, die gemäß dem sich ändernden Sprachgebrauch angepasst wurde	Laminate	designation of the calculation model of a stack of several FRP laminae which are bonded together
Laminat-KOS	Laminat-Koordinatensystem	Laminate-COS	coordinate system of laminate
M-Schicht	wirrfaserverstärkte (Matten)-Schicht	M-lamina	lamina with random (mat) reinforcement
Schicht	Bezeichnung für die einzelne Schicht als Berechnungselement (Bestandteil) eines Laminates. Mit Schicht ist jedoch nicht notwendigerweise die physikalisch wirklich vorliegende Lage eines Laminates gemeint. So wird i.a. eine physikalisch aus einer einzelnen Gelegesicht (z.B. 0/90/45) bestehende Schicht in der Berechnung mit 3 einzelnen Schichten (Orientierungen 0°, 90°, 45°) modelliert	Lamina	designation of the single ply as calculation (constituent) of the laminate. The term lamina does not necessarily mean the physical single layer as it is realized in the laminate. The single layer of a non-crimped fabric layer (e.g. 0/90/45) is normally modelled using 3 distinct laminae with orientation angles 0°, 90° and 45°
Schicht-KOS	Schicht-Koordinatensystem (bezieht sich auf die natürlichen oder Hauptachsen der Schicht)	Lamina-COS	lamina coordinate system related to the principal material axis of the lamina
UD-Schicht	unidirektional faserverstärkte Schicht	UD-lamina	lamina with unidirectional reinforcement
RT	Raumtemperatur	RT	room temperature
WL	Wöhlerlinie	S-N-curve	S-N-curve
ZFB	Zwischenfaserbruch	IFF	inter fibre failure
2D, 3D	zwei-, dreidimensional	2D, 3D	two-, three-dimensional

Symbole
Symbols

Deutsche Abkürzung	Begriff in deutscher Fassung	Englische Abkürzung	Begriff in englischer Übersetzung
\parallel, \perp	in (parallel zur) Faserrichtung, quer (senkrecht) zur Faserrichtung	\parallel, \perp	parallel to fibre and transverse (perpendicular) to fibre direction
Δ	Differenz	Δ	difference
[']	Transformation Schicht-KOS → Laminat-KOS	[']	transformation from lamina-COS to laminate-COS
°	Geometrische Mittelfläche des Laminates (übliche Referenzfläche)	°	laminate geometrical midplane (reference plane)
^	über die Laminatdicke gemittelt	^	averaged over laminate thickness

Lateinische Zeichen
Latin letters

Deutsche Abkürzung	Begriff in deutscher Fassung	Englische Abkürzung	Begriff in englischer Übersetzung
[A]	Scheiben-Steifigkeitsmatrix des Laminates	[A]	laminate in-plane (stretching) stiffness sub-matrix
[B]	Kopplungs-Steifigkeitsmatrix des Laminates	[B]	laminate bending-stretching coupling sub-matrix
[D]	Biege-Steifigkeitsmatrix des Laminates	[D]	laminate bending stiffness sub-matrix
[K]	Laminat-Steifigkeitsmatrix	[K]	stiffness matrix of the laminate (composed of [A],[B],[D] sub-matrices)
[C]	Steifigkeitsmatrix der räumlich beanspruchten Schicht im Schicht-KOS	[C]	stiffness matrix of the lamina for 3D-stress state (referring to lamina-COS)
[C']	Steifigkeitsmatrix der räumlich beanspruchten Schicht im Laminat-KOS	[C']	stiffness matrix of the lamina for 3D-stress state (referred to laminate-COS)
[Q]	Schicht-Steifigkeitsmatrix im Schicht-KOS (ebener Spannungszustand)	[Q]	stiffness matrix of the lamina for 2D-stress state (referred to lamina-COS, plane stress state)
[Q']	Schicht-Steifigkeitsmatrix im SV-KOS	[Q']	stiffness matrix of the lamina for 2D-stress state (referred to laminate-COS)
[S]	Schicht-Nachgiebigkeitsmatrix im Schicht-KOS	[S]	compliance matrix of the lamina for 2D-stress state (referred to lamina-COS)
[S']	Schicht-Nachgiebigkeitsmatrix im SV-KOS	[S']	compliance matrix of the lamina for 2D-stress state (referred to laminate-COS)
[T]	Transformationsmatrix (unterschiedlich für Spannungen und Dehnungen)	[T]	transformation matrix (varying for stress or strain transformations)
D	Schädigungssumme; Biegesteifigkeit	D	damage accumulation; bending stiffness
E_{\parallel}, E_{\perp}	Elastizitätsmodul der UD-Schicht in Faserrichtung, quer zur Faserrichtung	E_{\parallel}, E_{\perp}	Young's Modulus of UD-lamina for parallel and transverse to fibre direction
f_E	Anstrengung	f_E	stress exposure factor
f_R	Reservefaktor	f_R	reserve factor
f_w	Schwächungsfaktor (zur Berücksichtigung des σ_1 -Einflusses auf die ZFB-Bruchwiderstände, siehe Kap. 8.1, VDI 2014)	f_w	weakening factor (introduced to consider the influence of the parallel to the fibre stress σ_1 to the IFF-fracture resistance of a lamina, see paragraph 8.1)
$G_{\perp\parallel}$	Schubmodul in der Schicht-Ebene	$G_{\perp\parallel}$	in plane shear modulus
k_s	Schubkorrekturfaktor	k_s	shear correction factor
M	Feuchte (moisture)	M	moisture
m	Schnittmomentenfluss = auf Breite bezogenes Schnittmoment	m	Bending stress resultant per unit length
n	Schnittkraftfluss = auf Breite bezogene Normalkraft	n	Membrane stress resultant per unit length
$p_{\parallel}^{(+)}, p_{\parallel}^{(-)}$	Neigung der (σ_2, τ_{21})-Bruchkurve an der Stelle $\sigma_2 = 0$; (+) für den Kurvenast bei $\sigma_2 > 0$; (-) für den Kurvenast im Bereich $\sigma_2 < 0$	$p_{\parallel}^{(+)}, p_{\parallel}^{(-)}$	inclination of (σ_2, τ_{21})-failure curve at $\sigma_2 = 0$; (+) for the range $\sigma_2 > 0$; (-) for the range $\sigma_2 < 0$
$p_{\perp}^{(+)}, p_{\perp}^{(-)}$	Neigung der (τ_{nt}, σ_n)-Bruchkurve an der Stelle $\sigma_n = 0$; (+) für den Kurvenast im	$p_{\perp}^{(+)}, p_{\perp}^{(-)}$	inclination of (τ_{nt}, σ_n)-failure curve at $\sigma_n = 0$; (+)for the range $\sigma_2 > 0$; (-) for the range $\sigma_2 < 0$

	Bereich $\sigma_n > 0$; (-) für den Kurvenast im Bereich $\sigma_n < 0$		
Q	Querkraft	Q	transverse shear force
q	breitenbezogene Querkraft	q	in plane transverse shear force per unit length of the middle surface
R_m	Zug-Bruchfestigkeit	R_m	ultimate tension strength
R^t, R^c	Zug- bzw. Druckfestigkeit der M-Schicht	R^t, R^c	tension and compression strength of M-lamina
$R_{ }^t, R_{ }^c$	Zug- bzw. Druckfestigkeit parallel zur Faserrichtung der UD-Schicht	$R_{ }^t, R_{ }^c$	tension and compression strength of UD-lamina parallel to fibre direction
$R_{\perp }$	Schubfestigkeit in der Schicht-Ebene	$R_{\perp }$	in plane shear strength of lamina
R_{\perp}^t, R_{\perp}^c	Zug- bzw. Druckfestigkeit quer zur Faserrichtung der UD-Schicht	R_{\perp}^t, R_{\perp}^c	tension and compression strength of UD-lamina transverse to fibre direction
$R_{\perp\perp}^A$	Bruchwiderstand einer faserparallelen Wirkebene gegen ihren Bruch infolge einer in ihr wirkenden $\tau_{\perp\perp}$ -Beanspruchung	$R_{\perp\perp}^A$	fracture resistance of an action plane action parallel to the fibre direction against its fracture due to $\tau_{\perp\perp}$ -stress acting on it (see 4.5)
T	Temperatur	T	temperature
t	Laminatdicke	t	laminate thickness
tk	Dicke der k-ten Schicht	tk	thickness of k'th lamina

Griechische Zeichen Greek Letters
--

Deutsche Abkürzung	Begriff in deutscher Fassung	Englische Abkürzung	Begriff in englischer Übersetzung
α	richtungsorientierter Ausdehnungs-Koeffizient (Feuchte α_M , Temperatur α_T , im Anwendungsbereich linearisiert) und Winkel der Faserorientierung (Rechtsschraubregel, positiv von x nach x_1 im Gegen-Uhrzeigersinn, s. Bild 4)	α	direction dependent coefficient of expansion (moisture α_M , temperature α_T , value is linearized in the application range); angle of fibre direction (right hand COS, positive from x to x_1 anticlockwise)
β	Winkel d. Faserorientierung bezogen auf Hauptnormalspannungs-Richtung	β	angle between fibre direction and principal normal stress direction
κ_{xx}, κ_{yy}	Laminat-Krümmungen infolge Biegebeanspruchung	κ_{xx}, κ_{yy}	laminate curvatures
κ_{xy}	Laminat-Drillung infolge Schubbeanspruchung	κ_{xy}	laminate twist
η	Abminderungsfaktor bei ZFB-Überanstrengung	η	reduction factor for engineering Moduli in case of exceeding the IFF limit
λ	Beulfaktor	λ	buckling factor
ρ	Dichte; Abminderungsfaktor	ρ	density; reduction factor
φ	Faservolumenanteil	FVC	fibre volume fraction
Θ	Krümmungsparameter	Θ	parameter of curvature
θ	Winkel zwischen Dickenrichtung und einer faserparallelen Schnittebene der UD-Schicht	θ	angle between thickness direction and a parallel to fibre section plane of the lamina (see 4.5)
θ_{fp}	ZFB-Bruchwinkel (Gl. 96) des wirkebenebezogenen Bruchkriteriums	θ_{fp}	angle of the fracture plane (see equation 96) of the action plane strength criterion
ν	Querkontraktionszahl (für isotropen Fall)	ν	Poisson's ratio (for isotrop case)
$\nu_{\perp }, \nu_{ \perp}, \nu_{\perp\perp}$	Querkontraktionszahlen der UD-Schicht folgend dem altbewährten Prinzip von "Ort vor Ursache": der 1. Index bezeichnet die Richtung der Kontraktion, der 2. die der Spannungsursache. In FE-Codes wird diese Reihenfolge oft nicht mehr verwendet! $\nu_{\perp }$ ist die größere Querdehnzahl	$\nu_{\perp }, \nu_{ \perp}, \nu_{\perp\perp}$	Poisson's ratios of UD-lamina following the "old" principle of indexing "location before cause": 1 st index denotes the direction of deformation, 2 nd index denotes acting stress. Often in FE-codes this principle is not used anymore! $\nu_{\perp }$ is the major Poisson's ratio
ψ	durch das Verhältnis τ_{n1}/τ_{nt} bestimmter Winkel $\arctan(\tau_{n1}/\tau_{nt})$	ψ	angle calculated from $\arctan(\tau_{n1}/\tau_{nt})$ determined by the ratio τ_{n1}/τ_{nt}
$\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12}$	Spannungen in der Schicht bezogen auf lokales Schicht-KOS	$\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12}$	lamina stresses related to the local lamina COS
σ_n	Normalspannung auf einer geneigten Schnittebene des wirkebenebezogene Bruchkriteriums	σ_n	normal stress on an inclined action plane (action plane strength criterion)
τ_{xy}	"Membran"-Schubspannung des Laminates	τ_{xy}	in plane shear stresses of the laminate

τ_{zy}, τ_{zx}	Schubspannungen (Dickenrichtung) des Laminates	τ_{zy}, τ_{zx}	transverse shear stresses of the laminate
τ_{nt}	senkrecht-senkrecht Schubspannung auf einer geneigten Bruchebene des wirkebenebezogene Bruckriteriums	τ_{nt}	transverse shear stress on an inclined action plane (action plane strength criterion)
τ_{n1}	parallel-senkrecht Schubspannung auf einer geneigten Bruchebene des wirkebenebezogene Bruckriteriums	τ_{n1}	longitudinal shear stress on an inclined action plane (action plane strength criterion)
ω	halber Kreuzungswinkel der Fasern beim AWW. Meistens vom der x-Achse aus gemessen: $\alpha_1 = +\omega$; $\alpha_2 = +\omega$.	ω	half of the crossing angle of an angle ply laminate; to be measured from the x-axis

Laminat-Codierung Laminate Notation

Deutsche Abkürzung	Begriff in deutscher Fassung	Englische Abkürzung	Begriff in englischer Übersetzung
(0°, 45°, 90°)	Beispiel für eine Laminat-Familie	(0°, 45°, 90°)	example for a laminate family
(20%0°, 70%±45°, 10%90°)	Definition eines Laminates mit Angabe der Prozentanteile der jeweiligen Schicht-Orientierung	(20%0°, 70%±45°, 10%90°)	definition of a specific laminate showing the thickness fractions of lamina orientations
[0/90] _s	Definition eines symmetrischen SV	[0/90] _s	definition of a symmetrical laminate with respect to the mid-plane
[90 ₂ ^G /0 ₃ ^C / ±45 ₂ ^G /0 ^C] _{2s}	Hinsichtlich Faserart spezifizierter Laminataufbau	[90 ₂ ^G /0 ₃ ^C / ±45 ₂ ^G /0 ^C] _{2s}	specification of the lay-up of a laminate with respect to the fibre type
[0/0/±45Gewebe/ 90/±45Gewebe/ 0/0]	Hinsichtlich Verstärkungsart der einzelnen Schichten spezifizierter Laminataufbau	[0/0/±45fabric/ 90/±45fabric/0/0]	specification of the lay-up of a laminate with respect to the type of reinforcement

Indices Index directory

Deutsche Abkürzung	Begriff in deutscher Fassung	Englische Abkürzung	Begriff in englischer Übersetzung
Hochgestellte Indices (Superscripts)			
in	anfänglich	in	initial
b	Biegung	b	bending
c	Druck	c	compression
s	Schub	s	shear
t	Zug	t	tension
Tiefgestellte Indices (Subscripts)			
cr	kritisch (knick-, beul-)	cr	critical (buckling)
cre	Kriechen	cre	creep
fr	Bruch	fr	fracture
f	Faser	f	fibre
H	hygrothermal	H	hygrothermal
k	k-te Schicht	k	k'th lamina
L	lastbedingt	L	load determined
M	Wirrfaserverstärkung (isotrop)	M	random mat reinforcement (isotropic)
M	Feuchte	M	moisture
m	Matrix	m	matrix
F	Schuss (Gewebe)	F	fill direction of a woven fabric
r	Eigenspannung	r	residual stress
S	Schub	S	shear
s	symmetrischer Aufbau; Sekantenwert	s	symmetric lay-up; secant value
T	Temperatur	T	temperature
W	Kette (Gewebe)	W	warp direction of a woven fabric
0	Anfangswert	0	initial value

Koordinatensysteme
Coordinate systems

Deutsche Abkürzung	Begriff in deutscher Fassung	Englische Abkürzung	Begriff in englischer Übersetzung
x, y, z	Laminat-KOS, Bauteil im unverformten Zustand	x, y, z	laminate COS, structure in undeformed state
x_1, x_2, x_3	Schicht Koordinatensystem	x_1, x_2, x_3	lamina COS
x_I, x_{II}	Hauptnormalspannungs-Richtungen	x_I, x_{II}	directions of principal normal stresses
W, F	Kette, Schuss bei Geweben	W, F	warp and fill in case of woven fabrics
$\perp \parallel$	UD-Schicht-Koordinatensystem mit Bezeichnungen parallel und senkrecht zur Faserrichtung (vorzugsweise zur Kennzeichnung transversal isotroper Eigenschaften)	$\perp \parallel$	UD-lamina COS showing the parallel and transverse fibre direction (for denoting transversely-isotropic properties)
n, t	normal, tangential zu einer faserparallelen Schnittebene der UD-Schicht	n, t	normal, tangential to a parallel to the fibre plane of the lamina

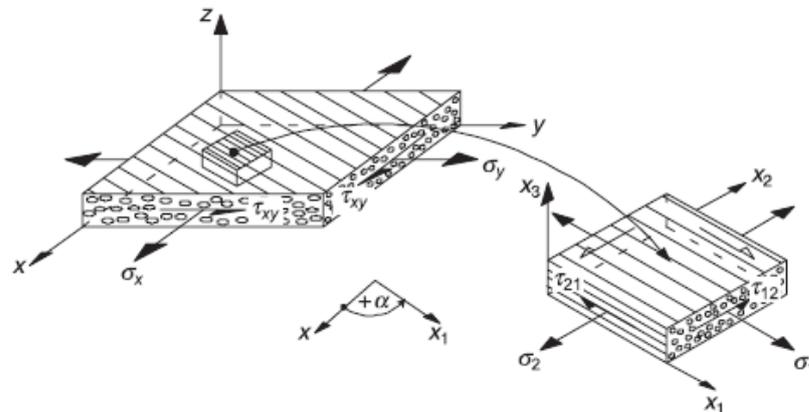


Bild 2. Darstellung einer ebenen UD-Schicht im Laminat-KOS (links) und im lokalen KOS (rechts) mit den wirkenden Spannungen (ebener Spannungszustand mit Normalspannungen und intralaminarer Schubspannung $\tau_{12} = \tau_{21}$)

Figure 2. Plane UD lamina in the laminate COS (on the left) and in the local COS (on the right) with the stresses acting (plane stress state with normal stress and intralaminar shear stress $\tau_{12} = \tau_{21}$)

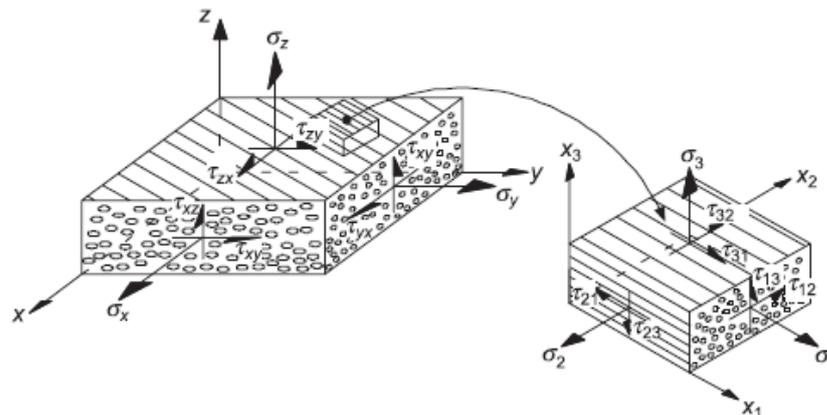


Bild 3. Darstellung einer räumlich beanspruchten UD-Schicht im Laminat-KOS und im lokalen KOS mit den wirkenden Spannungen (räumlicher Spannungszustand) mit „In-Schichtebene“- (intralaminaren)-Spannungen ($\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12} = \tau_{21}$) und „Aus der Schichtebene heraus“- (interlaminaren)-Spannungen ($\tau_{31} = \tau_{13}, \tau_{32} = \tau_{23}, \sigma_3$) zusammengefasst im so genannten Spannungsstandsvektor:

Figure 3. Three-dimensional stressing of a UD lamina in the laminate COS and in the local COS with the stresses acting (three-dimensional stress state) with intralaminar stresses (stresses “within the lamina plane”) ($\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12} = \tau_{21}$) and interlaminar stresses (stresses “perpendicular to the lamina plane”) ($\tau_{31} = \tau_{13}, \tau_{32} = \tau_{23}, \sigma_3$) collectively expressed as the so-called stress state vector:

- Faserparalleles KOS:
 $\{\sigma\} = (\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \tau_{23}, \tau_{31}, \tau_{21})^T$ Ingenieurbezeichnung
 $= (\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6)^T$ Matrixnotation
- Laminat- oder Bauteil-KOS: $\{\sigma\} = (\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}, \tau_{xz}, \tau_{xy})^T$

- Fibre-parallel COS:
 $\{\sigma\} = (\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \tau_{23}, \tau_{31}, \tau_{21})^T$ engineering designation
 $= (\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6)^T$ matrix notation
- Laminate or component COS: $\{\sigma\} = (\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}, \tau_{xz}, \tau_{xy})^T$

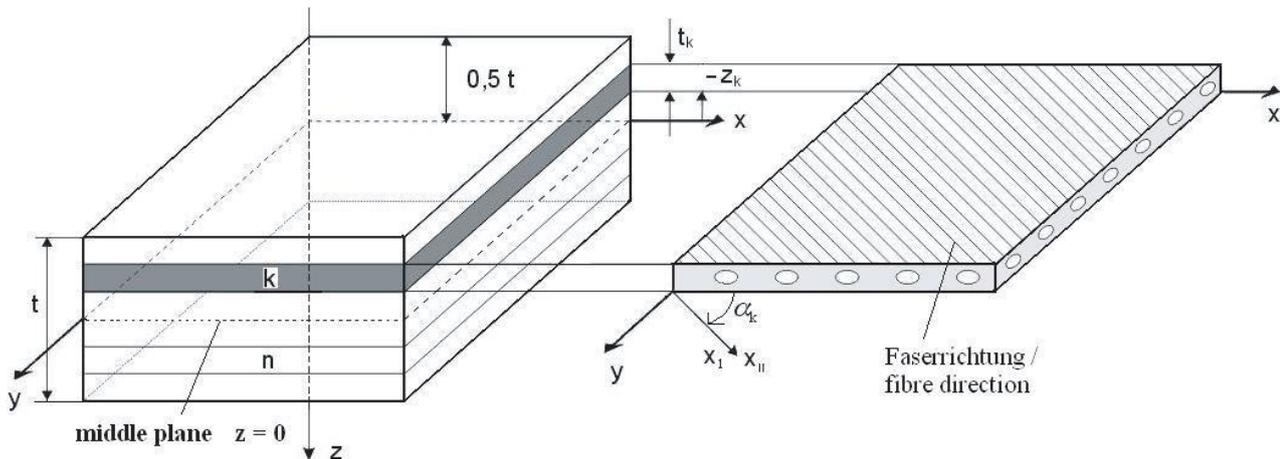


Bild 4. Darstellung eines Laminates (a) und einer UD-Schicht daraus (b). Die positive Richtung des Schichtwinkels \langle wird unterschiedlich definiert. Hier wird die mehrheitlich gebräuchliche Festlegung benutzt: bezüglich x-y-Sicht, $x \square x_1$, rechtshändiges KOS, Schichtzählung in positiver z-Richtung

Fig. 4. Laminate (a) and a UD lamina taken from it (b). The positive direction of the lamina orientation angle \langle is variously defined. This guideline uses the definition preferred by the majority as regards x-y view, $x \square x_1$, right-handed COS, laminae counted in positive direction along z axis

Die UD-Schicht ist transversal-isotrop. Sie verhält sich in Ebenen parallel zur Faserrichtung orthotrop

The UD lamina is transversely isotropic. On planes parallel with the fibre direction it behaves orthotropic

Tabelle 1. Elastizitätsgrößen und Festigkeiten der UD-, Gewebe- und mattenverstärkten Schicht

Verstärkungsart	Elastizitäts- und Festigkeitskennwerte
UD-Schicht transversal-isotrop	Elastizitätsgrößen: $E_{\parallel}, E_{\perp}, \nu_{\perp\parallel}$ (oder $\nu_{\parallel\perp}$), $G_{\perp\parallel}$ (2D) $\nu_{\perp\perp}$...zusätzlich (3D) Festigkeiten: $R_{\parallel}^t, R_{\parallel}^c, R_{\perp}^t, R_{\perp}^c, R_{\perp\parallel}$ (3D)
G-Schicht rhombisch anisotrop 3.. $\hat{=}$ Dickenrichtung	Elastizitätsgrößen: $E_W, E_F, \nu_{FW}, G_{WF}$ (2D) $E_3, \nu_{3W}, \nu_{3F}, G_{F3}, G_{W3}$...ZUS. (3D) Festigkeiten: $R_W^t, R_W^c, R_F^t, R_F^c, R_{WF}$ (2D) $R_3^t, R_3^c, R_{3W}, R_{3F}$...ZUS. (3D)
M-Schicht transversal-isotrop (3D), quasi-isotrop (2D) 3.. $\hat{=}$ Dickenrichtung	Elastizitätsgrößen: E_M, ν_M ...Schichtebene (2D) E_3, G_{3M}, ν_{3M} Festigkeiten: R_M^t, R_M^c, R_M^s ...Schichtebene (2D) R_3^t, R_3^c, R_{3M} (3D)

Anmerkung: Im Falle der M-Schicht wird der Index M (ebenso wie die Indizes W und F bei der G-Schicht) als Richtungsangabe benutzt, weil es in der Schichtebene auf Grund der Isotropie der M-Schicht keine Vorzugsrichtung gibt.

Table 1. Elasticity and strength properties of UD, woven-fabric – reinforced and mat – reinforced lamina

Typ of reinforcement	Elasticity and strength properties
UD-lamina transversely isotropic 5 strengths, 5 elasticities	Elasticity properties: $E_{\parallel}, E_{\perp}, \nu_{\perp\parallel}$ (or $\nu_{\parallel\perp}$), $G_{\perp\parallel}$ (2D) $\nu_{\perp\perp}$...additionally for 3D (3D) Strengths: $R_{\parallel}^t, R_{\parallel}^c, R_{\perp}^t, R_{\perp}^c, R_{\perp\parallel}$ (3D)
WF-lamina rhombically anisotropic 3.. $\hat{=}$ thickness direction 9 strengths, 9 elasticities	Elasticity properties: $E_W, E_F, \nu_{FW}, G_{WF}$ (2D) $E_3, \nu_{3W}, \nu_{3F}, G_{F3}, G_{W3}$...additionally (3D) Strengths: $R_W^t, R_W^c, R_F^t, R_F^c, R_{WF}$ (2D) $R_3^t, R_3^c, R_{3W}, R_{3F}$...additionally (3D)
M-lamina transversely isotropic (3D), quasi-isotropic (2D) 3.. $\hat{=}$ thickness direction	Elasticity properties: E_M, ν_M ...in-plane (2D) E_3, G_{3M}, ν_{3M} Strengths: R_M^t, R_M^c, R_M^s ...in-plane (2D) R_3^t, R_3^c, R_{3M} (3D)

Note: In case of the M-lamina we use M as a direction index (as it is also done with the indices W and F for the WF-lamina), because of lack of any marked orientation within the lamina plane due to isotropy of the M-lamina).