

Schichtlotse



GFE – Gesellschaft für
Fertigungstechnik und Entwicklung
Schmalkalden e.V.



Hybrid-Schichten



PECVD-Schichten



Sputter-Schichten



ARC-Schichten



Oxinitrid-Schichten





**π⁸⁰
p+OXI**

Flexible Kleinanlage für kleine Lose
2 seitliche rotierende Kathoden
Ø 300 x H400 mm Beschichtungsvolumen



π²¹¹

Anlage für DLC-Schichtsysteme
2 seitliche rotierende Kathoden,
eine Kathode davon für gefilterten ARC
Ø 355 x H440 mm Beschichtungsvolumen

π³⁰⁰+DLC

Arbeitspferd des
Beschichtungszentrums
3 seitliche rotierende Kathoden
1 zentrale Kathode
Ø 485 x H440 mm Beschichtungsvolumen



π⁴¹¹PLUS

Flexible Beschichtungsanlage
3 seitliche rotierende Kathoden
1 zentrale Kathode mit Sputteroption, gepulst
Ø 500 x H440 mm Beschichtungsvolumen



Konventionelle Strukturen

**Monoblock
mit Haftschrift**



Im Regelfall sollte die **Monoblockschrift** mit einem Haftlayer beginnen (z.B. TiN oder CrN).

Gradient (G)



Der Anteil harter Komponenten wird bei **Gradientenstruktur** kontinuierlich erhöht, um die höchste Härte an der Oberfläche der Schicht zu erreichen.

**Multilayer (ML)
Periode > 20 nm**



Multilayerstrukturen sind bei niedrigerer Härte zäher als vergleichbare Monoblockschriften. Die "ML"-Struktur absorbiert die Risse der Subschichten.

Nanostrukturen

**Nanolayer (NL)
Periode < 20 nm**



Nanolayer ist die konventionelle Struktur für die sogenannten Nanoschichten. Es ist eine feinere Version vom Multilayer mit einer Periode von < 20 nm.

**Nanocomposite
(NC)**

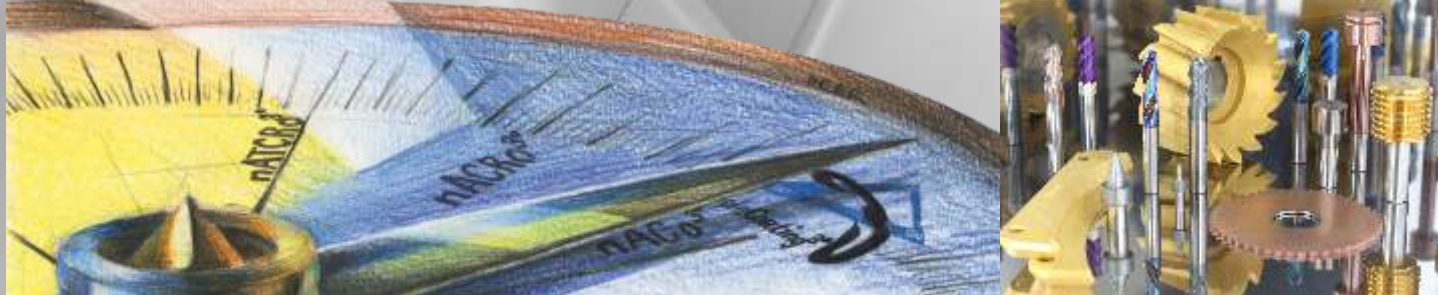


Beim Abscheiden von **Nanocomposites** werden harte, nanokristalline Körner (TiAlN oder AlCrN) in die amorphe Si₃N₄-Matrix eingebettet.

Multistrukturen



Durch die Kombination mehrerer funktioneller Lagen (z.B. Stützschrift, zähe Kernschicht, verschleißfeste Deckschrift) können **Multifunktions-schichten** mit unterschiedlichen Anwendungsbereichen erzeugt werden.



Bearbeitung von	Zerspanung				Spanloses Formen		
	Drehen	Fräsen Abwälzfräsen Sägen	Bohren Reiben Räumen	Gewinden	Kunststoffformen	Stempeln Stanzen	Umformen Tiefziehen Extrudieren
Unlegierte Stähle < 1000 N/mm ²	■ nATCRo® ■ AlTiN	■ nATCRo® ■ ALL4 [®]	■ nATCRo® ■ AlTiN	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® ■ ALL4 [®]	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC
Unlegierte Stähle > 1000 N/mm ²	■ nATCRo® ■ nACo®	■ nATCRo® ■ nACRo®	■ nATCRo® ■ nACo®	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® ■ BorAC®	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC
Gehärtete Stähle < 55 HRC	■ nATCRo® ■ nACo®	■ nATCRo® ■ nACo®	■ nATCRo® ■ nACo®	■ nATCRo® + DLC ■ nACo®		■ nATCRo® ■ BorAC®	
Gehärtete Stähle > 55 HRC	■ nATCRo® ■ TiXCo®	■ nATCRo® ■ TiXCo®	■ nATCRo® ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®		■ nATCRo® ■ TiXCo®	
Hochlegierte Stähle	■ nATCRo® ■ nACoX ^{4®}	■ nATCRo® ■ ALL4 [®]	■ nATCRo® ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC	■ nATCRo® ■ BorAC®	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC

4

Superlegierungen Ni-basiert	■ nATCRo® ■ nACoX ^{4®}	■ nATCRo® ■ nACoX ^{4®}	■ nATCRo® ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC	■ nATCRo® ■ BorAC®	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC
Superlegierungen Ti-basiert	■ nATCRo® ■ ALL4 [®]	■ nATCRo® ■ nACRo®	■ nATCRo® ■ ALL4 [®]	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC	■ nATCRo® ■ BorAC®	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC
Guss	■ nATCRo® ■ nACo®	■ nATCRo® ■ nACo®	■ nATCRo® ■ nACo®	■ nATCRo® ■ nACRo®			
Aluminium Si > 12%	■ nATCRo® ■ nACRo®	■ nATCRo® ■ nACRo®	■ nATCRo® ■ nACRo®	■ nATCRo® ■ nACRo®	■ nATCRo® ■ nACRo®	■ nATCRo® ■ BorAC®	■ nATCRo® + DLC ■ ALL4 [®] + DLC
Aluminium Si < 12%	■ nATCRo® + DLC ■ TiB ₂	■ nATCRo® + DLC ■ TiB ₂	■ nATCRo® + DLC ■ TiB ₂	■ nATCRo® + DLC ■ TiB ₂	■ nATCRo® + DLC ■ TiB ₂	■ nATCRo® + DLC ■ TiB ₂	■ nATCRo® + DLC ■ TiB ₂
Kupfer	■ nATCRo® + DLC	■ nATCRo® + DLC	■ nATCRo® + DLC	■ nATCRo® + DLC	■ nATCRo® + DLC	■ nATCRo® + DLC	■ nATCRo® + DLC
Bronze, Messing, Plastik	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC	■ nATCRo® + DLC ■ CrTiN + DLC
Graphit	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®			
Kohlenstoffaserver- stärkte Kunststoffe	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®			
Holz	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®	■ nATCRo® + DLC ■ TiXCo®			

Hauptvorschlag:

Wenn verfügbar, diese Schicht für die Anwendung verwenden.

- Schicht A
- Schicht B

Alternativvorschlag:

Die Schicht verwenden, wenn der Hauptvorschlag nicht verfügbar ist.

5

		LT*	Farbe	Nanohärte [GPa]	Schichtdicke [µm]	Reibkoeffizient [-]**	Max. Einsatztemp. [°C]
Nitride	TiN	✓	Gold	24-26	1-10	0,4	600
	TiCN-grey	✓	Grau	36-38	1-3	0,25	450
	TiAlN / AlTiN		Violett-Grau	36-38	1-5	0,5	700 / 900
	CrN	✓	Silber	21-23	1-10	0,5	700
	CrTiN	✓	Satinsilber	28-30	1-10	0,4	700
	ZrN	✓	Weissgold	21-23	1-5	0,4	550
	AlCrN	✓	Grau	36-38	1-5	0,6	900
	AlTi (AlCrTiN)		Grau	36-38	1-5	0,5	900
	nAlCo (AlTiN/Si ₃ N ₄)		Blau-Violett	39-41	1-4	0,5	1200
	nAlCrO (AlCrN/Si ₃ N ₄)	✓	Grau	39-41	1-4	0,4	1100
	nAlTCrO (AlTiCrN/Si ₃ N ₄)		Blau-grau	39-41	1-4	0,4	1100
	TiXCo (AlCrTi(Si)N -> TiSiN)		Grau	42-44	1-4	0,4	1100
	PSiX (AlTiN -> TiSiN)		Rot-Braun	42-44	1-4	0,4	1100

		LT*	Farbe	Nanohärte [GPa]	Schichtdicke [µm]	Reibkoeffizient [-]**	Max. Einsatztemp. [°C]
OXI	nAlCoX (AlTiN -> AlCrON)		Dunkelgrau	30-32	4-10	0,5	1200
	AlCrON		Dunkelgrau	30-32	2-5	0,5	1250
DLC	DLC1*** (a-C:H:Me)	✓	Antrazit	>20	1-3	0,2	400
	DLC2*** (a-C:H:Si)	✓	Antrazit	>25	1-3	0,1-0,2	400
	DLC3 (ta-C)	✓	Antrazit	>50	0,5-1,5	0,1	450
SCIL	TiB2		Satinsilber	40-45	1-5	0,4	600
	TiVB2		Satinsilber	46-48	1-5	0,4	600
Hybrid	BorAC (AlCrN -> AlCrBN)		Grau	38-40	1-5	0,5	900
	BorAX (AlTiCrN/BN/SiN)		Kupfer	42-44	1-4	0,4	1100
	AlCrBN		Kupfer	35-36	1-4	0,4	900

*) Niedrigtemperaturprozesse möglich

**) Reibkoeffizient Pin on Disc (RT, 50% Luftfeuchte)

***) Schicht mit unterschiedlichen Stützsichten verfügbar (z.B. CrN, TiN, CrTiN, TiCN)

die angegebenen Richtwerte können bei verschiedenen Schichtstrukturen (Gradient, Mono-, Multi-, Nanolayer) variieren

		Zerspanen	Umformen	Bauteile
Nitride	TiN	einfache Verschleißschicht	Stempel, Matrizen	universelle Einsatz, Dekoration
	TiCN-grey	Gewinden, Fräsen für HSS und HM mit Kühlmittel	Stempel und Matrizen, Stanzen	
	TiAlN /AlTiN	Bohren, universeller Einsatz auch für schwache Maschinen		
	CrN	Zerspanen von Holz, Al mit geringem Si-Gehalt	Stempel, Matrizen	
	CrTiN	Bearbeitung hochlegierter Werkstoffe mit HSS	Stempel, Matrizen, Extrudieren	Werkzeughalter, Korrosionsschutz, medizinische Werkzeuge
	ZrN	Zerspanen von NE-Metallen		Dekoration
	AlCrN	Fräsen, Abwälzfräsen, Sägen	Feinstanzen, Stanzen	
	Al ₄ (AlCrTiN)	Zerspanen abrasiver Werkstoffe	Stempel, Matrizen, Prägen, Feinstanzen	
	nACo (AlTiN/Si ₃ N ₄)	Drehen, Hartbearbeitung, Bohren, Reiben Kerben		
	nACRo (AlCrN/Si ₃ N ₄)	für schwer spanbare Werkstoffe, Mikrowerkzeuge	Reibschweißen, Extrudieren, Formpressen	
	nATCRo (AlTiCrN/Si ₃ N ₄)	schwer bearbeitbare Werkstoffe	Pressen, Stanzen, Schneiden	
	TiXCo (AlCrTi(Si)N -> TiSiN)	Hartbearbeitung		
	PSiX (AlTiN -> TiSiN)	Bearbeitung superharter Werkstoffe (HRC > 55)		

8

		Zerspanen	Umformen	Bauteile
OXI	nACoX (AlTiN -> AlCrON)	HSC Trockendrehen und Fräsen		für abrasive Komponenten
	AlCrON	HSC Trockendrehen und Fräsen		für hohe Temperaturbeständigkeit
DLC	DLC1*** (a-C:H:Me)	Zerspanen von NE-Metallen, Holz, Composite	Stanzen, Formwerkzeuge aus HM	Verschleißkomponenten aus HM
	DLC2*** (a-C:H:Si)	Zerspanen von Holz, NE-Metalle mit MMS	Umformen mit niedriger Reibung	Verschleißkomponenten
	DLC3 (ta-C)	Zerspanung NE-Metall, Composite, Kunststoffe	Gewindeformen, Tiefziehen, Kaltfließpressen	Maschinenbau, Med, Motorsport
SCIL	TiB2	Zerspanen von NE-Metallen	Prägen	
	TiVB2	Zerspanen von NE-Metallen, bei höherer Festigkeit		
Hybrid	BorAC (AlCrN -> AlCrBN)	Trockenfräsen, Abwälzfräsen, Sägen	Feinstanzen, Stanzen	
	BorAX (AlTiCrN/BN/SiN)	Bohren, Trockenzerspanen, Gewinde-, Abwälzfräsen		
	AlCrBN	Zerspanen von NE-Metallen		

Universell nutzbare Schichten für Standard-Anwendungen

Standard				
	Al ₄ (AlCrTiN)	Zerspanen abrasiver Werkstoffe	Stempel, Matrizen, Prägen, Feinstanzen	
	nATCRo (AlTiCrN/Si ₃ N ₄)	schwer bearbeitbare Werkstoffe	Pressen, Stanzen, Schneiden	
	DLC3 (ta-C)	Zerspanung NE-Metall, Composite, Kunststoffe	Gewindeformen, Tiefziehen, Kaltfließpressen	Maschinenbau, Med, Motorsport

9

Schichthärte (HM und HV) und Elastizität

Nanoindentation (Härtemessgerät Picodentor HM 500)

Schichtdicke und -struktur

zerstörend: Kalottenschliff (KaloMaxNT)

zerstörungsfrei: Röntgenfluoreszenz (XDAL 237)

Messung nach DIN EN ISO 26423 (Kalottenschliff)

Schichthaftung

Mittels dynamischer Laständerung und Konstantlast

Einsatz Ritztest-Verfahren / Rockwell-Eindringprüfung

Auswertung nach DIN EN ISO 20502 (Ritztest) bzw.

DIN EN ISO 26443 / DIN 4856 (Rockwell-Eindruck)

Schichtzusammensetzung und Oberflächenstruktur

REM/EDX (Phenom XL, Probenkammer 100x100x40 mm)

Rauheit (optisch, taktil)

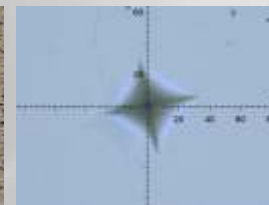
Substrat- und Oberflächenanalyse

REM / EDX

Hartmetallanalyse (Koerzitivfeldstärke, Sättigung, Dichte)



Kalottenschliff



Härteeindruck



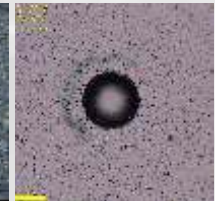
Querschliff



Rauheitsprofil (taktil)



Hartmetall-Gefüge



Rockwell-Eindruck



Ritzspur für Haftfestigkeitsmessung

Verschleißcharakteristik und Belastungsverhalten

Verschleiß- und Reibwertermittlung

- Bei verschiedenen Lastprofilen
- Prüftemperatur -170°C bis +600 °C
- Zyklische und Impulsartige Belastung

Einsatz folgender Verfahren

- Kalottenverschleiß (DIN EN ISO 26424)
- Kugel-Pyramide System
- Pin-on-Disc

Analyse mechanisch dynamische Schichteigenschaften

Beurteilung von Rissentstehung,

Rissausbreitung und Ermüdungsverhalten;

Micro-Impact-Tester MM-NT-VT-Alpha

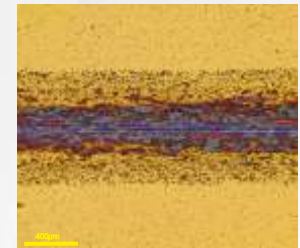
Schichtspannungen

Durchbiegemethode (Flexus FLX-2320-S)

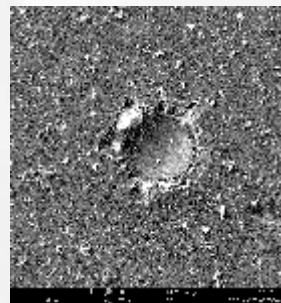
Prüftemperatur 20 bis 500°C



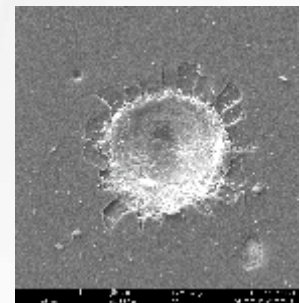
System Kugelpyramide



Verschleißspur Pin on Disc



Impact-Krater Arc-Schicht



Impact-Krater Sputterschicht

Vor- und Nachbehandlung:

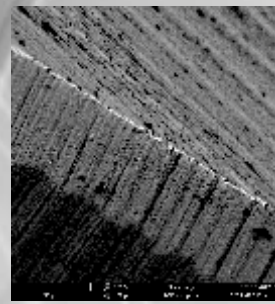
Schneidkantenpräparation / Vorbehandlung
vor der Beschichtung
Schichtnachbehandlung nach der Beschichtung
Vor- / Nachbehandlung entsprechend jeweiliger
Anwendung

Einsetzbare Verfahren:

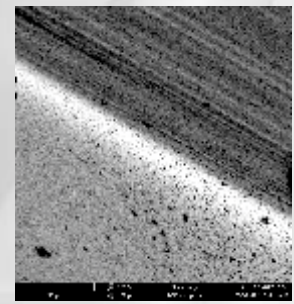
Tauchgleitläppen (Schleppscheifen): DF-3 Tools (OTEC)
Bürst-Polieren: BP-M COMBI (Gerber)
Laserabtragen: Lasertec20 (DMG Sauer)
Oberflächenfinish: Aerolap YT-300 (Okamoto)
Trockenstrahlen / Lappstrahlen: 7050-DUO (HGH)

Entschichtung:

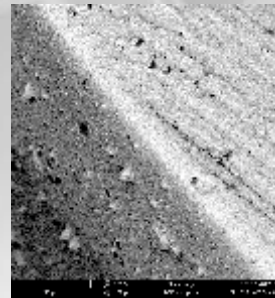
Entschichtung von Ti-, Cr-, CrTi-basierten
Beschichtungen von HM und HSS
Endpunktdetektion bei TiN-Haftlayer (max. 5 min)
Max. Werkzeuggröße Ø 124 x 300 mm



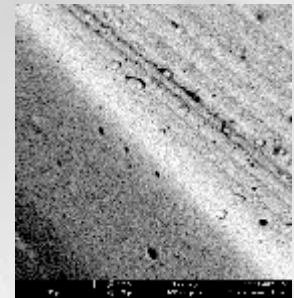
Ausgangszustand (schleifscharf)



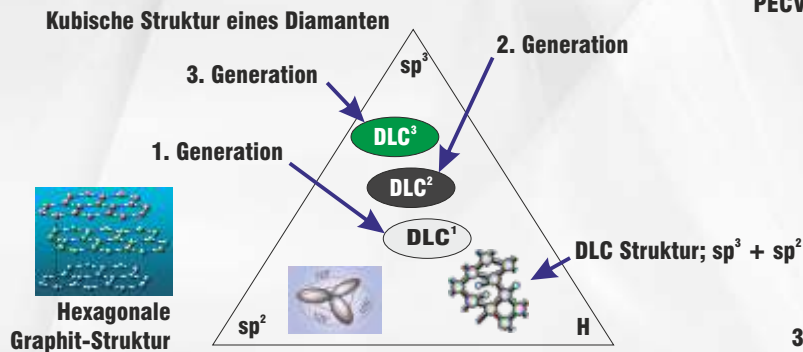
verrundet



verrundet, beschichtet

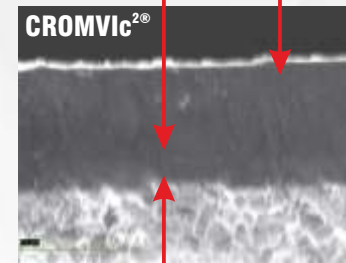


verrundet, beschichtet, geglättet



2 µm Si & C₂H₂
basierter Multilayer;
PECVD bei <200°C

3 µm C₂H₂ basierter Gradientlayer
(PECVD) bei <150°C



300 nm CrN basierter Haftlayer; PVD bei <200°C

Name	Schichtstruktur	Prozess	Härte	Reibwert	Hauptanwendung
DLC1	CrN+a-C:H:Me	PVD	20-25 GPa	0,15	Schmierfilm, Anlauf
DLC2	CrN+a-C:H:Si	PECVD	25-30 GPa	0,1	Reibungsreduktion
DLC3	ta-C	FA PVD / gesputtert	>50 GPa	0,05	Zerspanung von Leichtmetallen, Abbrasionsschutz, Reibungsreduktion

Prozess

Drehen



nATCRo®
nACoX⁴®
AlTiN

TiAlCrN/SiN
TiN - AlTiN - nACo - AlCrON
AlTiN-ML

Fräsen
Abwälzfräsen
Feinstanzen
Stanzen



nATCRo®
BorAC®
ALL⁴®

AlCrTiN/SiN
AlCrTiN/BN
AlCrTiN

Bohren
Reiben



nATCRo®
TiXCo®
AlTiN

TiAlCrN/SiN
TiAl(Cr)N/SiN
AlTiN

Formwerkzeuge
Gewindewerkzeuge



nATCRo + DLC
CrTiN
TiCN

TiAlCrN/SiN + DLC^{2/3}
CrTiN-ML
TiN - TiCN

Umformen



nATCRo + DLC
ALL⁴® + DLC
CrTiN

TiAlCrN/SiN + DLC^{2/3}
AlCrTiN/BN
CrTiN-ML

Bauteile



DLC³®
CrTiN + DLC
nATCRo + DLC

ta-C mit sp³ Anteil > 50%
CrTiN-ML + DLC^{2/3}
TiAlCrN/SiN + DLC^{2/3}

Geschäftsführer:

Dr.-Ing. Florian Welzel

Tel.: +49 3683 6900-20

E-Mail: f.welzel@gfe-net.de

Forschung und Entwicklung:

Dr.-Ing. Heiko Frank

Tel.: +49 3683 6900-772

E-Mail: h.frank@gfe-net.de

Dienstleistung:

Michael Scholz

Tel.: +49 3683 6900-809

E-Mail: m.scholz@gfe-net.de

Dr. rer. nat. Klaus Wagner

Tel.: +49 3683 6900-720

E-Mail: k.wagner@gfe-net.de

GFE – Gesellschaft für Fertigungstechnik
und Entwicklung Schmalkalden e.V.

Näherstiller Str. 10

98574 Schmalkalden

Tel.: +49 3683 6900-0

Fax: +49 3683 6900-16

e-mail: info@gfe-net.de / sales.ev@gfe-net.de

Internet: www.gfe-net.de



© 2024 GFE-PLATT. Alle ® signierten Schutzmarken sind durch die PLATT AG registriert. Mehrere in diesem Dokument beschriebenen und erwähnten Technologien sind durch internationale Patente geschützt. CG-GFE-01