

# Fotolacke, Entwickler und Remover



Version: 2009-10-20

Quelle: [www.microchemicals.de/technische\\_infos](http://www.microchemicals.de/technische_infos)

## Positiv-, Negativ- und Umkehrlacke

Bei **Positivlacken** werden belichtete Bereiche durch die dort statt findende Bildung einer Indenkarbonsäure im Entwickler löslich. Da Positivlacke nicht quervernetzen, führt ein Überschreiten ihres Erweichungspunkts (ca. 100-130°C) zu einem Verformen der Lackprofile.

**Negativlacke** wie die AZ® nLOF 2000 Serie

oder AZ® 15 nXT und AZ® 125 nXT hingegen quervernetzen an den belichteten Stellen durch einen anschließenden Backschritt (nicht erforderlich beim AZ® 125 nXT) und bleiben dort nach dem Entwickeln auf dem Substrat. Die Quervernetzung verhindert ein Verrunden der Lackprofile auch bei hohen Temperaturen. Allerdings kann bei hohen Prozesstemperaturen der Grad der thermischen Quervernetzung so weit ansteigen, dass ein nasschemisches Strippen schwer bis unmöglich wird.

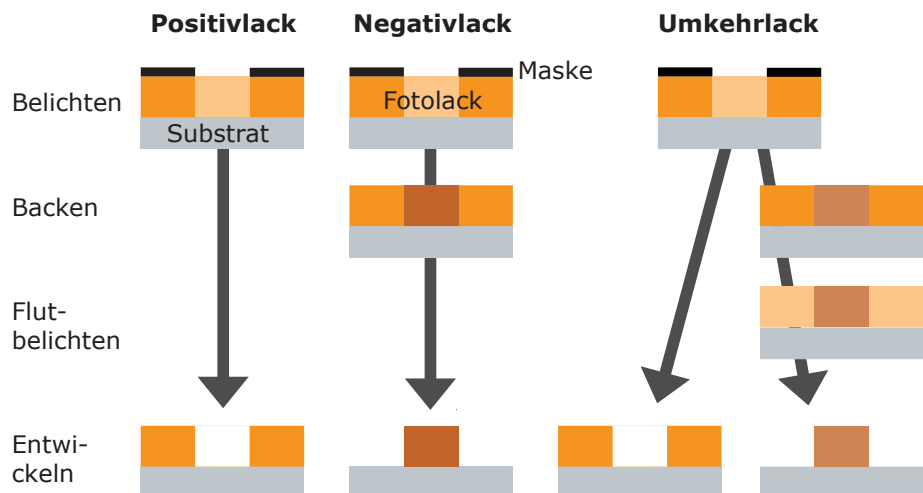
**Umkehrlacke** können sowohl positiv als auch negativ prozessiert werden. Während im Positivmodus die gleiche Prozessfolge die gleiche wie bei Positivlacken ist, erfordert der Negativmodus nach der Belichtung einen Umkehrbackschritt mit nachfolgender Flutbelichtung. Eine Quervernetzung des Harzes findet auch im Negativmodus nur in geringem Ausmaß statt, so dass die Lackstrukturen oberhalb des Erweichungspunktes des Lacks verrunden.

## Geeignete Belackungstechniken

**Aufschleudern** ist die gängigste Methode der Beschichtung von Substraten mit Fotolack. Nahezu alle AZ® und TI Lacke sind hierfür optimiert und erlauben glatte und sehr homogene Schichtdicken. Die erzielte Lackschichtdicke ist proportional zur reziproken Wurzel der Schleuderdrehzahl und lässt sich daher für jeden Lack innerhalb gewisser Grenzen einstellen. Da der Randwall bei kleinen Schleuderdrehzahlen stärker ausgeprägt ist sollten zur Erzielung großer Lackschichtdicken jedoch entsprechend hoch-viskose Lacke wie der AZ® 4562 oder AZ® 9260 und geeignete Schleuderprofile eingesetzt werden.

**Sprühbelacken** erlaubt die Beschichtung auch stark texturierter Substrate. Für eine homogene Lackschichtdicke, eine glatte Lackoberfläche und gute Kantenbedeckung ist ein optimierter Ansatz aus verschiedenen Lösemitteln mit unterschiedlichen Dampfdrücken erforderlich, wie Sie in den Sprühlacken AZ® 4999 oder *TI Spray* voreingestellt sind.

**Tauchbeschichten** ermöglicht eine sehr kostengünstige (hohe Lackausbeute!) Beschichtung auch großer, rechteckiger Substrate bis in den m<sup>2</sup>-Bereich. Für eine homogene Lackschichtdicke über die gesamte Substratfläche muss die Lösemittelzusammensetzung optimal eingestellt werden, wie es beim *MC Dip Coating Resist* der Fall ist.



## Anwendungsgebiete der Fotolackmaske

Jede Fotolackserie ist auf bestimmte Anwendungen hin optimiert:

**Nasschemisches Ätzen** setzt eine optimale Haftung zum Substrat voraus. Hierfür empfiehlt sich die AZ® 1500 Serie für Schichtdicken von 500 nm bis 3 µm, die AZ® ECI 3000 Serie für Lackschichten von 1-4 µm, oder die AZ® 4500 Serie für Schichtdicken bis einige 10 µm. Bei geringen Anforderungen an die laterale Auflösung ist der PL 177 eine preiswerte Alternative. Bei HF-haltigen Ätzen stellt oftmals die Diffusion von HF durch die Fotolackmaske zum Substrat mit anschließendem Abheben der gesamten Lackschicht das Hauptproblem dar. In diesem Fall empfiehlt sich die Verwendung eines ausreichend dicken Lacks wie der AZ® 4562 oder AZ® 9260.

**Trockenchemisches Ätzen** erfordert eine Lackmaske mit möglichst hohem Erweichungspunkt sowie senkrechten Lackflanken. Hierfür ist die AZ® 6600 Serie für Lackschichtdicken von 1-4 µm, oder der AZ® 701 MiR für sehr hohe Auflösungsanforderungen optimiert. Beide Lacke beginnen erst ab ca. 130°C zu verrunden. Sind Lackschichtdicken über 5 µm erforderlich muss auf entsprechende Dicklacke wie dem AZ® 4562 oder AZ® 9260, oder dem negativen AZ® 15 nXT oder AZ® 125 nXT ausgewichen werden. Letzterer bietet neben senkrechten Lackflanken bis ca. 10 µm Schichtdicke durch seine Quervernetzung auch eine ausgezeichnete thermische Stabilität.

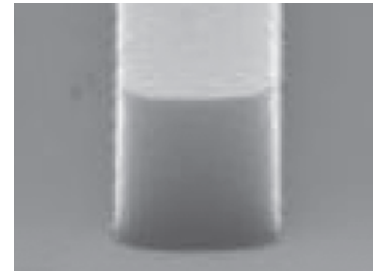
**Lift-off Prozesse** lassen sich mit unterschrittenen Lackprofilen, wie sie von Umkehrlacken wie dem AZ® 5214E (Lackschichtdicken 1-2 µm), dem TI 35ES (3-5 µm) oder den Negativlacken AZ® nLOF 2000 (2-20 µm) erzielt werden können, am reproduzierbarsten durchführen. Bei diesen Lacken ist zudem die thermische Stabilität ausreichend hoch um ein Verfließen des Lacks während der Beschichtung zu verhindern. Falls das Masken-Design einen Positivlack erfordert, sollten die Lackflanken möglichst senkrecht sein um deren Beschichten zu verhindern bzw. verringern. Hierfür empfehlen sich die temperaturstabilen AZ® 6600 Lacke oder der hochauflösende AZ® 701 MiR.

Die **Galvanik** stellt hohe Ansprüche an die Haftung und Stabilität der Lackmaske im Elektrolyten. Auf diese Eigenschaften optimiert sind die wässrig alkalisch entwickelbaren und nasschemisch strippbaren Negativlacke AZ® 15 nXT (Lackschichtdicke 5-30 µm) und AZ® 125 nXT (bis ca. 150 µm), welche mit den gängigen Substratmaterialien und Elektrolyten (für Cu, Au, NiFe, ...) kompatibel sind. Sollen Positivlacke eingesetzt werden, erlauben die Lacke der AZ® 4500 und 9200 Serie eine gute Haftung sowie senkrechte Lackflanken.

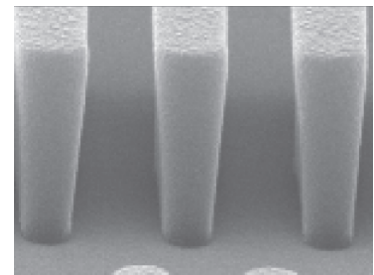
## Laterale Auflösung und Aspektverhältnis

Die theoretisch erzielbare laterale Auflösung hängt neben dem Fotolack selbst von dessen Schichtdicke ab. Unter optimalen Bedingungen erlauben hochauflösende Fotolacke wie der AZ® 701 MiR oder AZ® ECI 3007 bei i-line Belichtung (365 nm Wellenlänge) Strukturgrößen von ca. 300 nm.

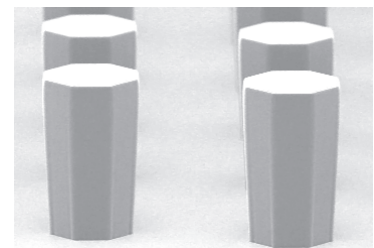
Neben der absoluten lateralen Auflösung kann auch das erzielbare Aspektverhältnis (Strukturhöhe zu -breite) ein Kriterium sein. Moderne Dicklacke wie der AZ® 9260 erlauben ein Aspektverhältnis von 6-10, bei entsprechend optimierter Prozessführung noch deutlich darüber.



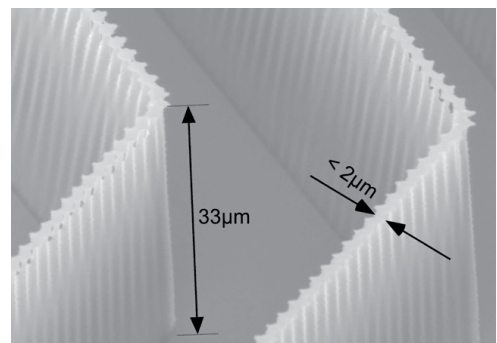
1 µm AZ® 701 MiR Steg nach 130°C Hardbake



700 nm Stege mit dem AZ® nLOF 2020



120 µm hohe galvanisierte Cu-Säulen (via AZ® 125 nXT)



AZ® 9260 Stege mit einem Aspektverhältnis über 16 (Prozess und Aufnahme von Herrn Roger Bischofberger, applied microSWISS GmbH)

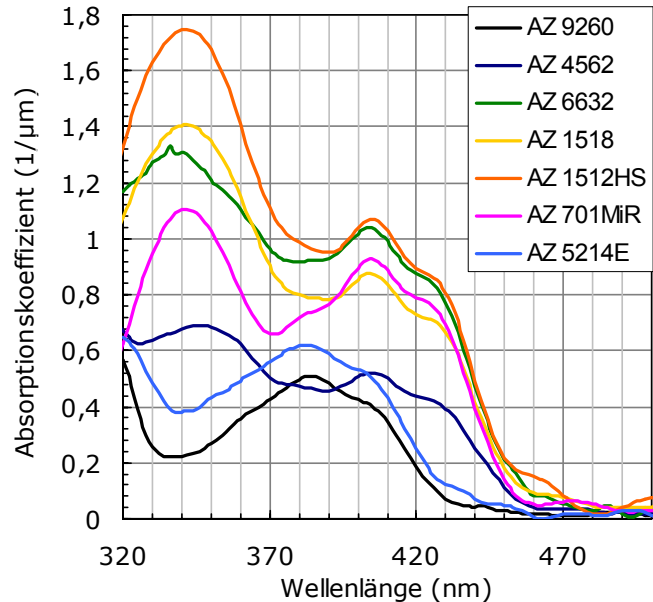
In der Praxis wird diese Auflösungsgrenze oftmals nicht vom Fotolack, sondern vom Equipment und der Prozessführung vorgegeben. Um die Möglichkeiten des verwendeten Fotolacks in die Praxis umsetzen zu können müssen neben den Belichtungsbedingungen (echter Kontakt zwischen Lackfilm und Maske ohne als Abstand dienende Partikel, Bläschen oder ein Randwall) die Softbakeparameter, die Belichtungs-dosis und die Entwicklungsbedingungen (Art des Entwicklers, Konzentration und Entwicklungsdauer) optimiert werden.

### Spektrale Empfindlichkeit

Die optische Absorption und damit die spektrale Empfindlichkeit unbelichteten Fotolacks erstreckt sich ganz oder teilweise über den kurzwelligen sichtbaren bis in den nahen ultravioletten Spektralbereich und ist den g- (435 nm), h- (405 nm) und i- (365 nm) Linien der üblicherweise verwendeten Hg-Dampflampen angepasst. Daraus resultiert das typisch rötlich-bräunliche Erscheinungsbild bereits weniger µm dicker Schichten.

Einigen Lacken wie dem AZ® 5214E oder 9260 fehlt die Absorption bei der g-Linie, die Negativlacke AZ® nLOF 2000, AZ® 15 nXT und 125 nXT sind nur im Bereich der i-Linie empfindlich. Beim Belichten von Positiv- und Umkehrlacken ändert sich die spektrale Absorption, die Lacke bleichen dabei bis ca. 310 nm Wellenlänge nahezu vollständig. Die Lacke PL 177 und AZ®

520 D sind für eine bessere visuelle Kontrolle der aufgetragenen Lackschicht zusätzlich eingefärbt. Detaillierte Infos zu optischen Parametern von Fotolacken sind [hier](#) zu finden.



### Lackschichtdicke

Viele für eine bestimmte Anwendung optimierten Fotolacke sind in unterschiedlich eingestellten Viskositäten zur Erzielung eines großen Lackschichtdickenbereichs verfügbar. Gewöhnlich bezeichnen die beiden letzten Ziffern des Lacks (z. B. AZ® 6632) die bei 4000 U/min (ohne Gyrset) erzielte Lackschichtdicke in der Einheit 100 nm (in diesem Beispiel 3.2 µm). Die Lackschichtdicke sinkt in guter Näherung mit der Quadratwurzel der Schleuderdrehzahl (z. B. AZ® 4533: 4.0 µm ... 3.3 µm ... 2.3 µm bei 2000 ... 4000 ... 6000 U/min), so dass mit einer bestimmten Viskosität die erzielte Lackschichtdicke in Grenzen eingestellt werden kann. Sollen diese Grenzen erweitert werden, ist eine andere verfügbare Viskositätsstufe empfehlenswert. Falls jedoch mit einem bestimmten Lack der Schichtdickenbereich nach unten oder oben erweitert werden soll, ist folgendes zu beachten:

Durch **Verdünnen von hochviskosen Fotolacken** mit PGMEA (= AZ® EBR Solvent) oder anderen geeigneten Lösemitteln wie Butylacetat oder Ethyllaktat lassen sich grundsätzlich mit einem Fotolack Prozesse mit verschiedenen Lackschichtdicken fahren. Es ist dabei jedoch zu beachten, dass verdünnte Fotolacke – je nach Lacksystem in unterschiedlichem Ausmaß – zu Partikelbildung neigen.

Da die Partikel selbst u. a. aus dem Fotoinitiator bestehen, ist die Performance des Fotolacks auch nach einer Partikelfiltration eingeschränkt: Der Dunkelabtrag steigt (unbelichteter Fotoinitiator = Inhibitor im Entwickler), die Entwicklungsrate sinkt, d. h. der Kontrast des Lacks nimmt ab. Bei Bedarf informieren wir Sie gerne zu Grenzen und Rezepturen für die Verdünnung unterschiedlicher Lacksysteme.

Der **Aufbau dicker Lackschichten mit Dünnlacken** ist aus zwei Gründen problematisch: Die hierfür erforderlichen geringen Schleuderdrehzahlen erhöhen den Randwall, und die bei Dünnlacken oft hohe Konzentration an Fotoinitiator führt beim Belichten der aufgebauten dicken Lackschichten zu starker N<sub>2</sub>-Bildung mit Blasenbildung oder/und Spannungsrissen zur Folge, bzw. macht eine Durchbelichtung unmöglich.

## Fotolacke und ihre Einsatzbereiche

Die folgende Tabelle listet unsere Fotolacke, deren erzielbarer Schichtdickenbereich, und ihre typischen Anwendungsgebiete.

Erzielbare <b>Lackschichtdicke</b> ( $\mu\text{m}$ )		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6	8	10	15	20	25	50	150
<b>Standard/ nasschem. Ätzen</b>	AZ® 1505	■															
	AZ® 1512 HS	■	■	■	■												
	AZ® 1514 H			■	■	■											
	AZ® 1518			■	■	■											
	TI 35E						■	■	■								
<b>Dicklacke</b>	AZ® 4533					■	■	■									
	AZ® 4562						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	AZ® 9260			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Trocken- chemisches Ätzen (Temperatur- stabil)</b>	AZ® MiR 701	■	■	■													
	AZ® 6612			■	■												
	AZ® 6624				■	■	■	■									
	AZ® 6632					■	■	■									
	TI 35ES						■	■									
<b>Hoch- auflösend</b>	AZ® MiR 701	■	■	■													
	AZ® ECI 3000	■	■	■	■	■	■	■									
	AZ® 9260			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Umkehr- lacke/ Lift-off</b>	AZ® 5214 E		■	■	■												
	TI 35ES						■	■									
	TI Spray		■	■	■	■	■	■									
	TI Plating									■	■	■	■	■	■	■	■
	TI xLift																
<b>Lift-off/ Negativlack</b>	AZ® nLOF 2000			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Galvanik</b>	AZ® 15 nXT								■	■	■	■	■	■	■	■	■
	AZ® 125 nXT															■	■
<b>Sprüh- belackung</b>	AZ® 4999		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	TI Spray		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Tauch- belackung</b>	MC Dip Coating		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Standard Schichtdicke  
Über Verdünnung bzw. Mehrfachbelackung erzielbare Schichtdicke

## Entwickler und ihre Kompatibilitäten zu Fotolacken

Die folgende Tabelle listet unsere Entwickler und ihre Eignung für bestimmte Fotolackfamilien.

		AZ® 1500 AZ® 5214 E	AZ® 4500 AZ® 4999 TI 35E TI Spray	AZ® 6600 AZ® ECI 3000	AZ® 9200	AZ® MiR 701	PL 177 TI 35ES TI xLift	AZ® nLOF 2000, AZ® 15/125 nXT	AZ® 111 XFS
<b>MIF</b>	AZ® 326 MIF	■	■	■	■	■	■	■	■
	AZ® 726 MIF	■	■	■	■	■	■	■	■
	AZ® 826 MIF	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>MIC</b>	AZ® Devel.	■	■	■	■	■	■	■	■
	AZ® 351B	■	■	■	■	■	■	■	■
	AZ® 400K	■	■	■	■	■	■	■	■
	AZ® 303	■	■	■	■	■	■	■	■
		empfohlen		möglich		nicht empfohlen			

## Auswahlkriterien für Entwickler

Zunächst ist zu klären, ob **metallionenf**rei mit fertigen Ansätzen (metal-ion-free, *MIF*), oder **metallionen**haltig (metal-ion-containing, *MIC*) mit zu verdünnenden Konzentraten entwickelt werden soll.

**AZ® 326 MIF** ist 2.38 % TMAH (TetraMethylAmmoniumHydroxid) in H<sub>2</sub>O.

**AZ® 726 MIF** ist 2.38 % TMAH in H<sub>2</sub>O, mit zusätzlichen Netzmitteln zur raschen und homogenen Benetzung des Substrates für die Puddle- oder Sprühentwicklung.

**AZ® 826 MIF** ist 2.38 % TMAH in H<sub>2</sub>O, mit zusätzlichen Netzmitteln zur raschen und homogenen Benetzung des Substrates und weiteren Additiven zur Entfernung schwer löslicher Lackbestandteile (Rückstände bei bestimmten Lackfamilien), allerdings auf Kosten eines etwas höheren Dunkelabtrags.

**AZ® Developer** (MIC) ist auf minimalen Aluminiumabtrag optimiert und wird typischerweise 1 : 1 verdünnt in DI-H<sub>2</sub>O für hohen Kontrast oder unverdünnt für hohe Entwicklungsraten eingesetzt. Der Dunkelabtrag dieses Entwicklers ist etwas höher.

**AZ® 351B** (MIC) basiert auf gepuffertem NaOH und wird üblicherweise 1:4 verdünnt angewandt.

**AZ® 400K** (MIC) basiert auf gepuffertem KOH und wird üblicherweise 1:4 verdünnt angewandt.

**AZ® 303** (MIC) für den AZ® 111 XFS Fotolack basiert auf KOH und NaOH.

## Entfernen von Fotolack

Nicht-quervernetzte AZ® und TI Fotolack-Schichten lassen sich nach der Prozessierung üblicherweise nasschemisch problemlos rückstandsfrei entfernen. Ist dies nicht möglich, kommen folgende Ursachen in Frage:

- Die ab ca. 150°C beginnende, thermische Quervernetzung von Positiv- oder Umkehrlacken durch einen Hardbake nach der Entwicklung oder hohe Temperaturen beim Aufdampfen, Sputtern oder Trockenätzen
- Eine optisch induzierte Quervernetzung durch Tief-UV Strahlung (Wellenlänge < 250 nm) wie sie beim Aufdampfen, Sputtern oder Trockenätzen auftritt
- Die bei Negativlacken beabsichtigte Quervernetzung bei der Prozessierung, welche bei hohem Prozesstemperaturen sehr stark ausgeprägt ist.
- Auf die Fotolackschicht beim Trockenätzen redeponiertes Material

**Aceton** ist zum Entfernen von Fotolack-Schichten wegen seines hohen Dampfdruckes nur bedingt geeignet. Falls Aceton dennoch verwendet werden soll, empfiehlt sich ein zweiter Reinigungsschritt mit Isopropanol, bevor das Aceton wieder antrocknet und Schlieren bildet. Von einem Erhitzen des Acetons zur Erhöhung der Lösekraft ist wegen der hohen Brandgefahr dringend abzuraten.

**NMP** (1-Methyl-2-pyrrolidon) ist ein zum Entfernen von Fotolack-Schichten sehr gut geeignetes Lösemittel. Seine Unbrennbarkeit und der sehr geringe Dampfdruck von NMP erlauben ein Erhitzen auf 80°C, um auch hartnäckige Fotolack-Schichten entfernen zu können. NMP kann in jedem Verhältnis mit Wasser verdünnt werden.

3-5 %ige **KOH** oder **NaOH** können als Remover eingesetzt werden falls es die chemische Stabilität des Substrats erlaubt. Bei stark quervernetzten Fotolack-Schichten sind u. U. auch höhere Konzentrationen und/oder höhere Temperaturen notwendig. Es ist jedoch zu beachten, dass viele Metalle als auch Silizium bei hohen pH-Werten geätzt werden.

**AZ® 100 Remover** ist ein Amin/Lösemittel-Gemisch und Standard-Remover für AZ® und TI Fotolacke. Zur Verbesserung seiner Performance kann AZ® 100 Remover auf 80°C erhitzt werden, um auch hartnäckige Fotolack-Schichten zu entfernen. Da AZ® 100 Remover in Kontakt mit Wasser stark alkalisch reagiert, eignet er sich für z. B. Al-haltige Substrate nur bedingt. In diesem Falls ist darauf zu achten, AZ® 100 Remover vollkommen wasserfrei (auch nicht in Spuren!) anzuwenden.

Falls nasschemische Remover entweder aufgrund einer zu hohen Quervernetzung der Fotolack-Schicht nicht geeignet oder generell nicht gewünscht sind, kann Fotolack auch trockenchemisch im **O<sub>2</sub>-Plasma** entfernt werden.

## **Unsere Fotolacke**

Wir bieten unsere Fotolacke in Gebinden zu 250 ml, 500 ml, 1000 ml, 2.5 L, /5 L bzw. Gallonen an.

## **Unsere Entwickler**

Wir bieten unsere Entwickler in 5 L PE Kanistern, auf Anfrage auch in 200 L Fässern an.

## **Unsere Remover**

Wir bieten Lösemittel wie Aceton oder NMP in 2.5 L Gebinden, und den AZ® 100 Remover in 5 L PE Kanistern an.

## **Gewährleistungsausschluss**

Alle in diesem Dokument enthaltenen Informationen, Prozessbeschreibungen, Rezepturen etc. sind nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Dennoch können wir keine Garantie für die Korrektheit der Angaben übernehmen.

Wir garantieren nicht für die vollständige Angabe von Hinweisen auf (u. a. gesundheitliche, arbeitssicherheitstechnische) Gefahren, die sich bei Herstellung und Anwendung der Rezepturen ergeben (können).

Grundsätzlich ist jeder Mitarbeiter dazu angehalten, sich im Zweifelsfall in geeigneter Fachliteratur über die angedachten Prozesse vorab ausreichend zu informieren, um Schäden an Personen und Equipment auszuschließen.