

$N_2$

$O_2$

Der Schritt zu mehr Leistung: Schaffen Sie Sauerstoff aus dem Weg.

Inertgas-Technologie für  
UV- und ES-Trocknung.

# In inerter Gasatmosphäre entsteht eine Welt der Farben.

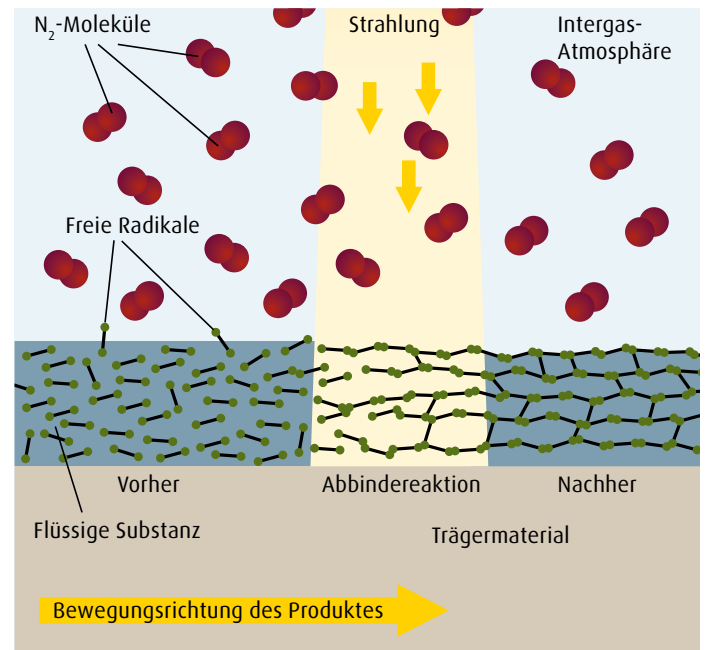
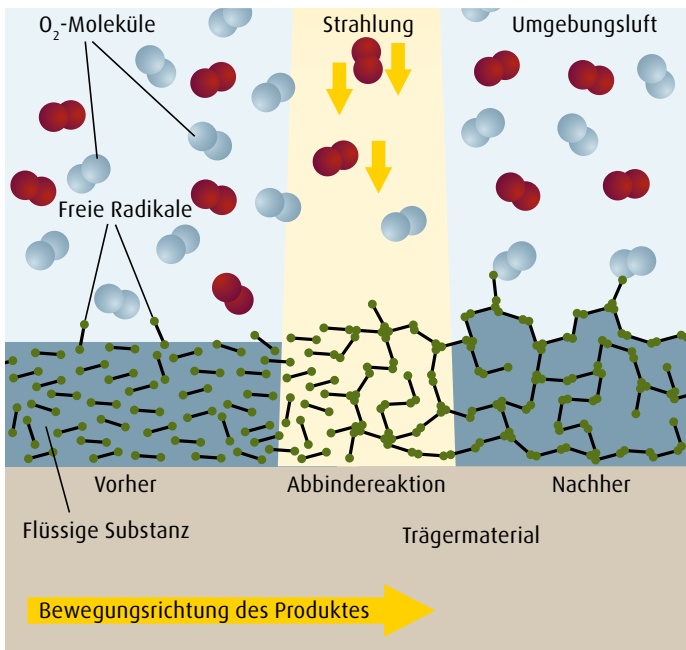


## Verbesserte Trocknungsprozesse mit Verfahren von Linde Gas.

In der modernen Druckindustrie sowie in verwandten Branchen wie etwa der Lack- und Verpackungsindustrie hat man Trocknungs- und Härtingsprozesse jahrzehntelang vor allem dem Faktor Zeit überlassen. Daher mussten diese Arbeiten auch immer mit dem Blick auf die Uhr geplant und ausgeführt werden. In der jüngeren Zeit jedoch haben zwei innovative Technologien Trocknungs- und Härtingsprozesse revolutioniert: die UV-Strahlungstrocknung (hier wird ultraviolettes Licht genutzt, um den Trocknungsprozess zu starten) und die ES-Trocknung (bei der ein Elektronenstrahl eingesetzt wird, um das selbe Ergebnis zu erzielen). Beide Methoden verringern den Zeitaufwand, den man zur erfolgreichen Trocknung und Polymerisierung von Druckfarben, Lacken, Klebstoffen und sogar dickeren Beschichtungen benötigt, deutlich – wobei wesentlich bessere Ergebnisse als mit herkömmlichen Mitteln erreicht werden. Zudem kann Strahlungstrocknung auch für das Beschichten mit Silikon und Cellophan sowie für Laminierungs-Anwendungen genutzt werden. In den Geschäftsbereichen Drucken, Verpacken und Veredeln haben sich UV- und ES-Trocknung daher schnell zu sehr wichtigen Verfahren entwickelt. Diese Broschüre zeigt auf, wie die beiden Prozesse funktionieren und wie sie mit Lösungen von Linde Gas deutlich verbessert werden können.

UV = Ultraviolettes Licht

ES = Elektronenstrahl



#### UV-Trocknungsprozess in Umgebungsluft, mit Sauerstoffhemmung:

Freie Radikale reagieren schneller mit O<sub>2</sub>-Molekülen als mit der flüssigen Substanz (z.B. UV-härtbare Farben mit viel Fotoinitiator) auf dem Trägermaterial. Dies führt zu unbefriedigenden Abbindeergebnissen: Die Farben sind immer noch nass, klebrig und ohne Glanz, sie verfügen über schlechte Hafteigenschaften und geringe Kratzfestigkeit.

#### Trocknungsprozess unter Inertgas-Bedingungen (N<sub>2</sub>-Atmosphäre):

Durch UV-Licht oder einen Elektronenstrahl angeregt, verursachen freie Radikale eine chemische Kettenreaktion, in der flüssigen Substanz (z.B. UV-härtbare Farben mit wenig Fotoinitiator) auf dem Trägermaterial. Innerhalb von Millisekunden ist die Substanz trocken, elastisch, glänzend und hochresistent gegen Kratzer und Chemikalien.

#### Sauerstoffinhibition – die Kehrseite der UV- und ES-Trocknungsprozesse.

Im Grunde kann man Strahlungstrocknung als eine Art Domino-Effekt beschreiben: Energie aus einer UV- oder Elektronenstrahlungsquelle aktiviert Moleküle in flüssigen, ungehärteten Materialien, wobei freie Radikale (also Atome oder Gruppen von Atomen, die ein freies Elektron enthalten) entstehen. Diese wiederum lösen eine chemische Kettenreaktion aus, die zu einer sehr schnellen und dauerhaften Abbinde führt. Wenn die Technologie richtig angewendet wird, erhält man Ergebnisse, die trocken, elastisch und hochresistent gegen Kratzer und Chemikalien sind. Diese Transformation, auch Polymerisierung genannt, geschieht innerhalb von Millisekunden.

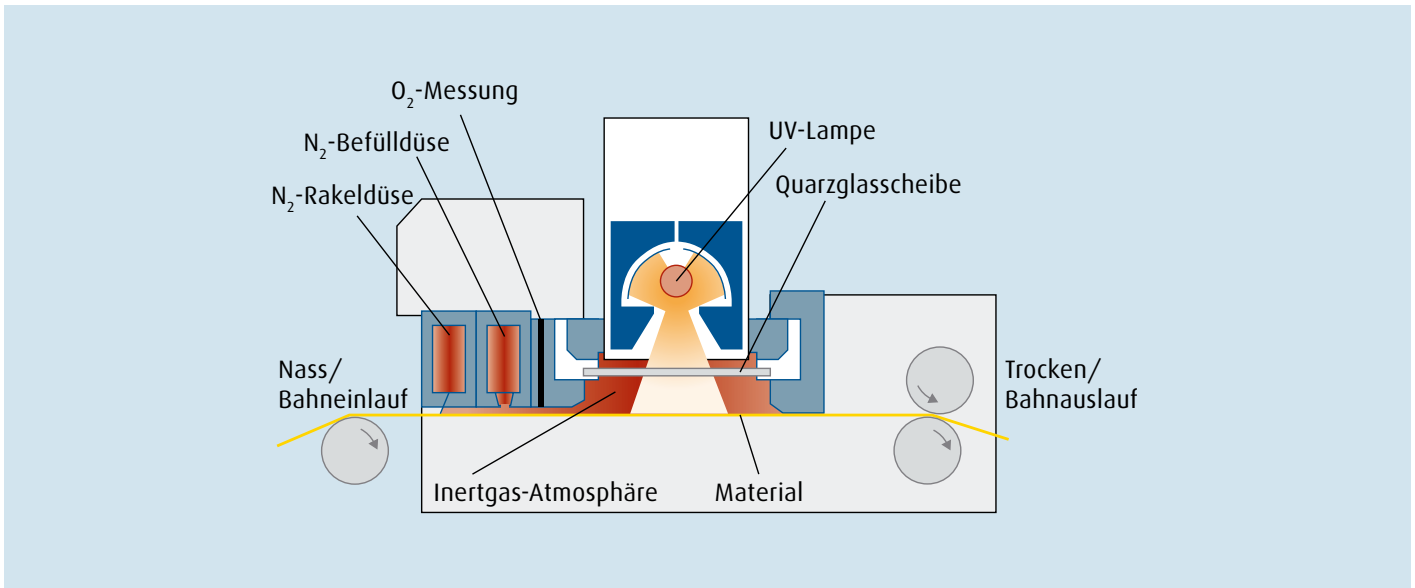
Sowohl UV- als auch ES-Trocknungsprozesse können jedoch durch den Einfluss von Sauerstoff in der natürlichen Atmosphäre unterbrochen werden. Das bedeutet, dass die freien Radikale sich schneller mit den O<sub>2</sub>-Molekülen in der Umgebungsluft als mit der Oberflächenbeschichtung verbinden.

Diesen unerwünschten Effekt nennt man Sauerstoffhemmung. Er führt zu schlechteren Abbindeergebnissen, unbefriedigenden Oberflächeneigenschaften und zur Bildung von zersetzenden Substanzen (wie etwa Peroxide und Salpetersäure), die ebenfalls einen negativen Einfluss auf Produkte und Maschinen haben können.

Solche Nebenwirkungen können jedoch leicht vermieden werden. Eine der besten und wirtschaftlichsten Methoden besteht darin, den Abbindeprozess in einer sauerstoffreduzierten, inerten Atmosphäre stattfinden zu lassen. Meistens wird hierbei Stickstoff verwendet, um den Sauerstoffanteil in der Trocknungskammer zu beseitigen bzw. zu minimieren.

Und hier kommt Linde Gas ins Spiel. Mit unserer jahrzehntelangen Erfahrung im Gasbereich stellen wir nicht nur geeignete Gase, sondern auch die passende Inertisierungs-Technologie für Anwendungen im Strahlungstrocknungsreich bereit.

# Viel mehr als nur heiße Luft.



## UV-Trocknungsmaschine. Hinweis:

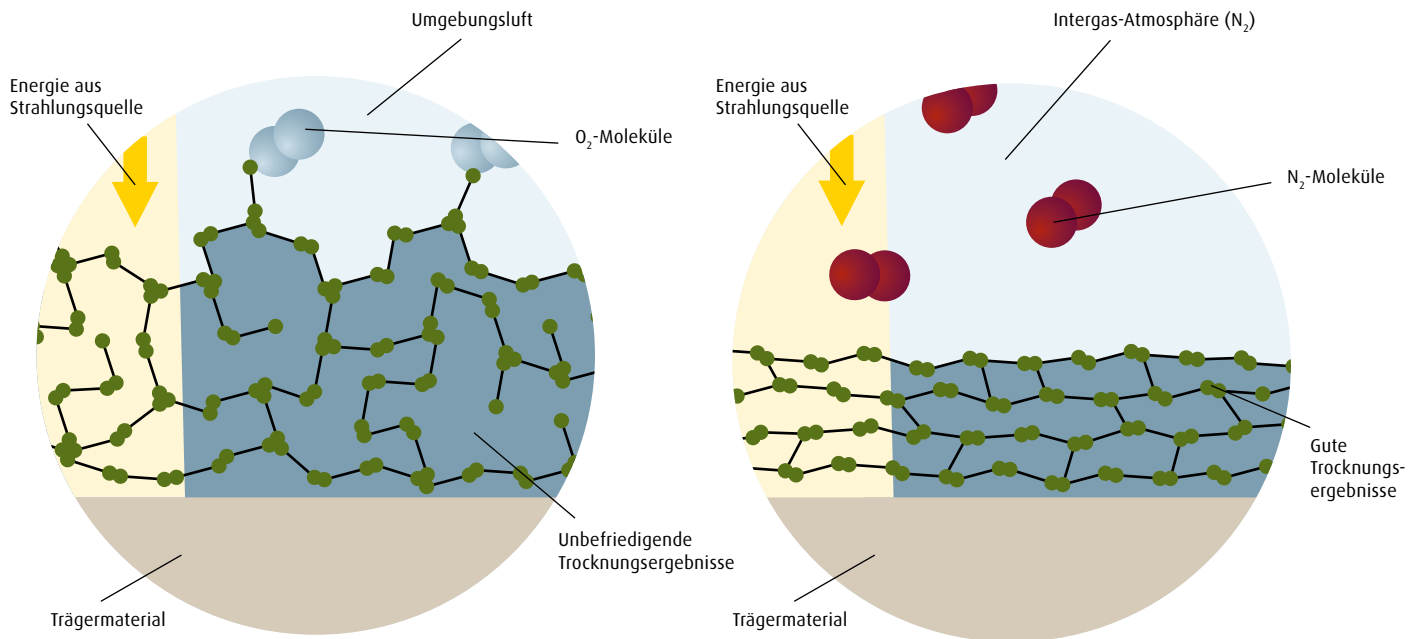
Die Trocknungskammer ist nicht vollständig isoliert, da das bedruckte Material ununterbrochen in die Trocknungseinheit eingeführt werden muss. Damit eine ausreichende Barriere entsteht, muss die Öffnung daher kontinuierlich mit einem inerten Gas gespült werden.

## Der UV-Trocknungsprozess.

UV-Trocknung ist ein effektiver fotochemischer Prozess, bei dem UV-reaktive Beschichtungen und ultraviolettes Licht verwendet werden, um eine Abbindereaktion auszulösen. Verglichen mit herkömmlichen Methoden wie dem Heißlufttrocknen hat diese Technologie mehrere Vorteile:

- Höhere Produktionsgeschwindigkeit, da das Abbinden innerhalb von Millisekunden geschieht.
- UV-getrocknete Produkte sind völlig trocken, elastisch, glänzend und hochresistent gegen Kratzer und Chemikalien, lassen sich also ohne Verzögerung weiterverarbeiten.
- Da keine Lösungsmittel verwendet werden, gibt es weniger Probleme mit Emissionen, Geruchsbelästigung, Sicherheitsrisiken (Entflammbarkeit), Umwelt- und Gesundheitsschutz.
- Die Trocknungstechnologie benötigt wenig Platz.
- UV-Trocknen kann für viele Anwendungen genutzt werden, z.B. für das Trocknen/Härten von Druckfarben, Lacken, Klebstoffen und synthetischen Materialien.

Die Strahlungsenergie des ultravioletten Lichtes allein reicht jedoch nicht aus, um die Abbindereaktion bei herkömmlichen Formulierungen auszulösen. Daher müssen so genannte Fotoinitiatoren zur chemischen Zusammensetzung hinzugefügt werden. Doch auch dies schließt das Problem der Sauerstoffhemmung nicht aus. Eine mögliche Lösung hierfür ist das „chemische Inertisieren“, das mehr Fotoinitiator erfordert. Dies jedoch verursacht wiederum höhere Kosten sowie mehr Geruch und andere Schwierigkeiten (z.B. die unerwünschte Bildung von Ozon). Auch neigen bestimmte Produkte zum Vergilben, wenn zu viel Fotoinitiator verwendet wird. Doch diese Probleme sind leicht lösbar, wenn man die Trocknungskammer mit inertem Gas füllt und so die Reaktivität der Atmosphäre deutlich senkt.



Trocknung in Umgebungsluft erfordert große Mengen Fotoinitiator und kann zu unbefriedigenden Ergebnissen führen.

Trocknung bei Verwendung eines Inertgases: geringerer Verbrauch von Fotoinitiator; sowohl der Trocknungsprozess wie auch die Ergebnisse werden deutlich verbessert.

## UV-Trocknung in sauerstoffreduzierter Atmosphäre.

UV-Trocknung kann, obwohl sich dies nicht empfiehlt, auch ohne inerte Atmosphäre durchgeführt werden. Einige Firmen arbeiten tatsächlich noch so. Dies kann zahlreiche Schwierigkeiten hervorrufen, die sich allerdings leicht und wirtschaftlich lösen lassen: durch eine sauerstoffreduzierte Atmosphäre in der Trocknungseinheit. Hierbei verwendet man ein inertes Gas (wie z.B. Stickstoff), um den unerwünschten Sauerstoff zu verdrängen.

Inertisierungs-Lösungen von Linde Gas haben viele Vorteile für das UV-Trocknen:

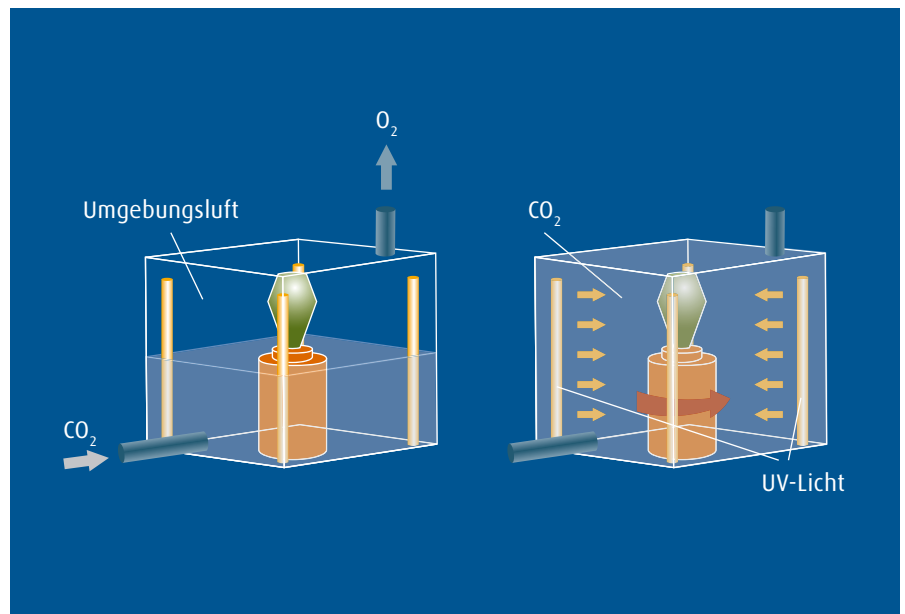
- Der Verbrauch von Fotoinitiator wird verringert. Dies spart Geld (Fotoinitiatoren sind teuer) und reduziert Umweltprobleme.
- Höhere Trocknungsgeschwindigkeiten sind erzielbar.
- Die inerte Atmosphäre erhöht die Produktionssicherheit. Das Risiko, ganze Produktionen wegwerfen zu müssen, ist weitaus geringer.
- Die Verschmutzung von Lampe and Reflektor wird verringert. Die Lebensdauer der UV-Lampe steigt; Wartungszeiten sowie Kosten für Energie und Ersatzteile gehen deutlich zurück.
- Es bildet sich kein Ozon, das aufwändig beseitigt werden müsste.
- Es gibt weniger Geruchsbelästigung (sehr wichtig beim Verpacken von Lebensmitteln).
- Die Produkte sind resistenter gegen Chemikalien und Vergilbung und glänzen stärker.

Bitte beachten: Verringert man die Menge des Fotoinitiators, wird die Abstimmung zwischen dem Lampenspektrum und dem Absorptionsspektrum des Fotoinitiators wesentlich wichtiger. Unter Umständen ist ein modifizierter Fotoinitiator notwendig.



## 3D-Anwendungen für die UV-Trocknung.

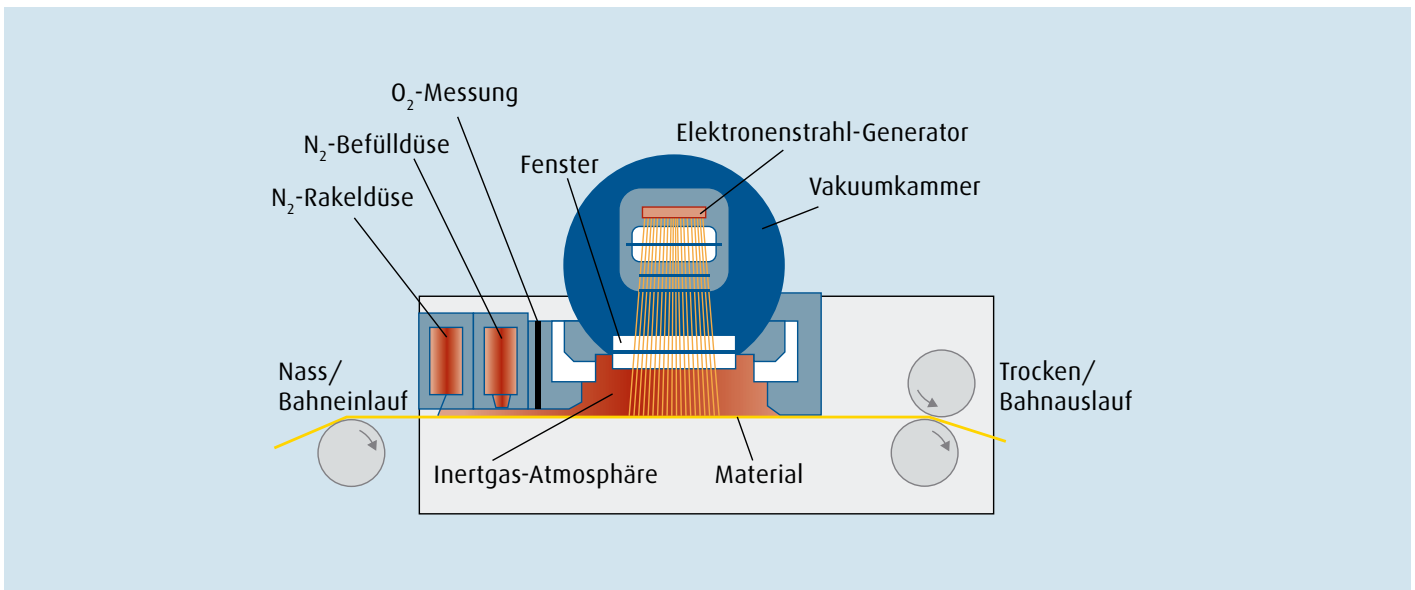
In manchen Fällen wird als Inertgas nicht Stickstoff ( $N_2$ ), sondern Kohlendioxid ( $CO_2$ ) verwendet, da es schwerer ist als Luft.  $CO_2$  ist vor allem für 3D-Anwendungen eine gute Alternative, bei denen die Trocknungskammer oben offen ist: Denn hier wird das  $CO_2$  vom Boden her eingeleitet, wobei es die Luft nach oben verdrängt. Wenn dieser Prozess abgeschlossen ist, wird die Lackschicht oder eine andere Beschichtung auf dem 3D-Objekt mit UV-Licht gehärtet. Zudem benötigt man bei dieser Technologie geringere Mengen Inertgas, um die notwendige Sauerstoffreduzierung zu erreichen. Das hält die Kosten gering, während sich die Trocknungsergebnisse deutlich verbessern.



### UV-Trocknung von 3D-Objekten.

Erster Schritt:  $CO_2$  wird in die Trocknungskammer geleitet und verdrängt das leichtere  $O_2$  nach oben.  
Zweiter Schritt: Weil  $CO_2$  schwerer ist als Luft, bleibt es in der Kammer, bis der UV-Trocknungsprozess beendet ist.

# Zufrieden strahlen.



**ES-Trocknungsmaschine.** ES-Trocknungsanlagen können problemlos in einen existierenden Druckvorgang integriert werden.

## Der ES-Trocknungsprozess.

Der ES-Trocknungsprozess ist eine fortgeschrittene Technologie auf hohem Niveau. Zur Trocknung wird hier ein Elektronenstrahl eingesetzt, der genug Energie besitzt, um den Prozess ohne die Hilfe eines Fotoinitiators zu starten. Einfach ausgedrückt: Beim ES-Trocknen verwendet man durch elektrische Spannung beschleunigte Elektronen, die praktisch in das zu trocknende Produkt „hineingeschossen“ werden. Diese Energie ist hoch genug, um die ersten Radikale zu erzeugen und die Polymerisierung direkt in den Monomeren (Verdünnern) oder Oligomeren (Bindemitteln) innerhalb des zu trocknenden Materials zu initiieren.

## ES-Trocknung in sauerstoffreduzierter Atmosphäre.

Um mit ES-Trocknung gute Oberflächeneigenschaften zu erhalten, ist eine inerte Atmosphäre absolut notwendig. Die Vorteile des ES-Trocknens bezüglich sofortiger Polymerisierung, Elastizität und Kratzfestigkeit der Produkte sind dabei im Wesentlichen dieselben wie beim UV-Trocknen (in machen Fällen können sogar noch höhere Produktionsgeschwindigkeiten, stärkerer Glanz, sowie bessere Kratz- und Chemikalienresistenz erreicht werden). Es gibt jedoch auch einige ganz besondere Vorteile dieser Technologie:

- Beim ES-Trocknen braucht man keine Fotoinitiatoren. So werden Umwelt- und Geruchsprobleme verringert und Beseitigungskosten vermieden.
- Die Technologie benötigt nur wenig Energie, was die Kosten weiter verringert.
- Sie hat keine Ozonbildung zur Folge, was die Notwendigkeit der Ozon-Entsorgung beseitigt.
- Die Methode minimiert die Bildung schädlicher Substanzen wie etwa Salpetersäure.
- ES-Trocknen erzeugt keine hohen Temperaturen. Genau genommen ist das ES-Trocknen, das normalerweise bei etwa 15 °C stattfindet, sogar ein vergleichsweise „kalter“ Prozess.
- Da keine Hitze entsteht und keine Fotoinitiatoren verwendet werden, entfällt auch die regelmäßige Reinigung der Trocknungskammer, im Gegensatz zu herkömmlichen Trocknern.
- Ein weiterer spezieller Vorteil des ES-Trocknens ist die Tatsache, dass sowohl die Geschwindigkeit des Trocknungsprozesses als auch die Tiefenwirkung des Trocknungseffekts je nach der Höhe der elektrischen Spannung und der Energie der Elektronen eingestellt werden können.

# Viele Anwendungen, eine Lösung: weniger Sauerstoff.

Inertisierungs-Technologie für farbenfrohe Ergebnisse.

Anwendungen für UV- und ES-Trocknung	
Offset-Druck	Zeitungen, Magazine, Poster, Broschüren, Flyer etc.
Digital-Druck	Mailings, Magazine, Broschüren etc.
High-End Verpackungen	Faltschachteln aus Karton (z.B. für Parfüm)
Etikettierung (Schmalbahn-Druck)	Weinflaschen
Cellophanierung	Metallisierte Folien (z.B. Lebensmittelverpackung), laminierte Folien
Silikon-Beschichtung	Trägermaterial für selbstklebende Etiketten
Drucken auf Aluminiumfolie	Jogurtbecher-Deckel
Drucken auf Kunststoff-Folie	Lebensmittelverpackung, Einkaufstüten etc.
Vernetzung	Mehrschichtige Plastikfolie
Holzverarbeitende Industrie	Lack auf Kunststoff-Furnier
Fahrzeugindustrie	Lack auf Auto-Zubehör
Chipkartenindustrie	Chipkarten aus Plastik



UV- und ES-Trocknung ist für viele Anwendungen geeignet, wie etwa dem Bedrucken von Kartonverpackungen, Kunststoff-Furnieren und Jogurtbecher-Deckeln.

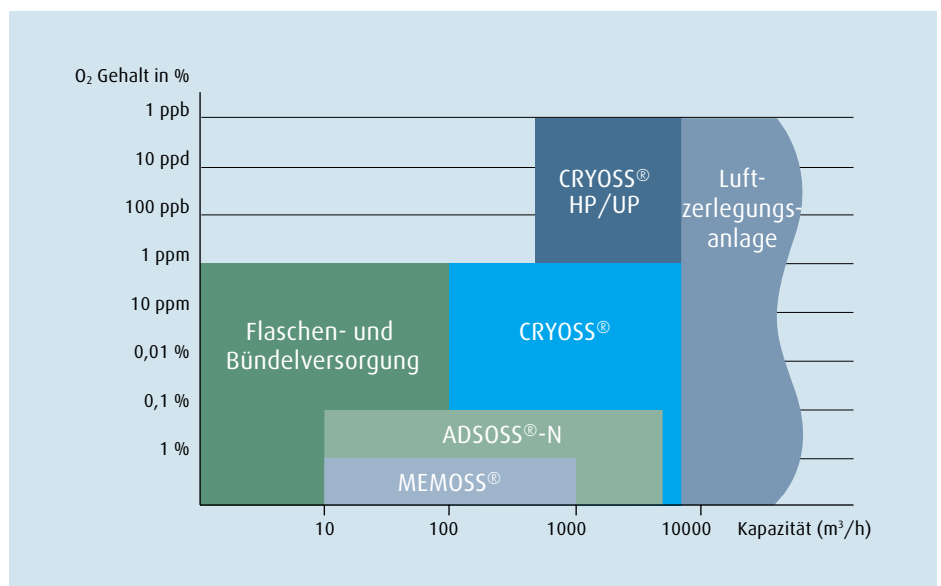
## Zulässiger Sauerstoffgehalt für verschiedene UV- und ES-Trocknungsanwendungen.

Die verschiedenen Materialien, die in der Druck- und Veredelungsindustrie (wie z.B. Druckfarben, Lacke, Klebstoffe, Silikon etc.) sowie bei bestimmten Beschichtungsvorgängen (z.B. Metallbeschichtung von Kunststoffen, Flexo-Druck auf Aluminium etc.) verwendet werden, bestimmen die Höhe des zulässigen Sauerstoffgehalts. Die erforderliche Reinheit des Gases hängt daher von der zulässigen Sauerstoffkonzentration in der Trocknungszone ab. Hier ein paar Beispiele mit den annähernden O<sub>2</sub>-Konzentrationen.

Zulässiger Sauerstoffgehalt für UV-Trocknungsanwendungen.		Zulässiger Sauerstoffgehalt für ES-Trocknungsanwendungen.	
Silikon (Goldschmidt)	< 50 ppm	Silikon (Goldschmidt)	< 50 ppm
Decklack für Papier und Folie	1–2%	Beschichtungen und Druckfarben	300–500 ppm
Druckfarben für Papier und Folie	1–2%	Laminierung Folie/Folie	< 1%
Metallbeschichtung	1–3%	Laminierung Folie/ poröses Material	300–500 ppm
Flexo-Druck auf Aluminium	1–2%	Polymer-Vernetzung	~ 1%
Lack auf Teppichen (PVC)	2–3%		

## Maßgefertigte Lösungen für größtmögliche Planungssicherheit.

Individuelle Anwendungen erfordern individuelle Grade der Gasreinheit und verschiedene Gaskapazitäten. Für Kunden von Linde gibt es mehrere maßgeschneiderte Lösungen, die je nach den spezifischen Anforderungen einer Anwendung und je nach den benötigten Gasmengen ausgewählt werden können. Mit Lösungen wie z.B. CRYOSS®, ADSOSS™-N oder MEMOSS™ – um nur einige zu nennen – deckt Linde Gas ein breites Spektrum von Möglichkeiten ab und bietet damit eine hohe Planungssicherheit.



Dieses Diagramm zeigt maßgefertigte Lösungen von Linde Gas bezogen auf den zulässigen Sauerstoffgehalt, und zwar von eher hohen (1%) bis hin zu sehr niedrigen (1 ppb) Toleranzniveaus und von geringen (10 m<sup>3</sup>/h) bis hin zu sehr hohen Kapazitäten (10.000 m<sup>3</sup>/h und mehr).

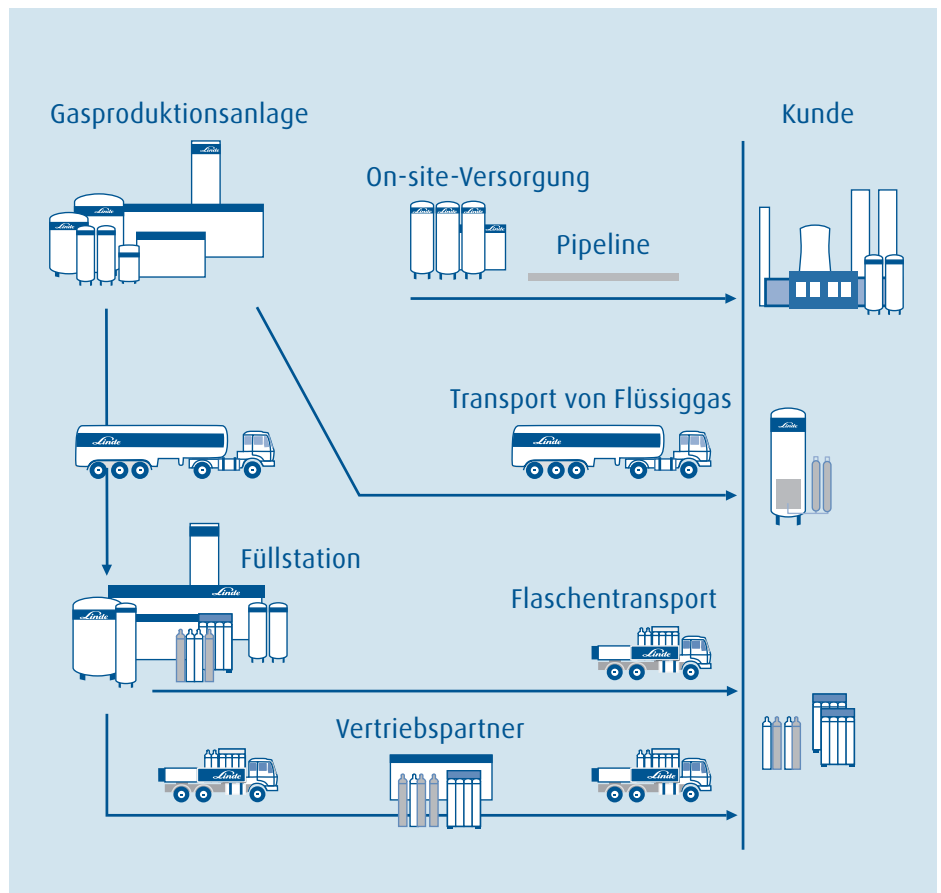
CRYOSS® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Linde Group. MEMOSS™ und ADSOSS™-N sind Warenzeichen der Linde Group.

# Ihr Kontakt für Höchstleistungen: Linde Gas.

## Gaseversorgung – jedes Gas, in jeder Menge, jederzeit, wo immer Sie wünschen.

Für Kunden in der Druck- und Veredelungsindustrie sowie in verwandten Branchen bietet Linde flexible Gaseversorgungs-Lösungen. Diese Lösungen basieren immer auf den spezifischen Anforderungen unserer Kunden und ermöglichen es Linde, Dienstleistungen zu individualisieren und ständig zu verbessern.

Linde bietet Ihnen eine zuverlässige und kostengünstige Versorgung mit Stickstoff und Kohlendioxid als auch mit vielen weiteren Gasen. Diese werden mit den erforderlichen Reinheiten für Anwendungen in der UV- oder ES-Trocknung ohne großen Aufwand in Flaschen, Bündeln, Containern oder via Pipeline für den On-site-Gebrauch geliefert. Selbst der Bau von Luftzerlegungsanlagen vor Ort durch Linde kann – wo wirtschaftlich sinnvoll – als Option in Betracht gezogen werden.





## Internationale Beratung, Kontakte, Hardware und Testservices für UV- und ES-Trocknungsanwendungen.

Linde Gas ist nicht nur ein Gaseversorger und Anbieter von Gastechnologien. Durch gebündeltes Fachwissen und spezielle Fähigkeiten ist das Unternehmen in der Lage, für seine Kunden noch viel mehr zu tun. Unsere Mitarbeiter verfügen über fundiertes Know-how und langjährige Erfahrung in der Beratung vieler Unternehmen – von kleinen Betrieben bis hin zu großen Konzernen.

Zudem bietet Linde Gas nützliche internationale Kontakte im Druck- und Veredelungsbereich sowie zu verwandten Unternehmen und zu Instituten, die eingehende Forschung auf diesen Gebieten betreiben. Darüber hinaus stellt Linde Gas geeignete Geräte für die Kontrolle der Sauerstoffmenge innerhalb der Trocknungszone bereit, z.B. verschiedene Steuerkonsolen, Gasstränge und anderes Zubehör. Dies umfasst auch Geräte für die genaue Messung der Sauerstoffkonzentration, auch für verschiedene Ebenen der Automatisierung.

Und schließlich stellt Linde Gas spezielle Testverfahren zur Verfügung – mit verlässlichen Ergebnissen, die unseren Kunden helfen, ihre Prozesse, Produkte und Profite zu optimieren.

Wenn Sie mehr über Linde Gas wissen möchten, kontaktieren Sie doch einfach einen Linde Partner in Ihrer Nähe.

# Vorsprung durch Innovation.

Linde ist mehr. Linde übernimmt mit zukunftsweisenden Produkt- und Gasversorgungskonzepten eine Vorreiterrolle im globalen Markt. Als Technologieführer ist es unsere Aufgabe, immer wieder neue Maßstäbe zu setzen. Angetrieben durch unseren Unternehmergeist arbeiten wir konsequent an neuen hochqualitativen Produkten und innovativen Verfahren.

Linde bietet mehr – wir bieten Mehrwert, spürbare Wettbewerbsvorteile und erhöhte Profitabilität. Jedes Konzept wird exakt auf die Bedürfnisse unserer Kunden abgestimmt. Individuell und maßgeschneidert. Das gilt für alle Branchen und für jede Unternehmensgröße.

Wer heute mit der Konkurrenz von morgen mithalten will, braucht einen Partner an seiner Seite, für den höchste Qualität, Prozessoptimierungen und Produktivitätssteigerungen tägliche Werkzeuge für optimale Kundenlösungen sind. Partnerschaft bedeutet für uns jedoch nicht nur wir für Sie – sondern vor allem wir mit Ihnen. Denn in der Kooperation liegt die Kraft wirtschaftlichen Erfolgs.

**Linde – ideas become solutions.**

## Für Sie einheitlich erreichbar – bundesweit in Ihrer Nähe.

### Vertriebszentren/Kundenservice allgemein

Berlin	Düsseldorf	Hamburg	Hannover	Leuna
Mainz	München	Nürnberg	Stuttgart	

Telefon 018 03.850 00-0\*

Telefax 018 03.850 00-1\*

\* 0,09 € pro Minute aus dem Festnetz. Abweichende Preise aus dem Mobilfunknetz. Zur Sicherstellung eines hohen Niveaus der Kundenbetreuung werden Daten unserer Kunden wie z. B. Telefonnummern elektronisch gespeichert und verarbeitet.



**Linde AG**

Geschäftsbereich Linde Gas, Linde Gas Deutschland, Seitnerstraße 70, 82049 Pullach, [www.linde-gas.de](http://www.linde-gas.de)

