



**Sauerstoffgestützte Produktion von  
Zement und Kalk zur Verbesserung  
des Ofenbrennprozesses  
– durch Lösungen für die  
Sauerstoffanreicherung...  
[tell me more](#)**

Versorgen Sie Ihren  
Brennofen mit einer  
wohldosierten Menge  
Sauerstoff und erleben  
Sie, wie sich dessen  
Leistung steigert .....

Ob Sie die Verwendung  
alternativer Brennstoffe erhöhen,  
Produktionsraten steigern oder  
Emissionen reduzieren möchten oder  
alle diese Ziele gleichzeitig verfolgen,  
unsere Branchenexperten und  
unternehmenseigenen Technologien  
zur Sauerstoffeindüsung helfen  
Ihnen dabei, die Leistung Ihres  
Brennofens zu verbessern.



## Bewährte Technologie

Bei der Sauerstoffanreicherung handelt es sich um eine flexible, effiziente und wirtschaftliche Technologie, mit der Sie die Brennofenprozesse verbessern können. Seit 1997 wurden die Air Products-Systeme für die Sauerstoffanreicherung in weltweit mehr als 30 Brennöfen installiert. Mit einer nur geringen Investition können Sie verbesserte Produktionsraten, einen erhöhten Einsatz alternativer Brennstoffe, geringere Emissionen und eine verbesserte Leistung Ihres Ofens erreichen. Unsere Technologie ist für alle Arten von Brennöfen geeignet und durch die geringen Installationskosten erweist sie sich als eine attraktive Alternative gegenüber kostenintensiven Modifikationen des Equipments.

## Vorteile einer verbesserten Verbrennung

Die Sauerstoffanreicherung optimiert die Verbrennung – unabhängig vom verwendeten Brennstoff. Die Installation eines Systems zur Sauerstoffanreicherung bringt Ihnen zahlreiche Vorteile:

---

Erhöhter Einsatz alternativer Brennstoffe

---

Reduzierung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe

---

Geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen

---

Verbesserte Ofenfahrweise

---

Bessere Kontrolle der Brennzone

---

Gleichmäßigere Produktqualität und Produktionsraten

---

**All diese Faktoren führen zu einer verbesserten Leistung, die Ihnen bei der Reduzierung Ihrer Gesamtkosten helfen kann.**

## So funktioniert die Sauerstoffanreicherung

Für jeden Verbrennungsprozess wird Sauerstoff benötigt. Obwohl Luft die am meisten genutzte Sauerstoffquelle ist, ist sie dennoch nicht die effizienteste, da sie zu etwa 78% Stickstoff enthält. Stickstoff ist inert und trägt nicht zur Verbrennungsreaktion bei. Der in der Luft enthaltene Stickstoff verhindert, dass der Brennstoff mit Sauerstoff reagiert und absorbiert die Wärme der Verbrennungsreaktion. Dies führt zu einer niedrigeren Flammentemperatur im Vergleich zu der Temperatur, die mit reinem Sauerstoff erreicht werden kann.

Das grundlegende Prinzip der Sauerstoffanreicherung ist einfach: Der Sauerstoff wird der Verbrennungsluft hinzugefügt oder eingedüst, um direkt mit dem Brennstoff zu reagieren. Durch dieses Hinzufügen von reinem Sauerstoff wird die Flammentemperatur erhöht, was den gesamten Verbrennungsprozess und die daraus resultierende Wärmeübertragung verbessert. Für einen Zement- oder Kalkbrennofen verbindet sich damit eine verbesserte Ofenfahrweise und für die Betreiber eine größere Kontrolle und Flexibilität im Umgang mit komplexen Bedingungen.

Im Ergebnis lassen sich ein gleichmäßigerer Betrieb und eine gleichmäßigere Produktqualität, eine erhöhte Verwendung alternativer Brennstoffe und eine gesteigerte Produktion erzielen. Zusätzlich bedeutet die Substitution eines Teils der Verbrennungsluft durch reinen Sauerstoff eine Reduktion der gesamten Gasflussraten und einen erhöhten thermischen Wirkungsgrad.

## Erhöhter Einsatz alternativer Brennstoffe

Der Einsatz alternativer Brennstoffe ist wirtschaftlich attraktiv, stellt aber eine große Herausforderung für den Brennofenbetreiber dar. Es gibt viele verschiedene alternative Brennstoffe und ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften variieren stark. Aufgrund dieser Vielzahl an Eigenschaften gibt es oft eine praktische Grenze für die Substitution. In einem Brennofen ist die Kontrolle der Brennzone für einen gleichmäßigen Ofenbetrieb besonders wichtig. Kann eine optimale Temperatur aufgrund geringerer Energieinhalte der eingesetzten Brennstoffe nicht aufrecht erhalten werden, muss das Produktionsvolumen verringert werden. Dadurch sind eine Steigerung der Substitutionsrate und zusätzliche wirtschaftliche Vorteile oftmals eingeschränkt. Die Sauerstoffanreicherung verbessert die Verbrennung dieser Brennstoffe, erhöht die Flammentemperatur und steigert somit den Grad der möglichen Substitution alternativer Brennstoffe. Die daraus resultierende verbesserte Kontrolle des Brennofens und die verbesserte Ofenfahrweise ermöglichen es den Betreibern, ihre Produktionsraten aufrechtzuerhalten und eine im Vergleich zur Luft gleichmäßigere Verbrennung zu erzielen.



Der Stickstoffanteil in der Verbrennungsluft macht den Einsatz alternativer Brennstoffe besonders problematisch, da diese Brennstoffe aufgrund ihrer Zusammensetzung und des erhöhten Feuchtigkeitsgehalts im Allgemeinen bei gleichem Energieinhalt mehr Abgase produzieren als konventionelle Brennstoffe. Bei alternativen Brennstoffen ist zusätzliche Verbrennungsluft erforderlich, wodurch noch mehr Luft und Stickstoff in das System eingeführt werden. Wenn der Substitutionsgrad steigt, erreicht das Saugzuggebläse oftmals seine Leistungsgrenze und verhindert so einen zusätzlichen Brennstoffeinsatz. Sobald die Kapazitätsgrenze des Lüfters erreicht ist, ermöglicht die Sauerstoffanreicherung eine erhöhte Substitution alternativer Brennstoffe ohne Reduzierung der Produktionsmenge. Durch den Einsatz von Sauerstoff können Zement- und Kalkwerke die Verwendung alternativer Brennstoffe erhöhen sowie die Betriebskosten senken und gleichzeitig die Produktion und Qualität aufrechterhalten oder verbessern. Das Einsparungspotential für unsere Kunden ist erheblich – die meisten erreichen eine Nettoamortisation in weniger als sechs Monaten.

## Die Sauerstoffanreicherung erhöht den Einsatz alternativer Brennstoffe

	Werk							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Einsatz alternativer Brennstoffe ohne Sauerstoff in %	45,4	31,1	45,9	44,3	42,8	43,9	60,5	27,0
Einsatz alternativer Brennstoffe mit Sauerstoff in %	72,9	52,4	69,3	65,6	77,3	58,3	67,0	40,7
Reduktion fossiler Brennstoffe in %	-50,0	-25,9	-40,0	-36,0	-57,5	-25,0	-10,8	-22,0
CO <sub>2</sub> e-Einsparung (Tonnen/Jahr)	13.500	8.100	10.800	9.720	34.500	10.800	3.780	11.880

### Hinweise:

1. Produktionsraten waren konstant mit Ausnahme von Anlage G, bei der es einen Produktionsanstieg von 4 % mit Sauerstoff gab.
2. Kohlendioxidäquivalent (CO<sub>2</sub>e)-Einsparungen waren bei Anlage E aufgrund der Substitution von fossilen Brennstoffen durch Biomasse höher.
3. Die Ergebnisse stammen von kürzlich durchgeführten Installationen (seit 2009).



Das Kalkwerk von Steetley Dolomite war vor der Sauerstoffanreicherung bei der Verbrennung von Brennstoff aus Lösungsmitteln mit einigen Schwierigkeiten konfrontiert.



Von Air Products-Ingenieuren entwickelte Nachrüst-Sauerstoffanlage

## Fallstudie zu alternativen Brennstoffen

Als der Kalkhersteller Steetley Dolomite in seinen drei Drehrohröfen mit der Verbrennung einer Kombination aus Abfalllösemitteln und Kohle mit niedrigem kalorischem Brennwert begann, hatte dies zwar keine Auswirkungen auf die Qualität, jedoch sank der Durchsatz merklich. Durch die Verwendung der Air Products eigenen Technologie zur Sauerstoffeindüsung konnte Steetley Dolomite die Produktion um 10% steigern und somit wieder die Leistung erreichen, die vor dem Einsatz alternativer Brennstoffe erzielt wurde. John Carill, Managing Director: „Wir sind der Meinung, dass Air Products auf dem Gebiet der Sauerstoffanreicherung führend ist. Die Mitarbeiter verfügen über umfangreiches Fachwissen, Know-how und eine äußerst professionelle Herangehensweise. Von der Installation über den Betrieb der Anlage bis hin zu Schulungen und der weiteren Unterstützung hat Air Products die Erwartungen deutlich übertroffen und beeindruckt uns in dieser Hinsicht noch immer.“

## Gesteigerte Durchsatzleistung

Die meisten der Zementwerke mit begrenzter Gebläsekapazität setzen auf die Sauerstoffanreicherung, um ihre Produktion zu steigern. Der extra hinzugefügte Sauerstoff ermöglicht die Verbrennung zusätzlichen Brennstoffs, wodurch die Betreiber ihre Durchsatzleistung steigern können. Die verbesserte Ofenfahrweise und geringere Anfälligkeit gegenüber Störungen schlägt sich in einer gesteigerten Produktion nieder. Wir konnten unsere Kunden dabei unterstützen, den Ofendurchsatz fortlaufend um 5 bis 30 Prozent zu steigern. Die Kosten für die Installation eines Sauerstoffsystems sind sehr gering im Vergleich zu anderem Equipment oder Anlagenerweiterungen und kein entscheidender Faktor bei der Überlegung Sauerstoff einzusetzen. In den meisten Fällen liegt die Amortisation bei zwei bis drei Monaten.

### Typische Produktionssteigerungen beim Einsatz der Air Products-Technologie zur Sauerstoffeindüsung

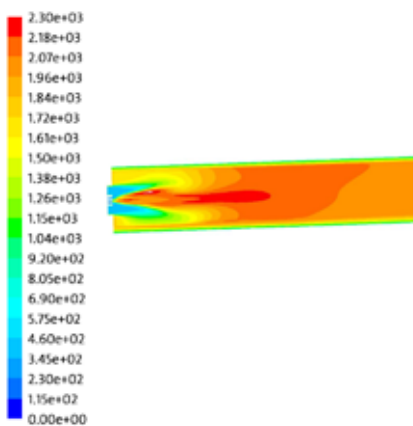
Unternehmen	Basisproduktion (Tonnen pro Tag)	Neue Produktion (Tonnen pro Tag)	Steigerung in %
A	1.300	1.490	15
B	4.000	4.360	9
C	3.800	5.000	32
D	2.000	2.140	7



Sauerstoff wird in großen kryogenen Luftzerlegungsanlagen hergestellt und per Tankwagen an den Kundenstandort geliefert oder direkt vor Ort erzeugt.



Das moderne Clean Energy-Labor von Air Products ermöglicht die Entwicklung und umfassende Tests neuer sauerstoffgestützter Verbrennungstechnologien.



Moderne Strömungs-simulationsmodelle für die Verbrennung in Öfen helfen bei der Entwicklung neuer Technologien und visualisieren Ihre Anwendung für die Sauerstoffanreicherung.

## Nutzen Sie unsere Erfahrung

Seit mehr als 15 Jahren hilft Air Products seinen Kunden dabei, den Betrieb aller Arten von Brennöfen zu verbessern. Das jeweilige Anlagenkonzept, die Auslegung des Brenners und die Art der eingesetzten Brennstoffe bestimmen oftmals schon den optimalen Eindüsungspunkt für den Sauerstoff. Unsere Technologieexperten arbeiten hierbei eng mit Ihren Prozessingenieuren und dem Anlagenpersonal zusammen und ermitteln gemeinsam mit Ihnen die bestmögliche Verfahrensweise für Ihre spezifischen Anforderungen. Wir arbeiten vor Ort mit Ihnen zusammen, um das System zu installieren und in Betrieb zu nehmen. Zudem bieten wir weiterführenden technischen Support nach der Installation. Zusätzlich profitieren Sie von unserer Forschung im Bereich der Sauerstoffanreicherung. Unser Ziel ist es, die Ofenleistung durch den geringst möglichen Einsatz von Sauerstoff zu optimieren.

## Ihr Erfolg ist unser Erfolg

Wir verstehen uns auf die Sauerstoffanreicherung und wissen, dass diese für Ihr Geschäft einen Unterschied machen kann – egal, ob Sie die Produktion steigern, den Einsatz alternativer Brennstoffe maximieren, Emissionen reduzieren oder andere Wettbewerbsvorteile erzielen möchten. Unsere Zusammenarbeit beginnt damit, dass wir uns zunächst ein grundlegendes Bild Ihrer Bedürfnisse machen und diese verstehen. Nur so können wir Ihnen die Gase, Technologien und Dienstleistungen anbieten, die Ihnen zum Erfolg verhelfen. Mit Air Products steht Ihnen ein starker Partner zur Seite. Verständnis, Integrität und Leidenschaft zeichnen unsere Kundenbeziehungen aus.

## Wir setzen uns für Sicherheit und Nachhaltigkeit ein

Bei Air Products ist nichts wichtiger als Sicherheit - nicht der Verkauf, nicht die Produktion und nicht der Profit. Wir weisen eine der besten Sicherheitsbilanzen in der Branche für Industriegase und in der Chemischen Industrie auf und unsere Systeme für die Sauerstoffeindüsung erfüllen die höchsten Sicherheitsstandards. Gleichermaßen setzen wir uns für Nachhaltigkeit ein. Mit unseren Dienstleistungen und Anwendungskennnisse haben wir bei unseren Kunden oftmals deren Nachhaltigkeit unterstützen können - durch die Erhöhung der Produktivität und der Produktqualität, die Reduzierung des Energieverbrauchs und der Emissionen sowie des Abfalls.

Für Hersteller von Zement und Kalk sind CO<sub>2</sub>-Emissionen ein sehr wichtiges Thema; die Sauerstoffanreicherung erhöht die Energieeffizienz und ermöglicht einen gesteigerten Einsatz alternativer Brennstoffe, was zu signifikanten CO<sub>2</sub>-Einsparungen führt.

## Über Air Products

Air Products versorgt Kunden in zahlreichen Märkten auf der ganzen Welt. Das Unternehmen bietet ein einzigartiges Produktportfolio. Das Angebot umfasst Luft-, Prozess- und Spezialgase, Performance Materials sowie Equipment und Technologien. Seit mehr als 70 Jahren entwickeln wir innovative Lösungen, die unsere Kunden dabei unterstützen, produktiver, energieeffizienter und nachhaltiger zu werden.

### Für weitere Informationen erreichen Sie uns unter:

#### United Kingdom

Air Products PLC  
T +44 0800 389 0202  
F +44 01932 258 652  
apukinfo@airproducts.com  
www.airproducts.co.uk

#### Belgium

Air Products NV/SA  
T +32 02 255 28 95  
beinfo@airproducts.com  
www.airproducts.be  
www.airproducts.be/fr

#### Czech Republic

AIR PRODUCTS spol. s r.o.  
T +420 800 100 700  
infocz@airproducts.com  
www.airproducts.cz

#### France

Air Products SAS  
T +33 0800 480 030  
F +33 01 44 92 51 21  
frinfo@airproducts.com  
www.airproducts.fr

#### Germany

Air Products GmbH  
T +49 0 234 6105 6300  
F +49 0234 6105 6371  
apginfo@airproducts.com  
www.airproducts.de

#### Italy

SAPIO  
Produzione Idrogeno Ossigeno S.r.l.  
T +39 039 8398286  
F +39 039 836068  
gtm@sapio.it  
www.grupposapio.it

#### Netherlands

Air Products Nederland BV  
T +31 020-435 3535  
F +31 020-435 4035  
nlinfo@airproducts.com  
www.airproducts.nl

#### Poland

Air Products Sp. z o.o.  
T +48 0801 081 122  
infopl@airproducts.com  
www.airproducts.com.pl

#### Portugal

GASIN – Grupo Air Products  
T +351 229 998 300  
F +351 229 998 301  
proposta@gasin.com  
www.gasin.com

#### Slovakia

Air Products Slovakia s.r.o.  
T +421 0800 100 700  
inforsk@airproducts.com  
www.airproducts.sk

#### Spain

Carbueros Metálicos S.A.  
T +34 902 13 02 02  
F +34 93 290 26 09  
oferta@carbueros.com  
www.carbueros.com



tell me more  
airproducts.com/cement