

Luft- zerlegungs- anlagen

made by Messer

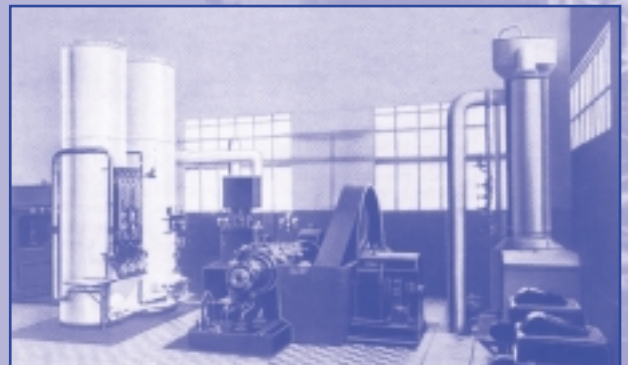


Abb. 1 (Hintergrundbild): Aufstellen der Trennsäule einer Luftzerlegungsanlage auf einem Raffineriegelände

Abb. 2: Luftzerlegungsanlage in Suez, Ägypten (300 tpd O₂, 50 tpd flüssig)

Abb. 3: Historische Sauerstoff-Anlage mit einer Leistung von 100 m³ pro Stunde und einer Sauerstoff-Reinheit von 99,7 Vol.-% (ca. 1950)

Messer AGS GmbH

In der Messer AGS GmbH ist das Engineering der Messer Gruppe gebündelt. Dazu gehören eine Engineering-Gruppe in Krefeld sowie die Konstruktion und Fertigung von Kolonnen, Coldboxen, kryogenen Speichertanks und Verdampfern in Hanau. Bei Messer AGS sind rund 120 Mitarbeiter beschäftigt.

Sind bei der Erzeugung von Luftgasen große Mengen oder hohe Reinheiten gefragt, so ist die kryogene Luftzerlegung das Verfahren der Wahl. Der Bau solcher Anlagen erfolgt bei Messer durch die Messer AGS GmbH mit Sitz in Krefeld und einem Produktionsstandort in Hanau. Aufgrund der doppelten Kompetenz als Anlagenbauer und Betreiber der eigenen Luftzerlegungsanlagen ist Messer in der Lage, an die unterschiedlichsten Anforderungen optimal angepasste Anlagen zu konzipieren und zu bauen (Abb. 1 und 2).

Gemeinsam mit Kunden aus den verschiedensten Branchen werden komplette Gasversorgungskonzepte und Betreibermodelle entwickelt. Hinzu kommen Tanklager-Komponenten wie Speichertanks und Verdampfer aus eigener Produktion. Auch nach Fertigstellung und Inbetriebnahme bietet Messer AGS Unterstützung bei Betrieb und Wartung der Anlage.

Historie

Messer blickt auf eine über hundertjährige erfolgreiche Firmengeschichte in der Schweißtechnik und im Gasegeschäft zurück. Schon in den Anfängen entwickelte die damalige Gründungsfirma Frankfurter Acetylen-Gas-Gesellschaft Messer & Cie. eigene Anlagen zur Erzeugung von Gasen. Neben Acetylenentwicklern baute der Firmengründer Adolf Messer bereits 1910 die erste im eigenen Haus entworfene Luftzerlegungsanlage zur Erzeugung von Sauerstoff. In den folgenden Jahren wurde das Unternehmen stetig ausgebaut, und Adolf Messer wandte sich neuen Geschäftszweigen zu. Im Jahre 1930 betrat das Unternehmen beim Bau einer großen

Luft- zerlegungs- anlagen

made by Messer

Zerlegungsanlage für Koksofengas in Holland technisches und organisatorisches Neuland. Zum ersten Mal in der Firmengeschichte wickelte Messer einen Auftrag als Generalunternehmer ab. Anfang der 50er Jahre hatte die Adolf Messer GmbH weltweit bereits etwa 1000 damals so genannte „Sauerstoff-Stickstoff-Erzeugungsanlagen“ geliefert (**Abb. 3 auf Seite 8**).

Anfang der 1970er Jahre fielte die Geschäftsführung die strategische Entscheidung, den Anlagenbau – die damalige Tieftemperaturtechnik – zugunsten der Ausweitung des Industriegasengeschäfts aufzugeben. Diese Entscheidung wurde jedoch Ende der 80er Jahre revidiert. Mit dem Ausbau des Onsite-Bereichs, d. h. der Errichtung und dem Betrieb von Luftzerlegungsanlagen direkt beim Gase-Anwender, wurde der eigene Anlagenbau für Luftzerleger reaktiviert. Nach den erfolgreichen Inbetriebnahmen der ersten, nun wieder selbst gebauten Luftzerlegungsanlagen und Stickstoffgeneratoren Anfang der 90er Jahre wurde 1996 der Anlagenbau bei Messer in der neu gegründeten Messer AGS GmbH konzentriert (siehe Kasten S. 8). Ein wichtiger Meilenstein für das junge Unternehmen war 1998 die Errichtung und Inbetriebnahme der Luftzerlegungsanlage am Messer-Standort in Oberhausen (**Abb. 4**) mit einer Kapazität von 1800 Tonnen Sauerstoff pro Tag (tpd). Bis heute hat Messer AGS weltweit rund 80 kryogene Luftzerlegungsanlagen

Abb. 4: Die Anlage Oberhausen III gehört zu den größten Luftzerlegungsanlagen von Messer in Deutschland



Tab. 1 ■ Zusammensetzung der Luft

Anteil [%]	Element	Chemisches Symbol
78,09	Stickstoff	N ₂
20,95	Sauerstoff	O ₂
0,93	Argon	Ar
0,034	Kohlendioxid	CO ₂
0,0016	Neon	Ne
0,00052	Helium	He
0,00011	Krypton	Kr
0,0001	Wasserstoff	H ₂
0,000008	Xenon	Xe
	Wasserdampf	H ₂ O

mit Kapazitäten bis zu 2000 tpd Sauerstoff errichtet und in Betrieb genommen.

Kryogene Luftzerlegung

Es gibt verschiedene Verfahren, Luft in ihre Bestandteile zu zerlegen. Dazu gehören Membran- und Adsorptionsverfahren sowie als vorherrschende Technik die destillative Trennung bei tiefen Temperaturen, die kryogene Luftzerlegung. Eine Luftzerlegungsanlage zur kryogenen Trennung von Luft in Stickstoff und Sauerstoff setzt sich im Wesentlichen aus folgenden Prozessstufen zusammen (**Abb. 5**):

Im ersten Prozessschritt wird atmosphärische Luft (**Tab. 1**) angesaugt und auf ca. 6 bar verdichtet (1). Nach der Verdichtung wird die Luft durch Kühlwasser abgekühlt (2) und in einer Adsorberstation, die aus zwei Adsorberbetten besteht, von Feuchtigkeit und Kohlendioxid befreit (3). Dies ist notwendig, damit es in dem nachgeschalteten kryogenen Prozess (Temperatur unterhalb von -170 °C), zu keiner Eisbildung kommt, die enge Passagen in den Apparaten blockieren würde. Die so gereinigte Luft kühlt im Hauptwärmetauscher (4) bis zur Verflüssigungstemperatur ab und wird dem unteren Teil der Trennkolonnen (Mitteldruckkolonne (5)) zugeführt. Hier erfolgt die Trennung durch Rektifikation in reinen Stickstoff, der am

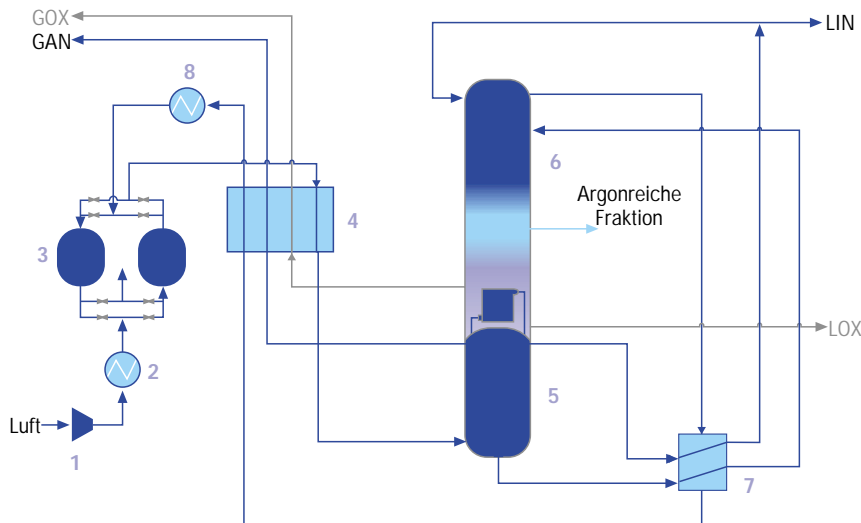


Abb. 5: Schematische Darstellung der Luftzerlegung

Kopf der Mitteldruckkolonne anfällt und dort flüssig (LIN) oder gasförmig (GAN) abgezogen werden kann, und in ein sauerstoffreiches Gemisch, das am Fuß der Mitteldruckkolonne vorliegt. Dieses Gemisch wird im Tiefkühler (7) weiter abgekühlt und in den oberen Teil der Trennkolonne (Niederdruckkolonne (6)), entspannt. Hier erfolgt – ebenfalls durch Rektifikation – die Trennung in reinen Sauerstoff, der im „Kolonnensumpf“ der Niederdruckkolonne gasförmig (GOX) und flüssig (LOX) anfällt, und in eine sauerstoffhaltige Stickstoff-Fraktion, die am Kopf der Niederdruckkolonne abgezogen wird.

Die hierbei erzielbaren Reinheiten hängen hauptsächlich vom Luftfaktor (Verhältnis der eingesetzten Luftmenge zur Produktmenge) und von der Anzahl der Trennstufen in den Kolonnen ab. Die Trennstufen sind entweder durch Böden oder durch Packungen realisierbar (Abb. 6). Während Böden eine niedrigere Bauhöhe aufweisen (die Kolonne kann bei gleicher Trennleistung kürzer sein), haben Packungen den Vorteil, niedrigere Druckverluste zu besitzen und so Energie einzusparen. Die gasförmigen Produkte GOX und GAN sowie der Stickstoff aus der Niederdrucksäule werden durch den Hauptwärmetauscher geführt. Dort geben sie ihre Kälte an die eintretende Luft ab. Die gasförmigen Produkte können mit Hilfe von Sauerstoff- bzw. Stickstoffkompressoren verdichtet werden und stehen dann zur Kundenversorgung zur Verfügung.

Eine Alternative zur Verdichtung der gasförmigen Produkte durch Kompressoren nach dem Austritt aus dem Hauptwärmetauscher (Außenverdichtung) stellt die so genannte Innenverdichtung dar. Bei der Innenverdichtung werden die Produkte flüssig aus der Kolonne entnommen, durch Pumpen vor dem Eintritt in den Hauptwärmetauscher auf den Versorgungsdruck gebracht und anschließend im Wärmetauscher verdampft und erwärmt. Sie erfordert geringere Investitionen für die Anlagen, benötigt aber mehr Energie.

Einen Teilstrom der im Hauptwärmetauscher angewärmten Stickstoff-Fraktion der Niederdruckkolonne, die keinerlei Feuchtigkeit oder CO₂ enthält, erhitzt man im Regeneriergaserhitzer (8) und nutzt ihn zum Regenerieren der Adsorberbetten. Die flüssig abgezogenen Produkte (LOX und LIN) werden in isolierten Lagertanks gespeichert.

Im mittleren Teil der Niederdruckkolonne reichert sich Argon an, das sich an dieser Stelle abziehen und in weiteren Prozessschritten (nicht dargestellt) zu reinem Argon aufkonzentrieren lässt.

Unvermeidliche Kälteverluste des Prozesses deckt eine Turbine durch arbeitsleistenden Druckabbau. Werden die Produkte fast ausschließlich oder vollständig flüssig benötigt, so liefert eine dann vergrößerte Turbine (oder eine zweite) die zusätzlich erforderliche Kälte. Sie ent-

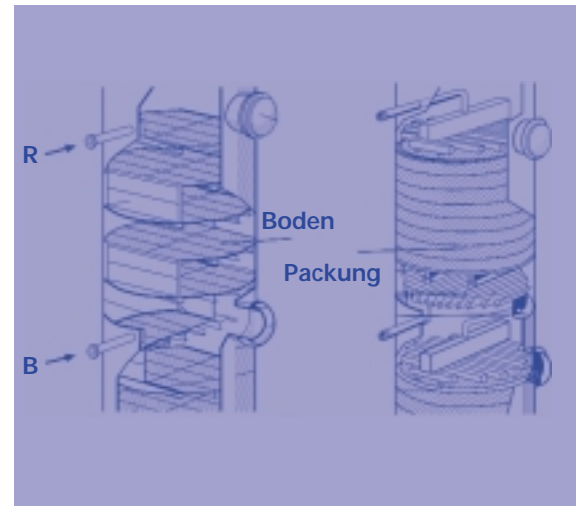


Abb. 6: Die Trennstufen einer Kolonne können aus Böden oder Packungen bestehen

spannt die eintretende, in diesem Fall noch weiter verdichtete Luft in die Trennkolonne.

Anlagentypen

Aufgrund ihrer vielfältigen Anwendungen gibt es stark variierende Anforderungen an die Produktion von Industriegasen. Dies erfordert sorgfältig geplante und speziell zugeschnittene Anlagen. Auch unterschiedliche lokale Randbedingungen und prozesstechnische Anforderungen sowie ökonomische Aspekte sind im Anlagenkonzept zu berücksichtigen. Die Kapazitäten von Luftzerlegungsanlagen reichen von kleineren Anlagen, z. B. zur Versorgung der Elektronikindustrie mit hochreinem Sauerstoff bzw. Stickstoff, bis hin zu großtechnischen Anlagen zur Versorgung von Synthesegasanlagen in der Petrochemie. Messer bietet Anlagen für folgende Produkte und Leistungen an:

- Sauerstoff
von ca. 60 tpd bis zu ca. 2800 tpd
- Stickstoff
von ca. 7 tpd bis zu ca. 7000 tpd
- Stickstoff und Sauerstoff:
Produkt drücke bis über 80 bar
- Argon
von ca. 2 tpd bis zu ca. 130 tpd sowie
- Anlagen zur Produktion von Edelfgasen wie Krypton, Xenon oder Neon

Die wesentlichen Parameter für den wirtschaftlichen Betrieb einer Luftzerlegungsanlage sind der Strompreis und das Auslas-

tungsniveau bei gleichzeitig hoher Verfügbarkeit. Die Reinheiten der Gase werden durch die anwendungsspezifischen Vorgaben bestimmt. So benötigen Verbrennungsprozesse in der Regel Sauerstoffkonzentrationen von lediglich etwa 90 Vol.-%, wohingegen Anwendungen für die Elektronikindustrie extrem hohe Reinheiten erfordern.

Bei Sauerstoff-Reinheiten von über 95 Vol.-% oder bei Produktionsmengen von über 100 tpd ist die kryogene Luftzerlegung das Verfahren der Wahl. Mit besonders dafür ausgestatteten Luftzerlegern können Gase mit Reinheiten bis zur Qualitätsstufe 6.0 (entspricht 99,9999 Vol.-%) produziert werden. Mit Hilfe nachgeschalteter Anlagen sind sogar Reinheiten höher als 8.0 möglich (entspricht 99,999999 Vol.-% mit Restgehalten der einzelnen Verunreinigungen im Sub-ppb-Bereich).

Neben den speziell ausgelegten Anlagen hat Messer auch Standard-Generatoren entwickelt (**Abb. 7, Tab. 2**). Generatoren sind Luftzerlegungsanlagen, die als einziges Produkt entweder Sauerstoff oder Stickstoff erzeugen. Diese Standard-Anlagen bieten niedrige Produktgestehungskosten bei hoher Verfügbarkeit. Durch die Standardisierung sind sehr kurze Liefer- und Inbetriebnahmezeiten realisierbar.

Zusammen mit den Anlagen zur Produktion von Luftgasen bietet Messer AGS Tanklager-Komponenten wie Speichertanks und Verdampfer aus eigener Fertigung an, so dass für jeden Kunden zuverlässige Gaseversorgungskonzepte verfügbar sind.

Made by Messer

Anlagenbau (**Abb. 8**) made by Messer bedeutet, dass der Kunde alles aus einer Hand erhält. Die Fachleute von Messer AGS sind in der Lage, Projekte weltweit „schlüsselfertig“ abzuwickeln. So hat Messer AGS zum Beispiel in 2001 in Ägypten (in der Nähe von Suez) eine Luft-

Abb. 7:
Stickstoff-Generator
bei der Firma Zoltek
in Ungarn



Tab. 2 ■ Stickstoff-Generatorenprogramm von Messer

Typ MGN*	Menge [Nm ³ /h]	Druck [bar abs.]**	O ₂ -Gehalt [vppm]***
MGN 250	150 – 300	5 – 9	0,1 – 10
MGN 500	300 – 600	5 – 9	0,1 – 10
MGN 1000	600 – 1200	6 – 9	0,1 – 10
MGN 1500	1200 – 1800	6 – 9	0,1 – 10
MGN 3000	1800 – 3600	6 – 9	0,1 – 10

* MGN = Messer Griesheim Nitrogen Generator
 ** höherer Produktdruck optional (über Nachverdichtung)
 *** andere/höhere Reinheiten optional

zerlegungsanlage zur Versorgung eines neu errichteten Stahlwerks erstellt (**Abb. 2**). Neben den extremen Umgebungsbedingungen, wie großen Temperaturunterschieden oder Sandstürmen, stellte eine über einjährige Konservierung wegen einer Bauverzögerung des Stahlwerks die Ingenieure vor schwierige Aufgaben, welche zur vollen Zufriedenheit des Kunden gelöst werden konnten. Die Anlage wird von Air Liquide Egypt betrieben. Ein weiteres Beispiel ist die Planung und Inbetriebnahme einer Luftzerlegungsanlage in einer großen deutschen Raffinerie im Jahre 2001. Hier hat Messer unter hohen Sicherheitsanforderungen – schließlich bildet Sauerstoff mit petrochemischen Produkten ein hochexplosives Gemisch – eine Luftzerlegungsanlage auf engem Raum mitten in einem Chemiekomplex

errichtet (**Abb. 1**). Die Anlage versorgt eine Schwerölvergasung mit Sauerstoff bei 70 bar sowie eine Ammoniaksynthese mit Stickstoff. Die Anlage arbeitet mit der erwarteten hohen Verfügbarkeit; ein Ausfall des Luftzerlegers würde beim Kunden Produktausfallverluste in Millionenhöhe nach sich ziehen.

Das Engineering-Team von Messer AGS kann sich neben seinen Fähigkeiten im Anlagenbau auch auf die langjährige Erfahrung aus der technischen Betreuung der zahlreichen von Messer weltweit betriebenen Luftzerlegungsanlagen stützen. So fließen Betriebserfahrungen nahtlos in das Anlagendesign ein und führen so zu kontinuierlichen Verbesserungen von Prozess und Technik. Diese doppelte Kompetenz als Anlagenbauer und als Be-



Abb. 8: Die Fertigung von Messer AGS in Hanau



Abb. 9: Der Straßentransport einer Kolonne ist eine logistische Herausforderung

treiber macht es Messer möglich, zusammen mit dem Kunden maßgeschneiderte Gasversorgungskonzepte zu erarbeiten. Daraus werden Anlagen entwickelt, die alle maßgeblichen Faktoren berücksichtigen wie:

- Prozessparameter
- Produktmix
(Mengen, Anteil gasförmiger/flüssiger Produkte)
- Verfügbarkeit
- Investitionskosten
- Betriebskosten
- Abnahmeverhalten der Verbraucher
- Gesamtwirtschaftlichkeit usw.

Zur Sicherung und Weiterentwicklung des eigenen Know-hows und um alle Qualitätsanforderungen zu erfüllen, konstruiert und fertigt Messer AGS die Kernkomponenten von Luftzerlegungsanlagen im eigenen Werk in Hanau (Abb. 8). Dazu gehören insbesondere die Rektifikationskolonne, die kryogenen Speicherbehälter sowie komplette Coldboxen inklusive Verrohrung. Als Coldbox bezeichnet man eine geschlossene Stahlkonstruktion, in der sich alle tiefkalten Anlagenteile befinden wie z. B. die Trennkolonne und der Hauptwärmetauscher. Der Fertigungsbetrieb in Hanau verfügt auf einer Fläche von 40.000 m² über genügend Ressourcen, um die termingerechte Durchführung von Aufträgen sicherzustellen. Die Zertifizierung nach DIN/ISO 9001:2000 belegt die hohen Qualitätsstandards. Neben der Fertigung nach Messer-Standard und

deutschen Vorschriften können auch internationale Standards und Vorschriften (ASME VIII Div. 1, U-Stamp, UDT, etc.) sicher erfüllt werden.

So wurde im März 2003 eine nach amerikanischen Standards konstruierte und gefertigte Trennkolonne in die USA ausgeliefert. Dabei war schon der Transport der 60 Meter langen Kolonne mit einem Gesamtgewicht von ca. 80 Tonnen eine logistische Herausforderung (Abb. 9). Daneben liegen für das Jahr 2003 Aufträge über etwa 200 Speichertanks für flüssige Gase mit Aufstellorten in Deutschland und dem europäischen Ausland vor.

Stand der Technik und mehr

Luftzerlegungsanlagen von Messer werden nach dem neuesten Stand der Technik gebaut. Die Auslegung erfolgt mit moderner Simulationstechnik, kombiniert mit eigenen Stoffdatenprogrammen zur Verbesserung der Ergebnisgenauigkeit. Damit lassen sich sowohl genau den Anforderungen entsprechend dimensionierte Luftzerlegungsanlagen als auch Anlagen für die Aufbereitung und Gewinnung von Edelgasen planen. Die Anlagen zeichnen sich durch niedrige Energieverbräuche aus, was unter anderem durch die Verwendung der oben erwähnten Packungen in den Trennsäulen realisiert wird. Alle Verfahrensvarianten der kryogenen Trennung sind möglich wie zum Beispiel integrierte Verflüssiger oder

die Innenverdichtung mit bis über 80 bar Produktdruck.

Durch die Verwendung moderner Prozessleit- und Kommunikationstechnik sind eine einfache Bedienbarkeit sowie eine hohe Verfügbarkeit der Anlagen gesichert. Je nach Kundenwunsch können die Anlagen mit verschiedenen Automatisierungsfunktionen ausgerüstet werden, die von automatischen Lastwechseln bis hin zur Vollautomatisierung und Fernbedienung unbemannter Anlagen reichen.

Messer bietet beim kryogenen Anlagenbau mehr als nur eine technisch optimale Lösung. Ob ein Unternehmen eine schlüsselfertige Luftzerlegungsanlage benötigt, nach einem Lieferanten für Anlagenkomponenten und Design-Paketen sucht oder Unterstützung bei Engineering-Leistungen und Projektsteuerung wünscht – Messer liefert das Know-how und die Hardware. Gemeinsam mit den Kunden, z. B. aus der Chemie-, Petrochemie-, Papier-, Glas- und Metallindustrie, werden komplette Gase-Konzepte und Betreibermodelle entwickelt, um eine jeweils bedarfs- und investitionsgerechte Versorgung zu erzielen. Neben Projektleitung, Montage und Inbetriebnahme der Anlagen bietet Messer AGS nach der Fertigstellung außerdem eine Betriebsunterstützung und die Wartung der Anlagen.

*Dr.-Ing. Norbert Nipper,
Dipl.-Ing. Hans Hiller, Messer AGS GmbH*