

#### 4.) Luftzerlegung (Rektifikation)

Für die Zerlegung der verflüssigten Luft werden die unterschiedlichen Siedepunkte ihrer Bestandteile genutzt. Es handelt sich hier um das gleiche Prinzip wie bei der Alkoholdestillation. Da die Siedepunkte verhältnismäßig nahe beieinander liegen (Sauerstoff  $-183^{\circ}\text{C}$ , Stickstoff  $-196^{\circ}\text{C}$ ), muss die Destillation in einem mehrstufigen Prozess in einer Rektifikationssäule durchgeführt werden:

Die flüssige Luft rieselt über eine Anzahl von Siebböden im Gegenstrom zur nicht verflüssigten, aufsteigenden Luft nach unten. Die Flüssigkeit wird auf den Böden gestaut und von den aufsteigenden Dampfblasen durchströmt. Aus dem Gasstrom verflüssigt sich dabei vor allem der höher siedende Sauerstoff, während aus den Flüssigkeitstropfen bevorzugt der tiefer siedende Stickstoff verdampft. Am kalten Kopf der Rektifikationssäule sammelt sich daher gasförmiger Stickstoff und am wärmeren Boden flüssiger Sauerstoff.

#### 5.) Wiederholung der Rektifikation

Nach der ersten Rektifikationsstufe sind die Gase noch nicht rein genug. Aus diesem Grund wird der flüssige Sauerstoff verdampft, der gasförmige Stickstoff verflüssigt und beide werden wieder der Rektifikationssäule zugeführt, wo der in Punkt 4 beschriebene Vorgang solange wiederholt wird, bis die gewünschte Reinheit erreicht wird.

#### 6.) Lagerung – Gewinnung von Edelgasen

Die Gase werden aus der Rektifikationssäule entnommen und zur Weiterverwendung in Flüssigtanks gelagert. Aus der Rektifikationssäule kann eine Sauerstoff-Argon-Mischung entnommen werden, aus der in einem separaten Verfahren, in einer weiteren Säule, hochreines Argon gewonnen werden kann. Auch für die Gewinnung der Edelgase Xenon, Krypton, Helium und Neon werden separate Säulen benötigt.

#### 7.) Stickstoff-Ausschleusung

Zur Kühlung von neu angesaugter Luft (siehe Punkt 3) wird ein Teil des gewonnenen Stickstoffs entnommen und zum Wärmetauscher zurückgeführt.

## Vorsprung durch Innovation.

Linde Gas ist mehr. Linde Gas 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 Gas 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 Gas – ideas become solutions.**

**Linde Gas GmbH**  
Carl-von-Linde-Platz 1, 4651 Stadl-Paura  
Telefon 050.4273, Fax 050.4273-1900  
[www.linde-gas.at](http://www.linde-gas.at)

→ Luftzerlegung

THE LINDE GROUP

*Linde*

Luftzerlegung, Das Linde-Verfahren V.1.10 | 17.09.2013 | VMK-HR

**Luftzerlegung.**  
Das Linde-Verfahren.



# Die Luftzerlegung. Eine Erfindung von Dr. Carl von Linde.

Mit der Erfindung der Luftverflüssigung im Jahr 1895 legte Dr. Carl von Linde auch die Basis für die rektifikative Luftzerlegung, wie sie 1902 patentiert wurde und noch heute in großem Stil zur Anwendung kommt. Luft ist ein Gasgemisch aus Stickstoff (78 %), Sauerstoff (21 %), Argon (0,9 %) und weiteren Edelgasen. Wenn man Luft verflüssigt, kann man sie mittels Rektifikation in ihre Bestandteile trennen. Das Verfahren beinhaltet folgende Einzelschritte:

## 1.) Verdichtung

Die angesaugte Luft wird zunächst auf ca 6 bar verdichtet. Bei der Luftverflüssigung nutzt man die Erfahrung, dass sich Gase beim Verdichten erwärmen und beim Entspannen wieder abkühlen. Kühlt man Gas – nach der Verdichtung, aber vor der Entspannung – wieder auf Umgebungstemperatur herunter und entspannt es anschließend, so fällt die Endtemperatur des Gases unter die Umgebungstemperatur.

## 2.) Vorkühlung und Reinigung

Die verdichtete Luft wird mit Wasser vorgekühlt und in einem Adsorber von Unreinigkeiten wie Staub, Kohlendioxid, Wasserdampf und Kohlenwasserstoffen befreit.

## 3.) Verflüssigung durch Wärmeaustausch und Expansion

Allein durch die Verdichtung und Vorkühlung kommt man noch nicht in Temperaturbereiche, bei denen die Luft flüssig wird (–191 bis –193° C). Die Verflüssigung wird erst dadurch möglich, dass bereits entspannte Gasströme zur Kühlung der verdichteten Luft verwendet werden (siehe auch Punkt 7). In einem Wärmeaustauschprozess geben die zurückgeführten Gase ihre Kälte an die verdichtete Luft ab. Diese erreicht eine Temperatur von –180° C. Beim Entspannen in einem Expansionsventil oder in einer Expansionsturbine kühlt sie sich schließlich entscheidend ab und verflüssigt sich teilweise.



Die Linde Group betreibt über 2.800 Luftzerlegungsanlagen in über 80 Ländern.

## Luftzerlegung und Umweltschutz

Zur Schonung von Ressourcen und Vermeidung indirekter Treibhausgasemissionen arbeitet Linde laufend an der Optimierung ihrer Luftzerlegungsanlagen. Geachtet wird dabei vor allem auf die Senkung des Energiebedarfs sowie die Verbesserung der Ressourceneffizienz unter Beibehaltung der jeweiligen Produktionskapazität. Dies geschieht zum Beispiel weltweit durch die verbesserte Anlagensteuerung, die Nutzung von energiesparenden Turbokompressoren oder die Senkung des Energiebedarfs für das Kühlwasser sowie dessen Recycling. Zur Motivierung der Ingenieure werden die energieeffizientesten Luftzerlegungsanlagen ausgezeichnet. Die umwelt- und klimaschutzrelevanten Daten der Luftzerlegungsanlagen werden kontinuierlich gemessen und jährlich veröffentlicht. Weitere Informationen stehen im Internet unter [www.linde.com/sustainability](http://www.linde.com/sustainability) und im Linde Corporate Responsibility Report zur Verfügung.

## Die Luftzerlegung im Überblick

- |                                  |                                      |                            |                                 |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 Verdichtung                    | 2 Vorkühlung und Reinigung           | 3 Verflüssigung            | 4 Luftzerlegung (Rektifikation) |
| 5 Wiederholung der Rektifikation | 6 Lagerung – Gewinnung von Edelgasen | 7 Stickstoff-Ausschleusung |                                 |

