

## Kontrolle der Luftfeuchtigkeit in der Druckindustrie

Technische Daten und Kostenvergleich



Nepos Fog-Anlage in der Tipografia Stazione in Locarno.

## Technische Daten

Die Produktionsprozesse einer Druckerei setzen eine konstante Luftfeuchtigkeit voraus. Die Verwendung grosser Papiermengen in Verbindung mit der Wärmeentwicklung der Druckmaschinen und Klimaanlage hat besonders trockene Luft zur Folge. Daher ist es unerlässlich, die Räume korrekt und kontrolliert zu befeuchten.

Nephos hat ein geräuschloses, feinstes Hochdruck-Zerstäubungssystem entwickelt, das für eine konstante und gleichmässig verteilte Luftfeuchtigkeit sorgt, statische Elektrizität abbaut und Staub bindet, ohne dass es zu Nässung oder der Verteilung von Bakterien kommt.

### Eigenschaften und Vorteile

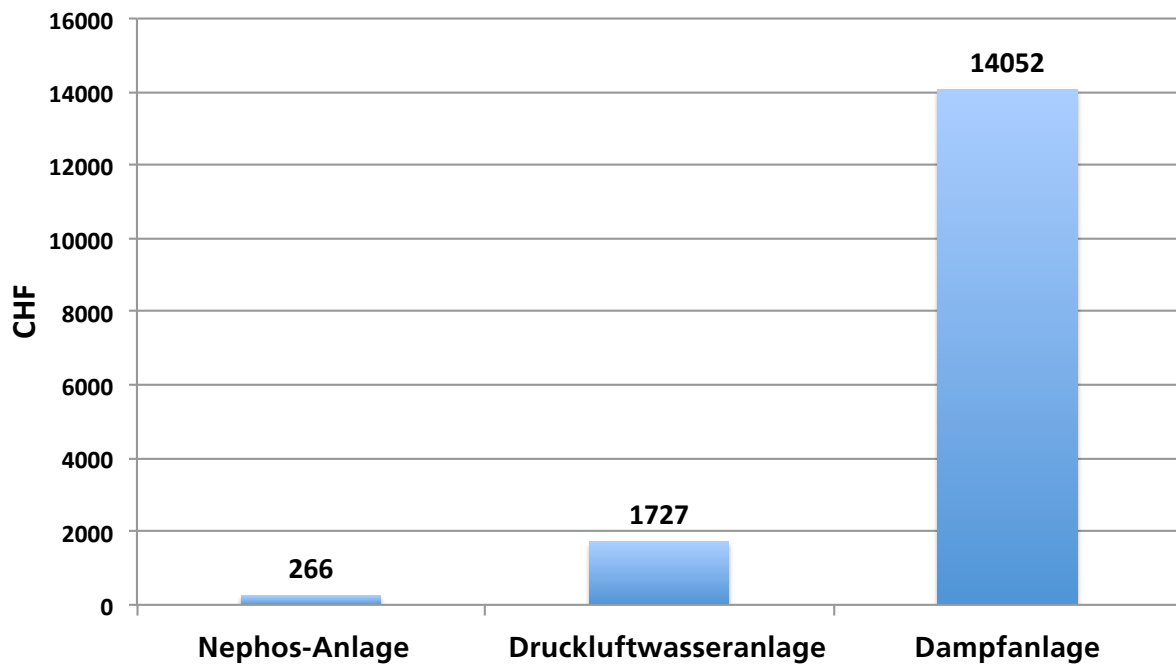
- Konstante, gleichmässig verteilte Luftfeuchtigkeit dank modularer Fog-Lines, die mit grösster Flexibilität im Raum umplatziert werden können.
- Abbau statischer Elektrizität und Bindung von Staub.
- Rasches Erreichen der idealen Luftfeuchtigkeit, auch in instabilem Umfeld oder bei Wiederaufnahme des Druckprozesses nach längerem Unterbruch.
- Das System nässt nicht! Die Feinstzerstäubung des Wassers, die mit einem Antitropfsystem ausgestatteten Düsen und eine korrekte Installierung verhindern die Bildung von Wassertropfen.
- Die *nephos*-Zentraleinheiten und die *nephos*-Düsen sind im Gegensatz zu Druckluftwasserzerstäuber geräuschlos.
- Keine Erwärmung der Arbeitsräume.
- *nephos*-Düsen sind demontierbar und leicht zu reinigen.
- Eine Enthärtung des Wassers ist nur bei sehr hartem Wasser oder in empfindlichen Umgebungen nötig.
- Höchste Hygiene! Jedesmal beim Einschalten sorgt eine automatische Spülung der *Fog-Lines* für eine Reinigung der Leitungen und die Entfernung von etwaigem Restwasser und Gerüchen, sodass sich keine Bakterien vermehren können.
- Etwa 10 Mal niedrigerer Stromverbrauch als bei einer Druckluftwasseranlage und mindestens 75 Mal niedrigerer als bei einer Dampfanlage.
- Kostengünstiger Unterhalt.
- Nephos plant, baut und installiert ihre Anlagen und garantiert nach dem Kauf den Service.

## Kostenvergleich

Unsere Werte wurden in der Tipografia Salvioni in Bellinzona ermittelt, wo Nephos Anfang 2014 die erste Druckindustrie-Anlage zur Kontrolle der Luftfeuchtigkeit installierte. In einem 2'600 Kubikmetern grossen Raum stehen zahlreiche Geräte. Zur Erreichung einer konstanten Luftfeuchtigkeit von 50% wurden durchschnittlich **83'000 Liter** Wasser pro Jahr verwendet, bei einem Stromverbrauch von **0.86 MWh**.

Im Folgenden werden die Betriebskosten (Wasser + Elektrizität) von drei Lösungen zur Kontrolle der Luftfeuchtigkeit verglichen:<sup>a</sup>

- Nephos-Hochdruck-Zerstäubungsanlage
- Druckluftwasseranlage
- Dampfanlage



Die Betriebskosten der Nephos-Anlage betragen **266 CHF/Jahr**. Sie liegen damit deutlich niedriger als jene der gewöhnlich genutzten Druckluftwasseranlagen (**1'727 CHF/Jahr**) und Dampfanlagen (**14'052 CHF/Jahr**).

Die Wasserkosten sind vom angewendeten System unabhängig. Sie betragen bei einem Einheitspreis von 1.20 CHF/Kubikmeter etwa **100 CHF** für 83 Kubikmeter.<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Zentrifugal-Luftbefeuchter wurden nicht berücksichtigt, da sie ungeeignet für einen Einsatz in einer Druckerei sind.

<sup>b</sup> Richtpreis für Private und Firmen, Aziende Industriali di Lugano (AIL) SA, 2016.

## Berechnung der Stromkosten einer Nephos

Eine *nephos* Düse benötigt für die Zerstäubung von 1 Liter Wasser 10 Wattstunden.<sup>c</sup>  
 Die Stromkosten betragen bei einem Tarif von 0.20 CHF/kWh:<sup>d</sup>

$$83'000 \text{ l} \cdot 0.010 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} \cdot 0.2 \frac{\text{CHF}}{\text{kWh}} = 166 \text{ CHF}$$

## Berechnung der Stromkosten einer Druckluftwasseranlage

Das Prinzip basiert auf der Zerstäubung von Wasser durch die Ausdehnung von zuvor auf 10 Bar komprimierter Luft. Grundsätzlich braucht es 0.8 Kubikmeter Druckluft pro Liter Wasser.<sup>e</sup>  
 Bei einer idealen adiabatischen Kompression unter Standardbedingungen (25°C, 1 atm) braucht es für die Zerstäubung von 83 Kubikmetern Wasser folgende Energie:

$$E = \frac{k}{k-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left( \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \cdot m = 2.2 \cdot 10^7 \text{ kJ} = 6.1 \text{ MWh}$$

k	Wärmeausdehnungskoeffizient	= 1.4
R	Gaskonstante	= 8.314 J/mol · K
T1	Anfangstemperatur	= 25°C
p1	Anfangsdruck	= 1 bar
p2	Enddruck	= 10 bar

m ist die Molmasse der zu komprimierenden Luft:

$$m = 83'000 \text{ l}_{\text{acqua}} \cdot 800 \frac{\text{l}_{\text{aria}}}{\text{l}_{\text{acqua}}} \cdot \frac{d}{M} = 2.71 \cdot 10^6 \text{ mol}$$

d	Luftdichte bei 25°C, 1 atm:	= 1.184 g/l
M	Molmasse der Luft	= 28.96 g/mol

Bei einem Stromtarif von 0.20 CHF/kWh<sup>f</sup> und einer Durchschnittseffizienz von 0.75 des Kompressors betragen die Betriebskosten für diese Art Anlage:

$$\frac{6'100 \text{ kWh}}{0.75} \cdot 0.2 \frac{\text{CHF}}{\text{kWh}} = 1'627 \text{ CHF}$$

<sup>c</sup> Gemessen beim Betrieb einer Nephos-Anlage mit Düsen vom Typ *nephos-2-100*.

<sup>d</sup> Richtpreis gemäss Swissgrid, 2016.

<sup>e</sup> Richtwert.

<sup>f</sup> Richtwert.

## Berechnung der Stromkosten einer Dampfanlage

Um das Wasser zu erhitzen und zum Verdampfen zu bringen, arbeitet die Anlage mit Widerständen. Dies braucht Energie.

Die Enthalpie der Wasserverdampfung bei 100°C und 1 atm entspricht 40.7 kJ/mol, d.h. 627.5 kWh/m<sup>3</sup>, während es 1.16 kWh braucht, um die Temperatur von einem Kubikmeter Wasser um 1°C zu erhöhen.<sup>9</sup>

Um 83 Kubikmeter Wasser in Dampf zu verwandeln, braucht es bei einer Lufttemperatur von 25°C folglich:

$$83 \text{ m}^3 \cdot 1.16 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 75^\circ\text{C} + 83 \text{ m}^3 \cdot 627.5 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} = 59.3 \text{ MWh}$$

Wenn man von einer Boiler-Durchschnittseffizienz von 0.85 ausgeht, betragen die jährlichen Kosten:<sup>h</sup>

$$\frac{59'300}{0.85} \text{ kWh} \cdot \frac{0.2 \text{ CHF}}{\text{kWh}} = 13'952 \text{ CHF}$$

<sup>9</sup> Um die Temperatur von 1 Gramm Wasser um 1°C zu erhöhen, braucht es 1 kcal. Wechselt man die Masseinheit, braucht es 1.16 kWh, um die Temperatur von einem Kubikmeter Wasser um 1°C zu steigern.

<sup>h</sup> Richtwert.