

HybriDryer



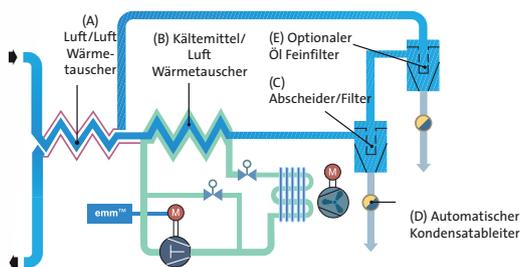
Druckluft für höchste Anforderungen

Bestimmte Produktionsverfahren wie Instrumentenluft, Luft für pneumatische Steuerungen und Verfahrenstechnische Prozesse, Förderluft für den Transport von pulverförmigen Materialien in der Chemie, Pharmazie und Lebensmitteltechnik etc. erfordern zuverlässig aufbereitete, qualitativ hochwertige Druckluft - technisch ölfrei und zudem sehr trocken - mit Drucktaupunkten von unter 0°C bis zu -40°C .

Wenn nun das Arbeitsmedium Luft durch weitverzweigte Rohrleitungsnetze oder streckenweise auch durch Freiluftleitungssysteme gefördert wird, sind - speziell im Winter - Störungen durch eingefrorenes Kondensat an der Tagesordnung.

Bisher war die wirtschaftliche Erzeugung eines Drucktaupunktes unter 0°C nur über Adsorptionstrockner möglich. Bei Volumenströmen über $1000\text{m}^3/\text{h}$ wurden weitgehend warmregenerierende Adsorptionstrockner eingesetzt die im Vergleich zu kaltregenerierenden Adsorptionstrocknern relativ kostengünstiger sind.

Wege zur Druckluftaufbereitung



Das Prinzip des Kälte-Drucklufttrockners

Sie werden in Bereichen eingesetzt, in denen das Druckluftnetz ausschließlich Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes ausgesetzt ist.

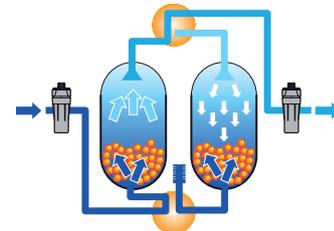
Warme, gesättigte Druckluft tritt in den Luft/Luft-Wärmetauscher (A) ein und wird im Kältemittel/Luft-Wärmetauscher (B) weiter abgekühlt, der mittels eines Expansionsventil gesteuert wird.

Wasserdampf kondensiert zu Flüssigkeit und wird zuverlässig im Zyklon/Demister-Abscheider/Filter von der Druckluft getrennt und durch den vollautomatisch arbeitenden Kondensatableiter (D) abgeschieden.

Die nun kalte und trockene Druckluft wird genutzt, um im Luft/Luft-Wärmetauscher (A) die eintretende warme Druckluft abzukühlen.

Das Prinzip des Adsorptionstrockners

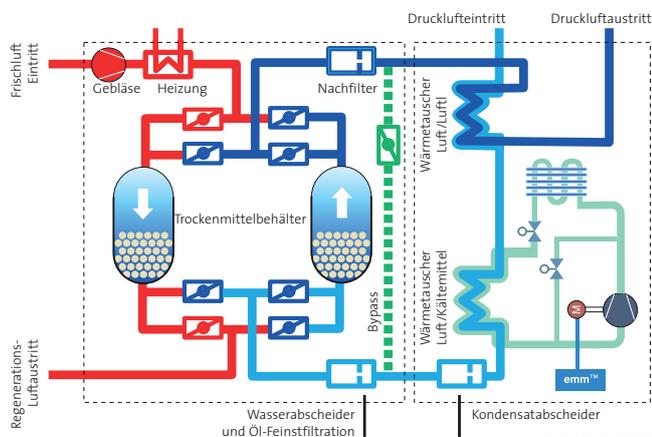
Adsorptionstrockner kommen zum Einsatz, wenn das Druckluftsystem Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes ausgesetzt oder wenn für spezielle Applikationen ein besonders niedriger Drucktaupunkt erforderlich ist.



Die Luft wird durch einen mit Trockenmittel (aktiviertes Alumina) befüllten Behälter geführt, wo sich der Wasserdampf auf der Oberfläche des Trockenmittels anlagert.

Diese Trockenmittel können regeneriert und immer wieder eingesetzt werden. Die Trockner verfügen über zwei Adsorptionsbehälter.

Die Druckluftzuführung wird umgeschaltet, so dass immer ein Behälter trocknet, während der andere Behälter, der nicht von Druckluft durchströmt wird, das Trockenmittel regeneriert. Bei warmregenerierenden Adsorptionstrocknern erfolgt mittels eines Gebläses und einer meist elektrisch betriebenen Heizung die Regeneration des Trockenmittels.



Der HybriDryer vereinigt alle Vorteile

Der DELTECH HybriDryer ist die Kombination eines Kältetrockners mit einem warmregenerierenden Adsorptionstrockner.

Hier tritt die feuchte Luft zunächst in den Kältetrockner ein, wird auf ca $+3^{\circ}\text{C}$ abgekühlt, der Wasserdampf kondensiert. Anschließend wird das Kondensat im Abscheider vom Druckluft-Strom getrennt.

Danach verlässt die Luft den Kältetrockner-Kreislauf. Die absolute Temperatur und der Taupunkt liegen deckungsgleich bei $+3^{\circ}\text{C}$, die relative Feuchte beträgt 100% - der Idealzustand für das Adsorbent ist erreicht.

Dann wird die Luft in den Adsorptionstrockner eingeleitet wo eine Trocknung auf einen Drucktaupunkt von -25°C bis -40°C erfolgt.

Anschließend wird die immer noch kalte Druckluft dem integrierten Luft/Luft-Wärmetauscher zugeführt und kühlt somit die eintretende Druckluft ab.

Ein Außentemperatur gesteuerter Bypass in der Kombination erlaubt es, den Adsorptionstrockner je nach Bedarf im Sommer zu umfahren und im Winter in Betrieb zu nehmen. So rechtfertigen sich die geringfügig höheren Investitionskosten noch deutlicher durch die wesentlich geringeren Betriebskosten.

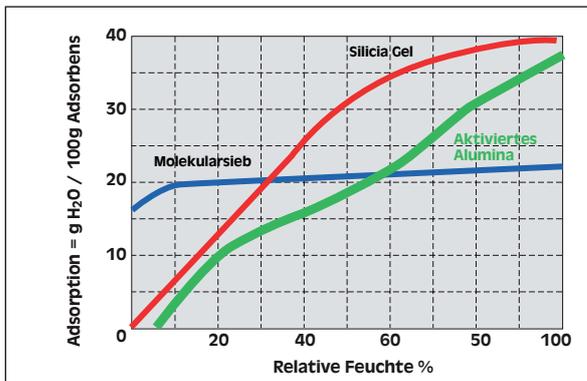
ination: Die DELTECH HybriDryer Serie

Alle Vorteile des HybriDryers auf einen Blick

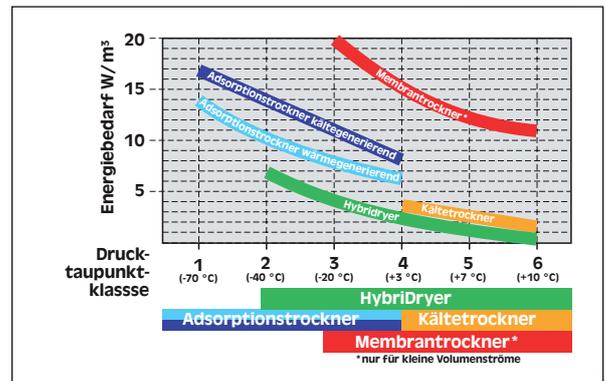


Flexibel
Umweltfreundlich
Wirtschaftlich

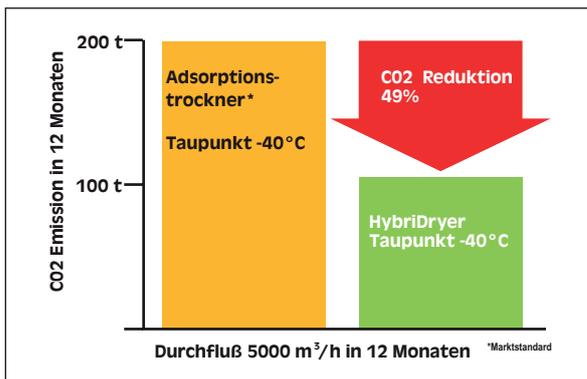
- Niedrigere Betriebskosten im Vergleich zu warmregenerierenden Adsorptionstrocknern
- Wählbarer Sommer/Winterbetrieb (-40°C / -25°C / +3°C)
- Konstanter Drucktaupunkt
- Keine Temperatur oder Tau-punktspitzen beim Umschalten
- Keine Druckluftverluste
- Effiziente Ölfeinstfiltration am kühlsen Punkt
- Längere Lebensdauer des Adsorbend durch extrem niedrige Regenerationstemperaturen
- Optimale Austrittstemperaturen
- Volumenströme von 1200 bis 9000 m³/h (höhere Leistungen auf Anfrage)
- niedrigste Betriebskosten



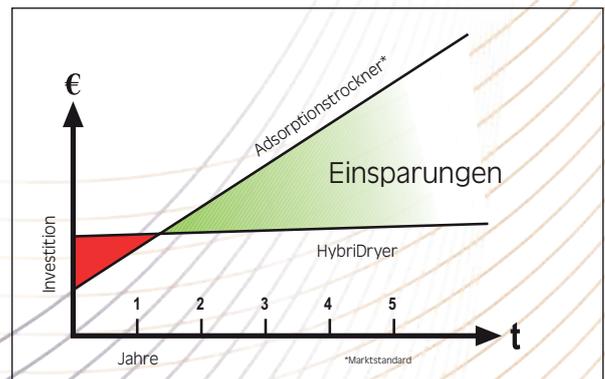
Idealzustand für das Adsorbent Aktiviertes Alumina



Drucktaupunkt-klassen und deren Energiebedarf



CO₂ Einsparungen durch den HybriDryer



Kosteneinsparungen durch den HybriDryer



Der Adsorptionstrockner des HybriDryers mit Bypass für Sommer/Winterbetrieb



Der Kältetrockner des HybriDryers mit aufgespaltetem Luftkreislauf-System.

Technische Daten

Modell	Volumenstrom (m³/Std)	Länge(mm)	Abmessungen		Leistungsaufnahme (KW)	
			Höhe (mm)	Tiefe(mm)	Sommer- Betrieb +3°C	Winter- Betrieb -40°C
DHD 400	1200	4300	2250	1550	3,1	5,7
DHD 500	1500	4300	2250	1550	4,3	7,5
DHD 670	2000	4600	2250	1900	6,7	10,8
DHD 835	2500	4600	2250	1900	7,5	12,4
DHD 1000	3000	4600	2250	1900	9,4	15,7
DHD 1335	4000	4600	2250	1900	11,5	19,4
DHD 1670	5000	5150	2600	3250	11,5	21,2
DHD 2000	6000	5150	2600	3200	13,8	25,4
DHD 2335	7000	5500	2600	3600	15,3	28,6
DHD 2670	8000	5500	2600	3600	17,7	32,7
DHD 3000	9000	5550	2600	3700	20,0	35,7

Volumenstrom nach VDI 2045 bezogen auf Ansaugbedingungen +20°C und 1 bar absolut, Betriebsüberdruck 7 bar, Drucklufttemperatur +35°C, Umgebungstemperatur +25°C, Elektrischer Anschluss 400/3/50
technische Änderungen vorbehalten



Deltech „Hybridryer“

Die zeitgemäße Antwort auf die Forderung der Industrie nach betriebskostensenkender Druckluftaufbereitung bei höchstem Qualitätsstandard!



- Energieeinsparung**
- CO2 Reduktion**
- Konstant hohe Qualität**

Energieeinsparung, CO2 Reduktion und Konstanz in hoher Qualität sind charakterisierende Schlagwörter, die ein brauchbares neues oder weiterentwickeltes Produkt mit Zukunftschancen in Industrie und Handwerk heutzutage erfüllen muss!

Die meisten Anbieter von Investitionsgütern sind deshalb bestrebt, mit innovativen Entwicklungen Alleinstellungsmerkmale zu kreieren und über ihr Leistungs- sowie Dienstleistungsangebot einer Führungsrolle gerecht zu werden. Auch in der Druckluftaufbereitungstechnik ist das so. Hier jedoch zählt nicht nur die Innovation, die Produktidee als solche. Jeder weiß: Druckluft ist eine „wertvolle“ Energie, die

– weniger denn je – nun mal nicht zum Nulltarif beschafft und bereitgestellt werden kann. So spielen neben den eigentlichen Anschaffungskosten einer Anlage mit ihren Komponenten insbesondere die Betriebskosten eine entscheidende Rolle. Hier ist die Wirtschaftlichkeit, der Wirkungsgrad über die Einsatzzeit, ein kalkulatorischer Faktor, den Technik und Betriebswirtschaft in gleichem Maße berücksichtigen müssen.

Im Zuge der aktuellen Energie- und Umweltdebatten feiert ein bekanntes und vielfach bewährtes Deltech Konzept Renaissance, welches dieser Beitrag in geraffter Form erläutern will.

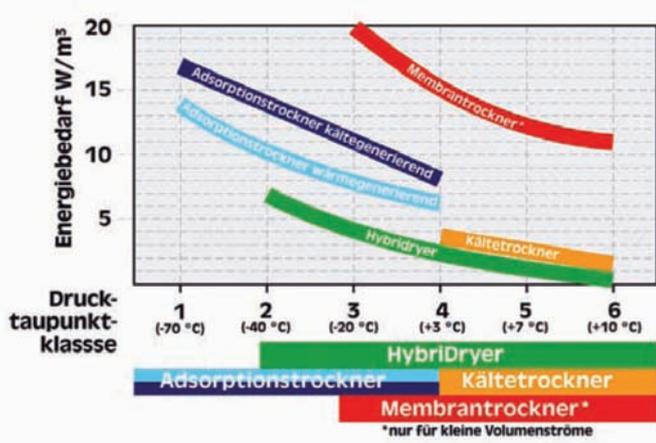
Ausgangssituation

Bestimmte Produktionsverfahren (z.B. Instrumentenluft, Luft für pneumatische Steuerungen und verfahrenstechnische Prozesse, Förderluft für den Transport von pulverförmigen Materialien in Chemie, Pharmazie, Lebensmitteltechnik etc.) verlangen qualitativ hochwertige Druckluft; eine zuverlässige Druckluft-Aufbereitung. Die Luft soll technisch ölfrei und darüber hinaus sehr trocken sein (Drucktaupunkte von unter 0 °C bis herab zu –40 °C sind i.d.R. erstrebenswert). Wird das Arbeitsmedium Luft nun durch ein weit ver-

zweigtes Rohrleitungsnetz oder streckenweise auch durch Freiluftleitungssysteme gefördert, sind Störungen durch eingefrorenes Kondensat nicht auszuschließen und besonders in den Wintermonaten an der Tagesordnung. Anlagenstillstände oder Qualitätseinbrüche innerhalb der Produktion, in jedem Fall aber erhebliche Folgekosten sind dann die unangenehmen und teuren Auswirkungen, die es eigentlich zu vermeiden gilt und die sich auch vermeiden lassen.

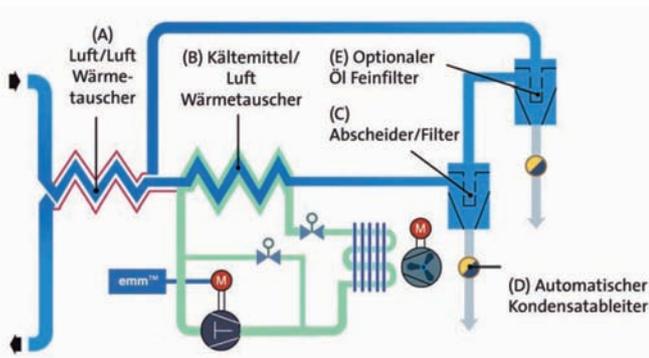
Druckluftqualität nach ISO 8573-1

Klasse	Staubfiltration µm	Ölfiltration mg/m ³	Drucktaupunkt °C	Restwassergehalt gr/m ³
1	0,1	0,01	-70	0,003
2	1	0,1	-40	0,12
3	5	1	-20	0,88
4	15	5	3	6
5	40	25	7	7,8
6	-	-	10	9,4
7	-	-	-	-
nicht spezifiziert			35	39



Energieverbrauch

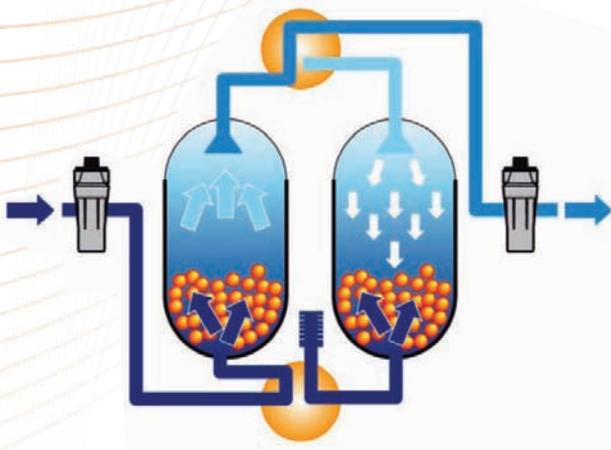
Der Energieverbrauch für eine Aufbereitungseinheit kann variieren von 5% (Qualitätsklasse 4) bis zu 30% (Qualitätsklasse 1), abhängig von der eingesetzten Technik. In Anbetracht der Tatsache dass Kompressorenhersteller im Energieverbrauch mit Vorteilen von bis zu 5% argumentieren, wird deutlich dass die „wirklichen“ Einsparungen bei der Aufbereitung zu verwirklichen sind.



Schema: Kältetrockner.

Kältetrockner

Kältetrockner reduzieren den Drucktaupunkt nach Klasse 4 bis auf 3°C. Das Kältesystem benötigt dafür im Vergleich zum Verdichter circa 2% der Energieaufnahme. Beim Unterschreiten der Drucktaupunkttemperatur von 3°C wird die Restfeuchte kondensieren und ggf. durch Eisbildung das Druckluftsystem oder die Anwendungen gefährden.



Schema: Adsorptionstrockner.

Adsorptionstrockner

Die wirtschaftliche Erzeugung von Drucktaupunkten unter $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, bei mittleren und großen Volumenströmen war bisher nur über „reine“ Adsorptionstrockner möglich. Bei Volumenströmen ab ca. $1.000\text{ m}^3/\text{h}$ verwendete man weitestgehend warmregenerierende Adsorptionstrockner. Diese erscheinen zwar bezüglich ihres Anschaffungswertes im Vergleich zu kaltregenerierenden Adsorptionstrocknern zunächst als 'teurer', rechnen sich jedoch schnell über den Unterhalt, das heißt durch ihre Betriebskosten. Die Regeneration des warmregenerierenden Adsorptionstrockners benötigt im Vergleich zum Verdichter circa 8% der Energieaufnahme.

In der Vergangenheit galten daher verschiedene Bestrebungen dem Ziel, Adsorptionstrockner mit Warmregeneration wirtschaftlicher betreiben zu können. Aber wie lassen sich physikalische Gesetzmäßigkeiten innerhalb eines Adsorptionstrockners im Sinne einer verbesserten Wirtschaftlichkeit beeinflussen?

Die Kombination der Prinzipien

Eine einfache Berechnung zeigt die Logik und Wirtschaftlichkeit einer Kombination eines Kältetrockners mit einem Adsorptionstrockner:

- Druckluft bei **35°C** (Standard nach ISO 7183) enthält 39 gr. Wasserdampf
- Druckluft bei **3°C** (Standard nach ISO 7183) enthält 6 gr. Wasserdampf
- Druckluft bei **-40°C** (Standard nach ISO 7183) enthält 0,12 gr. Wasserdampf

Nebenstehend ein Rechenbeispiel für die Trocknung von $2.500\text{ m}^3/\text{h}$ Druckluft bei 7 bar (ü) und 35°C .

1. Das Trocknen der Druckluft mittels eines Kältetrockners zu einem Drucktaupunkt von $+3^{\circ}\text{C}$. Die benötigte Energieaufnahme beträgt circa 5 kW. Es werden $39 - 6 = 33$ gr. Wasserdampf kondensiert und ausgeschieden. Der Energieverbrauch pro Gramm Wasserdampf beträgt $5 : 33 = 0,15\text{ kW}/\text{gr}$.

2. Ein warmregenerierender Adsorptionstrockner trocknet die Druckluft zu einem Drucktaupunkt von -40°C . Hierbei werden $39 - 0,12 = 38,88$ gr. Wasserdampf aus der Druckluft entfernt, wofür 20,6 kW benötigt werden. Der Energiebedarf pro Gramm Wasserdampf ist bei diesem Verfahren $20,6 : 38,88 = 0,53\text{ kW}/\text{gr}$, welches ein Faktor 3,5 mal höher ist als beim Kältetrockner.

3. Die Kombination der 2 Systeme resultiert in folgendem Energievorteil: Der Kältetrockner braucht 5 kW. Restwassergehalt ist 6 gr.. Der Adsorptionstrockner entfernt 5,88 gr. und verbraucht dafür $5,88 \times 0,53\text{ kW} = 3,1\text{ kW}$. Die gesamt Energieaufnahme beträgt $5\text{ kW} + 3,1\text{ kW} = 8,1\text{ kW}$.

Der Vergleich

Die Aufbereitung zu einem DTP von -40°C mit einem Adsorptionstrockner benötigt 20,6 kW. Die Aufbereitung zu einem DTP von -40°C mittels einer Kombination benötigt 8,1 kW. (Alle Werte sind Richtwerte und dienen lediglich dem Vergleich.)

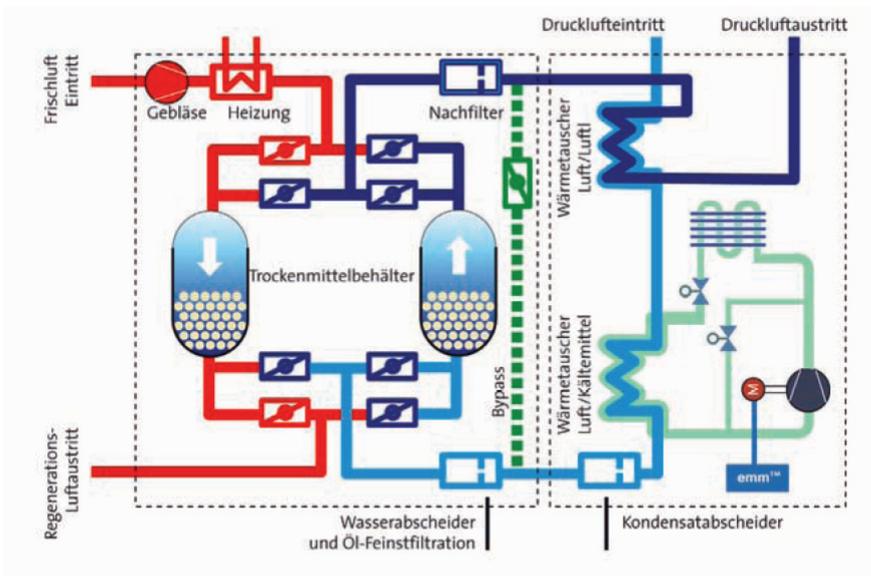
Die logische Schlussfolgerung ist, die zwei Trocknungssysteme mit einander zu kombinieren. Die Druckluft wird dann mit einem Kältetrockner vorgetrocknet bis $+3^{\circ}\text{C}$ und mit dem Adsorptionstrockner nachgetrock-

net bis -40°C . Diese Idee ist nicht neu und wird bereits in vielen Betrieben praktiziert. Das Prinzip des Hybrid Trockners geht jedoch noch einen wichtigen Schritt weiter, wobei die Systeme ineinander integriert werden. Hierdurch wird ermöglicht, dass der Adsorptionstrockner unter idealen Bedingungen (Betriebstemperatur von 3°C und 100% rel. Feuchte) arbeiten kann. Die Anlage kann dadurch wesentlich kompakter gebaut werden und der Energieverbrauch wird noch weiter gesenkt.

Ideenfindung

Durch das Kombinieren eines Kältetrockners mit einem warmregenerierenden Adsorptionstrockner hatte sich die Firma Deltech Dehydration & Filtration schon frühzeitig einen wirtschaftlich interessanten Weg zur Druckluftaufbereitung schützen lassen (G 9201713.4).

Das Fließschema zeigt die prinzipielle Anordnung. Das Motiv, die Basis der Überlegungen bestand in der Annahme, dass kleinere Komponenten, eine Konzentration auf wenige Bauteile und eine höhere System bzw. Betriebssicherheit bei den Abnehmern auf Interesse stoßen würde. Darüber hinaus boten auch Teilbetrieb und Teillastbetrieb der Anlagenkombination wirtschaftlich sehr interessante Anreize.



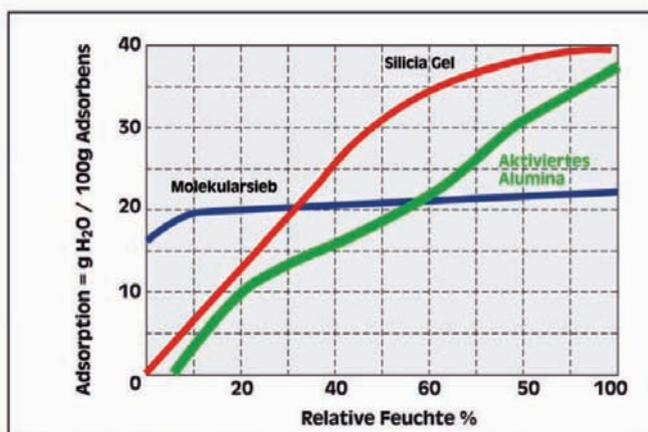
Schema: Hybriddryer

Das Funktionsprinzip ist relativ einfach: Die feuchte Luft tritt mit einer Temperatur von rund $+35^{\circ}\text{C}$ in den Kältetrockner ein. Im Kältemittel / Luft-Wärmetauscher wird sie auf etwa $+3^{\circ}\text{C}$ abgekühlt. Dabei kondensiert der Wasserdampf und lässt sich im integrierten Abscheidefilter trennen.

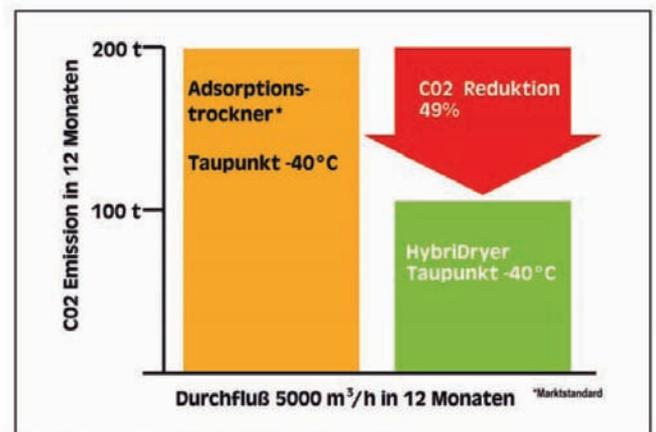
Die anschließende Filtration der Luft im Ölfestfilter stellt die Ölfreiheit der Druckluft sicher. Nach dieser 'Vorbehandlung' verlässt die Luft den Kältetrockner, der Drucktaupunkt (DTP) liegt nun bei $+3^{\circ}\text{C}$. Die absolute Temperatur und der Taupunkt der Luft sind deckungsgleich. Jetzt ist das Medium feuchtigkeitsgesättigt, das heißt die relative Feuchte der Luft beträgt 100 %, der Idealzustand für das verwendete Adsorbent wurde damit erreicht.

Danach tritt die Luft mit nahezu gleich bleibender Temperatur in den Adsorptionstrockner ein. Hier findet durch Adsorption die Trocknung auf einen DTP, je nach Auslegung von -25°C bis -40°C statt. Anschließend wird die Luft durch einen Partikelfilter, der den Trockenmittelabrieb zurückhält, dem wiederum im Kältetrockner integrierten Luft/Luft-Wärmetauscher zugeführt, den sie dann mit einer verarbeitungsgerechten Temperatur, beispielsweise von etwa $+27^{\circ}\text{C}$ und einem DTP von -40°C , verlässt.

Als weiteres „Highlight“ des Deltech Hybridryers erlaubt ein außentemperaturgesteuerter Druckluft-Bypass die Möglichkeit, den Adsorptionstrockner je nach Bedarf im Sommer zu umfahren und nur während den Wintermonaten in Betrieb zu nehmen. Wie bereits erwähnt rechtfertigen sich die geringfügig höheren Investitionskosten des integrierten Kältetrockners durch die weitaus günstigeren Betriebskosten.



Idealzustand für das Adsorbent Aktiviertes Alumina



CO2 Einsparungen durch den HybridDryer

Wesentlich für die generelle Wirtschaftlichkeit der Kombination sind folgende Merkmale des Anlagenaufbaus:

- Niedrigste Betriebskosten im Vergleich zu Standard Adsorptionstrocknern (warm- und kaltregenerierend)
- Wählbarer „Sommer-Winterbetrieb“, der zusätzliches –signifikantes– Einsparpotential bietet
- Konstanter und frei-wählbarer Drucktaupunkt
- Vermeidung von Drucktaupunkt- und Temperaturspitzen beim Umschalten der Behälter
- Minimaler Druckluftverlust von 1% für die Kühlung des Adsorbents
- Effizienteste Ölfeinstfiltration an der kältesten Stelle „Cold Coalescing“
- Längere Lebensdauer des Adsorbents durch extrem niedrige Regenerationstemperaturen (circa 130°C) und lange Zykluszeiten (16h)!
- Einsatz der revolutionären Digital Scroll Technologie (Kältetrockner), sowie Automatic Purge Saving (Adsorptionstrockner) für die Energieeinsparung in Teillastsituationen
- Kompakte Bauweise, die beispielsweise auch in (On-Site) Containerstationen zur Anwendung kommen kann

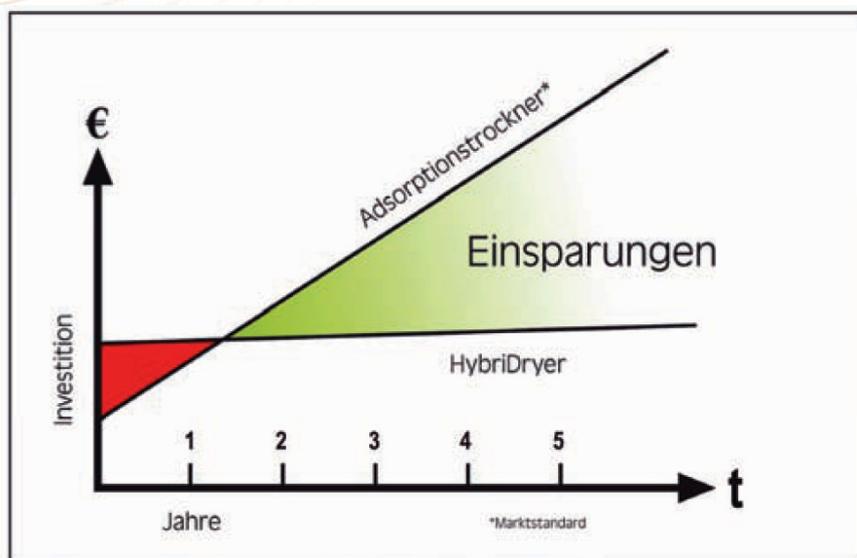
Zusammenfassung

Bei der Hybriddryer-Druckluftaufbereitung wird bis zu einem Drucktaupunkt von +3°C das wirtschaftlichste System -der Kältetrockner- genutzt, welcher die Hauptwasserbeladung (85%!) aus dem Druckluftnetz entfernt.

Die geschickte Integration des Adsorberteils, das wiederum bei der höchst möglichen Wasseraufnahmekapazität des Adsorbents eingebunden wird, erzeugt so mit einem Bruchteil an Adsorptionsmittelfüllung und

Energieaufwand für Regenerationsheizung und -gebläse (ENERGIEEINSPARUNG! = CO2 REDUKTION!) die gleiche Druckluftqualität, wie ein auf Standard Bedingungen ausgelegter Adsorber!

Dies macht den Hybriddryer zum Status Quo einer modernen Druckluftaufbereitung bei geforderten Drucktaupunkten unter 0°C und Volumenströmen ab etwa 1000m³/h!



Kosteneinsparungen durch den HybridDryer

Diese überaus wirtschaftliche Technologie wird noch interessanter, wenn mit dem außentemperaturgesteuerten Adsorber-Bypass, der Adsorptionstrockner – und die damit verbundenen Energiekosten – im Sommer gänzlich weggeschaltet werden kann! Im Sommerbetrieb kommt somit nur der Kältetrockner zum Einsatz (Drucktaupunkt +3°C), vorausgesetzt dass die Druckluftanwendung dies zulässt.

Übrigens!

Die Installation in bestehende Installationen ist durchaus möglich und kann je nach vorhandener Aufbereitung zu geringsten Amortisationszeiten führen! Des Weiteren sollte die Förderung durch öffentliche Mittel für diesen Energie- und damit CO2 reduzierenden Hybriddryer geprüft werden.