



Hans J. Michael GmbH



## Planung und Bau raumluftechnischer Anlagen in der Reinraumtechnik

# Innovativ und zukunftsweisend



Autor: Dirk Steil, Axel Biewer

Unterhält man sich mit Betreibern von Reinräumen, so hört man immer wieder die Klage: „Unser Reinraum verursacht Betriebskosten in einem für uns nicht vorhersehbaren Ausmaß; können Sie uns da helfen?“



Schaut man sich die Reinräume dann näher an, so stellt man fest, dass der gesamte Reinraum, trotz unterschiedlicher Nutzungseinheiten/ -zeiten, rund um die Uhr und nahezu 365 Tage im Jahr ohne Absenkung betrieben wird.

Wenn es darum geht, welcher Anbieter den Zuschlag für den Auftrag bekommt, stehen bei der Entscheidungsfindung häufig immer noch die Investitionskosten im Vordergrund. Die Betriebskosten werden dabei nur selten oder erst im laufenden Betrieb kritisch hinterfragt. Von dem Ausstoß an Treibhausgasen und anderen Luftschadstoffen ganz zu schweigen.

Ist der Reinraum dann erst einmal gebaut, lassen sich Planungsfehler nur noch mit einem unverhältnismäßig hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand korrigieren, so dass man i.d.R. dann nur noch von Schadensbegrenzung sprechen kann.

### Überblick

BECKER Reinraumtechnik stellt bei der Planung und dem Bau schlüsselfertiger Reinräume nicht nur die Investitionskosten, sondern die sogenannte „Total Life Cycle Cost“ Berechnung in den Vordergrund: neben den Investitionskosten werden auch die Energiekosten und insbesondere auch die zu erwartenden Kosten für Wartung und Reparatur dargelegt.

Erst durch diese Darstellung erhält der Betreiber eine Aussage über die Lebensdauerkosten seines Reinraumes.

### Für die Optimierung der Energieeffizienz werden im Folgenden 6 Beispiele gezeigt und bewertet.

#### 1. Zonenregelung mit dynamischem Luftmengenmanagement

Die Zuluftvolumenströme der einzelnen Nutzungszonen werden über busfähige elektronische Volumenstromregler geregelt und kontrolliert. Über den Datenbus werden von jedem Volumenstromregler alle Betriebsparameter permanent an die frei program-

mierbare Regelung (DDC) übermittelt. Hier werden die einzelnen Klappenstellungen mit dem eingegebenen Sollwert verglichen, woraus dann wiederum ein Steuersignal für den Ventilator generiert wird.

In der Regelung ist hierfür ein veränderbares Zeitschaltprogramm hinterlegt, wodurch die unterschiedlichen Nutzungszonen automatisch vom Normal- in den Absenkbetrieb umgeschaltet werden. Darüber hinaus hat der Nutzer die Möglichkeit, das jeweilige Szenarium bedarfsgerecht am Display der Regelung zu aktivieren. Dieser Bedienkomfort hat sich in der Praxis insbesondere bei schwer planbaren Nutzungszeiten/ -zonen bewährt. (siehe Abb. 1)



Abb 1: Zonenregelungen passen sich den Arbeits- und Absenkezeiten individuell an.

#### Systemvorteile:

- Bedarfsgerechte Ansteuerung des Ventilators, so dass nach dem Prinzip – „so wenig Energie wie möglich und nur so viel Energie wie nötig“ – immer nur die tatsächlich benötigte Antriebsenergie vom Ventilator aufgebracht werden muss.
- Individueller Absenkbetrieb der unterschiedlichen Nutzungszonen mit einem zentralen RLT-Gerät.
- Dynamische Regelung der Volumenströme auch bei variabler Anlagenkennlinie, beispielsweise resultierend aus Luftmengenreduktion im Absenkbetrieb oder zunehmender Filterverschmutzung.

## Innovativ und zukunftsweisend

- Anzeige der tatsächlichen Volumenströme am Display der Regelung in m<sup>3</sup>/h.
- Warnung und/oder Alarmierung bei Grenzwertverletzung.
- RLT-System regelt sich automatisch auf den energetisch optimalen Betriebspunkt ein, so dass sich der Inbetriebnahmeaufwand deutlich reduziert.
- Geringere Betriebsgeräusche im- und längere Filterstandzeiten durch Absenkbetrieb

### 2. Entfeuchtungskonzept

Luft muss üblicherweise mit einem Kälteträger unterhalb des für den Entfeuchtungsprozess relevanten Taupunkt abgekühlt werden damit Feuchtigkeit aus dem Luftvolumenstrom kondensiert („Colafascheneffekt“).

Da i.d.R. der personenbezogene bzw. für die Druckhaltung erforderliche Außenluftbedarf den einzig relevanten Einfluss auf die Raumfeuchtigkeit hat, empfehlen wir aus energetischen Gründen, anstelle des gesamten Zuluftvolumenstroms, auch nur diesen Mindestaußenluftanteil für die Entfeuchtung unter den Taupunkt abzukühlen. (siehe Abb. 2)

#### Systemvorteile:

- Geht man beispielsweise von einem mischluftbetriebenen Reinraum ohne Prozessfortluft mit Raumkonditionen von 21 °C und 50 % r.F. aus, so lassen sich durch die gezielte Entfeuchtung der Außenluft, bei einer Kühleraustrittstemperatur von ca. 10 °C, bis zu 40 % Kälteleistung gegenüber einer Entfeuchtung des gesamten Zuluftvolumenstromes einsparen.
- Keine Energievernichtung durch Nacherwärmung um die entfeuchtete Zuluft in den feucht-warmen Sommermonaten von ca. 10 °C auf min. 16 °C (Zuluftminimalbegrenzung) zu erwärmen.

### 3. Zonenregelung mit variablen Raumkonditionen

Bei Anlagen mit mehreren verschiedenen Nutzungszonen empfehlen wir, die Kühl- und Heizregister nicht zentral im RLT-Gerät, sondern dezentral im Zuluftsystem dem jeweiligen Versorgungsbe- reich zuzuordnen.

In diesem Fall sind separate Temperatur- und/oder Feuchtefühler vorzusehen, wodurch die Regelventile der jeweiligen Kühl- /Heizregister bedarfsgerecht angesteuert werden, so dass jede Zone nutzungsorientiert im Normal- /Absenkbetrieb klimatisiert wird.

In der Regelung ist hierfür ein veränderbares Zeitschaltprogramm hinterlegt, wodurch die unterschiedlichen Nutzungszonen automatisch vom Normal- in den Absenkbetrieb umgeschaltet werden können. Darüber hinaus hat der Nutzer die Möglichkeit, das jeweilige Szenarium bedarfsgerecht am Display der Regelung zu aktivieren. Dieser Bedienkomfort hat sich in der Praxis insbesondere bei schwer planbaren Nutzungszeiten/-zonen bewährt. (siehe Abb. 3)

#### Systemvorteil:

- Individueller Absenkbetrieb unterschiedlicher Nutzungszonen durch geänderte Regelhysteresen- / totzeiten (beispielsweise 21 °C und 50 % r.F. im Normalbetrieb bzw. 16-26 °C und 40-60 % r.F. im Absenkbetrieb) mit nur einem zentralen RLT-Gerät.

### 4. Verriegelungskonzept

Um die Risiken einer Partikelverschleppung (Kreuzkontamination) vom unreineren Schleusen- in den reineren Produktionsbereich zu minimieren, werden in der Reinraumtechnik üblicherweise die Türen über eine sog. Zutrittskontrolle gegeneinander verriegelt, so dass immer nur eine Tür geöffnet werden kann.

Ein zukunftsweisendes Konzept macht sich diese Funktion zunutze indem beim Absenkbetrieb, durch die Kommunikation zwischen MSR-Technik und Schleusensteuerung, der Zugang in die jeweilige Zone automatisch verriegelt und ein mögliches Kontaminationsrisiko durch Personen während dieser Zeit verhindert wird.



Abb 2: Technik zum Betrieb von Reinräumen muß energieeffizient geplant werden.

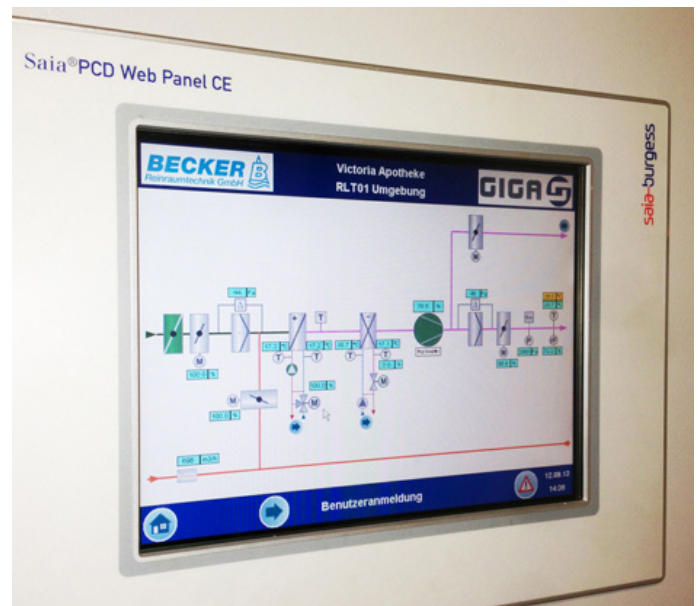


Abb. 3: Komfortable Anlagensteuerung über Touchpanel, Tablet oder Smartphone.



Abb.4: Beim Einsatz der RLT-Anlagen sollte auf sog. „Life-Cycle Cost“ Betrachtung Wert gelegt werden.



## Innovativ und zukunftsweisend

Nach Reaktivierung des Normalbetriebes wird die Tür zu dem entsprechenden Nutzungsbereich, je nach Erholzeit der Räume und Umschaltverhalten der RLT-Anlage, zeitverzögert über die Schleusensteuerung wieder frei gegeben. Bei Gefahr für Leib und Leben kann die Zugangssperre über einen in der Türzarge integrierten „Not-Auf“ übergeordnet wieder deaktiviert werden. Bei Bedarf lässt sich diese nutzungsabhängige Verriegelungsfunktion auch passwortgeschützt wieder aufheben.

### Systemvorteil:

- Mit einem geringen regelungstechnischen Mehraufwand können im Absenkbetrieb Kontaminationsrisiken ausgeschlossen werden ohne dabei den Personenschutz außeracht zu lassen

### 5. Wärmerückgewinnungs- /Enthalpiekonzept

Bei einer energieeffizienten Anlagenkonzeption sollten auch die zur Verfügung stehenden Ressourcen, wie Außen- und ggf. Fortluftvolumenströme, für die Raumklimatisierung genutzt werden.

Hierfür hat sich in der Praxis ein unkonventionell aufgebautes RLT-Gerät, mit einer Kombination aus zentraler Zuluft-, Abluft-, Außenluft- und Fortluftsektion sowie rekuperativer Wärmerückgewinnung, bewährt. (siehe Abb. 4)

### Systemvorteile:

- Für die Raumklimatisierung wird in erster Sequenz kostenneutrale Außenluft und erst in zweiter Sequenz kostenintensive Primärenergie genutzt.
- Große Wärmetauscherflächen bei relativ geringem Außen- und Fortluftvolumenstrom, wodurch ein Wirkungsgrad von ca. 80 % bei vergleichsweise geringem Druckverlust möglich ist.
- Optimales Kosten- /Nutzenverhältnis im Vergleich zu anderen WRG-Systemen.
- Betriebssicherer Einsatz von Kreuzstromplattenwärmetauscher auch bei schadstoffbelasteter Fortluft
- Alle Innovationen in einem zentralen RLT-Gerät vereint.

### 6. Barrierekonzept

Bezogen auf die EN ISO 14644-4, werden die reineren gegenüber den unreineren Bereichen auch mit deutlich geringeren Differenzdrücken als den üblichen 5-20 Pa wirksam voneinander geschützt, sofern innerhalb einer definierten Überströmöffnung zwischen den Reinheitsklassen eine turbulenzarme Verdrängungsströmung von



Dirk Steil



Axel Biewer

mehr als 0,2 m/s - was einem Differenzdruck von weniger als 0,1 Pa entspricht - nachgewiesen werden kann.

Sieht man einmal von möglichen Fortluftvolumenströmen oder unvermeidbaren Undichtigkeiten im Raum ab, wird der Außenluftbedarf bei diesem innovativen Barrierekonzept nicht mehr vom Differenzdruck, sondern lediglich über die Personenzahl bestimmt.

Nimmt man das Beispiel von einem Reinraum mit einer Grundfläche von 100 qm und geht man davon aus, dass der Raum ständig mit max. 6 Personen belegt ist, so würde sich bei einer personenbezogenen Außenluftfrate von max. 50 m<sup>3</sup>/h, der Außenluftbedarf für den Reinraum von 900 m<sup>3</sup>/h auf 300 m<sup>3</sup>/h und die Kälteleistung für die Entfeuchtung von ca. 9 kW auf ca. 3 kW reduzieren.

### Systemvorteile:

- Der Außenluftbedarf und die damit verbundenen Energiekosten lassen sich um ca. 70 % senken.
- In Abhängigkeit von den Wärmelasten im Raum kann auf eine Erwärmung der Luft gänzlich verzichtet werden.
- Luftströmungen und die damit verbundenen Kontaminationsrisiken lassen sich durch die hoch auflösende Messtechnik ( $\pm 0,05$  m/s) auch noch bei geöffneten Türen nachweisen, so dass Raumundichtigkeiten besser beherrschbar sind.
- Luftströmungen und somit Kontaminationsrisiken lassen sich durch die bidirektionale Messtechnik zuverlässiger in zwei Richtungen nachweisen.
- Keine äußeren Störgrößen wie beispielsweise das Risiko schwankender Referenzdrücke beim Differenzdruckkonzept.
- Mit einem vernachlässigbaren Mehraufwand für die Sensorik, können sowohl Energiekosten, als auch Kontaminationsrisiken minimiert werden.

Tabellarische Zusammenfassung			
Konzept	Innovation / Maßnahme	Mehrkosten	Nutzen
Zonenregelung	Absenkbetrieb durch variable Luftmengen	gering	sehr hoch
Entfeuchtungskonzept	Entfeuchtung der Außenluft	vernachlässigbar	sehr hoch
Zonenregelung	Absenkbetrieb durch variable Raumkonditionen	gering	hoch
Verriegelungskonzept	Zugangskontrolle im Absenk-Betrieb	vernachlässigbar	hoch
WRG- /Enthalpiekonzept	Nutzung vorhandener Ressourcen für Raumklimatisierung	hoch	sehr hoch
Barrierekonzept	Kontaminationskontrolle durch Überströmung	vernachlässigbar	sehr hoch



BECKER Reinraumtechnik GmbH  
 Von-der-Heydt-Str. 21  
 D 66115 Saarbrücken  
 Telefon: 0681-753890  
 E-Mail: info@becker-reinraumtechnik.de  
 Internet: http://www.becker-reinraumtechnik.de