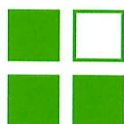


Instationäre Lüftung in Luxemburg

Geräteauslegung für Eisenbahn-Wartungshallen



Mit anhaltendem praktischen Erfolg wurde beim Neubau eines Wartungs- und Reparaturzentrums der staatlichen Eisenbahngesellschaft Luxemburgs – Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL) – ein neues Verfahren der instationären Raumlüftung mit regenerativen Energien umgesetzt.

Dipl.-Ing. Christian Backes
Produktleiter und Prokurist
Howatherm Klimatechnik GmbH,
Lehrbeauftragter am Umwelt-
Campus Birkenfeld, Hochschule
Trier, für Energieeffizienz und
Wärmerückgewinnung, Vorsitzen-
der des Normenausschusses DIN
1946-4, Mitglied der deutschen
Delegation in CEN/TC/156/WG5
und WG 18 für europäische Nor-
mung raumluftechnischer Geräte,
Mitarbeiter in den Arbeitsgremien
der DIN EN 1886 und DIN EN
13053 sowie im Richtlinienaus-
schuss VDI 3803

In unmittelbarer Nähe des Luxemburger Hauptbahnhofes entstand 2015 ein umfangreicher Neubau von Hallen für das Wartungs- und Reparaturzentrum – Centre de Remise et de Maintenance – der Luxemburger Eisenbahnen. Das ambitionierte Projekt umfasst mehrere Hallen mit einer Gesamtfläche von 15.562 m² und einem Volumen von 186.740 m³ bei einer Hallenhöhe von 12 bzw. 14 m.

Aufgrund dieser Dimensionen ergab sich eine besondere lüftungstechnische Herausforderung: Es war von den Planern ein Konzept für einen Gesamt-Volumenstrom von 176.700 m³/h zu entwickeln, das unter Berücksichtigung des Benutzerverhaltens und der Hallengeometrie die Gebäudelüftung optimal realisiert. Das System „TwinXchange by Howatherm“ erfüllte diese Anforderungen..

Die Planung führte die technische Fachabteilung der Firma Paul Wurth Gebrolox S. A. durch, die Ausführung erfolgte durch die Luxemburger Arbeitsgemeinschaft „AMO Technique

du bâtiment“ der Unternehmen Elco S. A. und der MBW S. A, Luxembourg.

Das Neue am instationären Raumlüftungssystem

Bei einer klassischen, konventionellen Luftaufbereitung wird dem zu klimatisierenden Bereich der erforderliche Volumenstrom kontinuierlich als Zuluft zugeführt und als Abluft entzogen. Zur Rückgewinnung der thermischen Enthalpie werden geeignete Wärmerückgewinnungseinheiten wie Plattenwärmeübertrager, Kreislaufverbundsysteme oder Rotoren eingesetzt.

Das neue (weiterentwickelte) System „TwinXchange by Howatherm“ bietet im Vergleich zur konventionellen Vorgehensweise eine neuartige effiziente Lösung, bei der die beiden beschriebenen Luftarten nicht kontinuierlich, sondern mit wechselseitiger Zu- und Abluft betrieben werden. Die Wärmerückgewinnung erfolgt hier mit Hilfe eines Umschaltregenerators, der korrespondierend mit den Luftarten die Enthalpie abwechselnd lädt und entlädt.

Diese Vorteile bringt das System

Die Vorteile dieser instationären Impulslüftung gegenüber klassischen Lüftungssystemen bewähren sich vor allem bei einer großen, hohen Hallengeometrie. Sie führt zu einer Minimierung der Komponenten des RLT-Geräts und der gesamten Anlage, was sich positiv auf den Raumbedarf und die Investitionskosten auswirkt.

Auf den Hallendächern des Wartungszentrums wurden insgesamt 18 RLT-Geräte des Systems installiert.

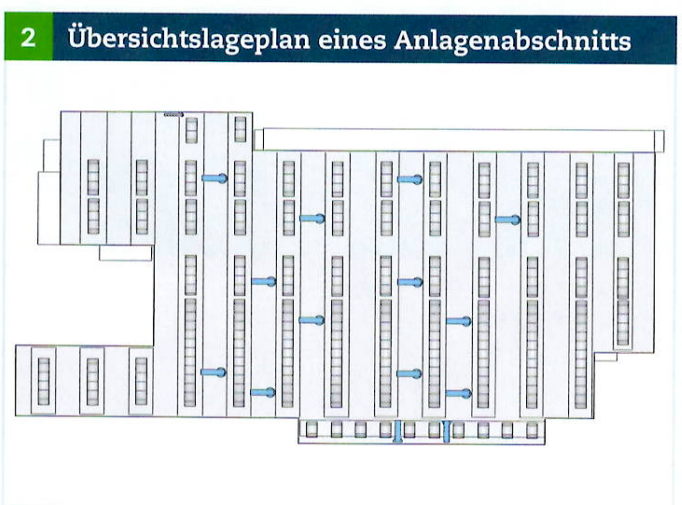
Geräteauslegung

Um den Verlust thermischer Energie wie beispielsweise durch offenstehende Tore, Transmission und Lüftungswärme im Winter weitgehend zu kompensieren, wurde die Wärmerückgewinnung mittels Umschaltregenerator mit einer Rückwärmzahl von $\Phi = 78\%$ ausgelegt.



Foto: rail.lu

Reparatur- und Wartungszentrum der staatlichen Eisenbahngesellschaft Luxemburgs



Minimalistischer Geräteaufbau

Die entscheidenden Unterschiede dieser neuen Gerätetechnik liegen im Vergleich zur konventionellen Bauart im Wesentlichen im Geräteaufbau, in der Komponentenauswahl und in der Luftführung.

Jede einzelne raumlufttechnische Einheit des Systems „TwinX-change by Howatherm“ besteht aus:

- nur einem Filtersystem,
- einem Regeneratorpaket zur Wärmerückgewinnung,
- und einem Ventilator.

Das Speicherpaket der Wärmerückgewinnung wird dabei abwechselnd und innerhalb vorgegebener Zeitintervalle, zum Beispiel im Winter zuerst mit thermischer Energie (Wärme) aus der Halle geladen, dann mit Hilfe eines „schnelllaufenden“ Klappensystems in den Zuluftbetrieb umgeschaltet und über die Außenluft entladen (Bilder 5 und 6). Aufgrund dieser innovativen Betriebsweise wird die Außenluft nicht nur aufbereitet, sondern auch intermittierend in die Halle ein- und aus der Halle ausgebracht.

Je nach Klappenstellung kann die Luft intermittierend als Zuluft oder als Abluft gefördert werden (Bild 7).

Leistungsregelung

Ein ausgeklügeltes Jalousieklappensystem rund um das Wärmeübertragerpaket ermöglicht sowohl einen Bypassbetrieb zur Leistungsregelung als auch eine permanente Strömungsumkehr, die mit dem Lade- und Entladezyklus getaktet ist. Durch diese „Gegenstromschaltung“ ist das thermodynamische Optimum mit höchster Leistungsausbeute aus der installierten Fläche der Wärmerückgewinnung erreicht.

Luftführung und Luftaufbereitung

Die einzelnen Geräte sind so miteinander verbunden, dass je Hallendach jeweils die erste Hälfte der Einheiten im Abluftbetrieb arbeitet, während die zweite Hälfte gleichzeitig im Zuluftmodus betrieben wird.

Dabei wird die konditionierte Zuluft unmittelbar unter dem Hallendach zunächst über einen Schalldämpfer und dann über ein durch den intermittierenden Lüftungsbetrieb und Weitwurf-Düsensystem (Bild 8) in die Wartungshalle verteilt. Beim nächsten Schaltzyklus wird dann die Abluft ebenfalls über einen Schalldämpfer direkt unter demselben Gerät angesaugt.

Durch diese wechselseitige impulsartige Beaufschlagung derselben Hallenbereiche mit Zu- und Abluft wird die Lüftungseffektivität, also die Durchmischung im Raum, wesentlich verbessert. In einer Art „Stoßbetrieb“ werden eine impulsbehaftete Strömung und eine deutlich höhere Induktion erwirkt, wodurch auch größere Raumvolumina effizient konditioniert werden können.

Ein weiterer Nutzen ist, dass durch den intermittierenden Lüftungsbetrieb und auf Grund der sowieso vorhandenen positiven Effekte von Weitwurf-Düsensystemen sogar auf ein zusätzliches Kanalsystem ganz verzichtet werden kann.

Die einzelnen, entsprechend der Hallengeometrie symmetrisch aufgeteilten Zuluftboxen (Bild 9), beinhalten mehrere Reihen umlaufend angeordneter Düsen, deren Wurfwinkel variabel und einzeln einstellbar sind.

Darüber hinaus ermöglicht die Bauart eine bedarfsabhängige Betriebsweise. Über ein integriertes Klappensystem kann die Ausblasgeschwindigkeit und damit die Wurfweite je nach Jahreszeit optimal angepasst werden. Als Regelgröße dient die Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Raumluft.

Aufgrund der Gerätekonzeption des Systems „TwinXchange by Howatherm“ kann sogar im

Sommer mit doppelter Nenn-Luftmenge „frei“ gekühlt werden, indem ohne periodisches Umschalten kontinuierlich Außenluft gefördert wird. Zur energetischen Optimierung wird dabei der Umschalt Speicher im Bypass umfahren.

Sollte bei Änderungen an Arbeitsabläufen, einer bevorstehenden Nutzungsänderung oder durch ähnliche Eingriffe in die Hallentechnik ein größerer Luftwechsel nötig werden, sind die Anlagen so konzipiert, dass eine Ergänzung mit weiteren Geräten immer möglich ist.

Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme der Anlagen fand im April 2015 an mehreren Tagen gestaffelt statt. Neben dem Datenpunktttest und der Parametrierung der einzelnen Frequenzumrichter galt das Hauptaugenmerk vor allem der aerodynamischen Optimierung der Anlagen je Hallensegment.

In einem ersten Schritt wurden in einem Rauchversuch die Weitwurfdüsen aufgrund der unterschiedlichen Raumgeometrien separat je Halle und einzeln je Gerät eingestellt. Dabei wurden die Strahlwinkel der oberen und unteren Düsen für die beiden Endklappenstellungen der Jalousieklappe in der Zuluft-Düsenbox jeweils für den Sommer- und Winterbetrieb unterschiedlich eingestellt

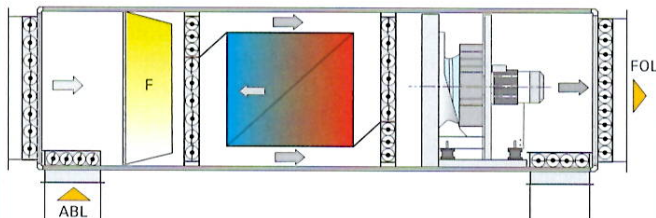


RLT-Gerät System „TwinXchange by Howatherm“ auf dem Hallendach

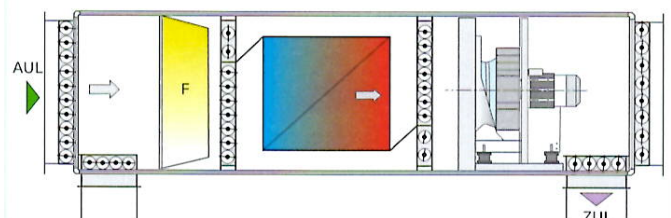


Anordnung der RLT-Geräte auf dem Hallendach

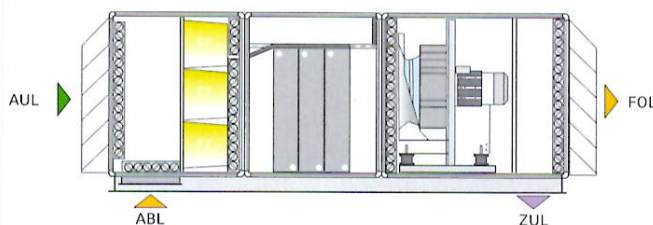
5 Ladevorgang des Umschaltspeichers



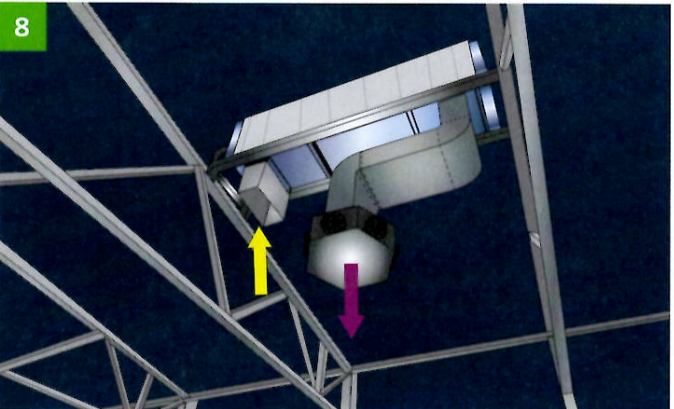
6 Entladevorgang des Umschaltspeichers



7 Geräteanordnung System



„TwinXchange by Howatherm“ (Geräteanordnung wurde gedreht)



RLT-Gerät-Gesamtkonzeption mit Zuluft-Weitwurf-Düsensystem

(Bild 10). In der Übergangszeit wird diese Klappe in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz zwischen Abluft und Außenluft stetig geregelt.

Im zweiten Schritt erfolgte die Einstellung der Schaltzyklen für den instationären Betrieb. Dazu wurden jeweils, je korrespondierendem Gerätepaar, insgesamt zwei Nebelgeneratoren verwendet. So konnte für eine längere Periode die Wirkungsweise des intermittierenden Zu- und Abluftbetriebs simuliert und in einer Videoanalyse sichtbar dargestellt werden. Dabei wurden die Luftverteilung und Eindringtiefe der Lüftungsanlagen sowie die Schalt- und Regelzyklen je Gerätepaar bei unterschiedlichen Anlagenzuständen überprüft und optimiert eingestellt (Bild 11).

Diese Zyklen sind in der Regelung als Istwerte hinterlegt, können aber bei geänderter

Belegung der Hallen und tatsächlicher Raumbelastung jederzeit weiter angepasst werden.

Des Weiteren kann der Nennvolumenstrom je Anlage separat vorgegeben und abhängig vom tatsächlichen Benutzerverhalten variabel angepasst werden.

Zur Vermeidung von Zugerscheinungen besteht zusätzlich die Möglichkeit, die Fördermenge in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur nach Wahl gleiten zu lassen.

Die Programmierung dieser Temperaturkompensation sieht vor, dass eine lineare Absenkung der Nennluftmenge ab einer Außenlufttemperatur kleiner 5°C bis zu einem Mindestvolumenstrom von 50 % bei -12°C erfolgt (Bild 12).

Zusammenfassung

Die spezielle Hallengeometrie und die oft wechselnden inneren

Lastverhältnisse stellten beim Bauvorhaben „Centre de Remisage et de Maintenance“ in Luxemburg eine besondere lüftungstechnische Herausforderung dar.

Das Ziel, eine geeignete Lösung zu entwickeln, die den projektspezifischen Bedingungen in den Hallen angemessen Rechnung trägt, wurde voll erreicht, es wurde sogar die Lüftungseffektivität – also die Durchmischung des Raumes – deutlich verbessert.

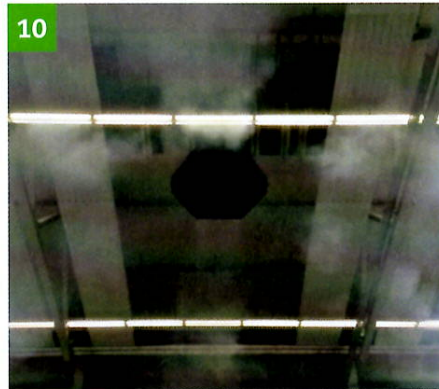
Die beschriebene Ausführung besteht aus:

- RLT-Geräten System „TwinXchange by Howatherm“ mit ihren wechselseitigen Zu- und Abluftmodi,
- einer integrierten Hochleistungswärmerückgewinnung System „HPWRG“ mit einem Temperatúraustauschgrad von bis zu 90 % zur Reduzierung des Lüftungs- und Transmissionswärmebedarfs,
- Weitwurf-Düsensystemen, deren sowieso vorhandenen positiven Impulseffekte durch die intermittierende Betriebsweise noch deutlich verstärkt werden und
- den individuellen Regelstrategien je Anlage.

Wie die Ergebnisse der Inbetriebnahme und vor allem der verschiedenen Rauchversuche dokumentieren, entstand ein Gesamtkonzept, das in Verbindung mit den Vorteilen der instationären Lüftung ohne ein ansonsten aufwendiges Kanalnetz und trotz der großen Raumhöhe eine gleichmäßige Luftverteilung, geringe Schadstoffkonzentrationen und damit ein optimiertes und angenehmes zugfreies Raumklima sicherstellt. Da mithilfe dieser Gerätekonzeption auch im Sommer kontinuierlich mit



Hochinduktives Zuluft-Weitwurf-Düsensystem


Hochinduktives Zuluft-Weitwurf-Düsensystem
im Sommerbetrieb

Videoanalyse instationärer Betrieb: Zum Video
geht es unter www.howatherm.de – Raumlüftung.

Info

Instationäre Lüftung im Wartungs- und Reparaturzentrum in Köln

Auch im modernsten Wartungs- und Reparaturzentrum für Hochgeschwindigkeitszüge der Deutschen Bahn in Köln-Nippes wird zur Belüftung der Hallen seit 2016 die neue effiziente Technik installiert und wird 2017 in Betrieb genommen.

Hier ist ein Hochleistungs-Wärmerückgewinnungssystem mit einer Rückwärmzahl von >74 % die Ausgangsbasis. Doppel-Plattenwärmeübertrager ermöglichen – je nach Anforderung – unterschiedliche thermodynamische Wege zur Luftaufbereitung: mit zusätzlicher Heizmöglichkeit als System „TwinPlate heating“, mit Heizung und Kühlung als „TwinPlate cooling“ oder mit zusätzlicher Entfeuchtung als „HP cooling“.

Bestandteil aller Ausführungen sind der integrierte Schaltschrank sowie die Mess- und Regeltechnik. Im Sommer wird über eine adiabatische Abluftbefeuchtung die mechanische Kälteleistung reduziert. Wegen der besonderen Anforderungen in speziellen Bereichen wurden einige Geräte in EX-Schutz-Ausführung hergestellt.

Insgesamt liefert die Howatherm Klimatechnik GmbH 31 RLT-Geräte mit einem Gesamtvolumenstrom von 300.000 m³/h, davon 18 Geräte mit einem Volumenstrom von insgesamt 198.000 m³/h in der Ausführung System „CrossXchange by Howatherm“ für dieses Projekt.

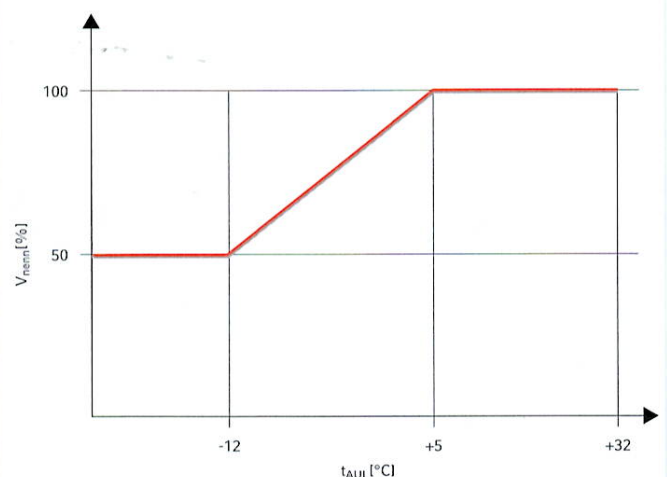
doppelter Nenn-Luftmenge „frei“ gekühlt werden kann, wird auch ohne mechanische Kühlung eine ganzjährig ausgewogene Lüftungseffektivität erreicht.

In diesem Zusammenhang ist auch noch der hygienische Vorteil im Vergleich zu den sonst für ähnliche Anwendungsfälle üblichen, natürlichen Lüftungskonzepten hervorzuheben. Durch die mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung strömt die Außenluft nicht nur temperiert, sondern auch gefiltert in den Raum nach.

Dieses Konzept hat auch nennenswerte wirtschaftliche Vorteile. So werden zum Beispiel aufgrund der besseren Luftverteilung im Raum, die mit der intermittierenden Be- und Entlüftung erzielt wird, die Nennvolumenströme und damit die Betriebskosten reduziert.

Auf die Investitionskosten wirken sich vorteilhaft der Wegfall eines Kanalnetzes und vor allem die neuartige Gerätetechnologie aus. Während bei der klassischen Lösung ein RLT-Gerät für die Zuluft und eines für die Abluft, mit ihren jeweiligen Komponenten erforderlich ist, strömt beim System „TwinXchange by Howatherm“ die Zu- und Abluft in nur einem Gerät wechselseitig über denselben Filter, Ventilator und Wärmespeicher. Für die CFL ist dieses System technisch und wirtschaftlich eine sehr effektive und nachhaltige Lösung, die sich im beschriebenen Projekt in der Praxis als ideal für die Umsetzung der technischen Anforderungen und der optimalen Umgebungsbedingungen für die Beschäftigten im Wartungs- und Reparaturzentrum bewiesen hat.

12 Temperaturkompensation



des Nennvolumenstroms in Abhängigkeit der Außentemperatur