

Autor

Dipl.-Ing. Reiner Ströder

IbZ Ingenieurbüro Zammit GmbH,
Salzgitter

Bild 1: Plattenwärmetauscher für verschmutzte Abluft

Sinn und Unsinn der Wärmerückgewinnung

Wirtschaftlichkeit muss gegeben sein

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 regelt den Einsatz der Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen. Nach § 15 sind Wärmerückgewinnungsanlagen einzusetzen beim Einbau von Klimaanlage mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als 12 kW und raumlufttechnischen Anlagen, die für einen Volumenstrom der Zuluft von wenigstens 4000 m³/h ausgelegt sind. Dagegen kann laut § 1 bei Anlagen für Produktionsprozesse auf die Wärmerückgewinnung verzichtet werden, da diese Produktionsprozesse nicht Gegenstand der Verordnung sind. Die Praxis zeigt, dass ein unkritisches Anwenden dieser Regelungen von Nachteil ist.

Es werden drei Beispiele erläutert, in denen die Forderungen der EnEV konträr zu energieoptimierten wirtschaftlichen Lösungen stehen.

Beispiel 1: Wärmerückgewinnung für Be- und Entlüftungsanlagen einer Rohbauhalle der Automobilindustrie mit Schweißrauchabsaugungen

Ein Automobilhersteller errichtete eine neue Karosseriebauhalle mit einer Fläche von ca. 34 000 m². Diese Halle wird be- und entlüftet mit einer Luftleistung von 855 000 m³/h, die in 19 Kastengeräten mit jeweils 45 000 m³/h aufbereitet wird. In der Halle befindet sich eine große Anzahl von Schweißautomaten, deren Schweißrauch abgesaugt wird. Insgesamt beträgt die Leistung der Schweißrauchabsaugungen

570 000 m³/h, das sind 67 % der Hallen-Zuluftleistung. Maschinenabsaugungen sind Bestandteile der Produktionsprozesse. In EnEV 2009 § 1 – Anwendungsbereich – ist unter Abschnitt (1) erläutert, dass der Energieeinsatz von Produktionsprozessen in Gebäuden nicht Gegenstand der Verordnung ist. Das heißt, dass für Schweißrauchabsaugungen keine Wärmerückgewinnungsanlagen vorgeschrieben sind.

Nun besteht aber gerade bei der Abluft dieser Absaugungen ein hohes Wärmerückgewinnungspotential, weil einerseits mit dem Schweißrauch auch ein Teil der Maschinenwärme erfasst wird und andererseits die Betriebszeit lang ist, denn die Halle wird im Zwei-Schicht-Betrieb gefahren, das heißt 17 Stunden pro Tag. Deshalb bietet sich in diesem Fall der Einsatz einer Wärmerückgewinnung an.

In der Vergangenheit wurde häufig auf den Einbau von Wärmerückgewinnungssystemen in Schweißrauchabsaugungen verzichtet. Dies geschah aus Furcht vor der Verstopfung der Wärmetauscher, dem Ausfall der Absauganlagen und somit der Gefährdung des Produktionsprozesses. Betriebserfahrungen mit geeigneten Wärmetauschern zeigen jedoch, dass selbst in problematisch erscheinenden Luftströmen das Verschmutzungsproblem lösbar ist und lange Standzeiten zwischen den Reinigungsintervallen erreichbar sind.

Bei der Auswahl des Wärmetauschers ist die DIN EN 13779 zu beachten. Danach ist Abluft der Kategorie ETA 4, in die Schweißrauche

Tabelle 1: Technische Daten der RLT-Anlagen für die Karosseriebauhalle

Merkmal	Einheit	Größe
Hallenfläche	[m ²]	34 200
Zuluftleistung Halle	[m ³ /h]	855 000
Abluftleistung Halle	[m ³ /h]	285 000
Schweißrauchabsaugung	[m ³ /h]	570 000
Anzahl der RLT-Anlagen	Stück	19
Luftleistung je RLT-Anlage	[m ³ /h]	45 000

evohome heiß begehrt

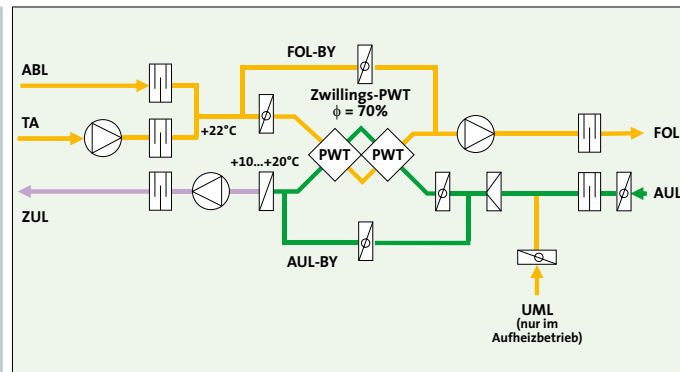


Bild 2: Anlagenschema einer RLT-Anlage mit Wärmerückgewinnung für eine Fertigungshalle mit Schweißrauchabsaugung

einestufen sind, nicht als Umluft oder Überströmluft geeignet. Beim Wärmerückgewinner muss somit sichergestellt sein, dass keine unbeabsichtigte Umluft vorhanden ist.

Für die Wärmerückgewinnung aus verschmutzter Abluft stellt der Plattenwärmetauscher das geeignete Wärmerückgewinnungssystem dar. Er trennt die Luftströme, verfügt über eine gute Rückwärmezahl und ist auch bei verschmutzter Abluft ohne Fortluftfilter einsetzbar. Bei der Auswahl des Plattenwärmetauschers sind allerdings einige Besonderheiten zu beachten:

- Es sollten nur Großplattenwärmetauscher zum Einsatz kommen, die innen keine Kanten und Dichtungen aufweisen. Tauscher in Modulbauweise, die aus einzelnen Würfeln zu großen Kuben zusammengesetzt werden, sind nicht geeignet, da sich an den Verbindungs- und Dichtkanten im Inneren Schmutz anlagert, der zur Verstopfung führen kann.
- Es sollten glatte Platten mit durchgehenden Abstandhaltern auf der Fortluftseite verwendet werden, zwischen denen die Luft strömt, wobei am wenigsten Schmutz abgelagert wird. Anders geprägte Platten sind dagegen zu vermeiden.
- Am Ein- und Austritt der Platten ist durch ein günstiges Anströmprofil dafür zu sorgen, dass die Kontraktion der Luftströmung nicht zu ungewünschter Schmutzablagerung führt.

Bild 1 zeigt die Konstruktionsmerkmale eines geeigneten Plattenwärmetauschers. In den RLT-Anlagen der Karosseriebauhalle wurden zur Erzielung einer optimalen Rückwärmezahl jeweils zwei derartige Plattenwärmetauscher zu einem Zwillingstauscher zusammenge-

Tabelle 2: Ausgangsdaten der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Wärmerückgewinnung in der RLT-Anlage einer Karosseriebauhalle

Merkmal	Einheit	Größe
Zuluftleistung je Anlage ZUL / ABL	[m³/h]	45000
Hallenlufttemperatur	[°C]	+20
Außenlufttemperatur Winter	[°C]	-14
Rückwärmezahl WRG	[%]	70
Druckverlust Plattenwärmetauscher AUL / FOL	[Pa]	210
Betriebszeit pro Tag / Jahr	[h/d]; [d/a]	17; 235
Preissteigerungsrate	[%/a]	3,0
Zinssatz	[%]	6,0
Wartung und Instandhaltung	[%/a]	3,0
Nutzungsdauer der Anlagen	[a]	20



Bis zu 30 % Energieeinsparung und die wichtigsten Designpreise machen evohome so begehrt. Weitere Vorteile sind die schnelle Installation ohne Wandbeschädigungen und die Eignung für alle Heizungsarten. Dank intelligenter Steuerung sorgt evohome immer für die richtige Temperatur zur richtigen Zeit am richtigen Ort, und das in bis zu 8 Räumen. Das evohome Bediengerät mit dem hinterleuchteten Touchscreen ist in den Farben Brillantschwarz, Metallicsilber und Brillantweiß erhältlich. Mehr über evohome erfahren Sie unter www.evohome.de oder www.heizkostensparer.de.

SO SCHÖN KANN ENERGIESPAREN SEIN

Honeywell

Wasser. Wärme. Wohlfühlen.

Honeywell GmbH · Haustechnik · Hardhofweg · D-74821 Mosbach
info.haustechnik@honeywell.com · www.honeywell.de/haustechnik

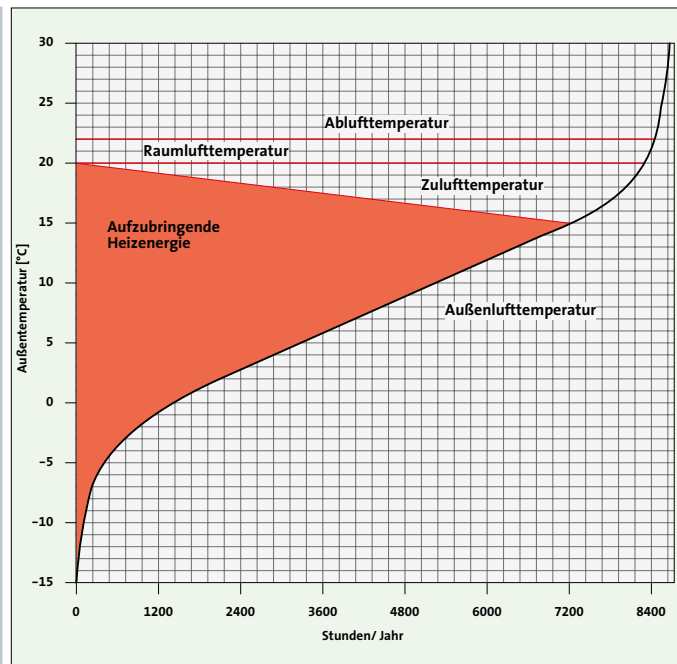


Bild 3: Grafische Darstellung des Energiebedarfs ohne Wärmerückgewinnung

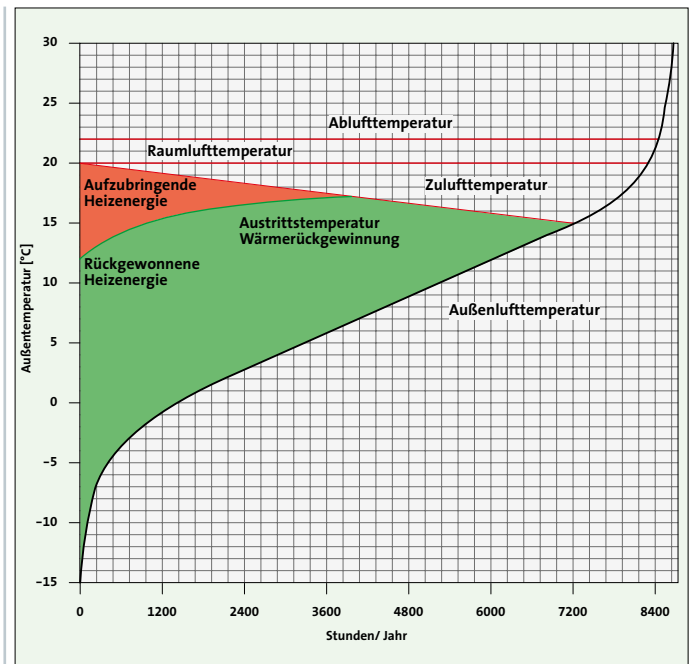


Bild 4: Grafische Darstellung des Energiebedarfs mit Wärmerückgewinnung

setzt und in Kastengeräten mit kombiniertem Zu- und Abluftteil integriert. Bild 2 zeigt das Anlagenschema. Die Zuluftleistung resultiert aus den Lüftungsanforderungen und ist höher als die Luftleistung der Schweißrauchabsaugungen. Die Differenz der beiden Luftstromarten wird als Abluft unter der Hallendecke erfasst.

Das Kanalsystem der Schweißrauchabsaugungen in der Halle ist infolge der großflächig verteilten Maschinenaufstellungen weitläufig. Die Luftgeschwindigkeiten im Abluftsystem wurden so hoch gewählt, dass keine Ablagerungen zurückbleiben. Aus diesen Bedingungen resultierten Druckverluste, die den Einsatz von zusätzlichen Gehäuse-Radialventilatoren erforderten, die ergänzend zu den Abluftventilatoren der Kastengeräte installiert wurden.

In den Ablufteintrittsteilen der Kastengeräte münden die Luftströme der Schweißrauchabluft-Systeme (67 %) und der Hallenabluft-Kanäle (33 %). Beide Luftströme werden von den Freilauf-Ventilatoren in den

Kastengeräten gefördert. Ihre Motore sind gekapselt, um sie vor der staubbelasteten Abluft zu schützen.

Die technischen Daten der 19 RLT-Anlagen sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Energie- und Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde für eine der 19 RLT-Anlagen durchgeführt. Die Ausgangsdaten sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Um einen anschaulichen Vergleich der benötigten Wärmemengen ohne und mit Wärmerückgewinnung zu ermöglichen, ist der Energiebedarf in Form der Gradtagfläche über den Jahresdauerlinien grafisch dargestellt. Bild 3 zeigt den Energiebedarf ohne, Bild 4 mit WRG.

Bei der Ermittlung der Herstellkosten wurden die Plattenwärmetauscher, die Bypassklappen, die Regelung, die Vergrößerung der Kastengeräte und der Stahlbühne sowie die Verkleinerung des Wärmeverteilsystems infolge der geringeren Heizleistung der Lufterhitzer berücksichtigt, nicht jedoch die Verkleinerung der Heizzentrale, weil diese vorhanden war. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgte auf der Grundlage der Wetterdaten nach DIN 4710. Sie wurde nach der Annuitätsmethode und der Amortisationsmethode durchgeführt. Ihre Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt. Der finanzielle Gewinn durch die Wärmerückgewinnung über die Nutzungszeit von 20 Jahren beträgt je Anlage 425 161 € oder 43 % der Kosten ohne Wärmerückgewinnung. Die Herstellkosten amortisieren sich in 3,2 Jahren. Diese Ergebnisse zeigen die hohe wirtschaftliche Effektivität der Investition. In jeder der 19 RLT-Anlagen werden durch den Einbau der Wärmerückgewinnung jährlich 94 t CO₂ eingespart. Dies entspricht dem CO₂-Ausstoß eines Mittelklasse-PKWs mit 627 000 km Fahrleistung! Für die Gesamthalle werden jährlich 1792 Tonnen CO₂ eingespart, entsprechend einer Fahrleistung von knapp 12 Millionen Kilometer! Vergleicht man die Wirtschaftlichkeit der Wärmerückgewinnungsanlage mit der von Photovoltaik-Anlagen, wie sie derzeit allorts installiert werden, so resultiert ohne Berücksichtigung von deren Subventionierung eine 14 mal höhere und mit Berücksichtigung von deren Subventionierung eine 3 mal höhere energiewirtschaftliche Effektivität zugunsten der Wärmerückgewinnung. Zusammenfassend ist festzustellen: Wärmerückgewinnung aus Schweißrauchabluft oder ähnlicher verschmutzter Abluft

Tabelle 3: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Wärmerückgewinnung in einer RLT-Anlage mit 45 000 m³/h der Karosseriebauhalle

Merkmal	Einheit	Ohne WRG	Mit WRG
Wärmeenergie	[kWh/a]	572512	74670
Elektroenergie zusätzlich	[kWh/a]		25366
Wärmeenergiekosten	[€/a]	28626	3733
Stromkosten zusätzlich	[€/a]		2537
Wartung und Instandhaltung	[€/a]	2707	4503
Gesamt-Betriebskosten	[€/a]	31353	10773
Betriebskosteneinsparung	[€/a]		20580
Herstellkosten WRG	[€]		58900
Gesamtkosten über die Nutzungszeit	[€]	987984	562824
Finanzieller Gewinn über die Nutzungszeit	[€]		425161
Finanzieller Gewinn über die Nutzungszeit	[%]		43
Amortisationszeit	[a]		3,2

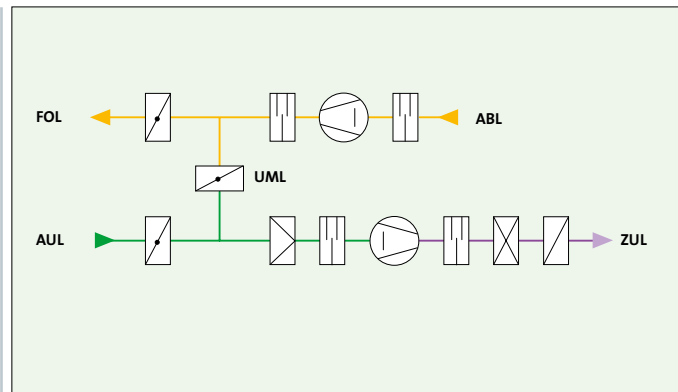


Bild 5: Schema der RLT-Anlage für die Messehalle ohne Wärmerückgewinnung

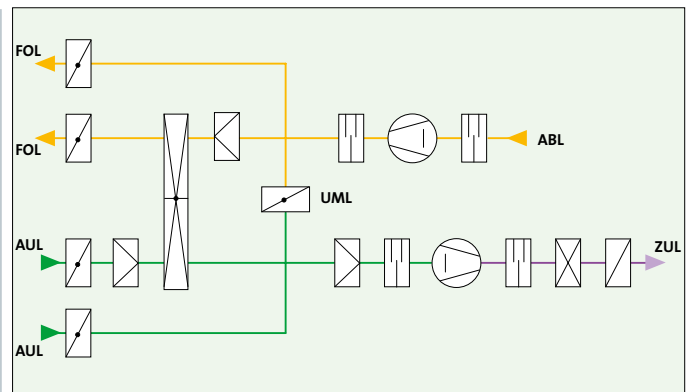


Bild 6: Schema der RLT-Anlage für die Messehalle mit Wärmerückgewinnung

- ist unproblematisch, wenn die richtigen Wärmerückgewinner verwendet werden,
- ist unter den üblichen Bedingungen wirtschaftlich,
- reduziert den CO₂-Ausstoß signifikant,
- ist energiewirtschaftlich effektiver als Photovoltaik-Anlagen.

Beispiel 2: Wärmerückgewinnung für die Teilklimaanlagen einer Messehalle

Die Messe Düsseldorf saniert die Teilklimaanlagen einer bestehenden Halle. Die Anlagen waren bisher ohne Wärmerückgewinnung ausgestattet. Nach EnEV 2009 § 15 müssen die neuen Anlagen mit einer Wärmerückgewinnung ausgerüstet werden, sofern keine Befreiung nach § 25 möglich ist. Befreiungen dürfen beantragt werden, wenn die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der erforderlichen Nutzungsdauer durch die eingetretenen Einsparungen nicht erwirtschaftet werden können.

Eine Betrachtung der Betriebsbedingungen ließ es fraglich erscheinen, ob die Wärmerückgewinnung in energetischer und wirtschaftlicher Hinsicht sinnvoll ist. Gründe dafür sind die geringe Betriebszeit von durchschnittlich nur 53 Tagen pro Jahr, die hohe innere Wärmelast mit Kühlanforderung auch in der kalten Jahreszeit sowie der geringe Außenluftanteil aufgrund der Personenbelegung in Verbindung mit der CO₂-geführten Außenluftregelung. Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung sollte zeigen, ob die Aufwendungen für die Wärmerückgewinnung innerhalb der Nutzungsdauer erwirtschaftet werden. Es wurde eine Referenz-Teilklimaanlage mit einer Luftleistung von 150 000 m³/h zugrunde gelegt. Die Bilder 5 und 6 zeigen die Anlagenschemata der RLT-Anlage ohne und mit Wärmerückgewinnung. Zu- und Abluftventilator sind derart volumenstromgeregelt, dass stets die größtmögliche Zulufttemperaturdifferenz und damit die kleinste Luftleistung gefahren wird, um die Luftförderkosten zu minimieren. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung basiert auf den Ausgangsdaten gemäß Tabelle 4. Um die Berechnung in Hinblick auf nicht sicher prognostizierbare Größen zugunsten der Wärmerückgewinnung zu gestalten, wurden keine Preissteigerungsraten für die Energiekosten zugrunde gelegt.

Die Kühllast durch Aussteller und Beleuchtung wurde anhand von kontinuierlichen Aufzeichnungen über die letzten drei Jahre für die elektrische Leistung jeder Veranstaltung, jedes Tages und jedes 5-Minutenwertes ausgewertet und in die Berechnung des Wärmebedarfs der RLT-Anlage übernommen. Der Außenluftanteil, der mittels CO₂-Überwachung exakt auf den erforderlichen Wert ausgeregelt wird, ergab sich aus der ebenfalls für jede zurückliegende Veranstaltung und jeden Tag vorliegende Registrierung der Personenanzahl. Somit war eine den tatsächlichen Verhältnissen über einen Zeitraum von drei Jahren ent-

sprechende Berechnung des Energiebedarfs möglich. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgte auf der Grundlage der Wetterdaten nach DIN 4710. Es resultierte das Ergebnis gemäß Tabelle 5.

Das überraschende Ergebnis zeigt, dass die Energiekosten mit Wärmerückgewinnung höher sind als ohne. Den geringen Einsparungen an Wärmeenergie stehen höhere Aufwendungen an Elektroenergie für die Überwindung der zusätzlichen Druckverluste durch das Wärmerad und seine Filter gegenüber, die ganzjährig überwunden werden müssen. Ursachen für die Unwirtschaftlichkeit der Wärmerückgewinnung sind:

1. Die jährliche Nutzungszeit im Heizbetrieb ist äußerst gering.
2. Die inneren Wärmelasten sind relativ hoch, so dass die Zulufttemperatur auch in der kalten Jahreszeit meist deutlich unter der Raumlufttemperatur liegt.
3. Der erforderliche Außenluftanteil ist niedrig, so dass die Mischlufttemperatur relativ hoch ist.
4. Aufgrund der Temperaturen gemäß 2. und 3. ist nur in den Monaten Januar und Februar eine geringe Luftherwärmung mittels Luftherhitzer notwendig.
5. Die Folge von 1. bis 4. ist ein äußerst geringer Wärmeverbrauch übers Jahr. Wärmerückgewinnung könnte somit nur eine geringe Wärmemenge einsparen.

Der zusätzliche Druckverlust für das Wärmerad sowie den Fortluft- und Außenluft-Filter muss ganzjährig überwunden werden. Er wirkt sich aus in einer Erhöhung der Wellenleistungen von Zu- und Abluft-Ventilator und damit in einer Erhöhung des Stromverbrauchs.

Tabelle 4: Ausgangsdaten der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Wärmerückgewinnung in der RLT-Anlage einer Messehalle

Merkmal	Einheit	Größe
Raumlufttemperatur	[°C]	22
Zulufttemperatur	[°C]	11
Zuluftleistung Auslegung	[m ³ /h]	150 000
Außenluftanteil	[%]	20
Hallenfläche	[m ²]	4170
Rückwärmehzahl WRG	[%]	66
Druckverlust Wärmerad AUL/FOL	[Pa]	157
Druckverlust Filter AUL/FOL	[Pa]	114
Betriebszeit pro Tag	[h/d]	11
Betriebszeit pro Jahr	[d/a]	53
Zinssatz	[%]	7,0
Wartung und Instandhaltung	[%]	2,0
Nutzungsdauer der Anlagen	[a]	20

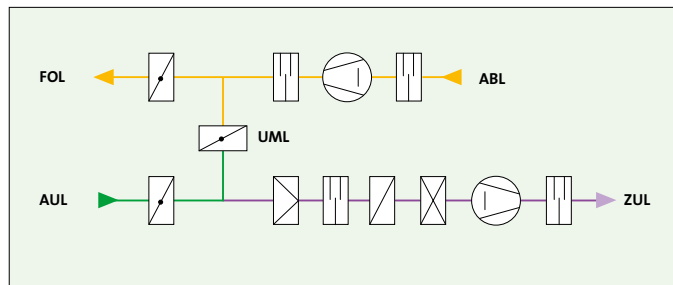


Bild 7: RLT-Anlage für Seminarräume ohne Wärmerückgewinnung

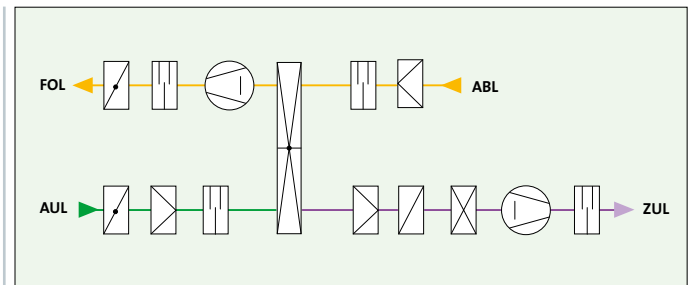


Bild 8: RLT-Anlage für Seminarräume mit Wärmerückgewinnung

Ein Bypassbetrieb bei nicht benötigter Wärmerückgewinnung schied wegen der durch die besonderen Anforderungen an den Luftaushalt ohnehin schwierige Klappenregelung aus. Da die Nutzungszeit ohne Wärmerückgewinnung um ein vielfaches länger ist als die Zeit mit Wärmerückgewinnung, sind die zusätzlichen Stromkosten höher als die Einsparung an Wärmeenergie. Zum Energiemehrverbrauch durch die Wärmerückgewinnung kommen deren zusätzliche Instandhaltungskosten. Den höchsten Kostenanteil verursachen die Annuitäten der Herstellkosten. Unter Berücksichtigung der Annuitäten der Herstellkosten, Instandhaltungskosten und Energiekosten entstehen über die Nutzungszeit der Anlage von 20 Jahren Mehrkosten für die Wärmerückgewinnung in Höhe von 354 914 €. Eine Kontrollrechnung zeigte, dass dieses Ergebnis sogar ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Elektroenergie für die Überwindung des Wärmerades und seiner Filter keine qualitative Änderung erfährt.

In der EnEV 2009, § 25 – Befreiungen, Absatz (1), heißt es: „Die nach Landesrecht zuständigen Behörden haben auf Antrag von den Anforderungen dieser Verordnung zu befreien, soweit die Anforderungen im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen. Eine unbillige Härte liegt insbesondere vor, wenn die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer, bei Anforderungen an bestehende Gebäude innerhalb angemessener Frist, durch die entstehenden Einsparungen nicht erwirtschaftet werden können.“

Die Aufwendungen für eine Wärmerückgewinnung in den RLT-Anlagen für die Messehalle werden innerhalb der Nutzungsdauer der Anlage nicht erwirtschaftet. Somit kann nach EnEV 2009, § 25 – Befreiungen,

Absatz (1) bei der nach Landesrecht zuständige Behörde eine Befreiung von der Anforderung nach Wärmerückgewinnung beantragt werden.

Beispiel 3: Wärmerückgewinnung für die Teilklimaanlagen von Seminarräumen

Die Messe Düsseldorf sanierte die Teilklimaanlage für Seminarräume in einem bestehenden Gebäude. Die Anlage war bisher nicht mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet. Nach EnEV § 15 hätte die neue Anlage mit einer Wärmerückgewinnung ausgerüstet werden müssen, sofern keine Befreiung nach § 25 möglich gewesen wäre. Eine Betrachtung der Betriebsbedingungen ließ es fraglich erscheinen, ob die Wärmerückgewinnung in energetischer und wirtschaftlicher Hinsicht sinnvoll ist. Gründe dafür waren die geringe Betriebszeit von nur durchschnittlich 140 Tagen pro Jahr und die hohe innere Wärmelast, die auch in der kalten Jahreszeit Kühlbedarf fordert. Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung sollte zeigen, ob die Aufwendungen für die Wärmerückgewinnung innerhalb der Nutzungsdauer erwirtschaftet werden. Die Bilder 7 und 8 zeigen die Anlagenschemata der RLT-Anlage für die Seminarräume ohne und mit WRG. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung basiert auf den Ausgangsdaten gemäß Tabelle 6. Um die Berechnung in Hinsicht auf nicht sicher prognostizierbare Größen zugunsten der Wärmerückgewinnung zu gestalten, wurden keine Preissteigerungsraten für die Energiekosten zugrunde gelegt. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung führte zu dem Ergebnis gemäß Tabelle 7.

Das Ergebnis zeigt, dass die Energiekosten mit Wärmerückgewinnung zwar geringer sind als ohne, die Einsparung aber relativ gering ist. Die Ursachen dafür sind:

Tabelle 5: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Wärmerückgewinnung in der RLT-Anlage einer Messehalle

Merkmal	Einheit	Ohne WRG	Mit WRG
Wärmeenergie über die Nutzungszeit	[kWh]	156296	0
Zusätzliche Elektroenergie über die Nutzungszeit	[kWh]		103018
Wärmeenergiekosten über die Nutzungszeit	[€]	8501	0
Zusätzliche Stromkosten über die Nutzungszeit	[€]		12919
Mehrenergieverbrauch durch WRG über die Nutzungszeit	Einheit [kWh]		4418
Wartungsrelevante Herstellkosten WRG	[€]		112343
Wartungs- und Instandhaltungsaufwand pro Jahr	[%]		2,0
Wartungs- und Instandhaltungsaufwand pro Jahr	[€/a]		2247
Wartung und Instandhaltung über die Nutzungszeit	[€]		44937
Herstellkosten WRG einschließlich Baukosten	[€]		161843
Zinssatz	[%]		7,0
Kapitalwertfaktor pro Jahr			0,0944
Annuität Herstellkosten pro Jahr	[€/a]		15278
Annuität Herstellkosten über die Nutzungszeit	[€]		305559
Mehrkosten über die Nutzungszeit	[€]		354914

1. Die jährliche Nutzungszeit im Heizbetrieb ist gering.
2. Die innere Kühllast ist relativ hoch, so dass die erforderliche Zulufttemperatur auch in der kalten Jahreszeit häufig unter der Raumlufttemperatur liegt.
3. Der zusätzliche Druckverlust für das Wärmerad sowie den Fortluft- und Außenluft-Filter. Er wirkt sich aus in einer Erhöhung der Wellenleistungen von Zu- und Abluft-Ventilator und damit in einer Erhöhung des Stromverbrauchs.

Der Energiekosteneinsparung stehen die Instandhaltungskosten gegenüber. Den höchsten Kostenanteil verursachen die Annuitäten der Herstellkosten. Unter Berücksichtigung der Annuitäten der Herstell-

kosten, Instandhaltungskosten und Energiekosten entstehen über die Nutzungszeit der Anlage von 20 Jahren Mehrkosten für die Wärmerückgewinnung in Höhe von 37 133 €. Eine Kontrollrechnung zeigte, dass dieses Ergebnis sogar ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Elektroenergie für die Überwindung des Wärmerades und seiner Filter infolge Bypassbetrieb im Sommer keine qualitative Änderung erfährt. Die Aufwendungen für eine Wärmerückgewinnung in der RLT-Anlage für die Seminarräume werden innerhalb der Nutzungsdauer der Anlage nicht erwirtschaftet. Somit kann auch in diesem Fall nach EnEV 2009, § 25 – Befreiungen, Absatz (1) bei der nach Landesrecht zuständigen Behörde eine Befreiung von der Anforderung nach Wärmerückgewinnung beantragt werden.

Tabelle 6: Ausgangsdaten der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Wärmerückgewinnung in der RLT-Anlage für Seminarräume

Merkmal	Einheit	Größe
Spezifische mittlere innere Kühllast	[W/m ²]	53
Raumlufttemperatur Sommer/Winter	[°C]	26 / 22
Zulufrate	[mff/hm ²]	59
Zuluftleistung	[m ³ /h]	40 000
Personenbelegung	[P/m ²]	0,7
Spezifische Außenluftleistung	[m ³ /hm ²]	15
Raumfläche	[m ²]	666
Rückwärmezahl WRG	[%]	70
Druckverlust Wärmerad AUL / FOL	[Pa]	178
Druckverlust Filter FOL	[Pa]	150
Betriebszeit pro Tag; Jahr	[h/d]; [d/a]	11; 140
Zinssatz	[%]	7,0
Wartung und Instandhaltung	[%]	2,0
Nutzungsdauer der Anlagen	[a]	20

Fazit

In Tabelle 8 sind die qualitativen Ergebnisse der drei Beispiele zusammengefasst. Wärmerückgewinnung ist hinsichtlich einer rationellen Energieverwendung und eines bestmöglichen Umweltschutzes in den meisten Fällen eine wirtschaftliche, umweltschonende und deshalb selbstverständliche Maßnahme. Dies ist häufig auch dann der Fall, wenn gemäß EnEV 2009 § 1 keine Wärmerückgewinnung gefordert wird, wie das Beispiel 1 zeigt. Andererseits zeigen die Beispiele 2 und 3, dass vor der Einplanung einer nach EnEV 2009 § 15 geforderten Wärmerückgewinnung die wirtschaftlichen Gesichtspunkte betrachtet werden sollten. Ein detaillierter Wirtschaftlichkeitsnachweis als Besondere Leistung gemäß HOAI zeigt, ob die Aufwendungen für eine Wärmerückgewinnung innerhalb der Nutzungsdauer der Anlage erwirtschaftet werden. Trifft dies nicht zu, sollte eine Befreiung von der Wärmerückgewinnung nach § 25 beantragt werden. Wie die vorstehenden Ausführungen zeigen, kann der Verzicht auf Wärmerückgewinnung zu signifikanten finanziellen Vorteilen für den Auftraggeber führen, ohne dass damit negative Auswirkungen auf die Umwelt einhergehen.

Tabelle 7: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Wärmerückgewinnung in der RLT-Anlage für Seminarräume

Merkmal	Einheit	Ohne WRG	Mit WRG
Wärmeenergie über 1 Jahr	[kWh/a]	49772	15853
Elektroenergie zusätzlich über 1 Jahr	[kWh/a]		2200
Wärmeenergie über Nutzungsdauer	[kWh]	995442	317064
Elektroenergie zusätzlich über Nutzungsdauer	[kWh]		43997
Wärmeenergiekosten über 1 Jahr	[€/a]	2707	862
Stromkosten zusätzlich über 1 Jahr	[€/a]		276
Wärmeenergiekosten über Nutzungsdauer	[€]	54142	17245
Stromkosten zusätzlich über Nutzungsdauer	[€]		5518
Wartung und Instandhaltung WRG über ein Jahr	[€/a]		368
Wartung und Instandhaltung WRG über Nutzungsdauer	[€]		7357
Gesamt-Betriebskosten über Nutzungsdauer	[€]	54142	30120
Betriebskosteneinsparung durch WRG			24024
Herstellkosten WRG	[€]		32392
Annuität Herstellkosten über ein Jahr	[€/a]		3058
Annuität Herstellkosten über Nutzungsdauer	[€]		61156
Mehrkosten durch WRG über Nutzungsdauer	[€]		37133

Tabelle 8: Qualitative Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für alle drei Beispiele

Projekt	Wärmerückgewinnung nach EnEV gefordert?	Investitionsaufwand für Wärmerückgewinnung erwirtschaftbar?
Schweißrauchabsaugung für Karosseriebauhalle	nein	ja
RLT-Anlage für Messehalle	ja	nein
RLT-Anlage für Seminarräume	ja	nein