

Wärme- und Feuchtigkeits-Isolation von Dächern

Autor(en): **Koenig, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **123/124 (1944)**

Heft 14

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-53917>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

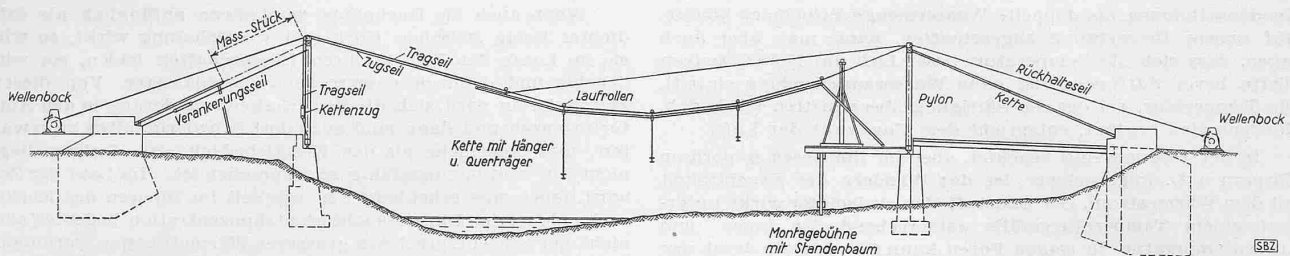


Abb. 4. Montagevorgang für die in Abb. 2 und 5 dargestellte Hängebrücke

Masstab 1 : 400

Die hier dargelegte Theorie der Trägerrost-Hängebrücke ist aus praktischem Bedürfnis anlässlich der Projektierung einer Strassenbrücke entstanden, die im Folgenden kurz beschrieben und in den Abbildungen 2 und 5 dargestellt ist.

Mit Wahl des Hängebrücken-Systems war es möglich, einen Posten Breitflanschträger der Bauherrschafft zu verwenden, mit denen eine Balkenbrücke dieser Spannweite und von genügender Steifigkeit sich nicht hätte ausführen lassen. Neumaterial musste nur für Ketten und Verankerungen verwendet werden, wobei sich der Bedarf durch Verwendung von hochwertigem Stahl (St. 60/70) in geringen Grenzen halten liess.

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, weist die Brücke keine Verstärkungsträger in den Kettenebenen auf. Die Aussteifung erfolgt vielmehr lediglich durch die den hölzernen Fahrbelag tragenden Längsträger. Die übliche Hängebrücken-Theorie wäre daher nur für symmetrische Belastungen anwendbar gewesen, d. h. solange die Verkehrslast die Fahrbahn mittig befährt. Nun war es aber vor allen Dingen wichtig zu wissen, welche Querneigung die Fahrbahn erleidet, wenn die Last auf einer Brückenseite fährt, da eine zu grosse Querneigung die Betriebsicherheit viel eher gefährdet hätte als eine grosse Durchbiegung. Die Berechnung nach der dargelegten Theorie konnte über diesen Punkt Beruhigung verschaffen und ermöglichte auch durch die genauere Erfassung des Kräftespiels die Verwendung der im Profil nur knapp ausreichenden vorhandenen Träger.

Anlässlich der Belastungsprobe erwies sich das Tragwerk wie erwartet als bedeutend steifer als die Berechnung auswies, da in dieser mit Rücksicht auf den Festigkeitsnachweis die Mitwirkung der hölzernen Fahrbahn, insbesondere der kräftigen Abschlussbalken nicht berücksichtigt war. Die Nachrechnung unter Berücksichtigung der Eigensteifigkeit der Fahrbahn hinsichtlich Biegung und Torsion, aber ohne Verbundwirkung zwischen den Längsträgern und der nur leicht aufgeklemmten Fahrbahn hat, wie Abbildung 3 zeigt, befriedigende Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung ergeben.

Mit Rücksicht auf zu erwartende Hochwasser, die Gerüst-einbauten im Fluss bei üblicher Montageart stark gefährdet hätten, wurde eine m. W. neuartige Montageart angewendet (vergleiche Abbildung 4), indem zuerst die Tragketten mit Hilfe

besonderer Trag- und Zugseile als ganzes über den Fluss gezogen und an den Pylonen eingehängt wurden, wobei besondere Vorkehrungen zur Regulierung der Höhenlage und Spannweite zu treffen waren. Während des Hinüberziehens wurde die Kette auf einem kleinen uferseitigen Gerüst Glied um Glied verlängert und gleichzeitig Hänger und Querträger angehängt, sodass sich eine Art Montage am «laufenden Band» ergab. Mit Hilfe einer für die Tiefbauarbeiten installierten Seilbahn mussten nun nur noch die Längsträger eingefahren und versetzt werden.

Die Brücke präsentiert sich als sehr schlankes Bauwerk (Abb. 5, S. 159). Auch wenn die gegenwärtige Materialknappheit überwunden sein wird, dürfte dieses System infolge der Einsparung der Hauptträger eine auch wirtschaftlich interessante Lösung darstellen. — Projekt nach eigenem Vorschlag und Ausführung des Stahlbaues besorgte die Eisenbaugesellschaft Zürich, Bauleitung sowie Projekt der Tiefbauten das Ingenieurbureau E. Stettler, Bern, und die Ausführung der Tiefbauten die Bauunternehmung W. u. J. Rapp, Basel.

Wärme- und Feuchtigkeits-Isolation von Dächern

Von Ing. Dr. M. KOENIG, Zürich

Wenn, wie es oft der Fall ist, unter der Dachschalung, aber über einer Isolation, sei sie nun aus Aluminiumfolie, Kork, Holz oder Bauplatten, keinerlei Massnahmen zur Abführung der im Innern der Decke entstehenden Kondensate getroffen werden, so muss unter Umständen mit einer frühzeitigen Zerstörung der Dachkonstruktion gerechnet werden. Es seien im Folgenden die bezüglich Wärme und Feuchtigkeit besonders instruktiven Verhältnisse eines *Flachdaches* näher untersucht.

Um sich über die Kondensatbildung Rechenschaft geben zu können, muss zuerst untersucht werden, wie die Kondensate entstehen. Diese Frage beantworten, heisst meistens das Problem auch lösen, bzw. die notwendigen Schutzmassnahmen treffen.

Ohne auf die Feinheiten der event. Verzögerung der Kondensation durch Unterkühlung oder der Wasserdampfzufuhr bei konstanter Temperatur (Atmung vieler Personen, Waschräume usw.) einzugehen, ist grundsätzlich festzuhalten, dass nur Luft, die abgekühlt wird, Kondensat ausscheiden kann. Luft dagegen, die erwärmt wird, kann nur Feuchtigkeit aufnehmen, auf keinen Fall jedoch abgeben. Schon diese einfache Feststellung lehrt, dass bei irgendeiner Decken- oder Wandkonstruktion, innerhalb derer man Kondensatausscheidungen befürchtet, folgende Forderungen beachtet werden müssen: 1. auf warmer Seite möglichst dichten und 2. auf kalter Seite möglichst offen halten.

Diesen Forderungen stehen die üblichen Bauweisen bei Flachdächern oft diametral gegenüber. Sie bedeuten nämlich, dass das Dach auf seiner warmen, d. h. meistens der Innenseite, möglichst hermetisch abschliessen soll, während auf seiner Aussenseite eine Belüftung geschaffen werden muss. Diese Belüftung muss natürlich, um den eigentlichen Zweck des Daches voll zu wahren, unter der Schalung vorgesehen werden. Auf diese Weise werden auch Dachgebälk und Schalung ständig belüftet, was sowohl im Hinblick auf die Vermeidung von Trockenfäulnis als auch wegen der Abfuhr von Kondensaten, die aus von unten hereindringender Warmluft entstehen können, wichtig ist.

Feuchtigkeit, mit der im Bau immer zu rechnen ist, kann sowohl Betrieb und Lebensdauer der Anlage schädigen, als auch den Wärmeschutz als solchen stark verringern. Ohne möglichst genaue Kenntnis des Feuchtigkeitsgehaltes lässt sich daher über den praktischen Wärmeschutz nichts zuverlässiges errechnen.

Der Wassergehalt der Luft wird als relative Feuchtigkeit in Prozenten derjenigen Wassermenge angegeben, die sie bei der jeweiligen Temperatur bis zu ihrer Sättigung maximal aufnehmen könnte. Wenn also z. B. der Feuchtigkeitsmesser, bei einer mittlern Zimmertemperatur von 20° C, 50% relative Feuchtigkeit anzeigt, so heisst das, dass die Luft bei diesem Temperatur- und Barometerstand ohne jede Wasserabscheidung, bzw.

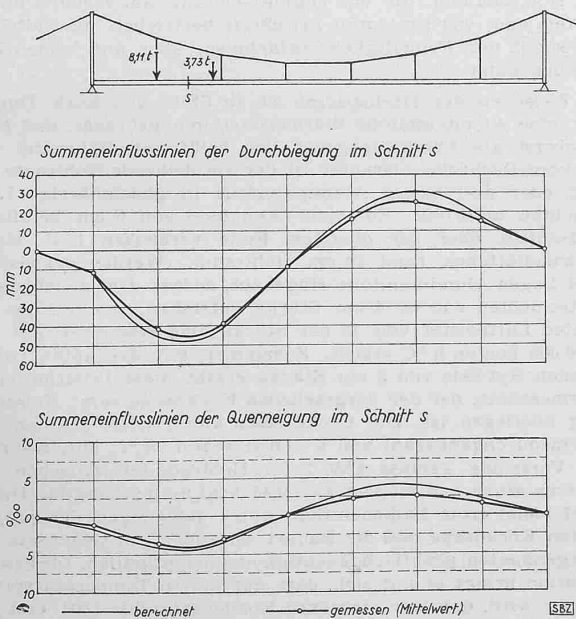


Abb. 3. Vergleich berechneter und gemessener Einflusslinien

Kondensatbildung, die doppelte Wassermenge aufnehmen könnte. Auf unsere Betrachtung zugeschnitten, kann man aber auch sagen, dass sich die Temperatur dieser Luft um 11,5° C senken dürfte, bevor Sättigung und dann Wasserausscheidung eintritt. Die Temperatur, bei der die Sättigung überschritten wird, d. h. Kondensation beginnt, entspricht dem *Taupunkt* der Luft.

In der Praxis wenig beachtet, aber im Bauwesen in porösen Körpern u. U. folgenswer, ist das Wandern der Feuchtigkeit mit dem Wärmestrom. Der Baustoff, der als Isolator wirkt, unterliegt einem Temperaturgefälle entsprechend der Innen- und Aussentemperatur. In seinen Poren kann sich deshalb durch den steten Wärmefluss nie eine völlige Sättigung des Luftinhaltes ausbilden, wie dies in einem gleichmässig temperierten Baustoff oder Raum der Fall ist. Bevor noch die mittlere Luftfeuchtigkeit den der Temperatur auf der warmen Seite der Pore entsprechenden Höchstbetrag erreicht, überschreitet sie den Sättigungswert für die kalte Seite, sodass dort Wasser ausgeschieden wird. Die Porenluft nimmt also eine mittlere relative Feuchtigkeit an, für die sich die Wasserverdunstung an der wärmeren und der Niederschlag an der kälteren Seite der Pore die Waage halten. Dieser Vorgang pflanzt sich im Sinne des Wärmestromes von Pore zu Pore fort; die Feuchtigkeit wandert von der wärmeren nach der kälteren Seite. Je nachdem nun ob die kalte Oberfläche der Wand verdunstungsfähig oder abgedichtet ist, wie etwa in Kühlräumen mit Fliesenbelag oder bei Dächern mit Kiesklebedach oder Blechhaut, ist die praktische Auswirkung dieses wichtigen Vorganges verschieden. Ist die kalte Plattenseite verdunstungsfähig, d. h. porös, so kann der Feuchtigkeitstransport weitergeführt werden und das Wasser wird an die kalte Umgebungsluft abgegeben. Liegt aber ein dichter Belag dazwischen, so verhindert er den Abtransport des Wassers und es entsteht mit der Zeit eine Feuchtigkeitsanreicherung. Die eingehenden Untersuchungen von J. S. Cammerer, wie auch anderer Forscher ermöglichen zuverlässige Vorausbestimmungen.

Es sollen nun an einem praktischen Beispiel die Verhältnisse näher dargestellt werden. In Abb. 1 ist eine Deckenkonstruktion dargestellt, bestehend aus: Holzschalung genütet 30 mm, Dachpappe, Kork 60 mm, dreifache Dachpappe gelebt, Kiesaufschüttung 4 cm, Sand aufschüttung 2 cm.

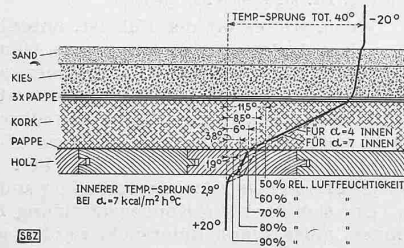


Abb. 1. Flachdach mit Korkisolierung

Entsprechend den Isolationseigenschaften der genannten Materialien ist in Abb. 1 der Temperaturverlauf in der Decke für einen Temperaturunterschied von 40° C zwischen Innen und Aussen errechnet und eingetragen. Dabei sind die Materialien als trocken angenommen. Sind sie durchfeuchtet, so ist ihre Wärmeleitfähigkeit bedeutend geringer, beispielsweise hat Kork bei nur 8 Volumprozenten Wasseraufnahme eine um das Doppelte erhöhte Wärmeleitfähigkeit. Diese geringeren Isolationseigenschaften bringen es mit sich, dass die Kurve im ganzen genommen im Kork steiler verläuft und in den angrenzenden Materialien flacher, d. h. der Taupunkt für eine bestimmte Luftfeuchtigkeit kann näher der Innenschalung liegen und damit die Gefahr der Durchfeuchtung entsprechend höher ausfallen.

In der Kurve sind gleichzeitig die Schnittpunkte für verschiedene relative Luftfeuchtigkeiten bei einer Lufttemperatur im Innern von 20° C eingetragen. Man sieht, dass bei einem inneren Wärmeübergangsfaktor von 7 kcal/m² h °C (ein Wert, wie er an normalen offenen Decken praktisch auftritt) schon von 70% relativer Luftfeuchtigkeit an unter der Dachpappe in der Holzschalung oder sogar unter der Schalung sich Feuchtigkeitsniederschläge bilden werden. Dabei ist nicht berücksichtigt, dass in *Ecken mit stagnierender Luft* der innere Wärmeübergangsfaktor kleiner ist und somit der innere Temperatursprung entsprechend grösser ausfällt. An derartigen Stellen ist schon von 60% relativer Luftfeuchtigkeit an mit Kondensatausscheidung in der Holzschalung oder unterhalb derselben an der sichtbaren Oberfläche zu rechnen. Werte von 60 und 70% relativer Luftfeuchtigkeit werden im vorliegenden Fall, wo es sich um eine Wäscherei mit dampfbeheizten Kesseln, Mangen usw. handelt, bestimmt weit überschritten. Es kann also mit Sicherheit angenommen werden, dass bei der vorgesehenen Isolation die Holzschalung stark durchfeuchtet und frühzeitig eine Zerstörung des Holzes eintreten wird.

Wenn auch die Dachpappe wenigstens anfänglich als luftdichter Belag zwischen Kork und Holzschalung wirkt, so wird sie im Laufe der Zeit in ihren Eigenschaften leiden, sie wird brüchig und dadurch entsprechend durchlässiger. Von diesem Zeitpunkt an wird sich die Feuchtigkeitswanderung in den Kork fortpflanzen und dann sind auch dort Schwierigkeiten zu erwarten; dies umso mehr als das Kiesklebedach, das darüber liegt, nicht als verdunstungsfähig anzusprechen ist. Im Lauf der Zeit wird daher eine erhebliche Feuchtigkeit im Inneren des Korkes vorhanden sein. Diese Feuchtigkeitskonzentration bedeutet aber nicht nur ein entsprechend grösseres Wärmetransportvermögen, d. h. eine Verschlechterung der Wärmeisolationseigenschaft, sondern sie schafft auch die Voraussetzung für Fäulnisbildung und Quellung.

Nach dieser Erörterung der Feuchtigkeitswanderung und ihrem Zusammenhang mit der Isolation dürften die nachstehend aufgeführten Vorschläge verständlich sein.

Als Erstes wurde untersucht, ob nicht der Kork samt der Holzschalung und der dazwischenliegenden Dachpappe vorteilhaft durch Bauplatten zu ersetzen wäre. Diese Lösung wäre aber abwegig, indem sie den geschilderten Feuchtigkeitswanderungen von der warmen Seite her Tür und Tor öffnete, ohne dass auf der kalten Seite irgend eine Verdunstungsmöglichkeit geschaffen ist. Eine solche Decke dürfte für den vorliegenden Fall eines Wäschereidaches innert weniger Jahre abbruchreif werden. Eine gewisse Verbesserung könnte immerhin auch hier durch einen absolut dichten Ueberzug auf der wärmeren Seite erzielt werden. Dieser ist jedoch mit irgendeinem Putz nicht zu erreichen, es müsste vielmehr ein Metallfolien- oder ein starker Bitumbelag vorgesehen werden. Bauplatten (wie Durisol, Gipsdielen, Standardplatten usw.) halten aber auch in ihren Isolationseigenschaften den Vergleich mit Kork nicht aus.

Ein Vorschlag, der auf die eingangs erwähnten Grundsätze Rücksicht nimmt und versucht, sie möglichst weitgehend zu ver-

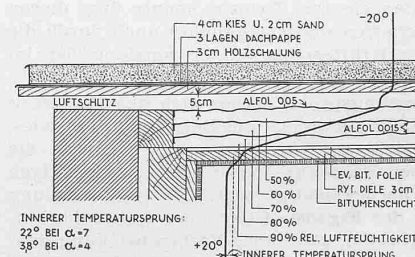
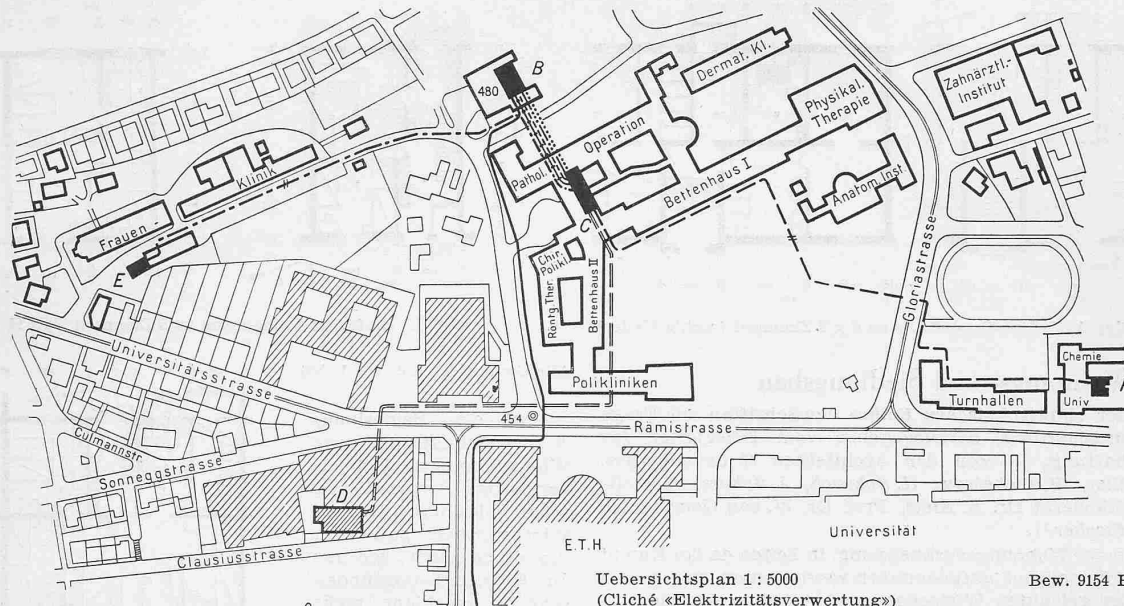


Abb. 2. Alfol-Isolierung mit Luftschlitz

werten, ist in der Abb. 2 wiedergegeben. Bisher war das Dach gemäss Abb. 1 auf Holzsparren zu lagern; diese Balken waren sichtbar und somit der Durchfeuchtung unterworfen. Nun wird über den Sparren eine Holzschalung mit dem gewünschten Kiesklebedach angeordnet. Diese Schalung kann selbstverständlich auch ohne weiteres durch eine Bauplatte irgendwelcher Art, sofern sie nur den statischen Forderungen genügt, ersetzt werden. Unter der Holzschalung selbst ist eine Belüftung vorgesehen, die die Forderung, dass die kalte Seite verdunstungsfähig sein soll, erfüllt. Balkengerippe und Holzschalung, die der Durchfeuchtung am meisten unterworfen sind, werden durch Frischluft bestrichen, die kälter ist und somit nur Feuchtigkeit aufnehmen, aber auf keinen Fall abgeben kann.

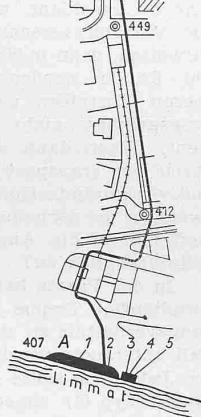
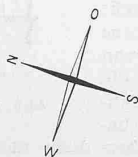
Zwischen den Dachsparren ist an Stelle von Kork, Durisol usw. eine Aluminiumfolie-Wärmeisolation angebracht, und zwar zu oberst als Abschluss gegen den belüfteten Hohlraum eine stärkere Deckfolie. Darunter ist der verbleibende Hohlraum mit zwei oder drei Lagen Aluminiumfolie in gleichmässige Luftschichten unterteilt. Bei einer Annahme von 5 cm belüfteter Luftschicht über der obersten Folie verbleiben inkl. einem Schwundlätchen rund 12 cm Hohlraum. Werden dazwischen zwei Lagen Aluminiumfolie eingebaut, sodass drei gleich starke Luftschichten von rd. 4 cm Stärke entstehen, so wird im gesamten Luftpolster von 12 cm Stärke eine Wärmeleitfähigkeit von rd. 0,065 kcal/m h °C erzielt. Zusammen mit der unten vorgesehenen Ryfdiele von 3 cm Stärke ergibt diese Isolation einen Wärmeschutz, der der vorgesehenen Korkdecke samt Holzschalung überlegen ist. Die Decke nach Abb. 1 weist nämlich eine Wärmedurchgangszahl von $k = 0,51$ kcal/m² h °C auf, während der Vorschlag gemäss Abb. 2 im Hohlraumteil zwischen den Sparren einen k -Wert von $k = 0,45$ kcal/m² h °C ergibt. Dieser Wert bleibt trotz Balkeneinfluss unter demjenigen der projektierten Korkdecke und die Bauart ist zudem im Gegensatz zur letztgenannten, praktisch feuchtigkeitsunempfindlich. Die bessere Isolation bringt es mit sich, dass der innere Temperatursprung kleiner wird, d. h. der sichtbare Kondensatanfall tritt erst bei höherer relativer Luftfeuchtigkeit ein.



Übersichtsplan 1: 5000
(Cliché «Elektrizitätsverwertung»)

Bew. 9154 BRB 3. X. 39

A Verdampferanlage der Wärmepumpe; — Wärmeträger; B Kompressoranlage; C Wärmeverteilung; D FHK der E.T.H. E Spitzenwerk der Frauenklinik; F desgl. Universität



Ryf-Dielen, d. h. Gipsdielen mit Bitumüberzug, genügen der Forderung des luftdichten Abschlusses auf der warmen Seite. Noch vorteilhafter wäre es, zwischen Deckenbalken und Ryf-Diele eine bitumierte Aluminiumfolie, die als luftdichter Belag angesprochen werden kann, vorzusehen. Damit erzielt man eine gute Dichtung auf der warmen Seite, d. h. die Luftfeuchtigkeit kann nicht mehr durch ihre Porenwanderung in die Decke selbst eindringen.

Eine einwandfreie Dichtung bringt zwangläufig bei ungenügender Isolation eine frühzeitiger sichtbare Kondensatbildung an der Innendecke. Je stärker aber die Isolierung bemessen ist, desto geringer wird der innere Temperatursprung, d. h., desto kleiner wird das Temperaturgefälle von der Raumlufttemperatur bis zur Bitumenschicht, und damit tritt automatisch auch die Gefahr von Kondensatausscheidungen erst bei sehr hohen Luftfeuchtigkeiten auf.

Eine Verstärkung der Isolation durch Einbau von mehreren Lagen Aluminiumfolie ist relativ billiger und einfach. Aluminiumfolien sind praktisch gewichtslos und erlauben u. U. schwächer bemessene Deckenkonstruktionen. Die vorliegenden Ausführungen gelten, sinngemäss angewendet, auch bei Böden und Wänden in Kühlräumen, Küchen usw.

Das Projekt der Wärmepumpenanlage des neuen Kantonspitals Zürich

Die guten Erfahrungen mit den Versuchsanlagen einer Wärmepumpenheizung im Rathaus Zürich¹⁾ und einer Strahlungsheizung im Technikum Winterthur lassen die Anwendung beider Systeme beim grossen Neubau des Kantonspitals als gegeben erscheinen. Die genauere Untersuchung der Betriebsverhältnisse liess erkennen, dass jedoch nur für einen kleinern Teil der Gesamtleistung die Wärmepumpe wirtschaftlich gerechtfertigt und ebenso nur für einen Teil der Bauten die Strahlungsheizung tragbar ist. Auch vom Standpunkte der Betriebssicherheit aus betrachtet, kann nur der gemischte Betrieb befürwortet werden. Bei grosser Kälte besteht die Gefahr des Einfrierens von Teilen der Wärmepumpenanlage, also eine kurzfristige Störung, der eine nur durch die Stromzufuhr gefährdete, sonst sichere Betriebsmittelversorgung gegenübersteht. Beim Feuerungsbetrieb steht einer grossen Sicherheit der Betriebsbereitschaft eine weniger grosse, heute sogar ge-

ringe Sicherheit in der Brennstoffversorgung gegenüber. Weitere Gründe für gemischten Betrieb sind die im Spitalbetrieb vorhandenen hochtemperierten Verbraucher: Warmwasser, Küche, Desinfektion und Sterilisation u. a. m., die das ganze Jahr über nahezu gleichmässige Ansprüche aufweisen und die wegen der hohen Temperaturgefälle sehr kostspielige mehrstufige Wärmepumpenanlagen verursachen würden. Dazu kommt ausgesprochener Spitzencharakter der Häufigkeitskurve unseres Raumwärmebedarfs. Die wenigen Tage höheren Bedarfs, die wenigen Stunden des Höchstbedarfs lassen uns einfachste, stark überlastungsfähige Wärmeerzeuger wirtschaftlich gerechtfertigt erscheinen. So sind denn auch alle bisherigen Wärmepumpenanlagen Grundlastwerke, zum Unterschied der gleichzeitig vorhandenen befeuerten Zusatzwerke.

Da Wärmepumpen umso günstiger arbeiten, je geringer das zu überwindende Temperaturgefälle ist, sind niedere Heizwassertemperaturen eine wichtige Voraussetzung. In idealer Weise passt sich dieser Forderung die Strahlungsheizung mit höchstens 50° Heizwassertemperatur an; aber auch die Radiatoren- und die Luftheizungen können bei Vergrösserung der Heizfläche mit niedrigerer Temperatur auskommen. Nur sind hier häufiger Grenzen gesetzt durch Platzmangel, Anlage- oder Umbaukostenverteuerung, sodass, wie bei Warmwasserbereitung, die oberen Stufen besser dem Feuerungsbetrieb überlassen werden. Weitere Überlegungen betrafen die Zusammenfassung oder Aufteilung der Anlagen. Sie zeigten, dass Anlagen mit hohem Wirkungsgrad und hohen Anschaffungskosten mit Vorteil in zentralisierten Spitzenwerken, solche mit niedrigem Wirkungsgrad und niedrigen Erstellungskosten besser dezentralisiert werden, wobei jedoch zentrale Steuerung wünschbar ist. Durch geschickten Lastausgleich (Betriebsfahrplan) können Leistungsspitzen gebrochen und die Sicherheit erhöht werden. Vorstehende Erwägungen haben zur Disposition nach obigem Plan geführt.

Die Kondensatorleistung beträgt 5,5 Mio kcal/h bei 1,5° C Flusswassertemperatur und 60° Heizwasser-Vorlauftemperatur; die Fernleitung misst 750 m. Die Kompressorgruppe im Küchengebäude des Spitalareals hat 2450 kW Antriebsleistung. Die endgültige Verteilung des Heizwassers besorgen Pumpengruppen in einer im Hauptgebäude untergebrachten Hauptverteilung. Der Wärmebedarf höherer Stufe im Betrage von 8 Mio kcal/h als Dampf oder Heisswasser liefert das Fernheizkraftwerk der E.T.H. als erstes Zusatzwerk. Weitere Zusatz- oder Spitzenwerke mit teilweise bestehenden, überlastbaren Kesselanlagen sind vorgesehen: in der Frauenklinik (6 bis 8 Mio kcal/h) und im Chemiegebäude der Universität (4 bis 8 Mio kcal/h). Bei Ausfall eines Werkes können die verbleibenden den Ausfall in jeder benötigten Form decken. Die maximale Gesamtwärmeleistung ist 19,5 Mio kcal/h und jährlich 31500 Mio kcal/h, wovon die Wärmepumpen rd. 2/3 decken. Der noch verbleibende Brennstoffbedarf ist 1850 t, gegenüber 6300 t ohne Wärmepumpe. Nähere Angaben, insbesondere auch das Wärmemengen- und Leistungsdiagramm, sind einem ausführlichen Bericht von M. Egli in der «Elektrizitätsverwertung» 1943, Nr. 7 bis 9, S. 155 bis 162 zu entnehmen.

¹⁾ Vgl. den Bericht von M. Egli auf Seite 87* dieses Bandes.