



Vermeidung von Tauwasserschäden und Wärmebrückenwirkungen durch Computereinsatz.

– Das PC-Programm STAT2D –

Ausgangslage

Experimentelle Untersuchungen werden auf allen Gebieten immer mehr durch rechnerische Analysen und Computersimulationen ersetzt. Außer der damit verbundenen Kosten- und Zeitersparnis können bereits im Projektstadium mit geringem Aufwand Parametervariationen und Optimierungen einer Konstruktion vorgenommen werden. Bisher waren Berechnungen zur Beurteilung des Wärmeschutzes komplizierter Baukonstruktionen (Energieverluste, Temperaturen, Risiko von Tauwasserschäden, Vermeidung von teuren Folgeschäden) eine Domäne von Großrechern oder Workstations und meist Universitäten und wissenschaftlichen Instituten vorbehalten.

Das PC-Programm STAT2D

Mit dem für stationäre Randbedingungen in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) entwickelten Borland-Pascal-7.0-Finite-Differenzen-Programm STAT2D erhält nun der Praktiker ein Instrument, um geometrisch komplizierte, zweidimensionale Wärmeschutzprobleme auch auf einem PC mit 16MB-Hauptspeicher lösen zu können. Die Berechnung von bis zu 64 000 Unbekannten und die Berücksichtigung temperaturabhängiger Wärmeleitfähigkeiten ist möglich. Es werden Dreieckselemente ($\angle \leq 90^\circ$) und Rechteckelemente mit Knotenpunkten in den Ecken verwendet. Zur Generierung der Eingabedaten kann bei Benutzung von Rechteckelementen AutoCAD eingesetzt werden. Es braucht nur die physikalische Grobstruktur vorgegeben zu werden. Abbruchkriterium für die automatische Elementverfeinerung sind die maximalen Knotentemperaturdifferenzen zwischen den Verfeinerungsstufen, z.B. < 0.1 K. Das in jeder Verfeinerungsstufe zur Gleichungsauflösung eingesetzte Iterationsverfahren liefert auch bei sehr unterschiedlichen Schicht-

stärken und Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe verlässliche Resultate. Ein Algorithmus zur automatischen Berücksichtigung rechteckiger Hohlräume ist integriert. Punktförmige Einzelwärmestromeinspeisungen oder flächenbezogene Wärmestromeinspeisungen sind erfaßbar. Eine normierte Darstellung erlaubt bei Verwendung von Rechteckelementen, unterschiedliche Schichtdicken gleichgroß darzustellen. Im Dialog können - auch in Teilbereichen - Isothermen und Wärmeübergangswärmeströme bestimmt werden, Knoten mit Temperaturwerten oder Knotennummern beschriftet sowie Informationen über die Knotenpunkte erhalten werden. Die Ergebnisse werden numerisch auf ein Ausgabefile oder in Form von hochauflösenden Farb-/SW-Graphiken (PS, PCL, PCX) ausgegeben. Das Programm ist auch als MS-DOS-Anwendung unter Windows lauffähig. So kann der Anwender die erzeugten Graphiken in andere Anwendungen übernehmen. Für das Programm gibt es eine Fülle von praktischen Anwendungsbeispielen [1].

Oberflächentauwasser und Wärmebrücken

Einen Schwerpunkt der Fachdiskussionen der letzten Jahre und ein Dauerthema für die Veröffentlichungen und Gutachten stellt das Problem des Oberflächentauwassers bei stoff- und geometriebedingten Wärmebrücken dar. Unter den von Oberflächenkondensation betroffenen Konstruktionen haben sich Außenwinkel und Außenecken als besonders anfällig erwiesen [2]. Verantwortlich für die hier auftretenden schweren Feuchteschäden mit ihren Folgeschäden wie Stockflecken, Schimmelbefall und Geruchsbelästigungen ist oft ein fehlerhaftes Heizungs- und Lüftungsverhalten der Mieter.

Anwendungsbeispiel

Aus diesem Problemkreis von Wärmebrückenwirkungen im Bereich der Außenwände stammt das folgende Beispiel. Es handelt sich um ein Schlafzimmer, in dessen Eckbereich nahe dem Fußboden und unter der Decke zwischen Außenwand/Straße und Außenwand/Balkon Schimmelbefall auftrat. Beidseits des Schlafzimmers befinden sich eingebaute Balkone, so daß für den vorderen Teil der Trennwände auf der Außenseite Außenlufttemperaturen herrschten. Die Außenwandkonstruktion bestand aus beidseits verputztem Leichtziegel-Mauerwerk (HLZ). Abb. 1 zeigt die Aufteilung der zu beurteilenden Konstruktion in Rechteckelemente. Bei Netzverfeinerung auf 11540 Knoten und den Randbedingungen $\vartheta_{La} = -15^\circ\text{C}$ / $\vartheta_{Li} = 20^\circ\text{C}$, $\alpha_a = 23$ / $\alpha_i = 6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ergibt sich in Knoten 41 eine minimale Innenoberflächentemperatur von 9.81°C . Die kritische relative Luftfeuchte liegt hier nach DIN 4108 Teil 5 bei $\geq 50\%$. Die Schimmelpilzbildung ist darauf zurückzuführen, daß im Schlafzimmer Wäsche aufgehängt worden war und in den Eckbereichen noch kleinere Temperaturen auftreten [2]. Abb. 2 zeigt den Isothermenverlauf für einen Ausschnitt des Eckbereichs (Rechenzeit 187 s, Pentium 120-Prozessor).

Dr.-Ing. Reinald Rudolphi,
Bundesanstalt für Material-
forschung und -prüfung, Berlin
Dipl.-Ing. Boris Kownatzki,
Mitarbeiter des Ingenieurbüros
für Bauphysik Axel C. Rahn, Berlin

[1] Rudolphi, R.; Kownatzki, B.: PC-Computersimulation von Tauwasserschäden und Wärmebrückenwirkungen mit Dreiecks- und Rechteckelementen auf Diskette.

Teil 1: wksb 40, Neue Folgen (1995), H. 36, S. 35-42.

Teil 2: wksb 41 (Juni 1996), H. 37, Titelbild (Schornstein-Wand-Konstruktion) u. S. 2-11

[2] Kasper, F.J.; Müller, R.; Rudolphi, R.: Numerische Untersuchungen zum Tauwasserrisiko von Mauerwerksaußenwinkeln und Ecken in Gebäuden. Schadenprisma (17) 1988, Nr. 3, S. 43-52, Nr. 4, S. 53-59

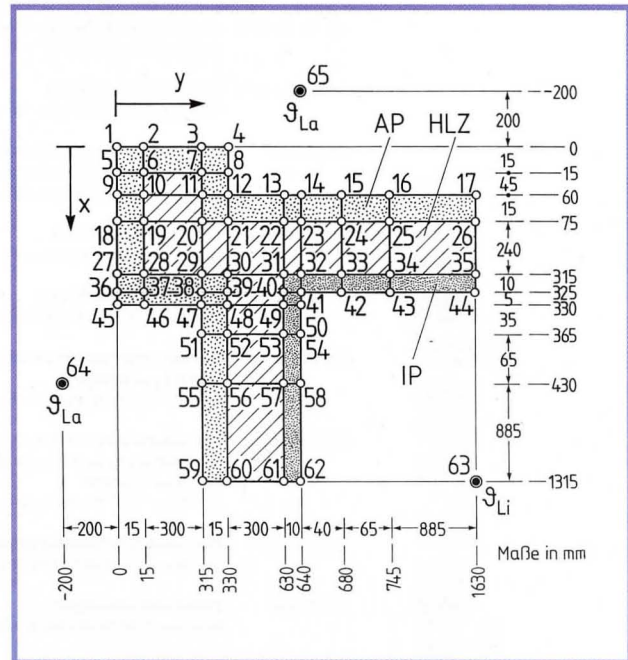
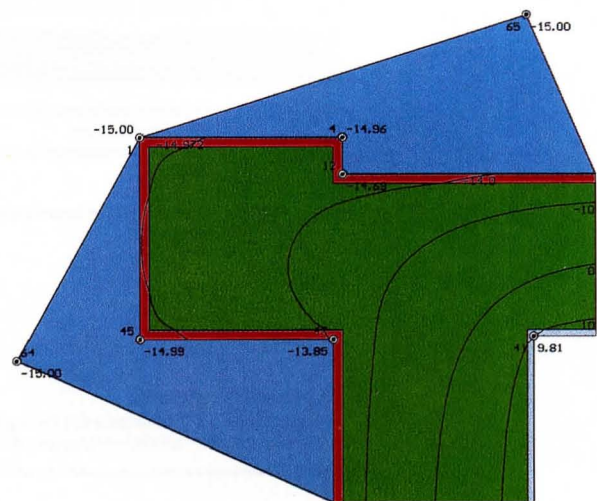


Abb. 1: Zweidimensionale 65-Knoten-Elementen-Grobaufteilung des Eckbereichs



Eckbereich 65 Knoten, WUE-Streckenzüge, WL 4E-EL, Eckb65.DAT

K = »1, NKN = 11540, X = 0.000000 m, Y = 0.000000 m, T = -15.00 °C

2, Wärmeübergang, Außen	→ AL = 23.00 W/(m²K)
3, Innenputz	RHO = 1400 → LA = 0.700 W/(m K)
4, Leichthochlochziegel Poroton	RHO = 800 → LA = 0.340 W/(m K)
5, Außenputz	RHO = 1800 → LA = 0.870 W/(m K)

Abb. 2 Isothermenverlauf eines Eckbereichsausschnitts in maßstäblicher Darstellung bei feiner Unterteilung (NKN = 11 540)