

Dipl.-Ing. (FH) Gabriele Tengler

Dipl.-Phys. Norbert Sack

ift Rosenheim

ift Rosenheim – 50 Jahre im Dienst der Branche

Teil 8 (Zeitfenster 2001 bis 2005): Hochwärmedämmende und energieeffiziente Bauelemente

Das Institut für Fenstertechnik e.V. (ift Rosenheim) feiert 2016 sein 50-jähriges Bestehen. Unter dem Motto „ift Rosenheim – 50 Jahre im Dienst der Branche“ wird in einer 10-teiligen Fachartikelserie die technische Entwicklung vorgestellt. Die einzelnen Beiträge beziehen sich auf Zeitfenster von 5 Jahren ab der Institutsgründung. Sie ermöglichen einen kurzen Blick ins „damalige“ Zeitgeschehen, greifen als Schwerpunkt ein wegweisendes Forschungsprojekt aus diesem Zeitfenster auf, erläutern kurz Ziele, Inhalte sowie Ergebnisse und veranschaulichen dann die weitere Entwicklung sowie deren Auswirkungen auf die Branche und den aktuellen Stand der Technik.

1 Bedeutende Ereignisse (2001 bis 2005)

Das einschneidendste Datum während der ersten fünf Jahre im neuen Jahrtausend ist sicherlich der 11. September 2001. Bei Terroranschlägen auf das World Trade Center in New York und das Pentagon in Washington kommen rund 3000 Menschen ums Leben. Dies führt weltweit zu politischen Veränderungen. Weiter werden diese Jahre durch viele Naturkatastrophen in trauriger Erinnerung bleiben. Ein Tsunami im Indischen Ozean fordert 230.000 Menschenleben, ein Erdbeben in Pakistan und Indien fast 90.000. Etliche Hurrikans in Amerika töten mehrere tausend Menschen und verwüsten weite Landstriche. Weiter begleiten Kriege wie in Israel, Afghanistan und im Irak das Weltgeschehen. Eine neue Qualität erzielen die digitalen Medien und deren Nutzung. Die Online-Enzyklopädie Wikipedia geht an den Start.

Tabelle 1 Chronologische Auswahl an Ereignissen aus dem Zeitgeschehen (2001 bis 2005)

Jahr	Zeitgeschehen
2001	<ul style="list-style-type: none">– Die eingetragene Partnerschaft gleichgeschlechtlicher Partner wird in Deutschland rechtskräftig.– Die Bundeswehr bildet erstmals Frauen an der Waffe aus.– Die Terroranschläge vom 11. September in den USA verändern die Welt. In New York und Washington gibt es etwa 3000 Opfer.
2002	<ul style="list-style-type: none">– Der Euro wird in der EU offizielles Bargeld-Zahlungsmittel.– Die Jahrhundertflut der Elbe richtet Schäden in mehrstelliger Millionenhöhe an.– Während eines Amoklaufs am Gutenberg-Gymnasium in Erfurt sterben 17 Menschen.
2003	<ul style="list-style-type: none">– Nach erfolgreichem Weltraum-Aufenthalt kommen beim Absturz der US-Raumfähre Columbia über Texas alle sieben Besatzungsmitglieder ums Leben.– Der Irakkrieg oder dritte Golfkrieg beginnt mit dem Einmarsch des von den USA geführten Militärs im Irak am 9. April.– Die größte Hitzewelle in Europa seit der Temperaturlaufzeichnung fordert viele Opfer.
2004	<ul style="list-style-type: none">– Die EU nimmt 10 neue Staaten auf und wächst somit auf 25 Staaten an.– Bei einer Anschlagserie in Madrid am 11. März kommen 191 Menschen ums Leben, rund 1800 werden verletzt.– Der britische Schauspieler, Regisseur und Schriftsteller Sir Peter Ustinov stirbt im Alter von 82 Jahren.– Der einem schweren Erdbeben der Stärke 9,1 im Indischen Ozean folgende Tsunami fordert etwa 230.000 Menschenleben und verwüstet weite Küstenregionen.
2005	<ul style="list-style-type: none">– Angela Merkel wird als erste Frau in der Geschichte Deutschlands vom Bundestag zur Kanzlerin gewählt.– Nach fast 27-jährigem Pontifikat stirbt Papst Johannes Paul II. Nachfolger wird der Deutsche Kardinal Joseph Ratzinger als Papst Benedikt XVI.– In Amerika sterben bei verheerenden Hurrikans mehrere tausend Menschen.– Ein Erdbeben der Stärke 7,6 tötet in Pakistan und Indien etwa 88.000 Menschen

2 Hochwärmedämmende Fensterkonstruktionen

2.1 Aktuelle Situation zur Jahrtausendwende

Seit der ersten Ölkrise im Jahre 1973 haben sich die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz stetig erhöht. Die Wärmeschutzverordnung 95 [1] wird durch die erste Energieeinsparverordnung EnEV 2002 [2] abgelöst.

Die Ermittlung der wärmetechnischen Eigenschaften von Rahmen, Gläsern und Fenstern durch Messung wird mehr und mehr durch entsprechende numerische Berechnungen ersetzt. Die nationalen deutschen Normen zur Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten werden durch europäische Regelwerke ersetzt. Der U -Wert ersetzt den k -Wert. Im Jahr 2002 werden zeitgleich mit der Einführung der EnEV im Rahmen der Überarbeitung der DIN 4108-4 [3] die Rahmenmaterialgruppen durch detaillierte U_f -Werte abgelöst. Die

Veröffentlichung der wärmetechnischen Kenndaten von Rahmenprofilen und Wärmedämmgläsern im Bundesanzeiger, sog. BAZ-Werte, ist nicht mehr notwendig.

Das Passivhausinstitut in Darmstadt entwickelt Mitte der 1990er den Standard des Passivhauses. Damit wird die Entwicklung von hochwärmedämmenden Fensterkonstruktionen vorangetrieben. Diese bestehen aus wärmegeprägten Rahmenprofilen sowie 3-fach-Wärmedämmglas mit wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltern. Der Glaseinstand ist gegenüber konventionellen Rahmenprofilen erhöht. Neben den wärmetechnischen Eigenschaften des Fensters kommt auch der thermischen Optimierung der Einbausituation ein hoher Stellenwert zu.

2.2 Zielsetzung des Forschungsvorhabens Hochwärmedämmende Fenstersysteme: Untersuchung und Optimierung im eingebauten Zustand [4]

Insbesondere in Niedrigenergie- und Passivhäusern kommen vermehrt hochwärmedämmende Fenstersysteme zum Einsatz. Als Rahmenmaterialien findet man neben Holz und PVC vor allem PU, welches als Dämmstoff aber auch als tragendes Element eingesetzt wird. In Verbindung mit Dreischeiben-Isolierverglasungen sind mit diesen neuen Fensterkonstruktionen Wärmedurchgangskoeffizienten für das ganze Fenster von deutlich unter $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ machbar.

Durch die spürbar verbesserte Dämmung im Glas- und Rahmenbereich treten bisher weniger beachtete Wärmebrücken nun deutlich zum Vorschein. Wärmebrücken führen zu einem zu erhöhten Wärmeverlust, zum anderen kann abhängig vom Raumklima auch bei diesen hochgedämmten Konstruktionen Tauwasser auftreten.

Das Forschungsvorhaben sollte dazu dienen, hochdämmende Fensterkonstruktionen zu untersuchen. Folgende wärmetechnisch kritischen Bereiche sollten eingehend analysiert werden, wobei neben den wärmetechnischen Fragestellungen auch die Gebrauchstauglichkeit des Fensters im Vordergrund stand:

- Isolierglasrandverbund: Einsatz thermisch verbesserter Abstandhalter;
- Isolierglasrandverbund: Erhöhter Glaseinstand im Fensterrahmen zur Dämmung der Wärmebrücke Randverbund. Auswirkungen auf die Gebrauchstauglichkeit;
- Anschluss zum Baukörper: Heutige Bewertungsregeln für den Wärmedurchgang sowie Montagerichtlinien sind auf die neuen Fensterkonstruktionen und die hochgedämmten Wandaufbauten nur bedingt anwendbar.

2.3 Ergebnisse des Forschungsvorhabens

Wärmetechnische Analyse

Die U_W -Werte der im Rahmen des Projektes untersuchten Fenster wurden auf unterschiedliche Weisen (Berechnung, Messung) ermittelt. Es zeigt sich, dass die numerische Berechnung im Regelfall auf der sicheren Seite liegt. Wenn auch der Vergleich der Ergebnisse der numerischen Berechnungen der Rahmenprofile von unterschiedlichen „rechnenden Stellen“ (PHI und ift Rosenheim) eine gute Übereinstimmung liefert, so zeigt sich, dass bei der Berechnung viele Dinge besser definiert werden müssen. Als Hauptschwierigkeit zeigt sich oft die Ermittlung der Eingangskennwerte für die numerische Berechnung. Für die Ermittlung der Psi-Werte wird schon damals ein Ersatzmodell vorgeschlagen.

Tiefer Glaseinstand

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die thermisch induzierten Spannungen, bedingt durch einen tiefen Glaseinstand von Verglasungen in Verbindung mit hochwärmedämmenden Rahmen, zu keinem signifikant höheren Glasbruchrisiko führen als ein „normaler“ Glaseinstand von ca. 15 mm.

Gebrauchstauglichkeit

An den im Rahmen des Vorhabens untersuchten Holz-Dämmstoffverbundkanteln und an dem Kunststofffenstersystem wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurden Informationen gewonnen, die eine Aussage zur Gebrauchstauglichkeit der Fenster bei realen Belastungssituationen ermöglichten.

Als Ergebnis könnte festgehalten werden, dass sich die damaligen Fenstersysteme prinzipiell als gebrauchstauglich einstufen ließen. Es gab trotzdem einige Bereiche, die einer Optimierung bedurften, um die Gefahr einer Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit dauerhaft zu minimieren.



Bild 1 Im Rahmen des Forschungsvorhabens festgestellte Verformung von Decklagen, links mit radialer Jahrringlage, rechts mit weitgehend tangentialer Jahrringlage raumseitig [4]

ift-Forschungsprojekte von 2001 bis 2005

- 2001** Untersuchung des Einflusses von unterschiedlichen Sprossenkonstruktionen auf den Wärmedurchgang von Fenstern
- 2001** Innovative Rahmenverbindungen für Holzfenster
- 2001** Grundlagenuntersuchungen zum Stoßstellendämm-Maß im Holzbau
- 2001** Entwicklung einer Referenzmethode zur kalorimetrischen Bestimmung des Gesamtenergiedurchlassgrades von transparenten und transluzenten Bauteilen
- 2002** Schalllängsdämmung im Mehrgeschoss-Holzbau
- 2002** Einbruchhemmende Abschlüsse bei Holztafelwänden
- 2002** Holzfenster der Zukunft
- 2003** Beschichtungssystem auf Holz mit Selbstreinigungseffekt
- 2003** Hochwärmedämmende Fenstersysteme: Untersuchungen und Optimierungen im eingebauten Zustand (HIWIN)
- 2005** Integrale Bewertung innovativer Gebäudehüllen (IBIG)

3 Weitere Entwicklung

Während bis zu den 90er-Jahren vereinfachte pragmatische Ansätze wie z. B. die Verwendung von Rahmenmaterialgruppen ausreichen, wird durch die Einführung der europäischen Berechnungsnormen zur Jahrtausendwende die U -Wert-Olympiade verstärkt. So ermöglicht die Rechenorm EN ISO 10077-2 [5] die Ermittlung des U -Werts von Rahmenprofilen durch numerische Simulation. Während europaweit nur wenige Stellen in der Lage waren, den U -Wert bzw. auch den k -Wert durch Messung zu ermitteln, hat sich durch die sogar teilweise kostenlose Verfügbarkeit von Software zur Berechnung der wärmetechnischen Eigenschaften von Fenstern in den 2000er-Jahren die Anzahl von „Simulanten“ sehr schnell erhöht. Durch die Verwendung unterschiedlicher Software als auch den unterschiedlichen Ausbildungsstand der rechnenden Personen gab es starke Abweichungen (zumindest aus der Sicht der Marketingfachleute) bei den Resultaten aus der Berechnung.

Dies führte zu mehreren Forschungsvorhaben, die sich mit der Thematik auseinandersetzen. So wurden beispielsweise in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Warme Kante des Bundesverbands Flachglases (BF) mehrere Forschungsvorhaben zur Ermittlung des linearen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ durchgeführt [6, 7, 8]. Ziel der Arbeiten war es, Ψ -Werte zu ermitteln, die einen „fairen“ Vergleich der Leistungseigenschaften ermöglichen, und zum anderen Berechnungs- und Anwendungsregeln zu finden, die eine Verwendbarkeit der berechneten Ψ -Werte für einen großen Produktbereich ermöglichen. Letztendlich sind aus diesen Forschungsvorhaben mehrere ift-Richtlinien entstanden, die die Ermittlung von repräsentativen Ψ -Werten sowohl für Fenster als auch für Fassaden

erlauben [9, 10, 11]. Die entsprechenden Werte werden in zugehörigen Datenblättern des BF publiziert.



Bild 2 ift-Richtlinie WA-08/3 „Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter, Teil 1“ [9] (links) und „Datenblatt Psi-Werte Fenster“ des Arbeitskreises „Warme Kante“ im BF

4 Aktueller Sachstand

Dreifach-Wärmedämmgläser haben sich in Deutschland mittlerweile mehr und mehr durchgesetzt. Nach Informationen des Bundesverbands Flachglas [12] liegt der Anteil von Dreifach-Glas in 2015 bei fast 60 %. Ebenso hat sich in Verbindung mit hochwärmedämmenden Verglasungen der Einsatz von wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltern etabliert. Die Quote am Gesamtmarkt liegt hier in 2015 bei leicht über 60 %.

Auch durch die Verbesserung der Wärmedämmung der Rahmenprofile sind Fenster mit einem Gesamt- U -Wert von deutlich unter $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ schon seit langem keine Exoten mehr. Jedoch beschränkt sich die Energieeffizienz eines Fensters nicht nur auf die reinen Wärmeverluste, ausgedrückt durch den Wärmedurchgangskoeffizienten. Vielmehr wird die Energieeffizienz eines Fensters durch die Bilanzierung von Wärmeverlusten (Wärmedurchgang U und Luftdichtheit) und (solaren) Wärmegewinnen (g -Wert) bestimmt. Diese Notwendigkeit wurde zuletzt in einer Studie der europäischen Kommission im Rahmen von Analysen zur Ökodesign-Richtlinie dargestellt. Die Berichte hierzu sind zu finden unter www.ecodesign-windows.eu.

Zur Erinnerung: Im Rahmen der Wärmeschutzverordnung existierte bereits eine identische Bilanzierungskenngröße, der sog. äquivalente k -Wert – eine sinnvolle Kenngröße, die damals leider den Einzug in die EnEV nicht geschafft hat.

Neben der Darstellung der Energieeffizienz in Bilanzkennwerten, das wäre heute wohl ein U_{eq} -Wert, wurde auch in den letzten Jahren verstärkt die Einführung eines Energy-Labels für Fenster diskutiert. In den letzten Jahren sind freiwillige nationale Label in Europa wie die Pilze aus dem Boden geschossen. Im Jahr 2015 waren es immerhin 13 unterschiedliche Systeme. Eine Vereinheitlichung wäre unter dem Motto „Eine Prüfung für Europa“ sinnvoll. Das ift Rosenheim hat hierzu einen Vorschlag erarbeitet. Unter <http://www.ift-service.de/energy/index.faces> kann kostenlos ein Label erstellt werden.

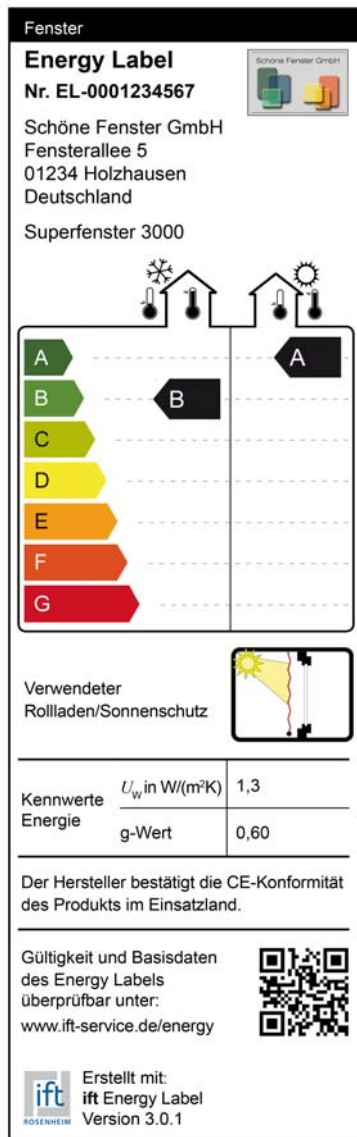


Bild 3 Energy-Label des ift Rosenheim

Neben der Energieeffizienz für den Winter (Heizfall) wird auf dem Label auch der Sommer (Kühlfall) dargestellt. Dies ist für einen europäischen Ansatz essentiell, da insbesondere in Südeuropa der Energieverbrauch für das Kühlen von Gebäuden deutlich höher sein kann als der für die Beheizung.

Durch die Steigerung der Energieeffizienz von Fenstern sowie anderen Komponenten der Gebäudehülle treten aber auch Fragestellungen bzw. Probleme auf, die es vorher nicht gab. So wurden zur Verringerung der Transmissionswärmeverluste über Außenwände in den letzten Jahren Ziegel mit hochwärmedämmenden Eigenschaften entwickelt. Die Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit der Mauersteine erfolgt hierbei zum einen durch eine Erhöhung der Lochreihenzahl, geringere Stegdicken und geringere Scherbenrohdichten; zum anderen wurden Lochbilder entwickelt, deren Wärmeleitfähigkeit durch Füllung der Lochungen mit Dämmstoffen reduziert wurde. Gleichzeitig sind durch gestiegene Anforderungen im Wärmeschutz, in der Sicherheitstechnik sowie in der Bauakustik Fenster schwerer und größer geworden. Die Befestigung von Fenstern und Fenstertüren in hochwärmedämmendem Mauerwerk wird durch die gleichzeitige Verringerung der mechanischen Festigkeiten der Steine zunehmend schwieriger. Aktuell führt das ift Rosenheim hierzu zwei Forschungsvorhaben durch [13, 14].

5 Zusammenfassung

Die Energieeinsparung hat die Entwicklung der Fenster sicher mit am stärksten geprägt. Von den Ursprüngen bis zu heutigen Dreifachverglasungen und verbesserten Rahmenprofilen sind die neuen Techniken dynamisch gewachsen. Hintergrund ist vor allem der Druck, der durch entsprechende Verordnungen von Seiten des Gesetzgebers aufgebaut wurde. Eine reine U -Wert-Betrachtung ist allerdings zu kurzfristig. Das multifunktionale Fenster darf nicht nur anhand seiner Energiegewinne und -verluste beurteilt werden, sondern ist im Kontext zu sehen mit dem Gebäude, der Haustechnik und dem gesamten Energiemanagement.

Literatur

- [1] Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV) vom 16. August 1994
- [2] Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 16. November 2001
- [3] DIN V 4108-4:2002
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4 Wärme- und feuchtschutztechnische Bemessungswerte.
Beuth Verlag GmbH

- [4] Häusler, T.; Pfluger, R.; Sack, N.:
Hochwärmedämmende Fenstersysteme. Untersuchungen und Optimierungen im eingebauten Zustand (HIWIN).
Teilprojekt A: Wärmetechnische Untersuchungen.
Anhang zum Teilbericht A: Bauphysikalische Untersuchungen und Optimierung des Baukörperanschlusses.
Teilprojekt B: Untersuchungen zur Glasbruchgefahr durch erhöhten Glaseinstand.
Teilprojekt C: Untersuchungen zur allgemeinen Gebrauchstauglichkeit.
ift Rosenheim, 2003
- [5] EN ISO 10077-2
Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen.
Beuth Verlag GmbH
- [6] Forschungsvorhaben Warm Edge, Abschlussbericht.
ift Rosenheim, Juli 1999
- [7] Psi-Wert Fenster – Qualitätskriterien für die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ (Psi-Wert) des Übergangs Rahmen-Glasrand-Glas und Vergleich mit experimentellen Daten.
Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, April 2003.
Fraunhofer IRB Verlag, 2003, ISBN 3-8167-6526-2
- [8] Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit von wärmetechnisch verbesserten Abstandhaltern.
Forschungsbericht des ift Rosenheim, Dezember 2012, ISBN 978-3-86791-339-3
- [9] ift-Richtlinie WA-08/3
Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 1 Ermittlung des repräsentativen Ψ -Wertes für Fensterrahmenprofile.
ift Rosenheim, ISBN 978-3-38791-371-3
- [10] ift-Richtlinie WA-17/1
Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 2 Ermittlung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit durch Messung.
ift Rosenheim, ISBN 978-3-38791-324-9
- [11] ift-Richtlinie WA-22/2
Wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter – Teil 3 Ermittlung des repräsentativen Ψ -Wertes für Fassadenprofile.
ift Rosenheim, ISBN 978-3-86791-398-0
- [12] Flachglasmarkt Deutschland.
Produktion/Import/Export/Absatz 2013-2015 – Prognose 2016.
Bundesverband Flachglas
- [13] Erarbeitung eines Leitfadens zur Befestigung von Fenstern in hochwärmedämmendem Mauerwerk.
Gefördert durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau; Aktenzeichen SWD 10.08.18.7-13.27.
ift Rosenheim
- [14] Einbruchhemmung mit hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk – Analyse des Ist-Zustandes, Erarbeitung von Konstruktions- sowie Nachweiskriterien.
Gefördert durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau; Aktenzeichen SWD 10.08.18.7-16.14.
ift Rosenheim

Autoren



Dipl.-Ing. (FH) **Gabriele Tengler** ist stellvertretende Leiterin der Abteilung PR & Kommunikation und seit 1978 als Mitarbeiterin am ift Rosenheim tätig. Viele Jahre war sie zuständig für die Technische Auskunft und organisierte über 20 Jahre auch die Rosenheimer Fenstertage. Seit über 35 Jahren betreut sie die Pressearbeit des ift, um das erarbeitete Wissen zielgruppenorientiert und mediengerecht aufzubereiten und der Branche zur Verfügung zu stellen.



Dipl.-Phys. **Norbert Sack** ist Leiter der Abteilung Forschung und Entwicklung und seit 1995 am ift Rosenheim tätig. Er arbeitet in verschiedenen nationalen und internationalen Normenausschüssen und Sachverständigengremien mit und ist Lehrbeauftragter an der Hochschule Rosenheim.

Über das ift Rosenheim

Das ift Rosenheim ist eine europaweit notifizierte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle und international nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert. Im Mittelpunkt steht die praxisnahe, ganzheitliche und schnelle Prüfung und Bewertung aller Eigenschaften von Fenstern, Fassaden, Türen, Toren, Glas und Baustoffen. Ziel ist die nachhaltige Verbesserung von Produktqualität, Konstruktion und Technik sowie Normungsarbeit und Forschung. Die Zertifizierung durch das ift Rosenheim sichert eine europaweite Akzeptanz. Das ift ist der Wissensvermittlung verpflichtet und genießt als neutrale Institution deshalb bei den Medien einen besonderen Status – die Publikationen dokumentieren den aktuellen Stand der Technik.