



Low-e Beschichtungen: Softe Hülle für hohe Ansprüche



- ▶ **Low-e Beschichtung optimiert die wärmetechnischen Eigenschaften textiler Baustoffe**
- ▶ **Unterschiedliche Materialien können dauerhaft beschichtet werden**
- ▶ **Einstellung beliebiger Farbeindrücke ist möglich**
- ▶ **Einsatzmöglichkeiten auch im konventionellen Alt- und Neubau**

oben: Dachkonstruktion des Dresdner Hauptbahnhofes (transluzente PTFE-beschichtete Glasfasergewebe)
unten: New Bangkok International Airport (NBIA). Membranbahnen mit Low-e Eigenschaften senken den Energiebedarf für die Klimatisierung.

In letzter Zeit rücken neuartige leichte und flexible Konstruktionen aus Membranen in den Blickpunkt der Architekten. Sie erlauben beispielsweise Überdachungen großer Areale, bei denen durch Transparenz oder Transluzenz verstärkt Tageslicht genutzt werden kann, gleichzeitig aber keine direkte Blendung auftritt. Die dabei verwendeten Glas- oder Textilgewebe setzen eindrucksvolle optische Akzente, sie benötigen aber auch neue Konzepte, um den Energiebedarf von Gebäuden für die Beheizung und Klimatisierung zu optimieren. Hierbei helfen hoch entwickelte Materialien: Ausgestattet mit sogenannten Low-e Beschichtungen wirken sie für Wärmestrahlung wie ein Spiegel. Im Sommer reduzieren sie den Wärmeeintrag ins Gebäude und vermindern so die Kühllast. Im Winter reflektieren sie die Wärmeabstrahlung aus dem Innenraum und strahlen nur wenig Wärme nach außen ab.

Bei Verglasungen ist eine Low-e Beschichtung seit langem Standard und hat einen entscheidenden Anteil an der wärmetechnischen Qualität von Wärmeschutzgläsern. Die hauchdünnen Metallschichten werden auf die Innenseiten der Doppel- oder Dreifachverglasungen

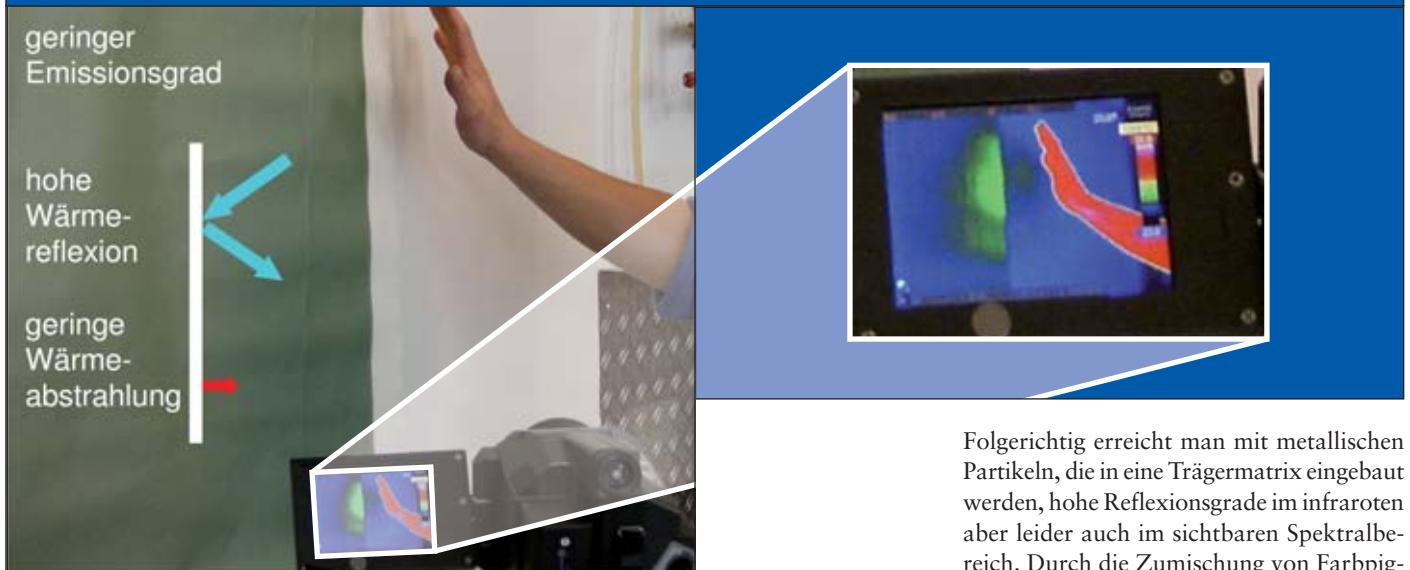
aufgedampft und sind dadurch optimal geschützt. Textile Werkstoffe müssen hingegen oftmals mechanischer Belastung und der Witterung standhalten. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an die Strapazierfähigkeit. Haltbare Beschichtungen sind zwar schon verfügbar, erreichten aber noch nicht die angestrebten Low-e Eigenschaften.

In einem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Forschungsprojekt entwickelte die TAG Composites & Carpets GmbH, gemeinsam mit Wissenschaftlern des ZAE Bayern, Beschichtungen, die mechanisch stabil unter Beibehaltung der Textur auf Gewebe aufgebracht werden können. Das Bauelement erhält die gewünschte Low-e Eigenschaft und kann mit beliebigen Farbwirkungen ausgestattet werden. Eine prototypische Großanlage demonstriert bereits die Marktreife des Verfahrens.

In begleitenden Studien untersuchten die Forscher verschiedene Einsatzmöglichkeiten in Alt- und Neubauten und prüften die bauphysikalischen Voraussetzungen und Limitierungen etwa bei einer Gebäudesanierung. Insgesamt ermittelten sie ein – abhängig von den letztendlich erreichbaren Produktionskosten – ermutigendes Marktpotenzial.

► Oberflächen veredeln

Abb. 2: Wärmeabstrahlung und -reflexion: der Emissionsgrad entscheidet



Materialeigenschaften

Die Lichtechtheit und Abriebfestigkeit verschiedener auf der Großanlage beschichteter Gewebe wurde entsprechend den DIN-Normen geprüft. Die Lichtechtheit erreicht auf der 8-stufigen Skala den Wert 7 (vorzüglich) mit Tendenz zur besten Lichtechtheit 8. Auch die Reibechtheit erwies sich als gut.

Eine beispielhafte Auswahl einiger realisierbarer Farbeindrücke mit den beschriebenen Low-e Eigenschaften ist aus Abb. 6 zu entnehmen, wobei auch weitere Farben und Abtönungen möglich sind. Neben den silbernen Low-e Geweben mit optimierten Werten können nun auch verschiedene Farben in unterschiedlichen Abstufungen hergestellt werden, deren Emissionsgrade jeweils um 0,3 liegen.

Das Spektrum der solaren Einstrahlung erstreckt sich vom ultravioletten über das sichtbare Licht bis zum nahen Infrarot, wobei etwa 45% der Einstrahlung im nahen

Infrarot liegen. Eine Oberfläche strahlt hingegen bei Raumtemperatur im mittleren bis fernen Infrarot. Ein Maß für das materialabhängige Abstrahlungsvermögen ist der Emissionsgrad. Er liegt bei üblichen Baustoffen ungefähr bei 0,9. Mit Low-e Beschichtungen gelingt es, den Emissionsgrad selektiv im Infrarotbereich zu senken. Dadurch vermindert sich die Wärmeabstrahlung und gleichzeitig steigt die Wärmereflexion. Dies lässt sich mit Hilfe einer Infrarot-Kamera anschaulich machen (Abb. 2). Die Körperwärme der Hand wird vom linken Gewebe mit Low-e Beschichtung deutlich stärker reflektiert als vom rechten Gewebe ohne Low-e Beschichtung.

Beschichtung: Metall- und Farbpigmente in einer PU-Trägermatrix

Physikalisch hängen die elektrische Leitfähigkeit eines Körpers und seine thermischen Strahlungseigenschaften eng zusammen.

Folgerichtig erreicht man mit metallischen Partikeln, die in eine Trägermatrix eingebaut werden, hohe Reflexionsgrade im infraroten aber leider auch im sichtbaren Spektralbereich. Durch die Zumischung von Farbpigmenten (Abb. 3, links) oder die Umhüllung mit Farbpigmenten (Abb. 3, rechts) kann der metallische Farbeindruck unterbunden und die gewünschte Farbe eingestellt werden. Die Forscher erzielten mit Aluminiumpartikeln Emissionsgrade ϵ von ca. 0,1 bei silbrigem Farbeindruck und etwa 0,3 bei beliebigem Farbeindruck.

Der gemessene spektrale Emissionsgrad ϵ_λ für zwei beschichtete Gewebe ist in Abb. 4 als Funktion der Wellenlänge im Bereich der Wärmestrahlung im Vergleich zu einem unbeschichteten Gewebe aufgetragen. Zusätzlich ist der daraus resultierende thermische Emissionsgrad ϵ mit angegeben. Während der Emissionsgrad des konventionellen unbeschichteten Gewebes 0,95 beträgt, kann dieser Wert durch eine Beschichtung mit beliebigem optischen Farbeindruck auf 0,3 und durch eine silberfarbene Beschichtung auf 0,1 wesentlich abgesenkt werden.

Abb. 3: Beschichtung: Metallpigmente in Trägermatrix

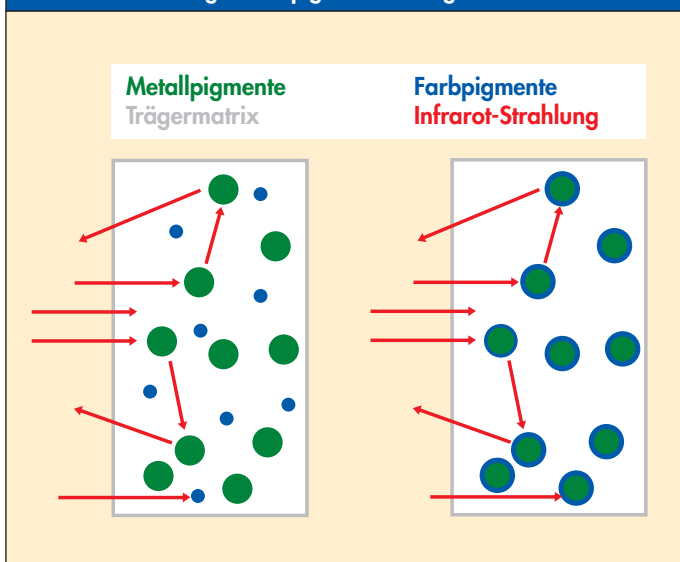
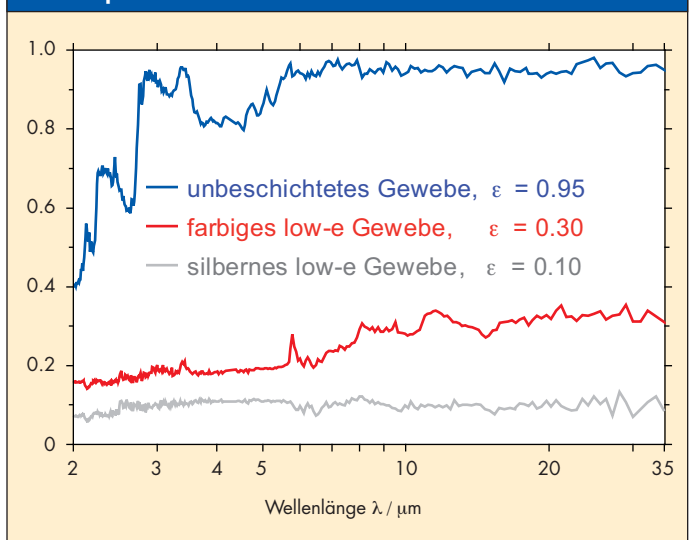


Abb. 4: Emissionsgrad unterschiedlicher Gewebe im infraroten Spektralbereich



► Beschichtungsverfahren

Als besonders geeignet für farbige, niedrig-emittierende Schichten erwiesen sich flache, plättchenförmige Aluminiumpartikel mit einem Durchmesser im Mikrometerbereich. Diese Partikel ließen sich, zusammen mit geeigneten Farbpigmenten, in Polyurethan gut suspendieren und per Rakeln auf Gewebe aufbringen. Mit einer prototypischen Großanlage werden jetzt Erfahrungen für die industrielle Produktion gesammelt (Abb. 5).

Abb. 6: Beschichtete Gewebe mit Low-e Eigenschaften

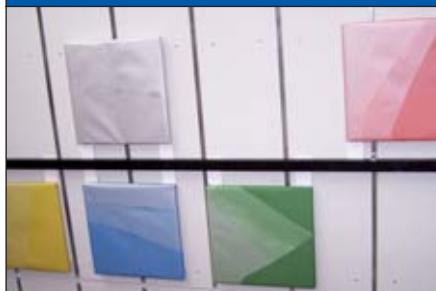


Abb. 5: Produktionsanlage



► Low-e in Alt- und Neubauten

Nicht nur für die „Textile Architektur“, sondern auch für konventionelle Alt- und Neubauten können Low-e Materialien künftig eine immer wichtigere Rolle spielen. Um das Marktpotenzial abschätzen zu können, wurden der Nutzen, aber auch die Limitierungen bei Alt- und Neubauten untersucht.

Altbauten

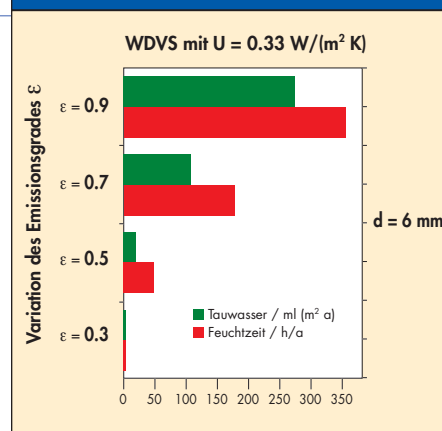
Die Low-e Beschichtung einer Wand auf der Innen- oder Außenseite senkt die entsprechenden Wärmeübergangskoeffizienten. Deren Einfluss auf den U-Wert wird um so stärker, je schlechter der Dämmstandard der Konstruktion ist. So kann bei einem Gewebe eine relative Absenkung des U-Wertes um 47% erreicht werden, bei einem typischen Altbau sind es 17% und bei gut gedämmten Neubauten lediglich 6%. Interessant erscheint die Möglichkeit, bei Altbauten mit relativ einfachen Mitteln recht große Effekte zu erzielen. Während eine Beschichtung der Fassade von außen unkritisch ist, sollte der Einsatz im Innenraum eines Altbaus jedoch sorgsam geplant werden. Zwar steigert die

Reflexion der Wärmestrahlung in den Raum das Behaglichkeitsempfinden, jedoch sinkt dadurch die Wandtemperatur. Bei schlecht gedämmten Wänden kann dies zu Taupunktunterschreitungen und damit zu Feuchtschäden führen. Nach den Berechnungen der Forscher sollte der Wärmedurchlasskoeffizient der Wand besser als $1.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ sein, um solche Probleme auszuschließen, was ungefähr einer 20 cm dicken Ziegelwand entspricht.

Neubauten

Naturgemäß sinkt der energetische Nutzen einer Low-e Fassade, je besser das Bauwerk gedämmt ist. Dennoch kann sie gerade bei Niedrigenergiehäusern sinnvoll sein: Bei gut gedämmten Gebäuden führt die Wärmeabstrahlung der Außenwand häufiger zu Taupunktunterschreitung, speziell in klaren kalten Nächten. Durch das Tauwasser kann es zu Algenbewuchs der Fassade kommen – die Fassade vergrünt. Eine Low-e Beschichtung vermindert den Strahlungsaustausch mit dem kalten Nachthimmel und reduziert den Tauwasserausfall erheb-

Abb. 7: Wandfeuchte und Feuchtezeit



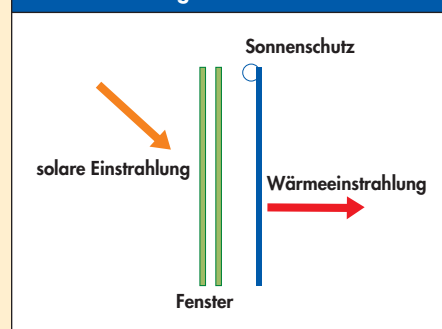
lich. Dadurch wird auch die Veralgung der Fassade verringert und Feuchtschäden können vermieden werden. Abb. 7 zeigt die Tauwassermenge und die Feuchtezeit einer Wärmedämmverbund-Fassade in Abhängigkeit vom Emissionsgrad. Mit einem Emissionsgrad von unter 0.3 erreicht man eine drastische Verringerung des Tauwasserausfalls.

Flughafen Bangkok

Der neue Flughafen in Bangkok (Abb. 1) ist bisher das einzige Gebäude, bei dem Low-e beschichtete Gewebe zum Einsatz kamen. Er zeichnet sich durch eine moderne Stahl-Glas-Membran-Konstruktion aus. Vom Terminal aus erschließen röhrenartige Bauwerke, sogenannte Concourses, die Infrastruktur des Flughafens. Auf einer Gesamtlänge von mehr als 3.100 m wechseln sich alternierend dreilagige Membrandachflächen und dazwischen liegend verglaste Seitenflächen ab. Zur Verminderung der Wärmeeinstrahlung wurde die innen sichtbare Unterseite der Membrankonstruktion, die aus einem Glasgewebe besteht, mit einer Low-e Beschichtung versehen. Zum damaligen

Zeitpunkt hatten die Planer noch nicht die freie Farbwahl. Das Gewebe erscheint silbriggrau, bei einem Emissionsgrad von 0.4. Insgesamt wurden fast 100.000 m² des aluminisierten Glasgewebes verbaut. Zum Schutz der empfindlichen Aluminiumschicht wurde von der TAG Composites & Carpets GmbH ein Fluoropolymer der Firma Polymade ITT GmbH aufgebracht, während das ZAE Bayern die Qualitätssicherung hinsichtlich der infrarot-optischen Kennwerte durchführte. Im Projekt „Low-e Gewebe“ konnten stabilere Beschichtungen mit einem geringeren Emissionsgrad und – wichtig für die architektonische Gestaltung – beliebigen Farbeindrücken entwickelt werden.

Abb. 8: reduzierte Wärmeabstrahlung bei innenliegendem Sonnenschutz



► Fazit und Ausblick

Die im Labormaßstab entwickelte Beschichtungstechnologie wurde erfolgreich auf eine industrielle Größenordnung übertragen. Es ist jetzt möglich, handelsübliche Gewebe, Membranen und Folien durch eine mechanisch stabile und gut anhaftende Beschichtung mit Low-e Eigenschaften auszustatten und dabei dem Material gleichzeitig einen beliebigen Farbeindruck zu verleihen. Im Nichtwohnungsbau kann die textile Architektur mit energieeffizienteren Materialien ihre Vorteile ausspielen: Bedachung großer Flächen, Tageslichtnutzung, hoher Vorfertigungsgrad, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit. Sonnenschutzanwendungen sowohl für gemäßigte als auch für südliche Klimazonen werden durch Low-e Schichten effektiver. Auch Altbausanierung und Wohnungsneubau könnten sich zum Massenmarkt für Low-e Materialien entwickeln. Die Low-e Gewebe sind hierbei jedoch nicht in Konkurrenz, sondern als Ergänzung zur energetischen Fassaden-sanierung (welche grundsätzlich als erste Option betrachtet werden sollte) zu sehen. Zum einen erscheint die Überdachung größerer Areale denkbar, um dadurch die Anforderungen an die Witterungsbeständigkeit der überdachten Fassaden zu senken. Zum anderen bieten sich Membranlösungen auch in Fällen an, in denen andere Lösungen aufgrund baulicher oder denkmalschützerischer Aspekte nicht möglich sind. Und schließlich ist auch die Kombination von Low-e Geweben mit gut gedämmten Fassaden interessant, um den Tauwasserausfall zu reduzieren. In vielen der skizzierten Einsatzmöglichkeiten können durch die Steigerung der Energieeffizienz relativ kurze energetische und finanzielle Amortisationszeiten realisiert werden. Für die Low-e Beschichtung wurde im Wesentlichen auf Grundsubstanzen zurückgegriffen, die bereits heute im Gebäudebereich Verwendung finden und für die es bewährte Recyclinglösungen gibt. Den praktischen Einsatz von Low-e Geweben im Gebäudebestand wollen die Forscher im Folgeprojekt „Membranen zur energetischen Sanierung von Gebäuden“ (MESG) erproben. Symposien und Workshops werden die Untersuchungen im Rahmen der Forschungsinitiative EnOB des BMWi begleiten. Ergänzend wird eine Internetplattform möglichen Nutzern und Anwendern die Technik vorstellen. Die Forscher wollen sich künftig auch der Beschichtung von durchsichtigen oder transluzenten Materialien widmen. Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig: zu nennen sind hier, neben dem Gebäudebereich und der textilen Architektur, etwa der Automobilssektor, beschichtete Gläser in Solarreceivern oder Hitzeschutzvisiere bei Feuerwehrhelmen. Transparente Schichten mit einem hohen Reflexionsgrad im infraroten Spektralbereich können unter anderem mit transparenten und elektrisch leitfähigen Oxiden (transparent conducting oxides: TCO) hergestellt werden. Insbesondere dotiertes Indiumoxid (kurz ITO von indium tin oxide) ist als etablierte Low-e Beschichtung in anderen Bereichen gut bekannt und wurde deshalb für erste Versuche ausgewählt. Allerdings sind ITO-Beschichtungen aufgrund ihres Indiumgehaltes relativ teuer. Eine Alternative könnte mit dem deutlich kostengünstigeren AZO (aluminiumdotiertes Zinkoxid) entwickelt werden. Die ITO- oder AZO-Beschichtung soll über das Sol-Gel-Verfahren erfolgen. Im Vergleich zu konventionellen gesputterten Schichten lassen sich deutlich beständigere Schichten erreichen. Dies ermöglicht – ähnlich wie bei den farbigen Low-e Beschichtungen – einen Einsatz auf der Außenseite von Fassaden.

► PROJEKTADRESSEN

- TAG Composites & Carpets GmbH
Jürgen Staedtler
Gladbacher Straße 465
47805 Krefeld
- Bayerisches Zentrum für Angewandte
Energieforschung e. V.
ZAE Bayern
Dr. Jochen Manara
Am Hubland
97074 Würzburg

Internet

- www.enob.info
- www.tag-krefeld.de
- www.zae-bayern.de
- www.mesg.info
- www.funtm.info

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Abbildungsnachweis

- Abb. 1 oben: SSF Ingenieure GmbH
- Abb. 1 unten: Polymade ITT GmbH
- Hintergrundbild S. 1:
Lang Hugger Rampp GmbH
- Alle übrigen Abbildungen: ZAE Bayern

Service

- Dieses Projektinfo gibt es auch als online-Dokument unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.

PROJEKTORGANISATION

- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW) i
11019 Berlin

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Astrid Wille
52425 Jülich

- Förderkennzeichen
0327382A

IMPRESSUM

- ISSN
0937 – 8367
- Version in English
Dieses Projekt-Info bieten wir Ihnen als PDF auch in englischer Sprache unter www.bine.info an.
- Herausgeber
FIZ Karlsruhe
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
- Nachdruck
Nachdruck des Textes nur zulässig bei vollständiger Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares; Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung der jeweils Berechtigten.
- Autor
Dr. Franz Meyer

BINE Informationsdienst Energieforschung für die Praxis

BINE Informationsdienst berichtet zu Energieeffizienztechnologien und Erneuerbaren Energien.

In kostenfreien Broschüren, unter www.bine.info und per Newsletter zeigt die BINE-Redaktion, wie sich gute Forschungsideen in der Praxis bewähren.

BINE Informationsdienst ist ein Service von FIZ Karlsruhe und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW) gefördert.

Kontakt

Haben Sie Fragen zu diesem **projektinfo**?
Wir helfen Ihnen weiter:

Tel. 0228 92379-44

 **BINE**
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn
Kaiserstraße 185 – 197
53113 Bonn

kontakt@bine.info
www.bine.info