

Holzbalkendecken in der Altbausanierung – Teil 2 Flankenübertragung - Baumessungen und Validierung-

Fabian Schöpfer, Andreas R. Mayr, Ulrich Schanda

Hochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, E-Mail: fabian.schoepfer@stud.fh-rosenheim.de

Einleitung

Im Rahmen einer Altbausanierung eines Massivbaus müssen die oftmals vorzufindenden Holzbalkendecken nach der Sanierung die normativen Vorgaben der DIN 4109 an den Schallschutz erfüllen. Die schalltechnischen Sanierungsmaßnahmen waren bis dato mit großen Unsicherheiten verbunden. Die aktuelle Fassung der DIN 4109 enthält nur zwei Ausführungsbeispiele für Holzbalkendecken. In einem vorangegangenen Forschungsprojekt wurden Planungsdaten für eine große Konstruktionsvielfalt von Holzbalkendecken erarbeitet [1]. Der Einfluss der flankierenden Übertragung wurde dabei nicht betrachtet. Im Rahmen dieses Anschlussprojektes [2] wurde dieser Einfluss nun bestimmt. Es wird ein einfaches Berechnungsmodell zur Prognose der Schallübertragung inklusive der Flankenübertragung bei Holzbalkendecken im Massivbau bereitgestellt.

Vorhandene Berechnungsmodelle

Als Grundlage für das zu erstellende Berechnungsmodell dienten bereits vorhandene Modelle, die allerdings nicht für Holzbalkendecken mit Mauerwerksflanken gültig sind. So wurde für die Luftschallübertragung die Anwendbarkeit des in der DIN EN 12354 beschriebenen vereinfachten Modells untersucht.

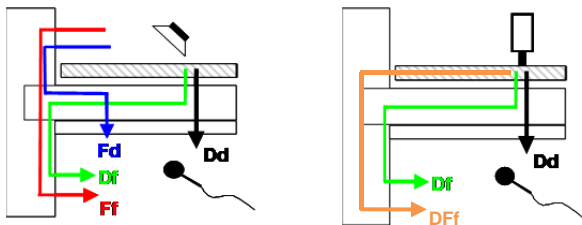


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Beiträge zur Schallübertragung im Holzbau. Bild links: Luftschallübertragung; Bild rechts: Trittschallübertragung. Direkte Übertragung (Weg Dd) und Beiträge der Flanken auf den Übertragungswegen Ff, Df, Fd und zusätzlich bei der Trittschallübertragung DFF

Bei diesem Modell werden die Schallübertragungswege (Abb. 1) separat betrachtet und zum Gesamt-Schalldämmmaß R'_w nach Gleichung (1) energetisch aufsummiert.

$$R'_w = -10 \log \left(10^{-0,1 \cdot R_{Dd,w}} + \sum 10^{-0,1 \cdot R_{ij,w}} \right) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

R'_w Schalldämm-Maß inklusive der Flankenübertragung (Einzahlwert)

$R_{Dd,w}$ Schalldämm-Maß der Trennbauteils (Einzahlwert)

$R_{ij,w}$ Schalldämm-Maß auf den Übertragungswegen Ff, Df und Fd (Einzahlwert)

Zur Berechnung der Trittschallübertragung ist in der DIN EN 12354 ebenfalls ein vereinfachtes Modell

beschrieben. Die Flankenübertragung wird dabei durch einen Korrektursummanden K berücksichtigt (Gleichung (2)).

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

$L'_{n,w}$ Norm-Trittschallpegel inklusive der Flankenübertragung (Einzahlwert)

K Korrektursummand für die Flankenübertragung

Ergänzend wurde im Rahmen eines weiteren vorangegangenen Forschungsvorhabens ([3] [4]) ein Modell zur Berechnung der Trittschallübertragung im Holz- und Skelettbau erstellt. Darin wird der zusätzliche Übertragungsweg DFF vom Estrichaufbau in das flankierende Bauteil betrachtet (s. Abb. 1, Bild rechts). Bei der Berechnung wird dies über einen zusätzlichen Korrektursummanden K_2 berücksichtigt (Gleichung (3)).

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2 \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

K_1 Korrektursummand für die Flankenübertragung auf dem Weg Df

K_2 Korrektursummand für die Flankenübertragung auf dem Weg DFF

Aufbauend auf diese Modelle wurde in Zusammenarbeit mit dem ift-Rosenheim ein Modell zur Berechnung der Luft- und Trittschalldämmung von Holzbalkendecken in der Altbausanierung erstellt (s. Tagungsbeitrag: „Holzbalkendecken in der Altbausanierung Teil 1 u. 2“ sowie [2]).

Baumessungen

Im Rahmen des Projektes wurden von Seiten der Hochschule Rosenheim Baumessungen durchgeführt, um das erstellte Berechnungsmodell zu validieren und Kenntnisse über die Schallübertragung in Altbauten zu gewinnen.

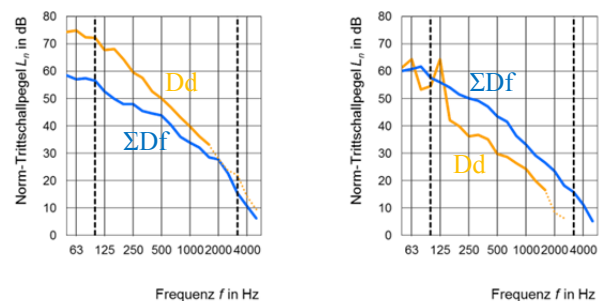


Abbildung 2: Einfluss der flankierenden Übertragung bei der Trittschallübertragung an einem Bauvorhaben. Links: Vor der Sanierung, rechts: Nach der Sanierung.

Die Ergebnisse der Messungen zeigen, dass die flankierende Schallübertragung beim Luftschall wie auch beim Trittschall erst nach einer Sanierung der Holzbalkendecke zum Tragen

kommt. Die geringen Unterschiede in der Flankenübertragung vor und nach der Sanierung liegen innerhalb der zu erwartenden Messungenauigkeiten. In Abbildung 2 sind hierfür die Ergebnisse einer Schallintensitätsmessung zur Ermittlung der Schallübertragung auf dem Weg Dd sowie von Körperschallmessungen an den Flanken zur Ermittlung der Flankenwege Df für die Trittschallübertragung, beispielhaft für ein Objekt vor- und nach der Sanierung dargestellt. Zur Berechnung der Schallübertragung auf dem Weg Ff nach dem vereinfachten Modell der DIN EN 12354 ist die Kenntnis des Stoßstellendämm-Maßes Voraussetzung. Der Stoß einer Holzbalkendecke mit einer Mauerwerkswand ist in den Berechnungsvarianten nach Anhang E der DIN EN 12354 allerdings nicht enthalten. Die vorgeschlagenen Varianten zur Berechnung wurden deshalb mit den in den Bausituationen gemessenen Stoßstellendämm-Maßen verglichen. Dieser Vergleich ist in Abbildung 3 dargestellt.

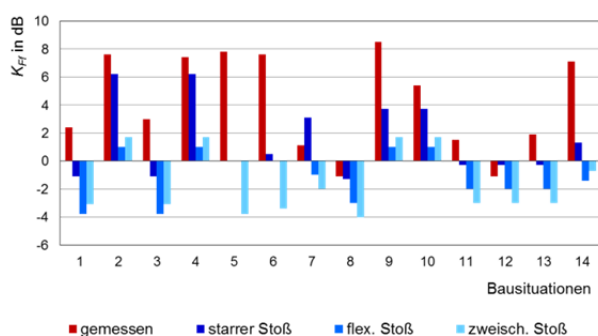


Abbildung 3: Vergleich der gemessenen Stoßstelle mit den Berechnungsvarianten nach DIN EN 12354 – Anhang E

Der Vergleich zeigt, dass mit den gegebenen Berechnungsvarianten der Stoß einer Holzbalkendecke mit einer Mauerwerkswand nicht abgebildet werden kann. Aufgrund der Erkenntnisse aus den Labor- und Baumessungen wurde das im DAGA-Beitrag „Holzbalkendecken in der AltbauSanierung – Teil 1“ gezeigte Berechnungsmodell für die Luft- und Trittschallübertragung erstellt. Dabei wurde festgestellt, dass die Betrachtung des Übertragungsweges Ff für die Luftschall- und des Übertragungsweges Df für die Trittschallübertragung zur Berücksichtigung der Flankenübertragung bei Holzbalkendecken in der AltbauSanierung in der Regel ausreichend ist.

Validierung

Mit den vorgeschlagenen Berechnungsmodellen wurde die Luft- und Trittschallübertragung für die Bausituationen aus den Baumessungen berechnet. Zur Validierung des Modells wurden die berechneten Werte dann mit den am Bau gemessenen Werten verglichen. Dieser Vergleich ist in Abbildung 4 für die Luft- und Trittschallübertragung dargestellt. Dabei ist jeweils die Differenz zwischen Berechnung und Messung in der Form aufgetragen, dass positive Werte eine auf der sicheren Seite liegende Prognose zeigen.

Die Validierung zeigt, dass die Prognose der Luft- und Trittschallübertragung inklusive der Flanken mit dem vorgeschlagenen Modell auf der sicheren Seite möglich ist.

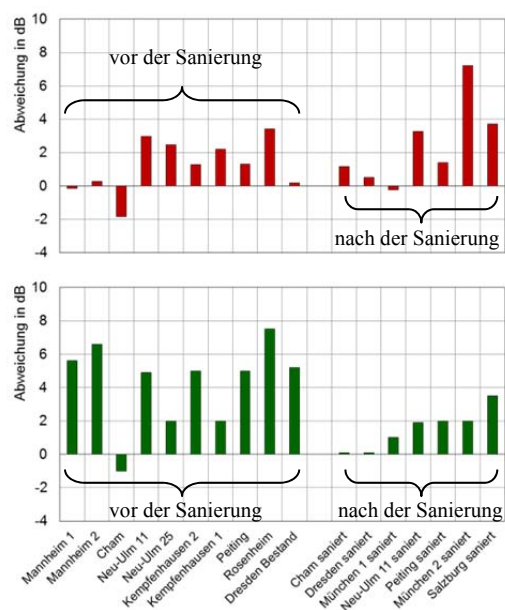


Abbildung 4: Validierung des Berechnungsmodells: Bild oben: Luftschallübertragung, Bild unten: Trittschallübertragung

Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Holzbalkendecken in der AltbauSanierung – Teil 2: Flankenübertragung“ [2] hat sich herausgestellt, dass ein Einfluss der flankierenden Übertragung i.d.R. erst bei sanierten Holzbalkendecken zum Tragen kommt. Die Übertragungswege Df und Fd bei der Luftschallübertragung, sowie der Übertragungsweg DFf bei der Trittschallübertragung können i.d.R. vernachlässigt werden. Das vorgeschlagene Berechnungsmodell für die Luft- und Trittschallübertragung wurde anhand von 17 Baumessungen validiert. Dabei wurde gezeigt, dass das Modell eine auf der sicheren Seite liegende Prognose liefert.

Hinweis

Die Ergebnisse dieses Beitrages wurden im Rahmen des IGF-Vorhaben 16377 N/1 der Forschungsvereinigung iVTH über die AIF gefördert.

Literatur

- [1] Rabold, A., Bacher, S., Hessinger, J.: Holzbalkendecken in der AltbauSanierung Teil 1: Direktschalldämmung, ift Forschungsbericht 2008
- [2] Mayr, A., Schöpfer, F., Schanda, U., Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S., Schramm, M.: Holzbalkendecken in der AltbauSanierung Teil2: Flankenschalldämmung, ift Forschungsbericht, zur Veröffentlichung vorgesehen in 2012
- [3] Scholl, W., Bietz, H., „Integration des Holz- und Skelettbau in die neue DIN 4109“, DGfH-Forschungsbericht der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt 2005
- [4] Holtz, F., Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S., „Ergänzende Messungen zum Vorhaben: Integration des Holz- und Skelettbau in die neue DIN 4109“, DGfH-Forschungsbericht des Labor für Schall- und Wärmemesstechnik 2005

Holzbalkendecken in der Altbausanierung – Teil 2 Flankenübertragung - Labormessungen und Prognosemodell -

Andreas Rabold, Joachim Hessinger, Stefan Bacher, Markus Schramm
ift Rosenheim GmbH, D 83026 Rosenheim

Einleitung

Die Altbausanierung nimmt gegenüber dem Gesamtvolumen der Bautätigkeit eine immer bedeutendere Stellung ein. Falls die geplanten Sanierungsmaßnahmen nicht unter den Bestandsschutz fallen, sind die Anforderungen der zum Zeitpunkt der Sanierung baurechtlich eingeführten Normen zu berücksichtigen. Das Bauteil, das bei der Sanierung eine besonders sorgfältige Planung erfordert, ist die Trenndecke, die in Altbauten häufig als Holzbalkendecke ausgeführt wurde. Die vorhandenen Planungsgrundlagen für den Schallschutznachweis von Holzbalkendecken in Massivbauten sind in der derzeitigen Fassung der DIN 4109 sehr lückenhaft.

Um aktuelle Planungsdaten zu erarbeiten wurde deshalb am ift Rosenheim zunächst ein Vorhaben durchgeführt, in dem die Luft- und Trittschalldämmungen typischer Altbaudecken und die Verbesserungen durch unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen unter Laborverhältnissen untersucht wurden [1], [2]. In einem aktuellen Forschungsvorhaben [3] wurde nun in Kooperation mit der Hochschule Rosenheim die Flankenübertragung bei unterschiedlichen Mauerwerkstypen und Deckeneinbindungen ermittelt.

Prognosemodell für die Luft- und Trittschallübertragung

Zur Berechnung der Luft- und Trittschalldämmung einer Altbaudecke in der jeweiligen Bausituation kann das Berechnungsverfahren nach EN 12354 verwendet werden, das auch Eingang in die Neufassung der DIN 4109 finden wird. Das Verfahren berücksichtigt zusätzlich zur direkten Schallübertragung der Decke die Übertragung der flankierenden Wände nach Abbildung 1.

In der Neufassung der DIN 4109 soll das vereinfachte Verfahren nach EN 12354 mit Einzahlwerten berücksichtigt werden. Die vereinfachte Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_{w} und des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ am Bau erfolgt nach Gleichung (1) und (2):

$$R'_{w} = -10 \log(10^{-0,1 \cdot R_{Dd,w}} + \sum_{ij} 10^{-0,1 \cdot R_{ij,w}}) \quad \text{dB} \quad (1)$$

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K \quad \text{dB} \quad (2)$$

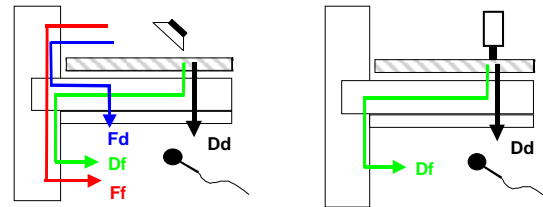


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Beiträge zur Schallübertragung: Bild links Luftschallübertragung; Bild rechts Trittschallübertragung. Direkte Schallübertragung (Weg Dd) und Beiträge der Flankenübertragung auf den Übertragungswegen Ff, Fd, und Df.

Für die Luftschallübertragung können die bewerteten Flankendämm-Maße $R_{ij,w} = R_{Ff,w}, R_{Fd,w}, R_{Df,w}$ nach EN 12354 berechnet werden. Überwiegt die Übertragung der flankierenden Wände auf dem Weg Ff gegenüber den gemischten Übertragungswegen Fd und Df, so können auch im Schall-Längsleitungs-Prüfstand ermittelte Eingangswerte für den Weg Ff verwendet werden.

Die Berechnung der Trittschallübertragung erfolgt nach Gleichung (2) aus dem bewerteten Norm-Trittschallpegel der Decke und dem Korrektursummanden K für die Übertragung aller flankierenden Wände auf dem Weg Df.

Das Prognosemodell nach EN 12354 wurde zunächst nur für massive Decken und Wände entwickelt. Für die Anwendung bei historischen Holzbalkendecken in Altbauten sind sowohl die Modellgrundlagen anzupassen, als auch die Eingangsparameter durch Labormessungen zu ermitteln.

Labormessungen zur Ermittlung der Planungsgrundlagen

Für die Ermittlung der Flankenübertragung im Altbau wurde im Laborprüfstand des ift Rosenheim ein T-Stoß aus einer Holzbalkendecke und einer flankierenden Mauerwerkswand aufgebaut. Die Balkenköpfe der Altbaudecke wurden hierzu in die Mauerwerkswand eingemauert, um eine bauähnliche Übertragungssituation zu erreichen. Die restlichen Übertragungswege im Prüfstand wurden unterdrückt, wodurch die Flankenübertragung allein durch den T-Stoß erfolgte.

Für verschiedene Grundkonstruktionen historischer Holzbalkendecken und flankierende Mauerwerkswände mit flächenbezogenen Massen zwischen 130 kg/m^2 und 400 kg/m^2 wurde an diesem T-Stoß die Flankenübertragung bei Luft- und Trittschallanregung ermittelt. Ebenso wurde das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} und die Körperschallnachhallzeit T_s der flankierenden Wand ermittelt.

Sowohl die Messungen der Flankenübertragung bei Luftschallanregung, als auch die Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes zeigte, dass bei Holzdecken im

Altbau die Flankenübertragung auf dem Weg Ff gegenüber den gemischten Übertragungswegen überwiegt.

Bei der Trittschallanregung wurde neben der direkten Übertragung zunächst die Flankenübertragung auf dem Weg Df ermittelt. Der Einfluss von Df auf die Gesamtübertragung hängt stark von der Rohdeckenkonstruktion ab. Bei Altbaudecken mit abgehängten Unterdecken als Sanierungsmaßnahme hat die Übertragung auf dem Weg Df einen starken Einfluss. Die Unterdecke reduziert zwar die direkte Übertragung durch die Decke (Weg Dd) hat aber keinen Einfluss auf den Weg Df. Erfolgt hingegen die Sanierung durch Maßnahmen oberhalb der Rohdecke wird die Schallübertragung auf beiden Wegen in gleicher Weise reduziert. Als weiterer Übertragungsweg wurde die Trittschallübertragung vom Estrichaufbau über den Randdämmstreifen in die flankierende Wand untersucht (Weg Dff). Die Übertragung auf diesem Weg spielt nur bei hochwertigen Decken und Wänden mit geringer flächenbezogener Masse eine Rolle.

Planungswerte für die Altbausanierung

Die Laborergebnisse bei Luftschallanregung haben gezeigt, dass die gemischten Übertragungswege in Gleichung (1) vernachlässigt werden können ($R_{ij,w} = R_{Ff,w}$). Das Flankendämm-Maß $R_{Ff,w}$ kann nach Gleichung (3) aus der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ unter Berücksichtigung der Bausituation (Trennfläche S_{Tr} der Decke, Kantenlänge l_{Ff} Decke - Wand) und der Bezugsgrößen (l_0 und S_0) ermittelt werden. Planungswerte siehe Tabelle 1.

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \log\left(\frac{S_{Tr}}{S_0}\right) - 10 \log\left(\frac{l_{Ff}}{l_0}\right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

Die Berechnung der Trittschallübertragung kann direkt nach Gleichung (2) erfolgen. Der in Tabelle 2 angegebene Korrekturwert K berücksichtigt den Weg Df in Abhängigkeit der Wand- und der Rohdeckenkonstruktion. Als flächenbezogene Masse wird der Mittelwert der beiden Wände angesetzt, in die die Deckenbalken einbinden.

Wird ein erhöhter Schallschutz für ein Bauvorhaben angestrebt und sind flankierende Wände mit geringer flächenbezogener Masse vorhanden, so kann zusätzlich der Weg Dff eine Rolle spielen. Die Berechnung erfolgt dann nach Gleichung (4). Planungswerte siehe Tabelle 3.

$$L'_{n,w} = 10 \log\left(10^{0,1 \cdot (L_{n,w} + K)} + \sum 10^{0,1 \cdot (L_{n,Dff,w} + 10 \log\left(\frac{l_{Ff} \cdot S_0}{l_0 \cdot S_{Tr}}\right))}\right) \quad \text{dB} \quad (4)$$

Tabelle 1: Norm Flankenpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der flankierenden Wand. Bezogen auf $l_0 = 2,80$ m, $S_0 = 10$ m² und $T_{s,situ}$ nach [4]

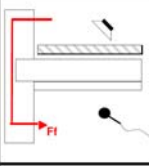
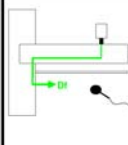
	Flächenbezogene Masse der flankierenden Wände in kg/m ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	≥ 500
$D_{n,f,w}$ in dB	49	53	56	58	60	61	63	64	65

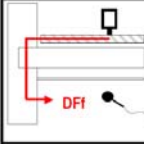
Tabelle 2: Korrektursummanden K , in Abhängigkeit der mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Wände mit Balkenaufleger und für verschiedene Rohdeckenkonstruktionen. K bezogen auf eine mittlere Raumgröße und $T_{s,situ}$ nach [4]

	Rohdeckenaufbau				
	Balken teilweise sichtbar oder Unterdecke direkt montiert	Decke mit entkoppeltem Sekundärträger		Unterdecke abgehängt	
	Bestandsdecke vor Sanierung	mit Sanierungsmaßnahmen	Eigenfrequenz Auflager $f_0 \leq 80$ Hz	Unterdecke zusätzlich zum Bestand	Bestandsunterdecke entfernt
	1	2	3	4	5
100 kg/m ²	0	1	3	8	13
150 kg/m ²	0	1	3	7	12
200 kg/m ²	0	1	2	6	10
250 kg/m ²	0	1	2	5	9
300 kg/m ²	0	1	2	4	8
350 kg/m ²	0	1	1	3	6
400 kg/m ²	0	1	1	2	5
450 kg/m ²	0	1	1	2	4
≥ 500 kg/m ²	0	1	1	1	3

Legende:

- Spalte 1: Bestandsdecken ohne Sanierungsmaßnahmen
- Spalte 2: Bestandsdecken mit Sanierungsmaßnahmen oberhalb der Balken
- Spalte 3: Decke mit Sekundärträgern, Auflager durch Elastomer entkoppelt
- Spalte 4: Abgehängte Unterdecke zusätzl. zur Bestandsunterdecke montiert
- Spalte 5: Abgehängte Unterdecke, Bestandsunterdecke entfernt

Tabelle 3: Norm- Trittschallpegel $L_{n,Dff,w}$ für den Übertragungsweg Dff in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der flankierenden Wand. Ergebnisse bezogen auf $l_0 = 4,50$ m, $S_0 = 10$ m² und $T_{s,situ}$ nach [4]

	Flächenbezogene Masse der flankierenden Wände in kg/m ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	≥ 500
$L_{n,Dff,w}$ in dB	43	40	38	36	35	33	32	31	31

Literatur

- [1] Rabold, A., Bacher, S., Hessinger, J.: Holzbalkendecken in der Altbausanierung Teil1: Direktschalldämmung, ift Forschungsbericht 2008
- [2] Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S., Schallschutz, Holzbalkendecken in der Altbausanierung, Mikado plus, 3, 2008
- [3] Mayr, A., Schöpfer, F., Schanda, U., Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S., Schramm, M.: Holzbalkendecken in der Altbausanierung Teil2: Flankenschalldämmung, ift Forschungsbericht, zur Veröffentlichung vorgesehen in 2012
- [4] Fischer, H.M., Schneider, M., Blessing, S., Einheitliches Konzept zur Berücksichtigung des Verlustfaktors bei Messung und Berechnung der Schalldämmung massiver Wände, Tagungsband DAGA 2001

Das Forschungsvorhaben 16377 N der Forschungsvereinigung Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und –entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei:

Internationaler Verein für Technische Holzfragen
e. V. (iVTH e. V.)
Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages