

Prognose von Installationsgeräuschen im Holzbau

Fabian Schöpfer¹, Andreas R. Mayr¹, Ulrich Schanda¹

¹ Labor für Schallmesstechnik, Technische Hochschule Rosenheim, Email: fabian.schoepfer@th-rosenheim.de

Einleitung

Für den gesetzlich geforderten Schallschutznachweis ist eine Prognose der Schallemissionen von Installationsgeräuschen und gebäudetechnischen Anlagen sowie der Körperschallübertragung im Gebäude erforderlich. Für den Massivbau steht hierfür mit der DIN EN 12354-5:2009-10 [1] ein validiertes Berechnungsverfahren zur Verfügung. Für den Holzbau, der in den vergangenen Jahren auch im mehrgeschossigen Wohnungsbau zunehmende Bedeutung gewinnt, ist dies bislang nicht der Fall. Somit kann der Nachweis des geforderten Schallschutzes im Holzbau formal nur durch bauakustische Messungen im ausgeführten Gebäude erbracht werden. Die schalltechnische Beratung beruht hier aktuell fast ausschließlich auf vorhandener Projekterfahrung der Fachplaner. Dies hat häufig Überdimensionierungen der Baukonstruktionen und doppelte Sicherheiten bei der Auswahl und Montage der Anlagen zur Folge. Ein möglicher Prognoseansatz für den Holzbau, basierend auf gemessenen Übertragungsfunktionen, wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts in den vergangenen beiden Jahren an der Technischen Hochschule Rosenheim untersucht. Der Schwerpunkt des Vorhabens lag in der messtechnischen Erfassung von möglichen Übertragungsfunktionen in Holzhäusern. In diesem Beitrag werden ergänzend zum Beitrag auf der DAGA 2018 [2] die gesammelten Messdaten zusammengefasst und das vorgeschlagene Prognoseverfahren aufgezeigt.

Definition: Transmission function, D_{TF}

Grundlage für das empirische Prognoseverfahren ist die in [3] vorgestellte und in der DIN EN ISO 10848-1:2018-02 [4] beschriebene *transmission function*, D_{TF} , zur Beschreibung der Gesamtübertragung. Für eine Anregung am Punkt k gilt

$$D_{TF,k} = L_{av,k} - L_{W,k} \quad (1)$$

wobei $L_{W,k}$ der Pegel der eingebrachten Leistung am Anregungspunkt k ist. $L_{av,k}$ ist der räumlich gemittelte Schalldruckpegel in einem Empfangsraum für die Punktanregung mit $L_{W,k}$ am Punkt k . Die Gesamtübertragung umfasst dabei alle beteiligten Übertragungswege von der Punktanregung bis zum räumlich gemittelten Schalldruckpegel im Empfangsraum.

Die in diesem Beitrag vorgestellten Messdaten sind mittlere Übertragungsfunktionen für mehrere Anregepunkte K . Die mittlere Gesamtübertragung, $D_{TF,av}$ ist wie folgt definiert:

$$D_{TF,av} = 10 \lg \left(\frac{\sum_{k=1}^K 10^{0.1 D_{TF,k}}}{K} \right) \quad (2)$$

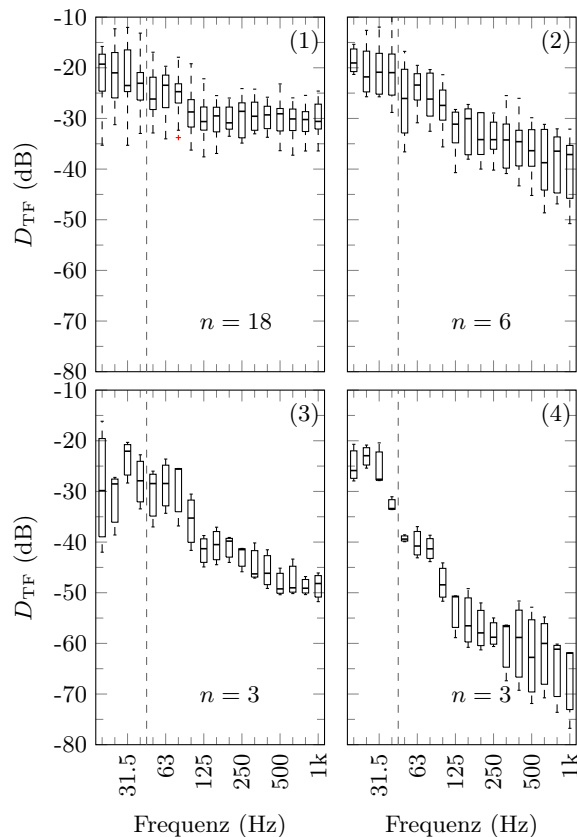


Abbildung 1: Übertragungspfad: Horizontal/direkt. (1) Einfachständerwerk ohne Vorsatzschale, (2) Einfachständerwerk mit Vorsatzschale in Holzrahmenbauweise, (3) Einfachständerwerk mit (ggf. zus. entkoppelter) Konterlattung, (4) Wohnnustrennwand, getrenntes Ständerwerk

$D_{TF,av}$ wurde zudem auf die Nachhallzeit $T_0 = 0.5$ s bezogen. Die *standardized spatial-average transmission function*, $D_{TF,av,nT}$ ist definiert als

$$D_{TF,av,nT} = D_{TF,av} - 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (3)$$

In gleicher Weise kann die äquivalente Absorptionsfläche A_{eq} herangezogen werden um eine *normalized spatial-average transmission function*, $D_{TF,av,n}$, zu bestimmen.

Gebäudemessungen

Bisher konnten unter Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens Übertragungsfunktionen in 19 Gebäuden in Holzrahmen- und Holzmassivbauweise gemessen werden. Insgesamt umfasst der Datensatz derzeit 120 Übertragungsfunktionen.

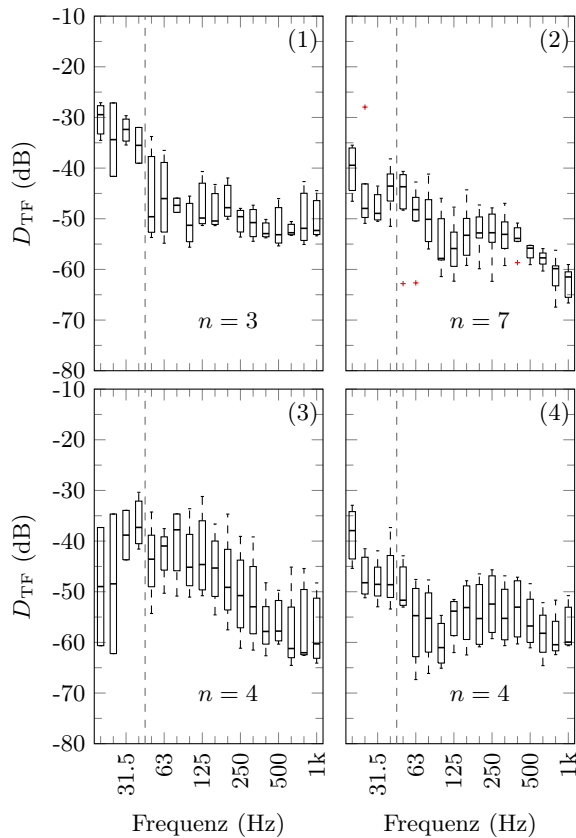


Abbildung 2: Übertragungspfad: Vertikal. (1) Außenwand in Holzrahmenbauweise, keine Vorsatzschale, (2) Außenwand in Holzrahmenbauweise mit Installationsebene, (3) Außenwand in Holzmassivbauweise, keine Vorsatzschale, (4) Innenwand (Kreuzstoß) Holzrahmenbauweise, keine Vorsatzschale

Da jede Übertragungsfunktionen zunächst für die jeweilige Situation einzigartig ist, werden die gemessenen Daten in Gruppen ähnlicher Eigenschaften zusammengefasst. Für diese Gruppen werden dann repräsentative Übertragungsfunktionen abgeleitet, die zur Abschätzung des zu erwartenden Schalldruckpegels aus gebäudetechnischen Anlagen herangezogen werden können. Zur Bildung der Gruppen wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

Übertragungspfad: Der Übertragungspfad beschreibt den Weg vom angeregten Bauteil zum betrachteten Empfangsraum. Dabei beschreibt eine direkte Übertragung zum Beispiel die Anregung der Trennwand und den mittleren Schalldruckpegel im dahinter liegenden Raum. Eine vertikale Übertragung ist zum Beispiel die Anregung der Außenwand im Erdgeschoss zum darüber liegenden Raum im ersten Obergeschoss. Für die vorhandenen Daten lassen sich 18 Varianten bezüglich unterschiedlicher Übertragungspfade bilden.

Typ des angeregten Bauteils:

Hierbei wird zum Beispiel zwischen einer Innenwand, einer Wohnungstrennwand, einer Kommunwand oder einer Außenwand unterschieden. Insgesamt liegen sieben Varianten vor.

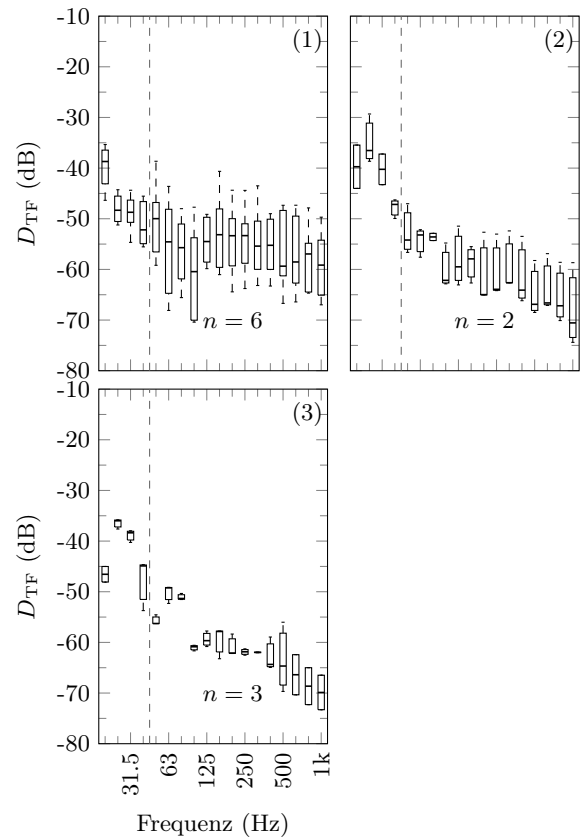


Abbildung 3: Übertragungspfad: Diagonal. 1) Kreuz-Stoß, Holzrahmenbauweise, keine Vorsatzschale, 2) versetzter Stoß, Holzrahmenbauweise, keine Vorsatzschale, 3) versetzter Stoß, Holzrahmenbauweise mit Vorsatzschale

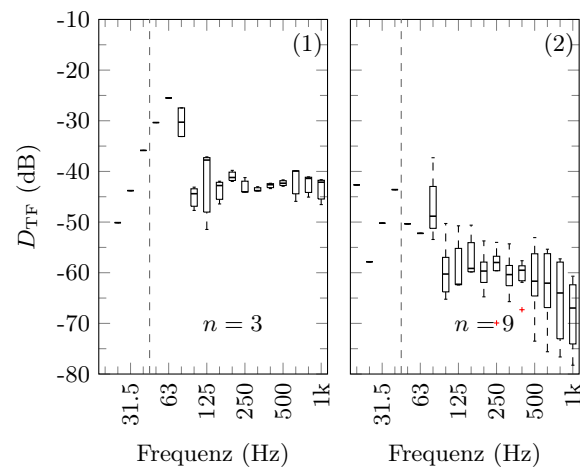


Abbildung 4: Übertragungspfad: Vertikal vom Kellerschloß in darüber liegende Geschosse in Holzbauweise. Anregung auf der Betonwandaußenwand im Kellerschloß. (1) Übertragung vom Kellerschloß ins Erdgeschoss, (2) Übertragung vom Kellerschloß ins 1. Obergeschoss

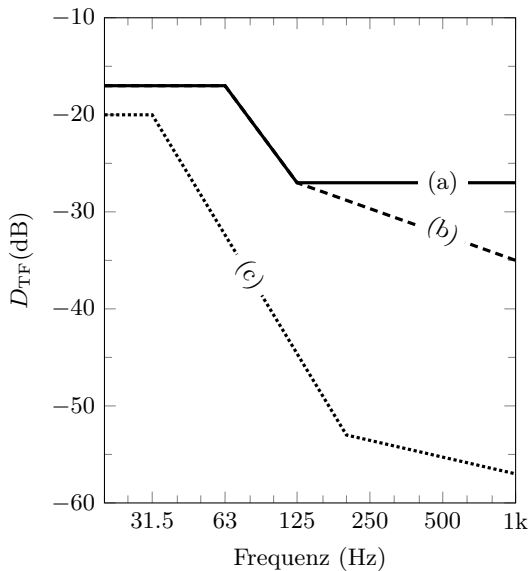


Abbildung 5: Qualitative Spektren für folgende Gruppen: (a) siehe Abb. 1 (1), (b) siehe Abb. 1 (2), (c) siehe Abb. 1 (4)

Konstruktion des angeregten Bauteils:

Die Konstruktion des angeregten Bauteils kann zum Beispiel eine Holzrahmen- oder Holzmassivkonstruktion sein. Der Datensatz umfasst aber auch Mauerwerks- oder Betonwände im Kellergeschoss. Insgesamt sind für dieses Kriterium 9 Varianten erkannt worden.

Vorsatzschale:

Das letzte Kriterium berücksichtigt, ob vor dem angeregten Bauteil eine Vorsatzschale – und wenn ja, in welcher Ausführung – vorhanden war. Hier wird unterschieden zwischen keiner Vorsatzschale, Vorsatzschale in Holzrahmenbauweise und Vorsatzschale als Sanitärsystem mit Metallprofilen.

Eine Gruppe beschreibt somit einen Datensatz, für den alle vier genannten Kriterien gleich sind. Insgesamt ergeben sich für die 120 Übertragungsfunktionen somit 51 Gruppen, wobei für 13 Gruppen mindestens drei Datensätze vorhanden sind. Die Datensätze für diese 13 Gruppen werden im Folgenden als Boxplots dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass in den Terzbändern von 20 Hz bis 40 Hz $D_{TF,av}$ abgebildet ist und ab dem 50 Hz Terzband $D_{TF,av,nT}$. Abbildung 1 zeigt vier Gruppen für direkte, horizontale Übertragung, Abbildung 2 zeigt vier Gruppen für vertikale Übertragung, Abbildung 3 zeigt 3 Gruppen für diagonale Übertragung und Abbildung 4 zeigt zwei Gruppen für die Übertragung vom Kellergeschoss in darüberliegende Geschosse in Holzbauweise.

Aus diesen Gruppen sind in den Abbildungen 5 und 6 repräsentative Spektren für acht Situationen dargestellt. Für die Gruppen (g) und (h) sind aufgrund unzureichendem Signal-zu-Rausch-Abstand nicht ausreichend Daten unter 50 Hz vorhanden.

Anwendung an einem fiktiven Beispiel

Die Anwendung des Verfahrens wird anhand einer fiktiven Körperschallquelle aufgezeigt. Die fiktive Körper-

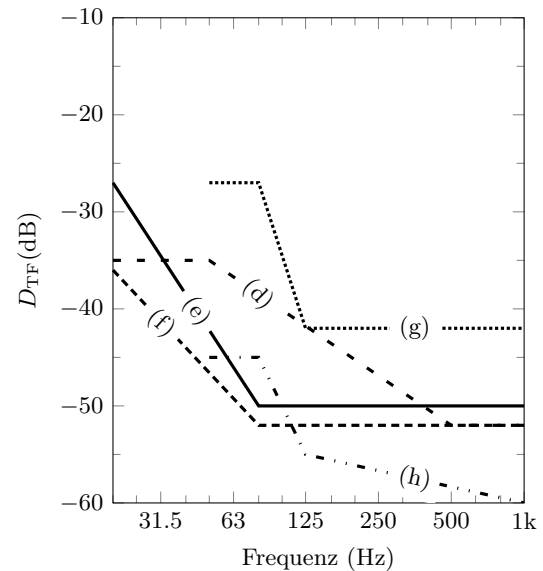


Abbildung 6: Wie Abb. 5 für die Gruppen (d) siehe Abb. 2 (3), (e) siehe Abb. 2 (1), (f) siehe Abb. 3 (1), (g) siehe Abb. 4 (1), (h) siehe Abb. 4 (2)

schallquelle und die Ermittlung der installierten Leistung wurde in [2] beschrieben. In diesem Beitrag werden ergänzend Daten für die fiktive Montage dieser Quelle an eine Holzmassivbauwand gezeigt. Die installierte Leistung für die gleiche Quelle, montiert an verschiedenen Empfangsstrukturen ist in Abbildung 7 dargestellt.

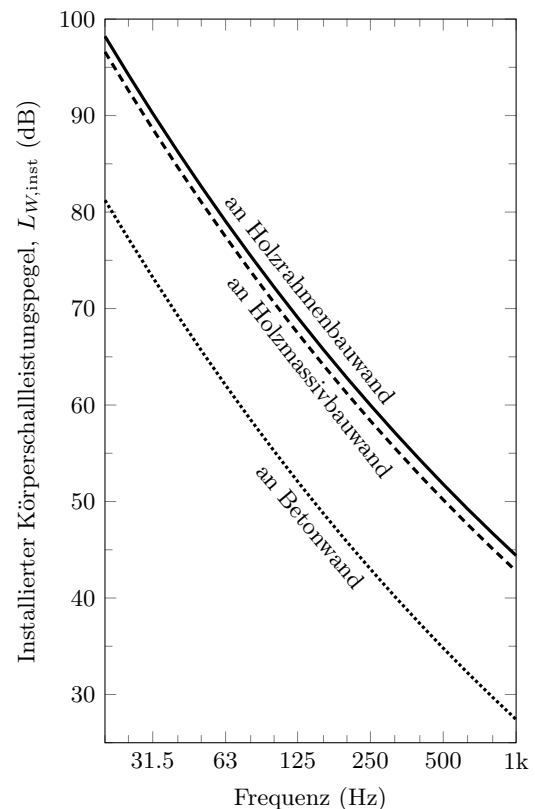


Abbildung 7: Installierte Körperschallleistung einer fiktiven Quelle [2] an drei unterschiedlichen Empfangsstrukturen.

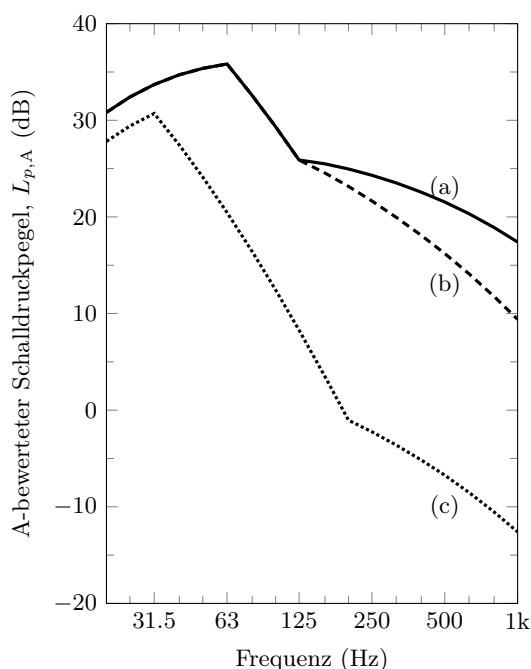


Abbildung 8: A-bewerteter Schalldruckpegel für die fiktive Quelle für die Gruppen aus Abbildung 5.

- (a) $L_{p,A,sum} = 43 \text{ dB(A)}$ (20 Hz bis 1000 Hz)
- (b) 0 dB relativ zu (a)
- (c) -7 dB relativ zu (a)

Für die in Abbildung 5 und 6 dargestellten repräsentativen Übertragungsfunktionen kann nun der Schalldruckpegel für die fiktive Quelle bestimmt werden. Die A-bewerteten Schalldruckpegel sind in Abbildung 8 und 9 dargestellt. Da es sich um eine fiktive Quelle handelt, soll der Fokus nicht auf den absoluten Schalldruckpegeln liegen, sondern auf den Vergleich zwischen den Übertragungssituationen. Aus diesem Grund sind die Summenpegel in der Abbildungsunterschrift für die Gruppen (b) bis (f) auf die Gruppe (a) und der Summenpegel für Gruppe (h) auf (g) bezogen.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden beispielhaft Ergebnisse des Projektes *Übertragungsfunktionen im Holzbau* vorgestellt. Für das vorgeschlagene empirische Prognoseverfahren wurden bisher 120 Übertragungsfunktionen in 19 Gebäuden in Holzbauweise gemessen. Aus diesem Datensatz wurden Gruppen unter Berücksichtigung des Übertragungspfad, des Typs des angeregten Bauteils, der Konstruktion des angeregten Bauteils und der Vorsatzschale vor dem angeregten Bauteil gebildet. Für diese Gruppen können repräsentative Übertragungsfunktionen abgeleitet werden, die zur Abschätzung des Schalldruckpegels in einer bauähnlichen Situation herangezogen werden können. Allerdings kann die Prognosegenauigkeit derzeit noch nicht quantifiziert werden. Dennoch bieten diese Daten nun erstmals die Möglichkeit, eine Abschätzung vorzunehmen und verschiedene Situation qualitativ in Bezug auf Installationsgeräusche zu vergleichen.

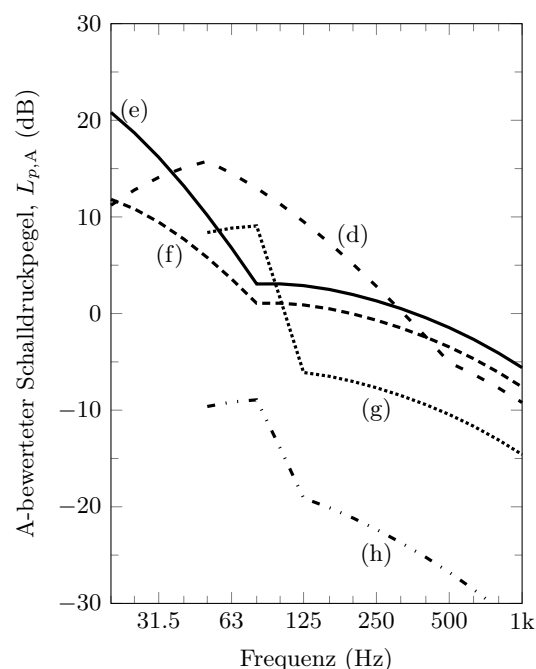


Abbildung 9: A-bewerteter Schalldruckpegel für die fiktive Quelle für die Gruppen aus Abbildung 6.

- (d) -20 dB relativ zu (a) in Abb. 8
- (e) -18 dB relativ zu (a) in Abb. 8
- (f) -25 dB relativ zu (a) in Abb. 8
- (g) $L_{p,A,sum} = 14 \text{ dB(A)}$ (50 Hz bis 1000 Hz)
- (h) -17 dB relativ zu (g)

Danksagung

Dieser Beitrag wurde im Rahmen des Forschungsprojektes *Übertragungsfunktionen im Holzbau*, gefördert vom Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) in der Förderinitiative Zukunft Bau (Förderkennzeichen: SWD-10.08.18.7-16.39), erarbeitet. Die Autoren danken den Projektpartnern Bau-Fritz GmbH & Co. KG, Huber & Sohn GmbH & Co. KG, Regnauer Hausbau GmbH & Co. KG, Züblin Timber Aichach GmbH. Dank gilt auch der Firma Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH für die Unterstützung in der Messtechnik.

Literatur

- [1] DIN EN 12354-5:2009-10: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften: Teil 5: Installationsgeräusche
- [2] Schöpfer, F. u. a.: Übertragungsfunktionen im Holzbau. In: Fortschritte der Akustik - DAGA. (19.-22. März 2018). Hrsg. von Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. München, 2018
- [3] Schöpfer, F. u. a.: Measurement of transmission functions in lightweight buildings for the prediction of structure-borne sound transmission from machinery. Acta Acustica united with Acustica 103 (2017), S. 451-464
- [4] DIN EN ISO 10848-1:2018-02: Akustik - Messung der Flankenübertragung von Luftschall, Trittschall und Schall von gebäudetechnischen Anlagen zwischen benachbarten Räumen im Prüfstand und am Bau: Teil 1: Rahmendokument