

Akustik – Bestimmung des Schallabsorptionsgrades und der Impedanz in Impedanzrohren

Teil 1: Verfahren mit Stehwellenverhältnis (ISO 10534-1:1996)
Deutsche Fassung EN ISO 10534-1:2001

DIN

EN ISO 10534-1

ICS 17.140.01

Ersatz für
DIN 52215:1963-12

Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes – Part 1: Method using standing wave ratio (ISO 10534-1:1996);
German version EN ISO 10534-1:2001

Acoustique – Détermination du facteur d'absorption acoustique et de l'impédance acoustique à l'aide du tube d'impédance –
Partie 1: Méthode du taux d'ondes stationnaires (ISO 10534-1:1996);
Version allemande EN ISO 10534-1:2001

Die Europäische Norm EN ISO 10534-1:2001 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 3382 ist im Komitee ISO/TC 43/SC 2 „Bauakustik“ in Abstimmung mit dem Europäischen Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen und von Gebäuden“ unter intensiver deutscher Mitarbeit erarbeitet worden. Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NMP 231 „Schalldämmung und Schallabsorption, Messung und Bewertung“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

Zu den im Abschnitt 2 genannten ISO-Normen wird auf folgende Deutsche Normen hingewiesen:

ISO 266:1997 siehe DIN EN ISO 266

ISO 354:1985 siehe DIN EN 20354

Änderungen

Gegenüber DIN 52215:1963-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Änderung der Norm-Nummer in DIN EN ISO 10534-1.
- Die Begriffe sind überarbeitet und erweitert worden.
- Der Abschnitt „Prüfausrüstung“ wurde detaillierter beschrieben.
- Die Abschnitte „Grundlagen“, „Vorbereitende Prüfungen“ und „Montage des Prüflings“ sowie die Anhänge A, B, C und D wurden neu aufgenommen.
- Der Abschnitt „Darstellung der Ergebnisse“ wurde durch den Abschnitt „Prüfbericht“ ersetzt.
- Redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN 52215: 1963-12

Fortsetzung Seite 2
und 26 Seiten EN

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN
Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 266, *Akustik – Normfrequenzen (ISO 266:1997)*.

DIN EN 20354, *Akustik – Messung der Schallabsorption im Hallraum (ISO 354:1985)*.

Deutsche Fassung

**Akustik – Bestimmung des Schallabsorptionsgrades
und der Impedanz in Impedanzrohren**

Teil 1: Verfahren mit Stehwellenverhältnis
(ISO 10534-1:1996)

Acoustics – Determination of sound absorption
coefficient and impedance in impedance tubes –
Part 1: Method using standing wave ratio
(ISO 10534-1:1996)

Acoustique – Détermination du facteur d'absorption
acoustique et de l'impédance acoustique à l'aide du
tube d'impédance – Partie 1: Méthode du taux
d'ondes stationnaires (ISO 10534-1:1996)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. Mai 2001 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	9.4 Auswahl der Signalamplitude	15
2 Normative Verweisungen	3	9.5 Bestimmung des Schallabsorptions- grades	15
3 Begriffe	3	9.6 Bestimmung des Reflexionsfaktors ...	15
4 Kurzbeschreibung des Verfahrens	6	9.7 Bestimmung der Impedanz	16
5 Grundlagen	6	9.8 Bestimmung der Admittanz	16
5.1 Allgemeines	6	10 Umrechnung des Reflexionsfaktors und der Impedanz	16
5.2 Ansatz	6	11 Prüfbericht	16
5.3 Wechselbeziehungen	7	Anhang A (normativ) Vorbereitende Messungen	18
5.4 Stehende Welle	7	A.1 Bestimmung des akustischen Zentrums des Sondenmikrophons	18
5.5 Schallabsorptionsgrad	8	A.2 Bestimmung der Wellenlänge	19
5.6 Reflexionsfaktor	8	A.3 Bestimmung der Korrekturen für die Rohrdämpfung	19
5.7 Impedanz	8	Anhang B (normativ) Überprüfung der Prüfausrüstung	22
5.8 Wellenlänge	8	B.1 Überprüfung des Stehwellen- verhältnisses	22
6 Prüfausrüstung	9	B.2 Dynamikbereich des Sonden- mikrophons	23
6.1 Impedanzrohr	9	B.3 Überprüfung der Körperschall- anregung des Rohres	24
6.2 Prüflingshalter	10	Anhang C (normativ) Schallweicher Abschluss des Prüflings	25
6.3 Mikrophon	11	Anhang D (informativ) Bestimmung des Schallabsorptionsgrades α_{st} für diffusen Schalleinfall von lokal wirkenden Absorbern aus den Ergebnissen dieser Norm	26
6.4 Bewegen und Positionieren des Mikro- phons	12		
6.5 Signalverarbeitungseinrichtung	12		
6.6 Lautsprecher	12		
6.7 Signalgenerator	14		
6.8 Anschluss des Lautsprechers	14		
6.9 Thermometer	14		
7 Vorbereitende Prüfungen und Messungen	14		
8 Montage des Prüflings	14		
9 Prüfungen	15		
9.1 Festlegung der Bezugsebene	15		
9.2 Festlegung der Frequenzen	15		
9.3 Bestimmung von Wellenlänge und Dämpfung	15		

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ der International Organization for Standardization (ISO) wurde als Europäische Norm durch das Technische Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen und von Gebäuden“ übernommen, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2001, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2001 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 10534-1:1996 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

1.1 Dieser Teil von ISO 10534 legt die Bestimmung des Schallabsorptionsgrades, des Reflexionsgrades und der Oberflächenimpedanz oder Oberflächenadmittanz von Werkstoffen oder Gegenständen

fest. Die Werte werden bei senkrechtem Schalleinfall durch Berechnung des Stehwellenfeldes einer ebenen Welle in einem Rohr bestimmt, das durch Überlagerung einer einfallenden ebenen, sinusförmigen Welle mit einer vom Prüfgegenstand reflektierten ebenen Welle erzeugt wird.

Dieses Verfahren kann zur Bestimmung des Schallabsorptionsgrades von Absorbern bei senkrechtem Schalleinfall angewendet werden. Es kann außerdem zur Bestimmung der akustischen Oberflächenimpedanz oder Oberflächenadmittanz von absorbierenden Werkstoffen angewendet werden. Es ist für die Untersuchung von Parametern und die Auslegung von Absorbern gut geeignet, da nur kleine Proben des absorbierenden Werkstoffes benötigt werden.

1.2 Im Vergleich zur Messung des Schallabsorptionsgrades in einem Hallraum (ISO 354) bestehen einige charakteristische Unterschiede.

Die Impedanzrohrmethode kann zur Bestimmung des Reflexionsfaktors und auch der Impedanz oder Admittanz angewendet werden. Der Schall trifft senkrecht auf die Oberfläche des Gegenstandes. Bei der Hallraummethode wird (unter idealisierten Bedingungen) der Schallabsorptionsgrad bei diffusem Schalleinfall bestimmt.

Die Impedanzrohrmethode beruht auf der Existenz einer ebenen einfallenden Welle und liefert unter dieser Bedingung genaue Werte (Mess- und Montagefehler ausgenommen). Die Bewertung des Schallabsorptionsgrades in einem Hallraum beruht auf einer Anzahl vereinfachender und ungefährer Annahmen, die das Schallfeld und die Größe des Absorbers betreffen. Daher werden mitunter Schallabsorptionsgrade mit Werten größer als Eins erhalten.

Bei der Impedanzrohrmethode werden Proben des Prüfgegenstandes in der Größe des Impedanzrohrquerschnitts benötigt. Beim Hallraumverfahren sind relativ große Gegenstände erforderlich. Es kann auch für Prüfgegenstände mit ausgeprägter Strukturierung in seitlicher und/oder senkrechter Richtung angewendet werden. Messungen an solchen Gegenständen nach der Impedanzrohrmethode müssen vorsichtig interpretiert werden (siehe 9.1).

Zur Umrechnung der Prüfergebnisse der Impedanzrohrmethode (senkrechter Einfall) auf Zustände des diffusen Schalleinfalls siehe Anhang D.

1.3 Dieser Teil von ISO 10534 bevorzugt numerische Auswerteverfahren gegenüber grafischen Verfahren, da davon ausgegangen werden kann, dass Computer für die Berechnung zur Verfügung stehen. Einige Größen in den Formeln sind komplex. Die Argumente trigonometrischer Funktionen werden im Bogenmaß angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm darstellen. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle normativen Schriftstücke unterliegen der Überarbeitung, und Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im Folgenden genannten normativen Schriftstücke angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen normativen Schriftstücke.

ISO 266:1975¹⁾, *Acoustics – Preferred frequencies for measurements*.

ISO 354:1985, *Acoustics – Measurement of sound insulation in a reverberation room*.

3 Begriffe

Für diesen Teil der ISO 10534 gelten die folgenden Begriffe:

3.1

Schallabsorptionsgrad α

Verhältnis des durch die Oberfläche des Prüfgegenstandes eintretenden Schallpegels (ohne Umkehr) zum einfallenden Schallpegel einer ebenen Welle mit senkrechtem Einfall

¹⁾ Wird veröffentlicht (Überarbeitung von ISO 266:1975).

3.2

Schallreflexionsfaktor bei senkrechtem Einfall r

komplexes Verhältnis der Druckamplitude der reflektierten Welle zur einfallenden Welle in der Bezugsebene bei einer ebenen Welle mit senkrechtem Einfall

3.3

Bezugsebene

Querschnitt des Impedanzrohres, für den der Reflexionsfaktor r oder die Impedanz Z oder die Admittanz G bestimmt wird und der bei flachen Gegenständen gewöhnlich die Oberfläche ist. Die Bezugsebene wird bei $x = 0$ angenommen

3.4

Feldimpedanz $Z(x)$

Verhältnis des Schalldrucks $p(x)$ zur Schallschnelle $v(x)$ (in dieser Norm ist sie in den Prüfgegenstand hinein gerichtet) an einem Punkt x des Schallfeldes

3.5

Impedanz Z_r in der Bezugsebene

Verhältnis des Schalldruckes p zur Schallschnelle v in der Bezugsebene: $Z_r = p/v$

3.6

Oberflächenimpedanz Z

komplexes Verhältnis des Schalldruckes $p(0)$ zum senkrechten Anteil der Schallschnelle $v(0)$ in der Bezugsebene

3.7

Oberflächenadmittanz G

komplexes Verhältnis des senkrechten Anteils der Schallschnelle $v(0)$ zum Schalldruck $p(0)$ in der Bezugsebene

3.8

Oberflächenadmittanz G_s

Admittanzkomponente auf der Oberfläche des Prüfgegenstandes senkrecht zur Oberfläche

3.9

charakteristische Impedanz Z_0

Feldimpedanz (in Ausbreitungsrichtung) einer einfachen ebenen Welle: $Z_0 = p_0 c_0$

Dabei ist

p_0 die Dichte des Mediums (Luft);

c_0 die Schallgeschwindigkeit im Medium.

3.10

spezifische Impedanz z

Verhältnis der Impedanz Z zur charakteristischen Impedanz Z_0 :

$$z = \frac{Z}{Z_0}$$

3.11

spezifische Admittanz g

Produkt der Admittanz G und der charakteristischen Impedanz Z_0 :

$$g = Z_0 G$$

3.12

Stehwellenverhältnis s

Verhältnis der Schalldruckamplitude am Druckmaximum $|p_{\max}|$ zum benachbarten Druckminimum $|p_{\min}|$ (gegebenenfalls nach Korrektur an den Minima infolge Schalldämpfung im Impedanzrohr):

$$s = |p_{\max}|/|p_{\min}|$$

3.13

Stehwellenverhältnis mit Dämpfung s_n

Stehwellenverhältnis des n -ten Maximums zum n -ten Minimum

3.14

Freifeldwellenzahl k_0

die Wellenzahl k_0 ist definiert als $k_0 = \omega/c_0 = 2\pi f/c_0$

Dabei ist

ω die Kreisfrequenz;

f die Frequenz;

c_0 die Schallgeschwindigkeit.

Die Wellenzahl ist im Allgemeinen komplex, damit ist $k_0 = k'_0 - jk''_0$.

Dabei ist

k'_0 der Realteil ($k = 2\pi f/c_0$);

k''_0 der Imaginärteil, der die Dämpfungskonstante in Neper/Meter darstellt.

3.15

Phasenwinkel der Reflexion (des Reflexionsfaktors) Φ

Ergebnis der Darstellung des komplexen Reflexionsfaktors nach Betrag und Phase:

$$r = r' + jr'' = |r| e^{j\Phi} = |r| (\cos \Phi + j \sin \Phi)$$

$$|r| = \sqrt{r'^2 + r''^2};$$

$$\Phi = \arctan \frac{r''}{r'}$$

Dabei ist

$$r' = |r| \cos \Phi;$$

$$r'' = |r| \sin \Phi.$$

3.16

Arbeitsfrequenzbereich f

der Arbeitsfrequenzbereich ist der Bereich, in dem Messungen in einem vorgegebenen Impedanzrohr durchgeführt werden können:

$$f_l < f < f_u.$$

Dabei ist

f_l die untere Frequenzgrenze;

f_u die obere Frequenzgrenze.

3.17

Prüfabschnitt

der Prüfabschnitt des Impedanzrohres ist der Abschnitt ohne höhere Moden, in dem die stehende Welle untersucht werden kann

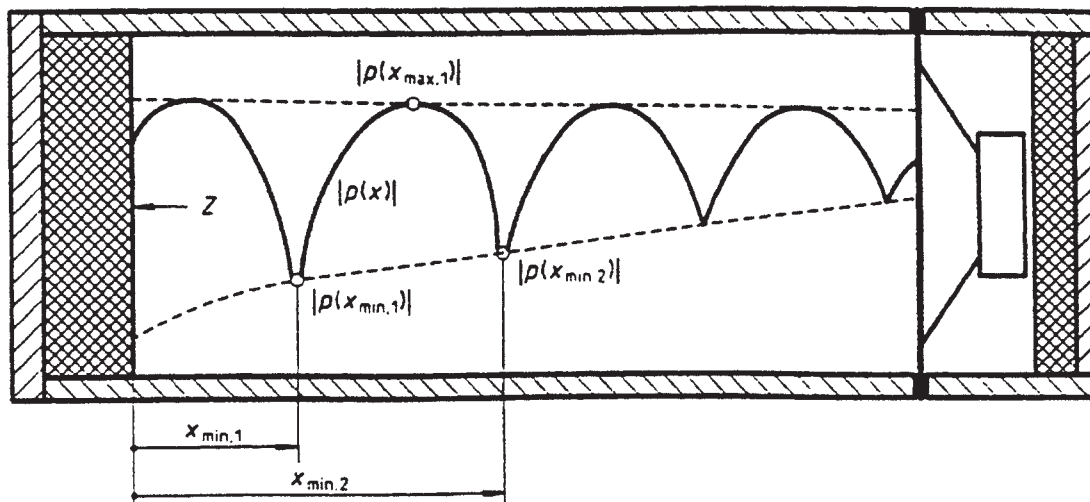
3.18

Einbauabschnitt

der Einbauabschnitt eines Impedanzrohres ist der Abschnitt, in den der Prüfgegenstand eingebaut wird

4 Kurzbeschreibung des Verfahrens

Der Prüfgegenstand wird an einem Ende des geraden, starren, glatten und dichten Impedanzrohres montiert (siehe Bild 1). Die einfallende ebene sinusförmige Schallwelle p_i wird von einem Lautsprecher am anderen Ende des Rohres erzeugt. Die Überlagerung $p = p_i + p_r$ der einfallenden Welle p_i mit der vom Prüfgegenstand reflektierten Welle p_r erzeugt im Rohr ein Stehwellenfeld. Die Auswertung geht von den gemessenen Größen der Schalldruckamplituden (entweder im linearen oder logarithmischen Maßstab) an den Druckminima $|p(x_{\min})|$ (eines oder mehrerer) und den Druckmaxima $|p(x_{\max})|$ aus. Diese Daten sind zur Bestimmung des Schallabsorptionsgrades ausreichend. Zur Bestimmung des Reflexionsfaktors r und der Impedanz Z oder der Admittanz $G = 1/Z$ müssen zusätzlich der Abstand $x_{\min,1}$ des ersten Schall-druckminimums von der Bezugsebene bei $x = 0$ (gewöhnlich der Oberflächenebene des Prüfgegenstandes) und die Schallwellenlänge λ_0 ermittelt werden.



ANMERKUNG Das erste zu messende Druckmaximum muss üblicherweise so gewählt werden, dass es zwischen den ersten beiden Druckminima liegt (siehe Bild 1).

Bild 1 – Stehwellenfeld im Prüfrohr

5 Grundlagen

5.1 Allgemeines

Das Verfahren nach diesem Teil von ISO 10534 setzt voraus, dass nur ebene einfallende und reflektierte Wellen existieren, die sich parallel zur Achse des Impedanzrohres im Prüfabschnitt (der Abschnitt, in dem das Stehwellenfeld untersucht wird) ausbreiten. Die Erzeugung anderer Wellenformen (höhere Moden) muss verhindert werden (siehe Anhang B). Es wird weiterhin angenommen, dass sich die Schallwellen im Rohr ohne Dämpfung ausbreiten. Für verbleibende Dämpfungen infolge von Reibungs- und Temperaturverlusten an den Rohrwänden können Korrekturen vorgenommen werden. Verfahren für die Bestimmung dieser Korrekturen werden in Anhang A angegeben.

5.2 Ansatz

ANMERKUNG 1 Der Zeitfaktor $e^{j\omega t}$ wird im Weiteren weggelassen.

Die einfallende Schallwelle p_i wird als eben, zeitlich harmonisch mit der Frequenz f und der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$ ungedämpft (Dämpfungskorrektur siehe Anhang A) und in Richtung der Achse des Impedanzrohres (in negativer x -Richtung) gerichtet angenommen:

$$p_i = {}^{(x)}p_0 e^{jk_0 x} \quad (1)$$

$$k_0 = \frac{\omega}{c_0} = \frac{2\pi f}{c_0} \quad (2)$$

Die Amplitude p_0 ist willkürlich.

Die Welle, die vom Prüfgegenstand mit einem Reflexionsfaktor reflektiert wird, ist dann:

$$p_r(x) = r p_0 e^{-jk_0 x} \quad (3)$$

Die Schallschnellen der Wellen (in negativer x -Richtung positiv gezählt, siehe Bild 1) sind dann:

$$v_i = \frac{1}{Z_0} p_i(x) \quad (4)$$

$$v_r(x) = -\frac{1}{Z_0} p_r(x) \quad (5)$$

Die Feldimpedanz (in negativer x -Richtung) der stehenden Welle beträgt:

$$Z(x) = \frac{p_i(x) + p_r(x)}{v_i(x) + v_r(x)} = Z_0 \cdot \frac{p_i(x) + p_r(x)}{p_i(x) - p_r(x)} \quad (6)$$

5.3 Wechselbeziehungen

In der Bezugsebene $x = 0$ gilt besonders:

$$Z = Z(0) = Z_0 \cdot \frac{1 + r}{1 - r} \quad (7)$$

hieraus folgt:

$$r = \frac{Z/Z_0 - 1}{Z/Z_0 + 1} \quad (8)$$

Der Schallabsorptionsgrad α für ebene Wellen ist:

$$\alpha = 1 - |r|^2 \quad (9)$$

wobei $|\dots|$ den Betrag einer komplexen Größe angibt.

Die Gleichungen (7) bis (9) sind Wechselbeziehungen zwischen den Größen, die nach diesem Teil von ISO 10534 bestimmt werden. Wenn die Bezugsebene in der Oberfläche eines flachen Prüfgegenstandes liegt, dann sind diese Größen die Oberflächenimpedanz, der Reflexionsgrad (für senkrechten Schalleinfall) und der Absorptionsgrad (für senkrechten Schalleinfall) des Prüfgegenstandes. Befindet sich die Bezugsebene vor dem Prüfgegenstand ($x > 0$), dann bleibt der Absorptionsgrad unverändert, der Reflexionsfaktor r und die Impedanz Z verändern sich auf Größen, die als „auf einen Abstand von transformiert“ bezeichnet werden, nämlich den Abstand zwischen der Bezugsebene und der Oberfläche des Gegenstandes. Dieser Begriff wird manchmal in Verbindung mit strukturierten Prüfgegenständen verwendet (siehe 9.1 und Abschnitt 10).

5.4 Stehende Welle

Ein Druckmaximum in einer stehenden Welle befindet sich an einem Ort, an dem p_i und p_r in Phase sind:

$$|p_{\max}| = |p_0| \cdot (1 + |r|) \quad (10)$$

Ein Druckminimum befindet sich an einem Ort mit entgegengesetzter Phase:

$$|p_{\min}| = |p_0| \cdot (1 - |r|) \quad (11)$$

Mit dem Stehwellenverhältnis

$$s = |p_{\max}| / |p_{\min}| \quad (12)$$

erhält man:

$$s = \frac{1 + |r|}{1 - |r|} \quad \text{und} \quad (13)$$

$$|r| = \frac{s - 1}{s + 1} \quad (14)$$