

Kunststoff-Rohrleitungssysteme
**Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärkten
 duroplastischen Kunststoffen (GFK)**
 Verfahren zur Regressionsanalyse und deren Anwendung
 Deutsche Fassung EN 705 : 1994

DIN
EN 705

ICS 23.040.20; 23.040.45

Deskriptoren: Rohrleitungssystem, Kunststoffrohr, glasfaserverstärkter Kunststoff, Regressionsanalyse, Formstück

Plastics piping systems –

Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes and fittings –

Methods for regression analyses and their use

German version EN 705 : 1994

Systèmes de canalisations plastiques –

Tubes et raccords plastiques thermodurcissable renforcés de verre et raccords (PRV) –

Méthodes pour une analyse de régression et leurs utilisations

Version allemande EN 705 : 1994

Die Europäische Norm EN 705 : 1994 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde unter aktiver Mitarbeit des FNK-Arbeitsausschusses 505.1 "Rohre und Rohrleitungsteile aus Reaktionsharzformstoffen" erarbeitet.

Internationale Patentklassifikation

F 16 L 009/12

G 01 D

G 01 N 033/44

Fortsetzung 16 Seiten EN

Normenstelle Kunststoffe (FNK) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DK 621.643.2-036.067.5 : 621.643.06 : 620.1 : 519.2

Deskriptoren: Rohrleitung, Kunststoffrohr, Rohrfittings, Thermoplast, Verstärkter Kunststoff, Glas, Datei, statistische Auswertung, Berechnung, Ausführung, Kontrolle

Deutsche Fassung

Kunststoff-Rohrleitungssysteme
**Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärkten
duroplastischen Kunststoffen (GFK)**
Verfahren zur Regressionsanalyse und deren Anwendung

Plastics piping systems – Glass-reinforced
thermosetting plastics (GRP) pipes and
fittings – Methods for regression analyses
and their use

Systèmes de canalisations plastiques –
Tubes et raccords plastiques thermodurcis-
sable renforcés de verre et raccords (PRV)
– Méthodes pour une analyse de régression
et leurs utilisations

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1994-04-11 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat 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 und dem Vereinigten Königreich.

CEN

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	4.2 Dimensionierung	8
Einleitung	2	4.3 Beispiele zur Gültigkeitsprüfung der Berechnungsverfahren zur Dimensionierung ...	10
1 Anwendungsbereich	3	4.4 Verfahren zur Überprüfung der Erfüllung von Bauteil-Dimensionierung und -Leistungsmerkmalen	12
2 Kurzbeschreibung der Verfahren	3	4.5 Beispiele zur Gültigkeitsprüfung von Berechnungsverfahren zur Dimensionierung oder zur Überprüfung des Bauteilverhaltens	14
3 Verfahren zur Ermittlung der funktionellen Abhängigkeiten	3	Anhang A (informativ)	15
3.1 Lineare Abhängigkeiten – Verfahren A und B ...	3	A.1 Matrix-System	15
3.2 Polynomfunktion zweiten Grades – Verfahren C	6	A.2 Substitutions-Ansatz	16
4 Anwendung der Verfahren auf Bauteil-Dimensionierung und -Prüfung	8		
4.1 Allgemeines	8		

Vorwort

Diese Norm wurde vom CEN/TC 155 "Kunststoff-Rohrleitungssysteme und Schutzrohrsysteme" erstellt.

Diese Norm basiert auf dem Dokument N 197 "Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes and fittings – Standard extrapolation procedures and their use", das von der Arbeitsgruppe 1 des Unterausschusses 6 des Technischen Komitees 138 der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erstellt wurde. Sie ist eine Abänderung des ISO/TC 138/SC 6/WG 1 N 197 aus Gründen der Anwendbarkeit auf andere Prüfbedingungen und Anpassung an die Texte anderer Normen über Prüfverfahren.

Die Abänderungen sind:

- Arbeitsbeispiele wurden eingearbeitet, um den Nachweis der Richtigkeit alternativer Berechnungseinrichtungen zu ermöglichen;
- werkstoffabhängige Anforderungen wurden nicht aufgenommen;
- redaktionelle Änderungen wurden vorgenommen.

Die werkstoffbezogenen Prüfparameter und/oder anwendungsbezogene Anforderungen wurden in die verweisende(n) Norm(en) aufgenommen.

Der informative Anhang A beschreibt Verfahren, wie das gegebene Gleichungssystem (siehe 3.2.3) auf mathematischer Basis gelöst werden kann, wobei das in 3.2.6 aufgezeigte Beispiel benutzt wird.

Eine bestehende Europäische Norm wird durch diese Norm nicht ersetzt.

Diese Norm gehört zu einer Reihe von Normen über Prüfverfahren zur Unterstützung von Systemnormen für Kunststoff-Rohrleitungssysteme und Schutzrohrsysteme.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 1994, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 1994 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind folgende Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Einleitung

Diese Norm wurde zur Beschreibung von Verfahren zur Regressionsanalyse von Prüfergebnissen, üblicherweise in Abhängigkeit von der Zeit, sowie die Anwendung der Ergebnisse auf die Dimensionierung und zur Überprüfung der Einhaltung anwendungsbezogener Anforderungen. Die Anwendung ist begrenzt auf Ergebnisse aus Prüfungen an Probekörpern. Die verweisenden Normen erfordern Vorausberechnungen und Langzeiteigenschaften für Rohre wie Umfangszugfestigkeit, Verformung und Kriechen.

Der Ausschuß untersuchte eine Reihe statistischer Verfahren, die zur Analyse von Prüfergebnissen aus zerstörenden Prüfverfahren verwendet werden können. Viele dieser einfachen Verfahren erfordern für den Logarithmus der Ergebnisse

- a) eine Normalverteilung;
- b) die Erzeugung einer Regressionslinie mit negativer Neigung; und
- c) eine ausreichend hohe Korrelation der Regression (siehe Tabelle 1).

Auch wenn die beiden letzten Bedingungen erfüllt werden können, haben Analysen gezeigt, daß eine ungleichmäßige Verteilung vorliegt und daher die erste Bedingung nicht erfüllt ist. Weitere Untersuchungen von Verfahren, mit denen ungleichmäßige Verteilungen behandelt werden können, führten zur Aufnahme des Kovarianzverfahrens zur Analyse solcher Daten in diese Norm.

Die Ergebnisse von zerstörungsfreien Prüfungen, wie z. B. Kriechen oder zeitabhängige Verformung, erfüllen oft alle drei Bedingungen. Daher können entsprechend dieser Norm hierfür auch einfachere Verfahren angewendet werden, wobei die Zeit als unabhängige Variable verwendet wird.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Verfahren fest, die für die Analyse von normal oder ungleichmäßig verteilten Daten nutzbar sind, wenn die Werte logarithmisch dargestellt wurden. Sie ist vorgesehen für die Anwendung mit den Prüfverfahren und verweisen den Normen für Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärkten Kunststoffen, zur Analyse von Eigenschaften, üblicherweise als Funktion der Zeit. Sie kann jedoch auch zur Analyse von anderen Daten benutzt werden.

In Abhängigkeit von der Art der Daten werden drei Verfahren festgelegt. Die Extrapolation mittels dieser Verfahren prognostiziert üblicherweise den Trend von Daten, die über einen Zeitraum von etwa 10 000 h gesammelt wurden, zu einer Vorhersage für die Eigenschaft bei 50 Jahren.

2 Kurzbeschreibung der Verfahren

Die zur Regressionsanalyse von Daten benutzten Verfahren basieren auf der Methode der kleinsten Fehlerquadrate, mit der eine vorhandene ungleichmäßige und/oder Normal-Verteilung angepaßt werden kann und die für Polynomansätze erster oder zweiter Ordnung geeignet ist.

Die drei verwendeten Analyseverfahren beinhalten folgendes:

- **Verfahren A:** Kovarianz mit einem Polynomansatz erster Ordnung;
- **Verfahren B:** Methode der kleinsten Fehlerquadrate unter Verwendung der Zeit als unabhängige Variable mit einem Polynomansatz erster Ordnung;
- **Verfahren C:** Methode der kleinsten Fehlerquadrate unter Verwendung der Zeit als unabhängige Variable mit einem Polynomansatz zweiter Ordnung.

Die Verfahren schließen statistische Überprüfungen der Korrelation der Daten und der Extrapolierbarkeit ein.

3 Verfahren zur Ermittlung der funktionellen Abhängigkeiten

3.1 Lineare Abhängigkeiten – Verfahren A und B

3.1.1 Gemeinsame Vorgehensweise für Verfahren A und B

Unter Verwendung von Verfahren A (siehe 3.1.2) oder Verfahren B (siehe 3.1.3) ist eine Gerade der folgenden Form anzupassen

$$y = a + bx \quad (1)$$

Dabei ist:

- y der Logarithmus (lg) der zu untersuchenden Eigenschaft;
- a der Schnittpunkt mit der y -Achse;
- b die Neigung;
- x der Logarithmus (lg) der Zeit, in Stunden.

3.1.2 Verfahren A – Kovarianzverfahren

3.1.2.1 Allgemeines

Für Verfahren A sind, soweit notwendig, die folgenden Variablen gemäß 3.1.2.2 bis 3.1.2.5 zu berechnen:

$$Q_y = \frac{\sum (y_i - Y)^2}{n} \quad (2)$$

$$Q_x = \frac{\sum (x_i - X)^2}{n} \quad (3)$$

$$Q_{xy} = \frac{\sum [(x_i - X)(y_i - Y)]}{n} \quad (4)$$

Dabei ist (sind):

Q_y die Summe der Fehlerquadrate parallel zur y -Achse dividiert durch n ;

Q_x die Summe der Fehlerquadrate parallel zur x -Achse dividiert durch n ;

Q_{xy} die Summe der Fehlerquadrate senkrecht zur Geraden dividiert durch n ;

Y der arithmetische Mittelwert der y -Werte, d. h.

$$Y = \frac{\sum y_i}{n};$$

X der arithmetische Mittelwert der x -Werte, d. h.

$$X = \frac{\sum x_i}{n};$$

x_i, y_i Einzelwerte;

n die Gesamtzahl der Ergebnisse (abgelesene Wertepaare für x_i, y_i).

ANMERKUNG: Falls der Wert von Q_{xy} größer als Null ist, ist die Steigung der Linie positiv, und falls der Wert von Q_{xy} kleiner als Null ist, ist die Steigung negativ.

3.1.2.2 Eignung der Daten

Unter Verwendung der folgenden Gleichungen sind das Bestimmtheitsmaß, r^2 , und der Korrelationskoeffizient, r , zu berechnen:

$$r^2 = \frac{Q_{xy}^2}{Q_x Q_y} \quad (5)$$

$$r = |(r^2)^{0,5}| \quad (6)$$

Falls der Wert für r^2 oder r kleiner als der zugehörige Mindestwert ist, der in Tabelle 1 in Abhängigkeit von n angegeben ist, sind die Daten als ungeeignet für die Analyse zu verwerfen.

Tabelle 1: Mindestwerte für das Bestimmtheitsmaß, r^2 , und den Korrelationskoeffizient, r , für geeignete Daten aus n Wertepaaren

$(n - 2)$	Mindestwerte		$(n - 2)$	Mindestwerte	
	r^2	r		r^2	r
11	0,641 6	0,801 0	23	0,381 6	0,617 7
12	0,608 4	0,780 0	24	0,368 9	0,607 4
13	0,578 1	0,760 3	25	0,356 9	0,597 4
14	0,550 6	0,742 0	30	0,307 0	0,554 1
15	0,525 0	0,724 6	35	0,269 3	0,518 9
16	0,501 8	0,708 4	40	0,239 7	0,489 6
17	0,480 5	0,693 2	45	0,216 0	0,464 8
18	0,460 6	0,678 7	50	0,196 5	0,443 3
19	0,442 5	0,665 2	60	0,166 3	0,407 8
20	0,425 6	0,652 4	70	0,144 3	0,379 9
21	0,409 9	0,640 2	80	0,127 3	0,356 8
22	0,395 3	0,628 7	90	0,113 9	0,337 5
			100	0,103 1	0,321 1

ANMERKUNG: In Tabelle 1 und an anderen Stellen in dieser Norm sind Gleichungen und zugehörige Werte, sowohl für r^2 als auch r angegeben, um die Anwendung bei Verwendung von anderweitig veröffentlichten Werten für entweder r^2 oder r zu vereinfachen.

3.1.2.3 Funktionelle Zusammenhänge

Zur Bestimmung von a und b der funktionellen Zusammenhänge der Geraden

$$y = a + bx \quad (1)$$

muß zuerst

$$\Gamma = \frac{Q_y}{Q_x} \quad (7)$$

gesetzt und anschließend a und b mit folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$b = -(\Gamma)^{0,5} \quad (8)$$

$$a = Y - bX \quad (9)$$

3.1.2.4 Berechnung der Varianzen

Wenn t_u die entsprechende Versagenszeit ist, dann setze

$$x_u = \lg t_u \quad (10)$$

Unter Verwendung der Gleichungen (11), (12) und (13) sind die folgenden statistischen Größen für $i=1$ bis n zu berechnen:

- die beste Näherung x'_i für das gemessene x_i ;
- die beste Näherung y'_i für das gemessene y_i ; und
- die Restvarianz σ_0^2 für x .

$$x'_i = \frac{\Gamma x_i + b(y_i - a)}{2\Gamma} \quad (11)$$

$$y'_i = a + bx'_i \quad (12)$$

$$\sigma_0^2 = \frac{|\Sigma (y_i - y'_i)^2 + \Gamma \Sigma (x_i - x'_i)^2|}{(n-2)\Gamma} \quad (13)$$

Berechne die folgenden Größen:

$$E = \frac{b\sigma_0^2}{2Q_{xy}} \quad (14)$$

$$D = \frac{2\Gamma b\sigma_0^2}{nQ_{xy}} \quad (15)$$

Berechne die Varianz C der Neigung b mit Hilfe der folgenden Gleichung:

$$C = D(1 + E) \quad (16)$$

3.1.2.5 Überprüfung der Extrapolierbarkeit von Daten

Falls eine Extrapolation der Geraden vorgesehen ist, ist T nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$$T = \frac{b}{(\text{Varianz von } b)^{0,5}} = \frac{b}{C^{0,5}} \quad (17)$$

Falls der Absolutwert $|T|$ (d. h. unter Vernachlässigung von Vorzeichen) von T gleich oder größer ist als der zugehörige Wert t_v für den Student'schen t -Wert, wie in Tabelle 2 für $(n-2)$ Freiheitsgrade angegeben, dann sind die Daten als für eine Extrapolation geeignet anzusehen.

Tabelle 2: Prozentualpunkte der Student'schen t -Verteilung (obere 2,5%-Punkte; zweiseitiges 5%-Vertrauensniveau; t_v für 97,5 %)

Freiheits- grad ($n-2$)	Student'scher t -Wert t_v	Freiheits- grad ($n-2$)	Student'scher t -Wert t_v	Freiheits- grad ($n-2$)	Student'scher t -Wert t_v
1	12,706 2	36	2,028 1	71	1,993 9
2	4,302 7	37	2,026 2	72	1,993 5
3	3,182 4	38	2,024 4	73	1,993 0
4	2,776 4	39	2,022 7	74	1,992 5
5	2,570 6	40	2,021 1	75	1,992 1
6	2,446 9	41	2,019 5	76	1,991 7
7	2,364 6	42	2,018 1	77	1,991 3
8	2,306 0	43	2,016 7	78	1,990 8
9	2,262 2	44	2,015 4	79	1,990 5
10	2,228 1	45	2,014 1	80	1,990 1
11	2,201 0	46	2,012 9	81	1,989 7
12	2,178 8	47	2,011 2	82	1,989 3
13	2,160 4	48	2,010 6	83	1,989 0
14	2,144 8	49	2,009 6	84	1,988 6
15	2,131 5	50	2,008 6	85	1,988 3
16	2,119 9	51	2,007 6	86	1,987 9
17	2,109 8	52	2,006 6	87	1,987 6
18	2,100 9	53	2,005 7	88	1,987 3
19	2,093 0	54	2,004 9	89	1,987 0
20	2,086 0	55	2,004 0	90	1,986 7
21	2,079 6	56	2,003 2	91	1,986 4
22	2,073 9	57	2,002 5	92	1,986 1
23	2,068 7	58	2,001 7	93	1,985 8
24	2,063 9	59	2,001 0	94	1,985 5
25	2,059 5	60	2,000 3	95	1,985 3
26	2,055 5	61	1,999 6	96	1,985 0
27	2,051 8	62	1,999 0	97	1,984 7
28	2,048 4	63	1,998 3	98	1,984 5
29	2,045 2	64	1,997 7	99	1,984 2
30	2,042 3	65	1,997 1	100	1,984 0
31	2,039 5	66	1,996 6		
32	2,036 9	67	1,996 0		
33	2,034 5	68	1,995 5		
34	2,032 2	69	1,994 9		
35	2,030 1	70	1,994 4		