

**Kunststoffelemente für selbsttragende
Dachbausysteme: - Beurteilung der Trag-
und Gebrauchsfähigkeit, - Identifikations-
und Produktionskontrollprüfungen**

T 3000

T 3000

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2003, ISBN 3-8167-6503-3

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail info@irb.fhg.de

URL <http://www.IRBbuch.de>

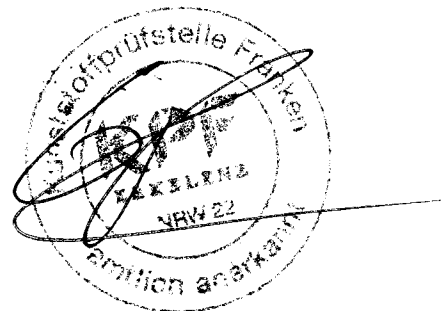
FORSCHUNGSBERICHT

Auftrag - Nr. F 111/99

Kunststoffelemente für selbsttragende Dachbausysteme

- Beurteilung der Trag- und Gebrauchsfähigkeit
- Identifikations- und Produktionskontrollprüfungen

Auftraggeber: Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin



Erkelenz, im August 2002

Dipl.-Ing. Helmuth W. Franken

INHALTSVERZEICHNIS

		<u>Seite</u>
	Bezeichnungen	3
1	Kunststoffelemente für selbsttragende Dachbausysteme	4
1.1	Allgemeines	4
1.2	Dachbausysteme	4
1.3	Versuchsaufbau	5
1.4	Versuchsdurchführung	5
1.5	Auswertung der Bauteilversuche	6
1.5.1	Statistische Auswertung	6
1.5.2	Zulässige Lasten	6
1.5.2.1	Teilsicherheitsbeiwert γ_m	6
1.5.2.2	Teilsicherheitsbeiwert γ_{sys}	8
1.5.2.3	Teilsicherheitsbeiwert γ_f	8
1.5.2.4	Vergrößerungs- bzw. Abminderungsfaktoren	8
2	Beurteilung von Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Kunststoffelemente eines Dachbausystems durch Bauteilversuche	9
2.1	Allgemeines	9
2.2	Dachbausysteme	10
2.3	Versuchsaufbau	11
2.4	Versuchsdurchführung	13
2.5	Auswertung der Bauteilversuche	13
2.5.1	Statistische Auswertung / charakteristischer Wert R_k	13
2.5.2	Bemessungswert des Bauteilwiderstandes	14
2.6	Vergrößerungs- bzw. Abminderungsfaktoren	15
2.7	Bemessungswerte der Einwirkungen	16
2.8	Zusätzliche Tragprofile, Einzelteile des Systems	17
3	Werkstoffabhängige Abminderungs- und Vergrößerungsfaktoren zur Bemessung der Kunststoffelemente eines Dachbausystems	18
3.1	Allgemeines	18
3.2	Ermittlung der werkstoffabhängigen Abminderungs- bzw. Vergrößerungsfaktoren	19
3.2.1	Einflüsse der Lastdauer (K_t , C_t)	19
3.2.2	Alterungs- und Umgebungseinflüsse (K_u , C_u)	23
3.2.3	Temperatureinflüsse (K_θ , C_θ)	23
4	Identifikations- und Produktionskontrollprüfungen an Kunststoffelementen von selbsttragenden lichtdurchlässigen Dachbausystemen	24
4.1	Allgemeines	24
4.2	Prüfungen (Beispiele) für verschiedene Bauteiltypen	26
4.2.1	Stegplatten	26
4.2.1.1	Geometrie / Flächengewicht	26
4.2.1.2	Verformungsverhalten	27
4.2.1.3	Bruchverhalten	28
4.2.1.4	Dimensionsstabilität	28
4.2.1.5	Prüfung mit spannungsrißauslösenden Medien	28

		<u>Seite</u>
4.2.1.6	Schlagfestigkeit	29
4.2.1.7	Wärmebeständigkeit	29
4.2.1.8	Prüfungen zur Produktionskontrolle	29
4.2.2	Ebene Massivplatten	29
4.2.2.1	Geometrie	30
4.2.2.2	Verformungsverhalten	30
4.2.2.3	Bruchverhalten	30
4.2.2.4	Dimensionsstabilität	30
4.2.2.5	Prüfung mit spannungsrisssauslösenden Medien	30
4.2.2.6	Schlagfestigkeit	30
4.2.2.7	Wärmebeständigkeit	30
4.2.2.8	Aushärtung und Glasmassenanteil	31
4.2.2.9	Prüfungen zur Produktionskontrolle	31
4.2.3	Hohlkammerprofile	31
4.2.3.1	Geometrie / Flächengewicht	31
4.2.3.2	Verformungsverhalten	32
4.2.3.3	Bruchverhalten	32
4.2.3.4	Dimensionsstabilität	32
4.2.3.5	Prüfung mit spannungsrisssauslösenden Medien	32
4.2.3.6	Schlagfestigkeit	32
4.2.3.7	Wärmebeständigkeit	32
4.2.3.8	Prüfungen zur Produktionskontrolle	33
4.2.4	Profilierte Platten	33
4.2.4.1	Geometrie / Flächengewicht	33
4.2.4.2	Verformungsverhalten	33
4.2.4.3	Bruchverhalten	34
4.2.4.4	Dimensionsstabilität	34
4.2.4.5	Prüfung mit spannungsrisssauslösenden Medien	34
4.2.4.6	Schlagfestigkeit	34
4.2.4.7	Wärmebeständigkeit	34
4.2.4.8	Aushärtung und Glasgehalt	35
4.2.4.9	Prüfungen zur Produktionskontrolle	35
5	Zusammenfassung	36
5.1	Dachbausysteme	36
5.2	Versuchsaufbau	37
5.3	Versuchsdurchführung	37
5.4	Auswertung der Bauteilversuche	37
5.4.1	Statistische Auswertung / charakteristischer Wert R_k	37
5.4.2	Bemessungswert des Bauteilwiderstandes	37
5.5	Vergrößerungs- bzw. Abminderungsfaktoren	39
5.6	Bemessungswerte der Einwirkungen	40
5.7	Zusätzliche Tragprofile, Einzelteile des Systems	40
5.8	Werkstoffabhängige Abminderungs- und Vergrößerungsfaktoren zur Bemessung der Kunststoffelemente eines Dachbausystems	41
5.9	Identifikations- und Produktionskontrollprüfungen an Kunststoffelementen von selbsttragenden lichtdurchlässigen Dachbausystemen	42
	Literaturnachweis	43

Bezeichnungen

$\{EI\}$	Biegesteifigkeit
$\{GA_Q\}$	Schubsteifigkeit
F	Prüfkraft
L	Stützweite
f	Durchbiegung
E_c	Verformungsmodul/Kriechmodul
E_{1h}	E-Modul errechnet aus der Durchbiegung nach 1 h Lastdauer
f_{1h}	Durchbiegung nach 1 h Lastdauer
f_{24h}	Durchbiegung nach 24 h Lastdauer
f_c	Kriechdurchbiegung
R_d	Bemessungswiderstand für den Grenzzustand der Tragfähigkeit
C_d	Bemessungswiderstand für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
η_{dC}	Werkstoffabhängiger Faktor aus den Vergrößerungsfaktoren für die Bemessungssituation (bei verformungsbedingtem Versagen)
η_{dK}	Werkstoffabhängiger Faktor aus den Abminderungsfaktoren für die Bemessungssituation (bei Versagen durch Überschreiten der Festigkeit)
R_k	Charakteristischer Wert für den Grenzzustand der Tragfähigkeit
C_k	Charakteristischer Wert für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
γ_{MR}, γ_{MC}	Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoff-/Bauteileigenschaft unter Berücksichtigung der Modellunsicherheit
α_R	Wichtungsfaktor
β	Zuverlässigkeitsindex
k	Fraktalfaktor
v	Variationskoeffizient
C_t, C_u, C_θ	Werkstoffabhängige Vergrößerungsfaktoren (Einfluß der Lastdauer, Alterungs- und Umgebungseinflüsse und Temperatureinflüsse)
K_t, K_u, K_θ	Werkstoffabhängige Abminderungsfaktoren (Einfluß der Lastdauer, Alterungs- und Umgebungseinflüsse und Temperatureinflüsse)
φ_t	Kriechfaktor
σ	Spannung
ε	Dehnung

1 Kunststoffelemente für selbsttragende Dachbausysteme

1.1 Allgemeines

Zur Beurteilung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Kunststoffelemente von Dachbausystemen wurden in bisherigen Zulassungsverfahren Bauteilversuche durchgeführt, in denen das Verhalten des gesamten Systems oder einzelner Teilsysteme (z. B. der Eindeckung) unter Auflastbeanspruchung und abhebender Beanspruchung ermittelt wurde. Dabei wurden die zu erwartenden Beanspruchungsarten simuliert und die Grenzzustände der Tragfähigkeit sowie der Gebrauchstauglichkeit statistisch ausgewertet. Zur Bestimmung der jeweiligen zulässigen Lasten wurde der 5%-Fraktilenwert aus den Bauteilversuchen zugrunde gelegt und mit den entsprechenden Sicherheitsfaktoren sowie den zu berücksichtigenden werkstoffabhängigen Vergrößerungs- oder Abminderungsfaktoren beaufschlagt [1.1, 1.2, 1.3].

1.2 Dachbausysteme

Hinsichtlich des statischen Systems können mindestens vier verschiedene Kategorien unterschieden werden, die mit wiederholbaren Einheiten zu beliebig breiten Dachbausystemen über rechteckigem Grundriß zusammengesetzt werden können:

a) *ebene oder gebogene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung*

z. B. [1.15, 1.16, 1.19, 1.20, 1.21, 1.22, 1.23, 1.25, 1.28, 1.31, 1.34]

b) *vollständig selbsttragende ebene oder gebogene Dachbausysteme (Einfeldsysteme) ohne zusätzliche Tragprofile*

z. B. [1.17, 1.18, 1.24, 1.26, 1.27, 1.29, 1.30, 1.32, 1.33, 1.35]

c) *ebene Dachbausysteme mit ein- oder mehrschichtigen Elementen sowie Stützprofilen quer zur Haupttragrichtung (Mehrfeldsysteme)*

z. B. [1.24, 1.29, 1.32, 1.33, 1.35]

d) *ebene Dachbausysteme mit profilierten Platten und Stützprofilen quer zur Haupttragrichtung (Mehrfeldsysteme)*

z. B. [1.26, 1.27, 1.30]

Das erste Dachbausystem wurde 1976 allgemein bauaufsichtlich zugelassen [1.15]. Es war ein System nach 1.1.a. Es bestand aus Aluminiumtragprofilen mit an Ober- und Unterseiten angeklebten GF-UP-Platten.

Beim nächsten zugelassenen System [1.16] waren noch Aluminiumprofile zur zusätzlichen Tragwirkung in Kunststoffprofile eingeschoben.

Beim ersten Dachbausystem ohne zusätzliche Tragprofile aus einem Thermoplasten (PVC) waren diese Aluminiumprofile durch Kunststoffprofile ersetzt worden [1.18].

Bei allen anderen bisher zugelassenen Systemen nach 1.1.a waren Kunststoffplatten auf den Tragprofilen aufgelegt und durch Abdeckprofile gehalten.

1.3 Versuchsaufbau

Die konstruktive Ausführung des Versuchsaufbaus und die dabei verwendeten Bauelemente entsprachen dem vorgesehenem Einsatz. Der Versuchsaufbau bestand mindestens aus einer wiederholbaren Einheit mit realen Randbedingungen des zu beurteilenden Dachbausystems.

Zum Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind für Auflastbeanspruchung aus Schnee oder Wind, sowie für abhebende Beanspruchung aus Wind unterschiedliche Untersuchungen in Abhängigkeit des statischen Systems notwendig.

1.4 Versuchsdurchführung

Bei der Versuchsdurchführung wurde die zu simulierende Beanspruchungsart möglichst wirklichkeitsnah als regelbare Last auf das Dachbausystem bzw. auf ein Teilsystem aufgebracht. Dabei wurden die Lasten sowohl als Flächenlasten (z. B. durch Vakuum oder Druckkissen) als auch durch Einzellasten (z. B. Sandsäcke oder Einzelgewichte) verwirklicht. Die Versuchslasten wurden meist in gleichmäßigen Zeitabständen bis zum Versagen stufenweise gesteigert.

1.5 Auswertung der Bauteilversuche

1.5.1 Statistische Auswertung

Die Ergebnisse der Bauteilversuche wurden nach [1.2] ausgewertet. Es wurde logarithmische Normalverteilung für die Werte x , also $y = \ln x$ vorausgesetzt und die Näherung $v_x \approx \sigma_y$. Es wurde die 5 %-Fraktile bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von $W = 0,75$ für unbekannte Standardabweichung bestimmt. Bei entsprechender Auswertung nach Eurocode 1 [2.1.1] sind nur geringfügige Abweichungen zu erwarten.

1.5.2 Zulässige Lasten

Neben den werkstoffabhängigen Vergrößerungs- oder Abminderungsfaktoren wurden die Teilsicherheitsbeiwerte γ_m , γ_{sys} und γ_f berücksichtigt.

Die zulässigen Lasten sind dann

$$\text{zul } p = p_{5\%} / (\gamma_m \cdot \gamma_{sys} \cdot \gamma_f \cdot K_t \cdot K_u \cdot K_\theta)$$

bzw.

$$\text{zul } p = p_{5\%} / (\gamma_m \cdot \gamma_{sys} \cdot \gamma_f \cdot C_t \cdot C_u \cdot C_\theta)$$

1.5.2.1 Teilsicherheitsbeiwert γ_m

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_m wurde nach der Gleichung

$$\gamma_m = e^{(\alpha_R \cdot \beta - k) \cdot v}$$

ermittelt.

Der Wichtungsfaktor α_R wurde für normal streuende Einwirkungskombinationen mit

$$\alpha_R = 0,8$$

angesetzt.

Für den Sicherheitsindex β wurde nach [1.3] bei Sicherheitsklasse 1 für den Grenzzustand der Tragfähigkeit mit

$$\beta_T = 4,2$$

und für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit mit

$$\beta_G = 2,5$$

gewählt.

Die Voraussetzungen für die Einstufung nach Sicherheitsklasse 1 über mögliche Folgen der Gefährdungen, die vorwiegend die Gebrauchstauglichkeit

- geringe wirtschaftliche Folgen, geringe Beeinträchtigung der Nutzung -
 - und die Tragfähigkeit
 - keine Gefahr für Menschenleben und geringe wirtschaftliche Folgen -
- betreffen, sind im Allgemeinen bei Dachbausystemen gegeben.

Die Kunststoffelemente versagen erst nach dem Auftreten großer Verformungen in Teilbereichen. Einzelne Elemente mit Vorschäden können meist leicht und zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten ausgetauscht werden.

Die Begehbarkeit der Kunststoffelemente wurde immer ausgeschlossen.

Der Fraktillfaktor k wurde wegen der 5%-Fraktile mit

$$k = 1,645$$

eingesetzt.

Der Variationskoeffizient wurde nach den Ergebnissen der Versuche mindestens jedoch mit

$$V = 0,1$$

angenommen.

Der Variationskoeffizient v kann genügend genau gleich der Standardabweichung der logarithmierten Werte gesetzt werden.

1.5.2.2 Teilsicherheitsbeiwert γ_{sys}

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_{sys} erfaßt die Unsicherheit der Modellbildung. Im Regelfall war es ausreichend für den Tragfähigkeitsnachweis

$$\gamma_{\text{sysT}} = 1,1$$

und den Gebrauchstauglichkeitsnachweis

$$\gamma_{\text{sysG}} = 1,0$$

anzusetzen.

1.5.2.3 Teilsicherheitsbeiwert γ_f

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_f bezüglich der Einwirkungen (hier: Schnee- und Windlast) wurde entsprechend [1.3] für den **Gebrauchsfähigkeitsnachweis** (Sicherheitsklasse 1)

$$\gamma_{fG} = 1,05$$

und für den **Tragfähigkeitsnachweis**

$$\gamma_{fT} = 1,3$$

angenommen.

1.5.2.4 Vergrößerungs- bzw. Abminderungsfaktoren

Je nach Versagensart, ob verformungsbedingt oder durch Überschreiten der Baustofffestigkeit, wurden die werkstoffabhängigen Vergrößerungsfaktoren C_t , C_u , C_θ für die Verformung oder die Abminderungsfaktoren K_t , K_u , K_θ für die Bruchfestigkeit berücksichtigt.

C_t , K_t erfassen dabei die Einwirkungsdauer, für die die zulässigen Lasten ermittelt wurden, gegenüber der Einwirkungsdauer in den Bauteilversuchen.

Die Faktoren C_u , K_u wurden zur Berücksichtigung von Alterungs- und Umgebungseinflüssen angesetzt.

Temperatureinflüsse bei der Nutzung des Dachbausystems gegenüber den Versuchstemperaturen wurden durch die Faktoren C_θ , K_θ berücksichtigt.

Für Windbeanspruchung nach [1.12] wurden die Faktoren $K_t = 1,0$ und $C_t = 1,0$ (Kurzzeitlast) angenommen.

Es wurde nach [1.14] zwischen dem "Wintersturm" und dem "Sommergewitter" unterschieden. Dabei entspricht der "Wintersturm" der Windlast nach [1.12] und das "Sommergewitter", bei dem die volle Wärmewirkung berücksichtigt werden muß, 60 % der Windlast nach [1.12].

Für Schneelasten nach [1.13] wurde rechnerisch meist eine Lastdauer von 2000 h (ca. 3 Monate) angenommen.

Die Vorgehensweise, das Verhalten von Kunststoffbauteilen mit Abminderungs- und Vergrößerungsfaktoren zu erfassen, geht schon auf die ersten vorläufigen Richtlinien für zulassungspflichtige Bauteile aus dem Jahr 1967 zurück [1.16]. Die Bezeichnung der Faktoren mit C und K geht auf [1.10] zurück.

2 Beurteilung von Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Kunststoffelemente eines Dachbausystems durch Bauteilversuche

2.1 Allgemeines

Die Beurteilung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit muß auf der Grundlage von ENV 1991-1 (Eurocode 1) durchgeführt werden.

Dabei sind Bauteilversuche durchzuführen, in denen das Verhalten des gesamten Systems oder einzelner Teilsysteme (z.B. der Eindeckung) unter Auflastbeanspruchung und abhebender Beanspruchung ermittelt wird. Es müssen alle zu erwartenden Beanspruchungsarten in mindestens drei Versuchen simuliert und die Grenzzustände der Tragfähigkeit sowie evtl. der Gebrauchstauglichkeit statistisch ausgewertet werden. Zur Bestimmung der Bemessungswiderstände R_d oder C_d ist der 5%-Fraktilewert aus den Bauteilversuchen als charakteristischer Wert zugrunde zu legen und mit den entsprechenden Sicherheitsfaktoren sowie den zu berücksichtigenden werkstoffabhängigen Vergrößerungs- oder Abminderungsfaktoren zu beaufschlagen.

Eine Übersicht über die Vorgehensweise ist in Bild 2.1 dargestellt.

2.2 Dachbausysteme

Hinsichtlich des statischen Systems können die Dachbausysteme in mindestens vier verschiedene Kategorien eingeteilt werden, die mit wiederholbaren Einheiten zu beliebig breiten Dachbausystemen über rechteckigem Grundriß zusammengesetzt werden können:

a) *gebogene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung (Sprossensysteme)*

Diese Systeme bestehen aus einer Unterkonstruktion mit *zusätzlichen Tragprofilen* in Haupttragrichtung und einer Auflagerkonstruktion für die Plattenenden quer dazu sowie einer Eindeckung aus ebenen Massiv- oder Stegplatten. Die Tragprofile können aus Aluminium, Stahl oder Holz bestehen und haben gegenüber der Eindeckung eine hohe Steifigkeit. Die Eindeckung kann ohne Zwischenunterstützung als Einfeldsystem oder mit weiteren in äquidistantem Abstand angeordneten Tragprofilen als Mehrfeldsystem ausgebildet sein. Gegen abhebende Lasten wird die Eindeckung mit Abdeckprofilen gehalten, welche entweder entlang der Tragprofile verschraubt/geklemmt werden oder durch Befestigungen am Kämpfer als Zugbänder wirken (Bild 2.2.1).

b) *ebene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung (Sprossensysteme)*

Diese Systeme sind in ihrer grundsätzlichen Ausführung gleich den gebogenen Systemen. Eine Sicherung der Eindeckung gegen abhebende Lasten durch das Abdeckprofil ist jedoch nur durch Klemm- bzw. Schraubverbindungen entlang der Tragprofile möglich (Bild 2.2.2).

c) *gebogene Dachbausysteme ohne zusätzliche Sprossen (sprossenfreie Systeme)*

Gebogene Dachbausysteme ohne zusätzliche Sprossen bestehen aus ein- oder mehrschichtigen Elementen, die außer an den Enden der Elemente quer zur Haupttragrichtung keine weiteren Auflager besitzen. Die Eindeckung kann sowohl aus profilierten Platten mit Überdeckungen als auch aus Hohlkammerprofilen oder Stegprofilplatten mit längsseitigen Fugen bestehen (Bild 2.3.1).

d) *ebene Dachbausysteme ohne zusätzliche Sprossen (sprossenfreie Systeme)*

Diese ebenen Dachbausysteme bestehen entweder aus Hohlkammerprofilen oder Stegprofilplatten, die über eine längsseitige Fuge miteinander verbunden sind, oder aus profilierten Platten, die durch Überlappung an den Längs- und Querrändern gestoßen werden können. Sie können als Einfeldsysteme (Bild 2.3.2) oder mit zusätzlichen quer zur Haupttragrichtung angeordneten Zwischenauflagern als Mehrfeldsysteme (Bild 2.4 bzw. Bild 2.5) ausgebildet sein.

Hohlkammerprofile und Stegprofilplatten werden meist an den Endseiten durch Auflagerprofile gehalten und sind auf Zwischenauflagern mit Sogankern oder Schrauben befestigt (Bild 2.4). Profilierte Platten können sowohl an den Hochpunkten als auch an den Tiefpunkten des Profils mit den Auflagern verschraubt werden. An den Endauflagern werden sie mit einem festen Überstand montiert (Bild 2.5).

2.3 Versuchsaufbau

Die konstruktive Ausführung des Versuchsaufbaus und die dabei verwendeten Bauelemente müssen dem vorgesehenem Einsatz entsprechen. Der Versuchsaufbau muß mindestens aus einer wiederholbaren Einheit mit realen Randbedingungen des zu beurteilenden Dachbausystems bestehen.

Zum Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind für Auflastbeanspruchung aus Schnee oder Wind, sowie für abhebende Beanspruchung aus Wind unterschiedliche Untersuchungen in Abhängigkeit des statischen Systems notwendig:

a) *gebogene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung (Sprossensysteme)*

Da die Steifigkeit der Auflagerkonstruktion gegenüber der Eindeckung sehr hoch ist, kann zur Beurteilung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nur das Teilsystem der Eindeckung untersucht werden. Hierzu wird vorausgesetzt, daß die Tragkonstruktion des Dachbausystems für sich standsicher ist und die Eindeckung hierzu nicht, z. B. zur Kippaussteifung, herangezogen wird.

Der Versuchsaufbau dieser Systeme ist in Bild 2.6.1 für Auflasten und abhebende Lasten schematisch dargestellt. Die Tragkonstruktion kann dabei in den Versuchen durch Hilfskonstruktionen verstärkt werden, so daß auch bis zur Versagenslast der Eindeckung ausreichende Steifigkeit der Tragkonstruktion gegeben ist.

b) *ebene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung (Sprossensysteme)*

Für ebene Dachbausysteme ist der Versuchsaufbau für Auflasten und abhebende Lasten in Bild 2.6.2 schematisch dargestellt. Hier gilt vorstehender Abschnitt sinngemäß.

c) *gebogene Dachbausysteme ohne zusätzliche Sprossen (sprossenfreie Systeme)*

Der Versuchsaufbau zum Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ist in Bild 2.7 schematisch dargestellt. Neben dem Nachweis gegen abhebende Lasten und Auflasten als Volllast ist bei gebogenen, sprossenfreien Systemen zusätzlich der Nachweis einer halbseitigen Auflast notwendig.

Da die Änderung des Stichhöhen/Stützweiten-Verhältnisses großen Einfluß auf die Tragfähigkeit des Dachbausystems hat, ist die mögliche Auflagerverschiebung in vorgesehenem Einsatz zu berücksichtigen.

Ist gegen abhebende Last nur die Auflagerverankerung maßgebend, so kann der Nachweis auf dieses Teilsystem beschränkt werden (siehe hierzu Zugversuch in Bild 2.7.1).

d) *ebene Dachbausysteme ohne zusätzliche Sprossen (sprossenfreie Systeme)*

Bei diesen Systemen ist der Nachweis zum Verhalten der Dachbausysteme im Feld (aufnehmbares Moment bei nicht vorhandener Querkraft), der Nachweis zum Verhalten am Zwischenaufleger sowie die Beurteilung der aufnehmbaren Endauflagerkräfte maßgebend.

Die Versuche können in Anlehnung an ENV 1993-1-3 (Eurocode 3) „Kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche“ durchgeführt werden.

Der Versuchsaufbau zur Ermittlung des aufnehmbaren Biegemomentes bei nicht vorhandener Querkraft ist in Bild 2.8.1 bzw. 2.8.2 schematisch dargestellt. Falls die Eindeckung keinen zur Schwerpunktschwerachse symmetrischen Querschnitt aufweist, sind Versuche sowohl in Positivlage als auch in Negativlage notwendig. Die aufzubringende Last soll einer Flächenlast entsprechen, die auch wahlweise durch mindestens vier Linienlasten simuliert werden kann, deren Anordnung einen annähernd gleichen Biegemomentenverlauf in Haupttragrichtung zur Folge hat.

Es dürfen Hilfskonstruktionen verwendet werden, die eine horizontale Verschiebung der Elemente quer zur Haupttragrichtung einschränken, die Steifigkeit in Profilrichtung aber nicht erhöhen.

Das Verhalten der Dachbausysteme am Zwischenaufleger, insbesondere die Interaktion zwischen Biegemoment und Auflagerkraft, ist durch Ersatzträgerversuche nachzuweisen. Zu diesem Zweck müssen mindestens für drei verschiedene Biegemoment / Auflagerkraftkombinationen die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit ermittelt werden.

Der Versuchsaufbau der Ersatzträgerversuche ist für Auflastbeanspruchung in Bild 2.8.3.1 bzw. 2.8.3.2 und für abhebende Beanspruchung in Bild 2.8.4.1 bzw. 2.8.4.2 wiedergegeben.

Das Zwischenaufleger muß entsprechend dem vorhergesehenem Einsatz ausgebildet sein. Die Versuchsauflagerung an den Enden der Elemente ist frei drehbar und horizontal verschiebbar auszuführen. Auf ausreichenden Überstand der Elemente ist dabei zu achten.

Für die Endauflagerkräfte bei Platten mit Überstand können unter der Bedingung $l_o \geq 50 \text{ mm}$, 60 % der ermittelten maximalen Zwischenauflegerkräfte angesetzt werden. Die Endauflagerkräfte können darüber hinaus in zusätzlichen Versuchen nachgewiesen werden.

2.4 Versuchsdurchführung

Bei der Versuchsdurchführung ist die zu simulierende Beanspruchungsart möglichst wirklickeitsnah als regelbare Last auf das Dachbausystem bzw. auf das Teilsystem aufzubringen. Dabei können die Lasten sowohl als Flächenlasten (z. B. durch Vakuum oder Druckkissen) als auch durch Einzellasten (z. B. Sandsäcke oder Einzelgewichte) aufgebracht werden. Die Versuchslasten sind in gleichmäßigen Zeitabständen bis zum Versagen zu steigern.

2.5 Auswertung der Bauteilversuche

2.5.1 Statistische Auswertung / Charakteristischer Wert R_k

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse zu charakteristischen Werten R_k ist entsprechend ENV 1991-1 (Eurocode 1) Anhang D für das Verfahren a) („Festlegung über den charakteristischen Wert“) vorzunehmen. Dabei ist für die ermittelten Werte von einer logarithmischen Normalverteilung auszugehen. Es ist jeweils die 5%-Fraktile bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von $W = 0,75$ für unbekannte Standardabweichung σ zu bestimmen.

2.5.2 Bemessungswert des Bauteilwiderstandes

Der Bauteilwiderstand ist nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$R_d = \eta_{dC} \cdot R_k / \gamma_{MR} \quad \text{oder} \quad R_d = \eta_{dK} \cdot R_k / \gamma_{MR} \quad \text{für den Tragfähigkeitsnachweis}$$

und

$$C_d = \eta_{dC} \cdot C_k / \gamma_{MC} \quad \text{für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis}$$

mit

η_{dC} : Werkstofffaktor in Abhängigkeit von den bei der Bemessungssituation zu berücksichtigenden Vergrößerungsfaktoren (bei verformungsbedingtem Grenzzustand)

η_{dK} : Werkstofffaktor in Abhängigkeit von den bei der Bemessungssituation zu berücksichtigenden Abminderungsfaktoren (bei festigkeitsbedingtem Versagen)

R_k charakteristischer Wert des Bauteilwiderstandes beim Grenzzustand der Tragfähigkeit

C_k charakteristischer Wert des Bauteilwiderstandes beim Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

γ_{MR} Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoff-/Bauteileigenschaft unter der Berücksichtigung von der Modellunsicherheit mit $\gamma_{MR} = \gamma_{Rd} \cdot \gamma_{mR}$ für den Tragfähigkeitsnachweis

γ_{MCR} : Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoff-/Bauteileigenschaft unter der Berücksichtigung von der Modellunsicherheit mit $\gamma_{MC} = \gamma_{Rd} \cdot \gamma_{mC}$ für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis

für die Modellunsicherheit kann $\gamma_{Rd} = 1,05$ angesetzt werden.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_{mC} bzw. γ_{mK} für die Baustoff- / Bauteileigenschaft kann nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\gamma_{mC} = e^{(\alpha_R \cdot \beta_C - k) \cdot v} \quad \text{bzw.} \quad \gamma_{mK} = e^{(\alpha_R \cdot \beta_K - k) \cdot v}$$

mit

α_R : Der Wichtungsfaktor kann mit $\alpha_R = 0,8$ angesetzt werden.

β : Für den Zuverlässigkeitsindex β ist für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

$$\beta_K = 4,2$$

und für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

$$\beta_C = 2,5$$

anzusetzen.

Dabei wird davon ausgegangen, daß mögliche Folgen der Gefährdungen, die vorwiegend die Gebrauchstauglichkeit betreffen

- geringe wirtschaftliche Folgen, geringe Beeinträchtigung der Nutzung -
- und die vorwiegend die Tragfähigkeit betreffen
- keine Gefahr für Menschenleben und geringe wirtschaftliche Folgen -
- sind.

Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, so muß ein höherer Zuverlässigkeitsindex angesetzt werden.

k : Der Fraktalfaktor k kann bei der Ermittlung des Bauteilwiderstandes, basierend auf der 5%-Fraktile, mit

$$k = 1,645$$

eingesetzt werden.

v : Der Variationskoeffizient v darf genügend genau gleich der Standardabweichung der logarithmierten Werte gesetzt werden (mindestens jedoch $v = 0,1$).

2.6 Vergrößerungs- bzw. Abminderungsfaktoren

Je nach Versagensart, ob verformungsbedingt oder durch Überschreiten der Baustofffestigkeit, sind die werkstoffabhängigen Vergrößerungsfaktoren C_t, C_u, C_θ für die Verformung oder die Abminderungsfaktoren K_t, K_u, K_θ für die Bruchfestigkeit zu berücksichtigen.

C_t, K_t berücksichtigen dabei die Einwirkungsdauer für die die charakteristischen Werte ermittelt werden gegenüber der Einwirkungsdauer in den Bauteilversuchen.

Die Faktoren C_u , K_u werden zur Berücksichtigung von Alterungs- und Umgebungseinflüssen angesetzt.

Temperatureinflüsse bei der Nutzung des Dachbausystems gegenüber den Versuchstemperaturen müssen durch die Faktoren C_θ , K_θ beschrieben werden.

Ist der Grenzzustand der Tragfähigkeit oder der Gebrauchstauglichkeit verformungsbedingt, ist der Werkstofffaktor η_d aus

$$\eta_{dC} = 1 / (C_t, C_u, C_\theta)$$

zu bestimmen.

Ist der Grenzzustand jedoch durch Überschreiten der Baustofffestigkeit eingetreten, gilt

$$\eta_{dK} = 1 / (K_t, K_u, K_\theta)$$

Anmerkung: Die Ermittlung der werkstoffabhängigen Abminderungs- / Vergrößerungsfaktoren wird in Abschnitt 3 erläutert.

2.7 Bemessungswerte der Einwirkungen

Bei der Bemessung des Dachbausystems sind neben der ständigen Einwirkung aus Eigengewicht der Konstruktion, die Einwirkungen aus Schneelast nach

z. B. ENV 1991-2-3 (Eurocode 1- Teil 2.3: „Einwirkungen auf Tragwerke, Schneelasten“)
oder entsprechender nationaler Norm

und aus Windlasten nach

z. B. ENV 1991-2-4 (Eurocode 1- Teil 2.4: „Einwirkungen auf Tragwerke, Windlasten“)
oder entsprechender nationaler Norm

als veränderliche Einwirkung anzusetzen.

Das Eigengewicht der Eindeckung kann im Regelfall beim Nachweis der Tragfähigkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit vernachlässigt werden.

Für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F dürfen folgende Werte angenommen werden:

ständige Einwirkungen	$\gamma_G = 1,20$
veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q = 1,35$

Anmerkung: Zu den in ENV 1991-1, Tab. 9.2 angegeben Werten ergeben sich aufgrund des geringeren Zuverlässigkeitsindex Abweichungen (vgl. auch ENV 1991-1, Anhang A).

Falls mehr als eine veränderliche Einwirkung gleichzeitig berücksichtigt werden muß, sind die Kombinationsbeiwerte Ψ aus ENV 1991-1 zu entnehmen.

2.8 Zusätzliche Tragprofile, Einzelteile des Systems

Die Tragfähigkeit und Gebrauchtauglichkeit der Tragprofile sind nach ENV 1991-1 zu bestimmen. Einzelne Teile des Dachbausystems, wie z. B. die Auflagerkonstruktion oder die Sprossen, können in Abhängigkeit des verwendeten Baustoffs nach den folgenden technischen Regeln als Teilsystem bemessen werden:

Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten

Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken

Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken

Wenn die Teile nicht rechnerisch bemessen werden können, werden sie normalerweise entsprechend den Bauteilversuchen am System beurteilt.

3 Werkstoffabhängige Abminderungs- und Vergrößerungsfaktoren zur Bemessung der Kunststoffelemente eines Dachbausystems

3.1 Allgemeines

Zur Ermittlung der Gebrauchs- und Tragfähigkeit der Kunststoffteile eines Dachbausystems, ist es erforderlich neben den allgemeinen Sicherheitsbeiwerten werkstoffabhängige Abminderungs- bzw. Vergrößerungsfaktoren zu berücksichtigen. Diese Werkstofffaktoren sind keine Sicherheitsbeiwerte, sondern haben den Zweck, die Änderung des Bauteilverhaltens im Verlauf der Nutzungsdauer bzw. der Lasteinwirkung zu beschreiben. Dabei sind je nach Versagensart der Kunststoffteile des Dachbausystems, ob verformungsbedingt oder durch Überschreiten der Werkstofffestigkeit, die jeweilig maßgebenden Kennwerte des Baustoffs zur Bestimmung der Abminderungs- bzw. Vergrößerungsfaktoren zugrunde zu legen. Wird das Versagen der Kunststoffteile z. B. durch Bruch hervorgerufen, dann ist die maßgebende Kenngröße die Biegefestigkeit- oder auch die Zug- bzw. Schubsteifigkeit. Ist das Versagen allerdings auf z. B. Abrutschen vom Auflager oder Verlust der Querschnittsstabilität zurückzuführen, sind die Verformungen die maßgebende Kenngröße.

Der Bauteilwiderstand ist entsprechend der Versagensart (Bruch- oder Verformungsversagen) mit den Abminderungsfaktoren K für die Festigkeit oder den Vergrößerungsfaktoren C für die Verformung zu verringern. Alternativ können auch die bei der Bemessung anzusetzenden Lasten mit den Faktoren K oder C erhöht werden.

Neben den zu berücksichtigenden Werkstofffaktoren aufgrund

- der Einflüsse der Lastdauer (K_t , C_t)
- der Alterungs- und Umgebungseinflüsse (K_u , C_u)
- und der Temperatureinflüsse (K_θ , C_θ)

können noch weitere Faktoren maßgebend werden, sofern sie nicht schon im ausreichenden Maß bei der Ermittlung des Bauteilwiderstandes enthalten waren. Dies könnte z. B. durch eine bessere Eigenschaft der untersuchten Bauteile als in der Gesamtproduktion oder durch eingefrorene Dehnungen (z. B. bei PMMA) bei der Herstellung notwendig werden.

In der Literatur sind diese Werkstofffaktoren z. T. auch mit

$$A_{1I} = C_t ; A_{1B} = K_t ; A_{2I} = C_u ; A_{2B} = K_u ; A_{3I} = C_\theta ; A_{3B} = K_\theta$$

bezeichnet.

3.2 Ermittlung der werkstoffabhängigen Abminderungs- bzw. Vergrößerungsfaktoren

Zur Ermittlung der jeweiligen werkstoffabhängigen Abminderungs- bzw. Vergrößerungsfaktoren können sowohl Prüfungen an Vergleichsprobekörpern als auch (sofern ausreichende Erfahrung besteht) allgemein anerkannte Kennwerte verwendet werden.

3.2.1 Einflüsse der Lastdauer (K_t , C_t)

Einflüsse der Lastdauer können anhand von z.B. Zeitdehnlagen oder Zeitbruchlinien des Werkstoffs abgeschätzt werden. Bei den Dachbausystemen bei denen das Versagen der Kunststoffteile verformungsbedingt ist, kann der maßgebende Faktor C_t aus einer Zeitdehnlage im Gebrauchslastbereich ermittelt werden (siehe Bild 3.1). Dabei gilt für den Vergrößerungsfaktor

$$C_t = (1 + \varphi_t)$$

wobei der Kriechfaktor φ_t den durch das Kriechen allein ausgelösten Verformungszuwachs umfaßt. Bild 3.1 zeigt Zeitdehnlagen bei verschiedenen Beanspruchungen bis zur Bruchdehnung. Der Faktor φ_t ist im Gebrauchslastbereich für eine bestimmte Lastdauer zu ermitteln.

Er kann je nach Lasteinflußdauer unterschiedlich hoch sein (z. B. Eigengewicht auf ganze Lebensdauer, Schneelast auf Schneelastperiode bezogen). Dabei kann im Allgemeinen davon ausgegangen werden, daß sich die einstellenden Verformungen bei periodisch wiederkehrenden Lasten in der lastfreien Zeit weitgehend zurückstellen. Für kurzzeitige Lasten (z.B. Windlasten) sind die Werkstofffaktoren $C_t = K_t = 1,0$ zu wählen.

Bei Dachbausystemen, bei denen das Versagen durch Bruch der Kunststoffteile ausgelöst wird, können Zeitbruchlinien zur Ermittlung des Abminderungsfaktors K_t herangezogen werden (siehe Bild 3.2). Der Faktor K_t ist das Verhältnis der Kurzzeitfestigkeit zur Festigkeit nach einer bestimmten Lastdauer. Wie zuvor beschrieben, ist bei der Bemessung der Bauteilwiderstand um den Faktor K_t abzumindern oder die Last um den Faktor K_t zu vergrößern.

In Fällen, bei denen die Bauteilgeometrie oder das Fertigungsverfahren Auswirkungen auf das Verhalten unter Lastdauer hat oder keine ausreichenden Werkstoffdaten vorliegen, müssen die Faktoren aus Prüfungen an Probekörpern aus den realen Bauteilen bestimmt werden.

Die Probekörperabmessungen sind hierbei so zu wählen, daß eine repräsentative, wiederholbare Breite aus dem Bauteil entnommen wird. Auch hier ist darauf zu achten, daß die Versuchslast dem Gebrauchslastbereich des Bauteils entsprechen muß. Die Bilder 3.3 bis 3.8 zeigen Beispiele für Prüfungen an Bauteilprobekörpern zur Ermittlung der Vergrößerungsfaktoren C_t . Bei den gewählten Beispielen handelt es sich um Zeitstandbiegeversuche an einer Massivplatte aus Polymethylmethacrylat PMMA (Bilder 3.3 und 3.4), einer Stegplatte aus Polycarbonat PC (Bilder 3.5 bis 3.7) und einer trapezprofilierten Platte aus Polyvinylchlorid PVC (Bilder 3.8 und 3.9).

Bild 3.3 zeigt den schematischen Aufbau eines Zeitstandbiegeversuchs an massiven PMMA-Platten mit den Prüfbedingungen. In Bild 3.4 sind die gemessenen Durchbiegungen f als Funktion der Belastungsdauer t doppeltlogarithmisch aufgetragen. Das Last-Durchbiegungsverhalten entspricht weitgehend dem bekannten Werkstoffverhalten von PMMA. Der Vergrößerungsfaktor C_t der Verformung wurde hier aus dem Verhältnis der Durchbiegung bei einer Bezugszeit von 2000 h entsprechend einer angenommenen Schneelastperiode von ca. 3 Monaten zu der Kurzzzeitdurchbiegung nach 0,1 h bestimmt.

In Bild 3.5 ist ein Versuchsaufbau eines Zeitstandbiegeversuches mit Prüfbedingungen für eine PC-Stegplatte dargestellt. Da Stegplatten meist in Dachbausystemen mit zusätzlichen Tragprofilen eingesetzt werden, in denen die Last in Richtung der Stege sowie quer dazu abgetragen wird, ist hier die Untersuchung der Platte in zwei Richtungen notwendig. In Bild 3.6 ist die Durchbiegung f in Abhängigkeit von der Lastdauer t quer zum Stegverlauf dargestellt. Hierbei sind zwei verschiedene Stützweiten untersucht worden, um die Biege- und Schubsteifigkeit berechnen zu können. Die Durchbiegungen für die Längsrichtung sind in Bild 3.7 dargestellt. Hier kann auf eine zusätzliche Stützweite verzichtet werden, da der Durchbiegungsanteil aus der Querkraft vergleichsweise gering ist. Die Ergebnisse entsprechen weitgehend dem bekannten Verhalten des Werkstoffs Polycarbonat. Zusätzlich zum Werkstoffkriechen kann bei Stegplatten geometriebedingt eine Zunahme von Beuleffekten der gedrückten Querschnittsteile das Durchbiegungsverhalten beeinflussen.

Das Bild 3.8 zeigt einen Versuchsaufbau am Beispiel einer trapezprofilierten Platte aus PVC. Da solche Platten in Dachbausystemen mit Stützprofilen quer zur Profilierung eingesetzt werden, ist hier nur eine Untersuchung in Richtung der Lastabtragung, also in der Profilrichtung notwendig. Als Prüfkörper ist ein repräsentativer Pofilabschnitt gewählt. Die Lasteintragung erfolgt in die gezogenen Querschnittsteile, so daß Beuleffekte im vollen Maße erfaßt werden.

Das Bild 3.9 zeigt die Durchbiegung f als Funktion der Belastungsdauer t . Gegenüber dem bekannten Werkstoffverhalten von PVC zeigt sich eine mehr als lineare Zunahme der Durchbiegung im doppeltlogarithmischen System. Dies ist im wesentlichen durch die durch Beuleffekte sich verringernde wirksame Breite in den gedrückten Querschnittsteilen bedingt. Der in diesem Beispiel ermittelte Vergrößerungsfaktor C_t ist somit größer als bei Massivplatten des gleichen Werkstoffs. Derartig profilierte Platten sind für die positive und für die negative Beanspruchungsrichtung zu beurteilen.

Eine Ermittlung der Zeitdehnlagen oder Zeitbruchlinien zur Bestimmung der Faktoren K_t bzw. C_t ist über die gesamte Lasteinflußdauer nicht notwendig, da eine Extrapolation genügend genau ist. Die Darstellung der Kurven sollte im doppellogarithmischen System erfolgen.

Für Laminate aus textildglasverstärkten, ungesättigten Polyesterharzen (GF-UP) können sowohl die Zeitdehnlagen, falls es während der Dauerbelastung nicht zu Rißbildungen kommt, als auch die Zeitbruchlinien als doppeltlogarithmisch linear angenommen werden. In diesem Fall reichen zur Ermittlung des Vergrößerungsfaktors C_t bzw. des Abminderungsfaktors K_t abgekürzte Versuche aus.

Bei Kenntnis der Kurzzeitfestigkeit genügen im allgemeinen 3 Probekörper, die unter einer durch den angenommenen Faktor K_t bestimmten Last nach 100 h Lastdauer nicht zu Bruch gehen. Hiermit ist weitgehend sichergestellt, daß K_t real gleich oder kleiner als angenommen ist. Die Versuchsspannung ergibt sich für den Nachweis des Abminderungsfaktors $K_{t2 \times 10^5}$ für eine Bezugszeit von 2×10^5 h aus der 5%-Quantile der Kurzzeitfestigkeit zu

$$\sigma_{100h} = \sigma_{B5\%} / (K_{t2 \times 10^5})^{0,55}$$

Im sogenannten 24h-Biegeversuch (Bild 3.10) unter der Biegespannung entsprechend z. B. dem 0,15-fachem Bruchmoment kann der Verformungsmodul

$$E_c = E_{1h} (f_{1h} / f_{24h})^{3,6}$$

bestimmt werden. Er entspricht:

$$E_c = E / (1 + \varphi_t)$$

Aus dem gleichen Versuch kann auch ein Vergleichswert für den Kurzzeitmodul

$$E_{co} = E_{1h} (f_{1h} / f_{24h})^{-1,4} = E$$

oder die Kriechzahl φ_t errechnet werden:

$$\varphi_t^* = (f_{1h} / f_{24h})^{-5,0} - 1 = \varphi_t$$

E_{1h} : E-Modul, berechnet aus der Durchbiegung nach 1 h Belastungsdauer

f_{1h} : Durchbiegung nach 1h Belastungsdauer

f_{24h} : Durchbiegung nach 24h Belastungsdauer

In der nachstehenden Tabelle sind für einige Kunststoffe und verschiedene Bezugszeiten der Lastdauer Werte für die Faktoren K_t , C_t beispielhaft zusammengestellt:

Faktor / Bezugszeit		Polycarbonat (PC)	Polymethylmetacrylat (PMMA)	Polyvinylchlorid (PVC)	textilglasverstärktes ungesättigtes Polyesterharz (GF - UP) Wirrfaserlaminat mit 35 % Glasmassenanteil
K_t	24h	1,20	1,25	1,35	1,15 bis 1,20 ¹⁾
C_t	(1 Tag)	1,10	1,20	1,20	1,20 bis 1,25 ¹⁾
K_t	650 h	1,25	1,35	1,50	1,25 bis 1,30 ¹⁾
C_t	(ca. 1 Monat)	1,15	1,25	1,45	1,35 bis 1,40 ¹⁾
K_t	2000 h	1,30	1,40	1,60	1,30 bis 1,35 ¹⁾
C_t	(ca. 3 Monate)	1,20	1,30	1,50	1,40 bis 1,45 ¹⁾
K_t	2×10^5 h	1,60	1,70	2,00	1,50 bis 1,60 ¹⁾
C_t	(ca. 20 Jahre)	1,50	1,60	1,80	1,60 bis 1,70 ¹⁾

1) Werte hängen stark vom Glasmassenanteil, vom Reaktionsharz sowie von der thermischen Nachbehandlung ab.

Tabelle 3.1

3.2.2 Alterungs- und Umgebungseinflüsse (K_U , C_U)

Die Alterungs- und Umgebungseinflüsse, z .B. durch UV-Stahlung oder Witterung, auf die maßgebenden Kenngrößen können durch Vergleich des Spannungs-Dehnungsverhaltens beurteilt werden. Die Beurteilung kann auch durch entsprechende Prüfungen an Probekörpern aus Bauteilen geschehen, die zuvor diesen Einflüssen in vergleichbarem Maße ausgesetzt waren, wie bei der Nutzungsdauer des Dachbausystems zu erwarten ist. Die an diesen Prüfkörpern festgestellten Eigenschaften sind wiederum mit den Ausgangseigenschaften ins Verhältnis zu setzen und als vergrößernde bzw. vermindernde Faktoren (K_U , C_U) festzulegen.

In der nachfolgenden Tabelle sind für einige Kunststoffe bei normaler Freibewitterung Werte für die Faktoren K_U , C_U beispielhaft zusammengestellt:

Faktor	Polycarbonat (PC)	Polymethylmetacrylat (PMMA)	Polyvinylchlorid (PVC)	textilglasverstärktes ungesättigtes Polyesterharz (GF - UP) Wirrfaserlaminat mit 35 % Glasmassenanteil
K_U	1,10 ²⁾	1,05 ²⁾	1,20 ²⁾	1,0 bis 1,2 ³⁾
C_U	1,10 ²⁾	1,05 ²⁾	1,00 ²⁾	1,0 bis 1,2 ³⁾

²⁾ bei üblichem Schutz (z.B. zusätzliche Oberflächenschicht, UV - Stabilisator)

³⁾ hängt stark von den Oberflächenschichten (z.B. Schutzschicht, Top-, Gelcoat), dem Reaktionsharz und der Glasart ab

Tabelle 3.2

3.2.3 Temperatureinflüsse (K_θ , C_θ)

Je nach Art der Lasteinwirkung auf das Dachbausystem können bei der Nutzung sowohl erhöhte als auch verminderte Temperaturen vorherrschen. Im Allgemeinen können bei den üblich verwendeten Kunststoffen für niedrige Temperaturen die Faktoren $K_\theta = C_\theta = 1,0$ gewählt werden. Für höhere Temperaturen können die Abminderungs- bzw. Vergrößerungsfaktoren K_θ , C_θ aus dem Spannungs-Dehnungsverhalten (Bild 3.11) oder Schubmodulkurven (Bild 3.12) abgeleitet werden.

In der nachfolgenden Tabelle sind für einige Kunststoffe und Temperaturen typische Werte für die Faktoren K_{θ} , C_{θ} beispielhaft zusammengestellt:

Faktor	Polycarbonat (PC)	Polymethylmetacrylat (PMMA)	Polyvinylchlorid (PVC)	textilglasverstärktes ungesättigtes Polyesterharz (GF - UP) Wirrfaserlaminat mit 35 % Glasmassenanteil
K_{θ}	1,3 / 70°C	1,6 / 60°C	2,0 / 55°C	1,1 bis 1,3 / 60°C ⁴⁾
C_{θ}	1,2 / 70°C	1,5 / 60°C	1,5 / 55°C	1,1 bis 1,3 / 60°C ⁴⁾

4) Werte hängen stark vom Glasmassenanteil, vom Reaktionsharz sowie von der thermischen Nachbehandlung ab.

Tabelle 3.3

4 Identifikations- und Produktionskontrollprüfungen an Kunststoffelementen von selbsttragenden lichtdurchlässigen Dachbausystemen

4.1. Allgemeines

Bei der Identifikationsprüfung (Erstprüfung) der Kunststoffelemente sind alle für das Tragverhalten im vorgesehenen Einsatz maßgebenden Bauteileigenschaften zu bestimmen. Dafür sind geeignete Prüfungen festzulegen, durchzuführen und aus deren Ergebnissen die Anforderungen für die Produktionskontrolle zu definieren. In der nachfolgenden Übersicht sind für verschiedene Kunststoffe typische Bauteileigenschaften, die maßgeblich sind zusammengestellt.

Eigenschaft des Bauteils	Polycarbonat	Polymethylmethacrylat	Polyvinylchlorid	Laminat aus textilglasverstärktem ungesättigtem Polyesterharz (GF-UP)
	(PC)	(PMMA)	(PVC)	(GF-UP)
Geometrie / Flächengewicht	X ♦	X ♦	X ♦	X ♦
Verformungsverhalten	X ♦	X ♦	X ♦	X ♦
Bruchverhalten ¹⁾		X ♦		X (♦)
eingefrorene Dehnungen : a) Dimensionsstabilität b) Prüfung mit spannungsrißauslösendem Medium c) Schlagfestigkeit	X	X ♦	X ♦	
		X ♦		
	X	X	X ♦	
Wärmebeständigkeit			X ♦	
Aushärtung				X ♦
Glasmassenanteil (Zusatzstoffe)				X ♦

X Prüfungen im Rahmen der Identifikation (Erstprüfung)

♦ Prüfungen im Rahmen der Produktionskontrolle

¹⁾ nur bei Kunststoffelementen erforderlich deren Versagen im Dachbausystem durch Bruch eintritt.

Tabelle 4.1

Je nach Dachbausystem und vorgesehenem Einsatz können weitere Prüfungen notwendig sein, die im Einzelfall zu beurteilen sind.

Bei Eigenschaften, die in erster Linie baustoffabhängig sind und die durch die Herstellung des Bauteils nicht beeinflusst werden (z. B. UV-Beständigkeit), kann aus Baustoffkennwerten auf das Bauteil geschlossen werden.

Für die Feststellung einer Eigenschaft sind im Rahmen der Identifikationsprüfung (Erstprüfung) mindestens 10 Versuche notwendig. Soweit nachfolgend nicht anders beschrieben, sind sämtliche Prüfungen unter Normalklima nach EN ISO 291 - 23/50 - 2 mit entsprechender vorhergehender Probekörperkonditionierung durchzuführen. Die Probekörper sollten aus mindestens drei verschiedenen Produktionschargen stammen. Die Ergebnisse sind, soweit sinnvoll, nach ENV 1991-1 (Eurocode 1) Anhang D unter Annahme einer logarithmischen Normalverteilung statistisch auszuwerten. Dabei ist jeweils die 5%- bzw. 95%-Fraktile bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von $W = 0,75$ für unbekannte Standardabweichung zu bestimmen. Die Fraktile sind je nach Einfluß auf die Tragfähigkeit als Mindest- bzw. Höchstwerte für spätere Produktionskontrollprüfungen festzulegen. Bei Produktionskontrollprüfungen ist es ausreichend, an einem Probekörper für einen bestimmten Produktionsumfang (mindestens dreimal arbeits-tätlich) nachzuweisen, daß die Grenzwerte eingehalten werden.

4.2 Prüfungen (Beispiele) für verschiedene Bauteiltypen

4.2.1 Stegplatten

Da Stegplatten üblicherweise in Dachbausystemen mit zusätzlichen Tragprofilen eingesetzt werden (vgl. Bilder 2.2.1 und 2.2.2) und dort in Stegrichtung als auch quer dazu tragen, sind richtungsabhängige Eigenschaften in beiden Richtungen zu untersuchen.

4.2.1.1 Geometrie / Flächengewicht

Für Stegplatten sind die äußeren Abmessungen, die Gurt- und Stegdicken, die Stegabstände, die Winkel zwischen Stegen und Gurten sowie das Flächengewicht zu bestimmen. Falls die Ränder der Stegplatten abweichend von der Geometrie in der Plattenmitte ausgebildet sind, so sind diese Maße gesondert zu ermitteln (siehe Bild 4.1).

Die Messgenauigkeit soll je nach Meßstelle $\pm 0,05$ mm für die Gesamtdicke, 0,01 mm für Schichten und Stege und 0,1 mm für die äußeren Abmessungen sein.

4.2.1.2 Verformungsverhalten

Zur Beurteilung des Last-Verformungsverhaltens sind Zeitstandbiegeversuche in Anlehnung an EN ISO 899-2 durchzuführen. In Bild 4.1 sind für eine typische Stegplatte aus Polycarbonat die entsprechenden Prüfbedingungen dargestellt. Als für das Tragverhalten maßgebenden Bauteileigenschaften sind die Biegesteifigkeit, die Schubsteifigkeit (nur in Querrichtung relevant) und der Einfluß der Lastdauer zu beurteilen. Für die Berechnung der Steifigkeiten sind die Durchbiegungswerte nach einer Lastdauer von 0,1 h zugrunde zu legen. Die Stützweite L bzw. L_1 sollte 20 mal der Höhe der Platte betragen. Zur Ermittlung der Schubsteifigkeit sind die Probekörper in Querrichtung zusätzlich mit der doppelten Stützweite L_2 zu prüfen. Die Probekörperbreite muß mindestens 80 mm betragen, dabei müssen Probekörper in Längsrichtung mindestens drei Stege aufweisen. Die Lasten sind so zu wählen, daß die Beanspruchung der Stegplatten den Gebrauchslastbereich abdeckt.

Für die Ermittlung der Biegesteifigkeit bzw. der Schubsteifigkeit im Dreipunktbiegeversuch gelten folgende Gleichungen:

$$\{EI\}^* = (F \cdot L^3) / (48 \cdot f) \quad (\text{Biegesteifigkeit ohne Berücksichtigung des Schubeinflusses})$$

$$\{EI\} = [F \cdot (L_1^3 - L_1 \cdot L_2^2)] / [48 \cdot (f_1 - f_2 \cdot L_1 / L_2)] \quad (\text{Biegesteifigkeit mit Berücksichtigung des Schubeinflusses})$$

$$\{GA_Q\} = [F \cdot (L_1 - L_1^3 / L_2^2)] / [4 \cdot (f_1 - f_2 \cdot L_1^3 / L_2^3)] \quad (\text{Schubsteifigkeit})$$

mit

$\{EI\}$: Biegesteifigkeit

$\{GA_Q\}$: Schubsteifigkeit

F : Prüfkraft

L : Stützweite

f : Durchbiegung

Der Vergrößerungsfaktor C_T (Einfluß der Lastdauer) wird entsprechend Abschnitt 3 ermittelt.

4.2.1.3 Bruchverhalten

Die Untersuchung des Bruchverhaltens kann z. B. für Stegplatten aus PMMA maßgebend werden. Die Prüfung ist ebenfalls im Dreipunktbiegeverfahren an Probekörpern in Quer- und Längsrichtung durchzuführen. Die Stützweiten sind 20 mal der Dicke und die Prüfungsgeschwindigkeit entsprechend 1% Randfaserdehnung pro Minute zu wählen. Die Probekörperabmessungen entsprechen den in 4.2.1.2 genannten Maßen. Zur Lastverteilung sollte bei Probekörpern aus PMMA eine Gummimatte mit einer Shore-A-Härte 70 und den Abmessungen 100 mm x Probekörperbreite x 20 mm unter die Belastungskante gelegt werden (vgl. ISO 12017).

Das Bild 4.2 zeigt schematisch einen solchen Versuchsaufbau mit den Prüfbedingungen für eine Stegplatte aus PMMA.

4.2.1.4 Dimensionsstabilität

Die Längenänderung nach Warmlagerung ist in Anlehnung an EN 1013-3, 1013-4 bzw. 1013-5 zu überprüfen. Der Probekörper muß quadratisch sein und die Mindestabmessungen (250 x 250) mm² sowie mindestens 5 Stege aufweisen. Zur Bestimmung der Längenänderung sind je zwei Meßmarken im Abstand von mindestens 200 mm in Längs- und Querrichtung auf den Prüfkörper aufzubringen. Nach der Warmlagerung ist die Längenänderung zu ermitteln und in % der Ausgangslänge anzugeben. In Bild 4.3 sind die Prüfbedingungen beispielhaft für eine Stegplatte aus PC angegeben.

4.2.1.5 Prüfung mit spannungsrißauslösenden Medien

Diese Prüfung kann bei Elementen aus PMMA in Anlehnung an ISO 12017 durchgeführt werden. Als Prüfkörper sind Proben aus den Rändern der Platten mit den Maßen (100 x 100) mm² zu entnehmen. Als Mindestanforderung dürfen nach Ablauf der Prüfdauer keine Risse in der Probe mit normaler Sehschärfe zu erkennen sein. Bild 4.3 zeigt eine entsprechende Prüfanordnung für eine PMMA-Stegplatte beispielhaft.

4.2.1.6 Schlagfestigkeit

Die Schlagfestigkeit wird in Anlehnung an EN 1013-1 an Probekörpern der Mindestabmessungen 300 x 300 (in mm) bestimmt. Dabei muß der Probekörper mindestens 5 Stege aufweisen. Die Prüfanordnung ist dem Bild 4.4 zu entnehmen. Als Maß für eine Schlagfestigkeit wird eine Kombination Fallgewicht / Fallhöhe bestimmt, bei der keine Risse oder Bruchstellen auftreten (Weißfärbungen werden nicht als Risse gewertet).

4.2.1.7 Wärmebeständigkeit

Die Wärmebeständigkeit ist für Elemente aus PVC zu untersuchen. Dabei ist ein Probekörper der Mindestabmessungen 250 x 250 x h (in mm) für die Dauer von 30 min bei einer Temperatur von 100 ± 3 °C in einem Umluftwärmeschrank zu lagern. Anschließend ist die Temperatur im Wärmeschrank in Abständen von 5 min jeweils um 5 °C zu erhöhen, bis der Profilquerschnitt die Stabilität verliert und der Probekörper sich unter Eigengewicht stark verformt. Als Maß für die Wärmebeständigkeit ist die jeweilige Versagenstemperatur festzustellen. Für das Beispiel einer PVC-Stegplatte ist die Prüfanordnung schematisch in Bild 4.4 angegeben.

4.2.1.8 Prüfungen zur Produktionskontrolle

Für die Produktionskontrolle ist neben der Ermittlung der Abmessungen und dem Flächengewicht ein Zeitstandbiegeversuch nach 4.2.1.2 an den Probekörpern in Querrichtung mit der größeren Stützweite erforderlich. Als Kontrollwert ist beim Zeitstandbiegeversuch die Durchbiegung nach 0,1 h Belastungsdauer zu bestimmen.

Je nach Kunststoff können weitere Untersuchungen entsprechend Tabelle 4.1 notwendig werden.

4.2.2 Ebene Massivplatten

Ebene Massivplatten (nicht profilierte Platten) werden ebenso wie Stegplatten üblicherweise in Dachbausystemen mit zusätzlichen Tragprofilen eingesetzt (vgl. Bilder 2.2.1 und 2.2.2). Je nach Herstellungsverfahren (z. B. Extrusion oder biaxiale Reckung) können diese Platten richtungsabhängige Eigenschaften haben. Bei den nachfolgenden Prüfungen ist eine mögliche Richtungsabhängigkeit zu berücksichtigen.

4.2.2.1 Geometrie

Für ebene Massivplatten sind die äußeren Abmessungen ($\pm 0,1$ mm) sowie die Dicke ($\pm 0,05$ mm) zu bestimmen.

4.2.2.2 Verformungsverhalten

Zur Bestimmung des Verformungsverhaltens sind Zeitstandbiegeversuche in Anlehnung an EN 899-2 bzw. EN 63 durchzuführen. Die Probekörper sollten eine Breite von 50 mm aufweisen. Die Stützweite ist 20 mal der Probekörperdicke zu wählen. Ermittelt wird der Vergrößerungsfaktor C_t sowie der Durchbiegungswert nach 0,1 h Lastdauer.

4.2.2.3 Bruchverhalten

Zur Beurteilung des Bruchverhaltens sind Dreipunktbiegeversuche in Anlehnung an EN 178 durchzuführen. Die Probekörper sowie die Versuchsanordnung entsprechen 4.2.2.2.

4.2.2.4 Dimensionsstabilität

Für die Durchführung der Versuche gilt 4.2.1.4 sinngemäß.

4.2.2.5 Prüfung mit spannungsrißauslösenden Medien

Für PMMA-Massivplatten kann eine Prüfung mit Ethylacetat (Essigsäureethylester) entsprechend Bild 4.5 durchgeführt werden.

4.2.2.6 Schlagfestigkeit

Die Schlagfestigkeit wird entsprechend Abschnitt 4.2.1.6 ermittelt.

4.2.2.7 Wärmebeständigkeit

Die Beurteilung der Wärmebeständigkeit entfällt bei ebenen Massivplatten.

4.2.2.8 Aushärtung und Glasmassenanteil

Bei Massivplatten aus GF-UP sind zusätzlich noch die Aushärtung und der Glasmassenanteil zu bestimmen. Die Aushärtung kann aus den Zeitstandbiegeversuchen nach 4.2.2.2 beurteilt werden. Hierzu ist der Verformungsmodul E_C aus den Durchbiegungen nach 1 h und nach 24 h wie folgt zu berechnen:

$$E_C = E_{1h} \cdot \left(\frac{f_{1h}}{f_{24h}} \right)^{3,6}$$

E_{1h} : E-Modul berechnet aus der Durchbiegung nach 1h Belastungsdauer

f_{1h} : Durchbiegung nach 1h Belastungsdauer

f_{24h} : Durchbiegung nach 24h Belastungsdauer

Der Glasmassenanteil ist nach EN 60 ("Glasfaserverstärkte Kunststoffe; Bestimmung des Glühverlustes") zu bestimmen.

4.2.2.9 Prüfungen zur Produktionskontrolle

Für die Produktionskontrolle sind mindestens die Geometrieprüfung nach 4.2.2.1, die Ermittlung des Durchbiegungswertes nach 0,1 h nach 4.2.2.2 bzw. bei GF-UP die Untersuchungen nach 4.2.2.8 erforderlich. Je nach Kunststoff können weitere Untersuchungen entsprechend Tabelle 1 notwendig werden.

4.2.3 Hohlkammerprofile

Hohlkammerprofile tragen hauptsächlich in einer Richtung (siehe Bilder 2.3.1, 2.3.2 und 2.4), so daß richtungsabhängige Eigenschaften nur in Haupttragrichtung zu beurteilen sind.

4.2.3.1 Geometrie / Flächengewicht

Bei Hohlkammerprofilen sind die äußeren Abmessungen, die Gurt- und Stegdicken, die Stegabstände, die Winkel zwischen Stegen und Gurten, die Abmessungen im Verbindungsbereich sowie das Flächengewicht zu bestimmen (Messgenauigkeit entsprechend Abschnitt 4.2.1.1).

4.2.3.2 Verformungsverhalten

Zur Bestimmung des Verformungsverhaltens sind Zeitstandbiegeversuche entsprechend Bild 4.6 durchzuführen. Der Prüfkörper muß ganze Profilbreite aufweisen. Es ist eine Versuchsstützweite von 20 mal der Profilhöhe zu bevorzugen. Aus den Versuchen ist der Vergrößerungsfaktor C_t sowie der Durchbiegungswert nach 0,1 h Belastungsdauer zu bestimmen.

4.2.3.3 Bruchverhalten

Das Versagen von Dachbausystemen mit Hohlkammerprofilen ist im Allgemeinen verformungsbedingt. Sollte jedoch das Bruchverhalten maßgebend sein, ist das Bruchmoment mit der Versuchsanordnung nach 4.2.3.2 zu bestimmen.

4.2.3.4 Dimensionsstabilität

Die Dimensionsstabilität ist sinngemäß wie in 4.2.1.4 auch für Hohlkammerprofile zu untersuchen.

4.2.3.5 Prüfung mit spannungsrißauslösenden Medien

Sollte diese Untersuchung notwendig werden, so gilt für die Prüfungen Abschnitt 4.2.1.5 sinngemäß.

4.2.3.6 Schlagfestigkeit

Die Schlagfestigkeit ist nach 4.2.1.6 an Prüfkörpern zu untersuchen, die die gesamte Profilbreite aufweisen.

4.2.3.7 Wärmebeständigkeit

Für die entsprechenden Prüfungen gilt Abschnitt 4.2.1.7 sinngemäß.

4.2.3.8 Prüfungen zur Produktionskontrolle

Neben den Abmessungen und dem Flächengewicht sind Zeitstandbiegeversuche zur Überprüfung der Durchbiegung nach 0,1 h erforderlich. Je nach Kunststoff können weitere Untersuchungen nach Tabelle 4.1 notwendig werden.

4.2.4 Profilierte Platten

Profilierte Platten für einschalige Dacheindeckung tragen ebenso wie Hohlkammerprofile hauptsächlich in einer Richtung (vgl. Bilder 2.3.2 und 2.5), so daß richtungsabhängige Eigenschaften nur in Haupttragrichtung zu beurteilen sind.

4.2.4.1 Geometrie / Flächengewicht

Es sind alle zur vollständigen Beschreibung der Plattengeometrie notwendigen Maße (siehe EN 1013-1) zu bestimmen. Zusätzlich ist das Flächengewicht der Platten zu ermitteln.

4.2.4.2 Verformungsverhalten

Zur Bestimmung des Verformungsverhaltens sind Zeitstandbiegeversuche an Probekörpern durchzuführen, die mindestens eine symmetrisch wiederholbare Breite des Querschnitts aufweisen, mindestens aber zwei Rippen. Es ist eine Versuchstützweite von 20 mal der Profilhöhe zu bevorzugen. Die Versuchsanordnung für den Zeitstandbiegeversuch muß so gestaltet sein, daß die Lasteintragung in die gezogenen Querschnittsteile erfolgt und daß die Profilgeometrie an den Enden des Prüfkörpers weitgehend erhalten bleibt (vgl. hierzu Hilfskonstruktionen aus ENV 1991-1-3 (Eurocode 3)). In Bild 4.4.1 ist ein solcher Zeitstandbiegeversuch beispielhaft für ein Trapezprofil wiedergegeben. Aus diesem Versuch ist wiederum der Vergrößerungsfaktor C_t zu bestimmen sowie der Durchbiegungswert nach 0,1 h Lastdauer für Thermoplaste bzw. die Kriechdurchbiegung (siehe 4.2.4.8) für GF-UP als Anforderung für die Produktionskontrolle zu ermitteln.

4.2.4.3 Bruchverhalten

Falls das Bruchverhalten für die Tragfähigkeit des Profils im Dachbausystem maßgebend ist, sind Kurzzeitbruchversuche mit der Versuchsanordnung aus 4.2.4.2 durchzuführen und die Bruchlasten zu bestimmen.

4.2.4.4 Dimensionsstabilität

Die Dimensionsstabilität wird für PVC, PC und PMMA in Anlehnung an EN 1013-3, EN 1013-4 bzw. EN 1013-5 bestimmt. Dabei sind die Längenänderungen in Längs- und Querrichtung zur Profilierung zu bestimmen.

4.2.4.5 Prüfung mit spannungsrißauslösenden Medien

Zusätzlich zu den Prüfungen nach EN 1013 können bei PMMA Platten die Prüfungen mit Ethylacetat (Essigsäureethylester) nach 4.2.2.5 an den Stellen, an denen die höchsten eingefrorenen Dehnungen aus der Fertigung zu erwarten sind, durchgeführt werden.

4.2.4.6 Schlagfestigkeit

Die Schlagfestigkeit ist in Anlehnung an EN 1013-1 gemäß Bild 4.4.2 zu ermitteln.

4.2.4.7 Wärmebeständigkeit

Zur Bestimmung der Wärmebeständigkeit sind die Prüfungen nach Abschnitt 4.2.1.7 durchzuführen. Die Versagenstemperatur ist als Temperatur festzustellen, bei der mindestens ein Hochpunkt des Profils die Glasplatte berührt.

4.2.4.8 Aushärtung und Glasgehalt

Für profilierte Platten aus GF-UP ist die Aushärtung und der Glasgehalt nach 4.2.2.8 zu bestimmen. Als Maß für die Aushärtung ist im Zeitstandbiegeversuch (siehe 4.2.4.2) die Kriechdurchbiegung f_C nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$f_C = f_{1h} \cdot \left(\frac{f_{24h}}{f_{1h}} \right)^{3,6}$$

f_{1h} : Durchbiegung nach 1h Belastungsdauer

f_{24h} : Durchbiegung nach 24h Belastungsdauer

4.2.4.9 Prüfungen zur Produktionskontrolle

Es sind mindestens die Prüfungen nach 4.2.4.1 und 4.2.4.2 für Thermoplaste bzw. 4.2.4.8 für GF-UP durchzuführen. Hier dient der Zeitstandbiegeversuch nur zur Kontrolle des 0,1 h Wertes der Durchbiegung (für Thermoplaste) bzw. der Kriechdurchbiegung (für GF-UP).

Je nach Kunststoff können weitere Untersuchungen nach Tabelle 4.1 notwendig werden.

5 Zusammenfassung

Die Beurteilung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit muß auf der Grundlage von ENV 1991-1 (Eurocode 1) durchgeführt werden.

Dabei sind Bauteilversuche durchzuführen, in denen das Verhalten des gesamten Systems oder einzelner Teilsysteme (z.B. der Eindeckung) unter Auflastbeanspruchung und abhebender Beanspruchung ermittelt wird. Es müssen alle zu erwartenden Beanspruchungsarten in mindestens drei Versuchen simuliert und die Grenzzustände der Tragfähigkeit sowie evtl. der Gebrauchstauglichkeit statistisch ausgewertet werden. Zur Bestimmung der Bemessungswiderstände R_d oder C_d ist der 5%-Fraktilewert aus den Bauteilversuchen als charakteristischer Wert zugrunde zu legen und mit den entsprechenden Sicherheitsfaktoren sowie den zu berücksichtigenden werkstoffabhängigen Vergrößerungs- oder Abminderungsfaktoren zu beaufschlagen.

5.1 Dachbausysteme

Hinsichtlich des statischen Systems können die Dachbausysteme in mindestens vier verschiedene Kategorien eingeteilt werden, die mit wiederholbaren Einheiten zu beliebig breiten Dachbausystemen über rechteckigem Grundriß zusammengesetzt werden können:

- a) *gebogene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung (Sprossensysteme)*
- b) *ebene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung (Sprossensysteme)*
- c) *gebogene Dachbausysteme ohne zusätzliche Sprossen (sprossenfreie Systeme)*
- d) *ebene Dachbausysteme ohne zusätzliche Sprossen (sprossenfreie Systeme)*

5.2 Versuchsaufbau

Die konstruktive Ausführung des Versuchsaufbaus und die dabei verwendeten Bauelemente müssen dem vorgesehenem Einsatz entsprechen. Der Versuchsaufbau muß mindestens aus einer wiederholbaren Einheit mit realen Randbedingungen des zu beurteilenden Dachbausystems bestehen.

Zum Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind für Auflastbeanspruchung aus Schnee oder Wind, sowie für abhebende Beanspruchung aus Wind unterschiedliche Untersuchungen in Abhängigkeit des statischen Systems notwendig:

5.3 Versuchsdurchführung

Bei der Versuchsdurchführung ist die zu simulierende Beanspruchungsart möglichst wirklichkeitsnah als regelbare Last auf das Dachbausystem bzw. auf das Teilsystem aufzubringen. Dabei können die Lasten sowohl als Flächenlasten (z. B. durch Vakuum oder Druckkissen) als auch durch Einzellasten (z. B. Sandsäcke oder Einzelgewichte) aufgebracht werden. Die Versuchslasten sind in gleichmäßigen Zeitabständen bis zum Versagen zu steigern.

5.4 Auswertung der Bauteilversuche

5.4.1 Statistische Auswertung / Charakteristischer Wert R_k

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse zu charakteristischen Werten R_k ist entsprechend ENV 1991-1 (Eurocode 1) Anhang D für das Verfahren a) („Festlegung über den charakteristischen Wert“) vorzunehmen. Dabei ist für die ermittelten Werte von einer logarithmischen Normalverteilung auszugehen. Es ist jeweils die 5%-Fraktile bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von $W = 0,75$ für unbekannte Standardabweichung σ zu bestimmen.

5.4.2 Bemessungswert des Bauteilwiderstandes

Der Bauteilwiderstand ist nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$R_d = \eta_{dC} \cdot R_k / \gamma_{MR} \quad \text{oder} \quad R_d = \eta_{dK} \cdot R_k / \gamma_{MR} \quad \text{für den Tragfähigkeitsnachweis}$$

und

$$C_d = \eta_{dC} \cdot C_k / \gamma_{MC} \quad \text{für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis}$$

mit

- η_{dC} : Werkstofffaktor in Abhängigkeit von den bei der Bemessungssituation zu berücksichtigenden Vergrößerungsfaktoren (bei verformungsbedingtem Grenzzustand)
- η_{dK} : Werkstofffaktor in Abhängigkeit von den bei der Bemessungssituation zu berücksichtigenden Abminderungsfaktoren (bei festigkeitsbedingtem Versagen)
- R_k charakteristischer Wert des Bauteilwiderstandes beim Grenzzustand der Tragfähigkeit
- C_k charakteristischer Wert des Bauteilwiderstandes beim Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
- γ_{MR} Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoff-/Bauteileigenschaft unter der Berücksichtigung von der Modellunsicherheit mit $\gamma_{MR} = \gamma_{Rd} \cdot \gamma_{mR}$ für den Tragfähigkeitsnachweis
- γ_{MC} : Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoff-/Bauteileigenschaft unter der Berücksichtigung von der Modellunsicherheit mit $\gamma_{MC} = \gamma_{Rd} \cdot \gamma_{mC}$ für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis

für die Modellunsicherheit kann $\gamma_{Rd} = 1,05$ angesetzt werden.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_{mC} bzw. γ_{mK} für die Baustoff- / Bauteileigenschaft kann nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\gamma_{mC} = e^{(\alpha_R \cdot \beta_C - k) \cdot v} \quad \text{bzw.} \quad \gamma_{mK} = e^{(\alpha_R \cdot \beta_K - k) \cdot v}$$

mit

α_R : Der Wichtungsfaktor kann mit $\alpha_R = 0,8$ angesetzt werden.

β : Für den Zuverlässigkeitsindex β ist für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

$$\beta_K = 4,2$$

und für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

$$\beta_C = 2,5$$

anzusetzen.

Dabei wird davon ausgegangen, daß mögliche Folgen der Gefährdungen, die vorwiegend die Gebrauchstauglichkeit betreffen

- geringe wirtschaftliche Folgen, geringe Beeinträchtigung der Nutzung - und die vorwiegend die Tragfähigkeit betreffen
- keine Gefahr für Menschenleben und geringe wirtschaftliche Folgen - sind.

Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, so muß ein höherer Zuverlässigkeitsindex angesetzt werden.

- k: Der Fraktillfaktor k kann bei der Ermittlung des Bauteilwiderstandes, basierend auf der 5%-Fraktile, mit

$$k = 1,645$$

eingesetzt werden.

- v: Der Variationskoeffizient v darf genügend genau gleich der Standardabweichung der logarithmierten Werte gesetzt werden (mindestens jedoch $v = 0,1$).

5.5 Vergrößerungs- bzw. Abminderungsfaktoren

Je nach Versagensart, ob verformungsbedingt oder durch Überschreiten der Baustofffestigkeit, sind die werkstoffabhängigen Vergrößerungsfaktoren C_t, C_u, C_θ für die Verformung oder die Abminderungsfaktoren K_t, K_u, K_θ für die Bruchfestigkeit zu berücksichtigen.

C_t, K_t berücksichtigen dabei die Einwirkungsdauer für die die charakteristischen Werte ermittelt werden gegenüber der Einwirkungsdauer in den Bauteilversuchen.

Die Faktoren C_u, K_u werden zur Berücksichtigung von Alterungs- und Umgebungseinflüssen angesetzt.

Temperatureinflüsse bei der Nutzung des Dachbausystems gegenüber den Versuchstemperaturen müssen durch die Faktoren C_θ, K_θ beschrieben werden.

Ist der Grenzzustand der Tragfähigkeit oder der Gebrauchstauglichkeit verformungsbedingt, ist der Werkstofffaktor η_d aus

$$\eta_{dC} = 1 / (C_t, C_u, C_\theta)$$

zu bestimmen.

Ist der Grenzzustand jedoch durch Überschreiten der Baustofffestigkeit eingetreten, gilt

$$\eta_{dK} = 1 / (K_t, K_u, K_\theta)$$

5.6 Bemessungswerte der Einwirkungen

Bei der Bemessung des Dachbausystems sind neben der ständigen Einwirkung aus Eigengewicht der Konstruktion, die Einwirkungen aus Schneelast und aus Windlasten als veränderliche Einwirkung anzusetzen.

Das Eigengewicht der Eindeckung kann im Regelfall beim Nachweis der Tragfähigkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit vernachlässigt werden.

Für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F dürfen folgende Werte angenommen werden:

ständige Einwirkungen	$\gamma_G = 1,20$
veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q = 1,35$

Falls mehr als eine veränderliche Einwirkung gleichzeitig berücksichtigt werden muß, sind die Kombinationsbeiwerte Ψ aus ENV 1991-1 zu entnehmen.

5.7 Zusätzliche Tragprofile, Einzelteile des Systems

Die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Tragprofile sind nach ENV 1991-1 zu bestimmen. Einzelne Teile des Dachbausystems, wie z. B. die Auflagerkonstruktion oder die Sprossen, können in Abhängigkeit des verwendeten Baustoffs nach den folgenden technischen Regeln als Teilsystem bemessen werden:

Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten

Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken

Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken

Wenn die Teile nicht rechnerisch bemessen werden können, werden sie normalerweise entsprechend den Bauteilversuchen am System beurteilt.

5.8 Werkstoffabhängige Abminderungs- und Vergrößerungsfaktoren zur Bemessung der Kunststoffelemente eines Dachbausystems

Zur Ermittlung der Gebrauchs- und Tragfähigkeit der Kunststoffteile eines Dachbausystems, ist es erforderlich neben den allgemeinen Sicherheitsbeiwerten werkstoffabhängige Abminderungs- bzw. Vergrößerungsfaktoren zu berücksichtigen. Diese Werkstofffaktoren sind keine Sicherheitsbeiwerte, sondern haben den Zweck, die Änderung des Bauteilverhaltens im Verlauf der Nutzungsdauer bzw. der Lasteinwirkung zu beschreiben. Dabei sind je nach Versagensart der Kunststoffteile des Dachbausystems, ob verformungsbedingt oder durch Überschreiten der Werkstofffestigkeit, die jeweilig maßgebenden Kennwerte des Baustoffs zur Bestimmung der Abminderungs- bzw. Vergrößerungsfaktoren zugrunde zu legen. Wird das Versagen der Kunststoffteile z. B. durch Bruch hervorgerufen, dann ist die maßgebende Kenngröße die Biegefestigkeit- oder auch die Zug- bzw. Schubsteifigkeit. Ist das Versagen allerdings auf z. B. Abrutschen vom Auflager oder Verlust der Querschnittsstabilität zurückzuführen, sind die Verformungen die maßgebende Kenngröße.

Der Bauteilwiderstand ist entsprechend der Versagensart (Bruch- oder Verformungsversagen) mit den Abminderungsfaktoren K für die Festigkeit oder den Vergrößerungsfaktoren C für die Verformung zu verringern. Alternativ können auch die bei der Bemessung anzusetzenden Lasten mit den Faktoren K oder C erhöht werden.

Neben den zu berücksichtigenden Werkstofffaktoren aufgrund

- der Einflüsse der Lastdauer (K_t , C_t)
- der Alterungs- und Umgebungseinflüsse (K_U , C_U)
- und der Temperatureinflüsse (K_θ , C_θ)

können noch weitere Faktoren maßgebend werden, sofern sie nicht schon im ausreichenden Maß bei der Ermittlung des Bauteilwiderstandes enthalten waren. Dies könnte z. B. durch eine bessere Eigenschaft der untersuchten Bauteile als in der Gesamtproduktion oder durch eingefrorene Dehnungen (z. B. bei PMMA) bei der Herstellung notwendig werden.

5.9 Identifikations- und Produktionskontrollprüfungen an Kunststoffelementen von selbsttragenden lichtdurchlässigen Dachbausystemen

Bei der Identifikationsprüfung (Erstprüfung) der Kunststoffelemente sind alle für das Tragverhalten im vorgesehenen Einsatz maßgebenden Bauteileigenschaften zu bestimmen. Dafür sind geeignete Prüfungen festzulegen, durchzuführen und aus deren Ergebnissen die Anforderungen für die Produktionskontrolle zu definieren.

Literaturnachweis

- [1.1] Stand der Beratungen und Erkenntnisse im Sachverständigenausschuß
SVA "Kunststoffe"
- Deutsches Institut für Bautechnik -, Berlin
Interne Sitzungsunterlagen und Protokolle
- [1.2] Grundlagen zu Beurteilung von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten im Prüfzeichen-
und Zulassungsverfahren
- Deutsches Institut für Bautechnik -
Fassung Mai 1986
- [1.3] Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen
Beuth-Verlag Berlin, Köln 1981
- [1.4] "Richtlinie für die Zulassung von Dach- und Wandelementen aus Thermoplasten"
Deutsches Institut für Bautechnik -, Berlin
Fassung Oktober 1983
- unveröffentlicht -
- [1.5] Vorläufige Richtlinien für die Kennwertbestimmung, Zulassungsprüfung, Bemessung
und Güteüberwachung von zulassungspflichtigen Bauteilen aus glasfaserverstärktem,
ungesättigtem Polyesterharz (GF-UP-Richtlinie)
- Fassung Dezember 1983 -
- Deutsches Institut für Bautechnik -, Berlin
- unveröffentlicht -
- [1.6] Vorläufige Richtlinien zur Kennwertbestimmung, Zulassungsprüfung und Güteüberwachung
von zulassungspflichtigen Bauteilen aus GFK
1. Fassung: Matting, Menges, Wuebcken
Gemeinschaftsentwurf des Instituts für Werkstoffkunde (IAFW), TH Hannover,
des Süddeutschen Kunststoffzentrums (SKZ), Würzburg
und des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV), TH Aachen
Okt. 1967
2. Fassung: Gemeinschaftsentwurf des AK "Kunststoffe" des LSA
Mai 1969
- [1.7] Forschungsbericht F 11/88
der Kunststoffprüfstelle Franken
Beurteilung der Lebensdauer von langfristig beanspruchten GF-UP-Bauteilen
Auftraggeber: Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
- [1.8] H. W. Franken, GFK-Silos, Silos aus textilglasverstärkten ungesättigten
Polyesterharzen GF-UP, Silohandbuch, Seiten 342/389,
Verlag Ernst & Sohn, Berlin
- [1.9] Forschungsbericht F 12/93
der Kunststoffprüfstelle Franken
Ausarbeitung eines Berechnungsverfahrens für GFK-Profilplatten
auf Grund der Auswertung von Traglastversuchen
Auftraggeber: Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
- [1.10] DIN 18820
Laminat aus textilglasverstärkten ungesättigten Polyester- und Phenacrylatharzen
für tragende Bauteile (GF-UP, GF-PHA)
März 1991

- [1.11] DIN 18807, Teil 2
Trapezprofile im Hochbau
Stahltrapezprofile
Durchführung und Auswertung von Tragfähigkeitsversuchen
- [1.12] DIN 1055, Teil 4
Lastannahmen für Bauten
"Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken"
- [1.13] DIN 1055, Teil 5
Lastannahmen für Bauten
"Verkehrslasten, Schneelast und Eislast"
- [1.14] DIN 4134
Tragluftbauten
Berechnung, Ausführung und Betrieb
- [1.15] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-6 (17.05.1976)
Institut für Bautechnik, Berlin
Oberlichtbänder und Shedlichtbänder aus GF-UP Verbundelementen
Grillo Werke AG, Voerde
- [1.16] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-10 (15.02.1978)
Institut für Bautechnik, Berlin
EVERLITE Oberlicht-Dachelemente
Deutsche Everlite GmbH, Wertheim-Mondfeld
- [1.17] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-49 (05.01.1984)
Institut für Bautechnik, Berlin
Scobalit-Gigant-Oberlichtelemente
Scobalit-Werk, Andernach/Rhein
- [1.18] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-53 (20.03.1985)
Institut für Bautechnik, Berlin
EVERLITE Oberlicht-Dachelemente
Deutsche Everlite GmbH, Wertheim
- [1.19] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-68 (18.12.1987)
Institut für Bautechnik, Berlin
Lichtband Luxotherm 2000/2
Eternit AG, Berlin
- [1.20] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-65 (05.07.1989)
Institut für Bautechnik, Berlin
Plexiglas-Stegdoppelplatten
Röhm GmbH, Darmstadt
- [1.21] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1.2-78 (20.07.1989)
Institut für Bautechnik, Berlin
Lichtbandsystem JET-VARIO-PC 10
JET-Kunststofftechnik GmbH, Hüllhorst-Tengern

- [1.22] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1.2-79 (01.07.1990)
 Institut für Bautechnik, Berlin
 Lichtbandsystem Essmann-Lichtband 870 - PC 10
 Heinz Essmann GmbH, Bad Salzuflen

- [1.23] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1.2-89 (01.11.1990)
 Institut für Bautechnik, Berlin
 Lichtbandsystem TOPLINE 4000 S3P-PC 16
 Indu-Light GmbH, Deilingen

- [1.24] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1.2-92 (15.12.1991)
 Institut für Bautechnik, Berlin
 Lichtbahnelement Prokulit P 40S und P 540S
 Prokuwa Kunststoff GmbH, Dortmund

- [1.25] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-135 (02.02.1996)
 Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
 Lichtbandsystem "Rodalux RLL-60/20"
 mit Platten aus Polymethylmethacrylat (PMMA)
 Roelofsen GmbH, Kleve

- [1.26] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-118 (30.04.1997)
 Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
 Lichtplatten Rhenoplast-glashell Profil 183/40 Z
 Braas Flachdach Systeme GmbH, Oberursel

- [1.27] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-192 (24.11.1997)
 Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
 Dach- und Wandplatten aus textilglasverstärktem
 ungesättigtem Polyesterharz (GF-UP)
 Coim S.p.A., I – Settimo Milanese

- [1.28] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-124 (03.12.1997)
 Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
 Gewölbtes Dachlichtband ALPHAGLAS Typ S
 PC 10/1700, PC 10/2000, PC 16 und PC 20
 Deutsche Everlite GmbH, Wertheim

- [1.29] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-160 (27.05.1998)
 Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
 Lichtbahnsystem PROKULIT PC 540-3
 Prokuwa Kunststoff GmbH, Dortmund

- [1.30] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-165 (07.09.1998)
 Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
 Bauplatten Ondex = Organit Super HR
 Profil, 177/51 (5) und Profil, 177/51 (6)
 transparent natur, glashell, opak grau und opak weiß
 Alkor Draka Handel GmbH, Wuppertal

- [1.31] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-236 (10.12.1998)
Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
Lichtbandsystem JET-VARIO-PC-C98
JET-Kunststofftechnik Ulrich Kreft GmbH, Hüllhorst
- [1.32] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-183 (03.06.1999)
Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
Lichtbausystem PC 2440-3 B2
Rodeca Kunststoffprofile GmbH & Co. KG, Mülheim-Ruhr
- [1.33] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-193 (25.06.1999)
Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
Lichtbausystem Akyver Panel, 40 mm
"Thyssen ThermoGard Paneel"
Kaysersberg Packaging, F – Kaysersberg
- [1.34] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-248 (02.04.2001)
Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
Lichtbandsystem LUXOTHERM 4000
Eternit Flachdach GmbH, Neuss
- [1.35] Zulassungsbescheid Nr.: Z-10.1-252 (19.04.2002)
Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
POLITEC Lichtbahnsystem MODULIT 500 LP
POLITEC S.A., CH - Stabio

[2.1.1]	ENV 1991-1-1:1994	Eurocode 1:	Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1: Grundlagen der Tragwerksplanung
[2.1.2]	ENV 1991-2-3:1995	Eurocode 1:	Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2-3: Einwirkungen auf Tragwerke – Schneelasten
[2.1.3]	ENV 1991-2-4:1995	Eurocode 1:	Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2-4: Einwirkungen auf Tragwerke – Windlasten
[2.1.4]	ENV 1993-1-1:1992	Eurocode 3:	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau
[2.1.5]	ENV 1993-1-3:1996	Eurocode 3:	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-3: Allgemeine Bemessungsregeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte, dünnwandige Bauteile und Bleche
[2.1.6]	ENV 1995-1-1:1993	Eurocode 5:	Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau
[2.1.7]	ENV 1999-1-1:1998	Eurocode 9:	Bemessung und Konstruktion von Aluminiumbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für Hochbauten

- | | | |
|---------|-------------------------------|--|
| [2.2.1] | EN 1013-1:1997 | Lichtdurchlässige profilierte Platten aus Kunststoff für einschalige Dacheindeckungen -
Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfmethoden |
| [2.2.2] | EN 1013-2:1998 | Lichtdurchlässige profilierte Platten aus Kunststoff für einschalige Dacheindeckungen -
Teil 2: Besondere Anforderungen und Prüfmethoden für Platten aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (GF-UP) |
| [2.2.3] | EN 1013-3:1997 | Lichtdurchlässige profilierte Platten aus Kunststoff für einschalige Dacheindeckungen -
Teil 3: Besondere Anforderungen und Prüfmethoden für Platten aus Polyvinylchlorid (PVC) |
| [2.2.4] | EN 1013-4:2000 | Lichtdurchlässige profilierte Platten aus Kunststoff für einschalige Dacheindeckungen -
Teil 4: Besondere Anforderungen, Prüfverfahren und -verhalten für Platten aus Polycarbonat (PC) |
| [2.2.5] | EN 1013-5:2000 | Lichtdurchlässige profilierte Platten aus Kunststoff für einschalige Dacheindeckungen -
Teil 5: Besondere Anforderungen, Prüfverfahren und -verhalten für Platten aus Polymethylmethacrylat (PMMA) |
| [2.2.6] | prENxxxx (06/02)
CEN TC128 | Dachdeckungen – Dachlichtbänder aus Kunststoff zur Verwendung mit Aufsetzkränzen –
Klassifizierung, Anforderungen und Prüfverfahren |

- | | | |
|---------|--------------------|--|
| [2.3.1] | EN 60:1977 | Glasfaserverstärkte Kunststoffe; Bestimmung des Glühverlustes |
| [2.3.2] | EN 63:1977 | Glasfaserverstärkte Kunststoffe; Biegeversuch; Dreipunkt-Verfahren |
| [2.3.3] | EN ISO 178:1996 | Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften (ISO 178:1993) |
| [2.3.4] | EN ISO 291:1997 | Kunststoffe – Normalklimate für Konditionierung Prüfung (ISO 291:1997) |
| [2.3.5] | EN ISO 527-1:1996 | Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften
Teil 1: Allgemeine Grundsätze (ISO 527-1:1993 einschl. Korr. 1:1994) |
| [2.3.6] | EN ISO 527-2:1996 | Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften
Teil 2: Extrusionsmassen (ISO 527-2:1993 einschl. Korr. 1:1994) |
| [2.3.7] | EN ISO 899-2:1996 | Kunststoffe – Bestimmung des Kriechverhaltens
Teil 2: Zeitstandbiegeversuch bei Dreipunkt - Belastung. (ISO 899-2:1993) |
| [2.3.8] | EN ISO 6603-1:2000 | Kunststoffe – Bestimmung des Durchstoßverhaltens von festen
Kunststoffen
Teil 1: Nicht instrumentierter Schlagversuch. (ISO 6603-1:2000) |
| [2.3.9] | EN ISO 12017:1996 | Kunststoffe – Polymethylmethacrylat , Stegdoppel- und Stegdreifachplatten
Prüfverfahren (ISO 12017:1995) |

Beurteilung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit der Kunststoffbauteile eines Dachbausystems durch Bauteilversuche

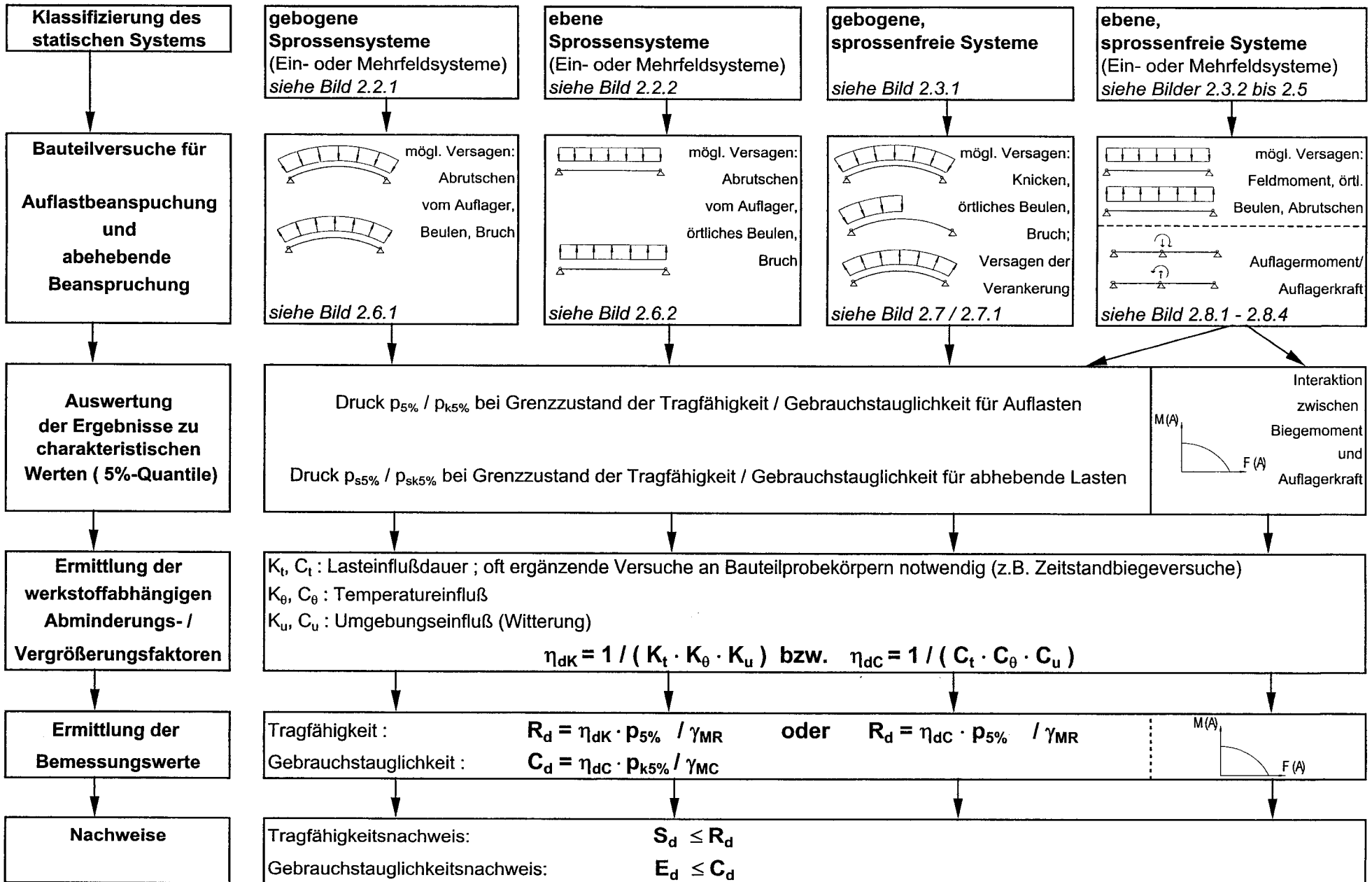
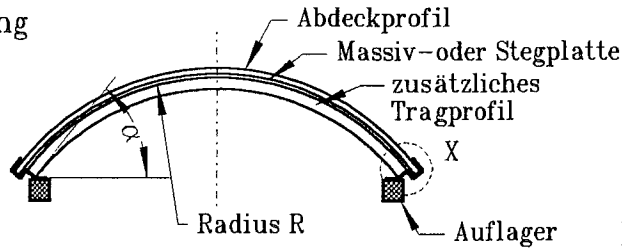


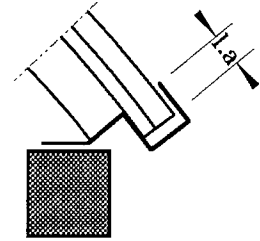
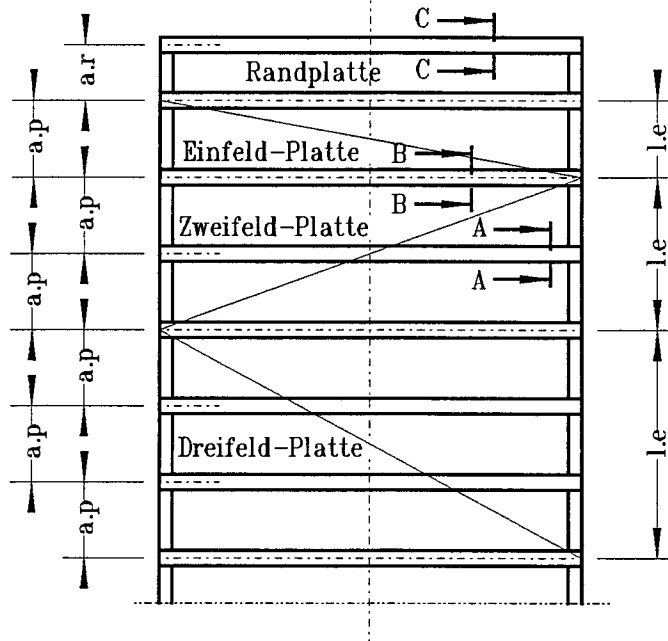
Bild 2.1

Seitenansicht
gebogene Anordnung

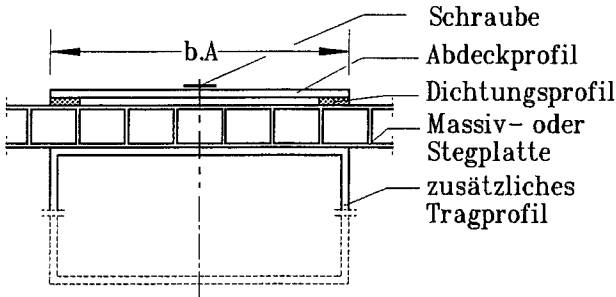


Detail X

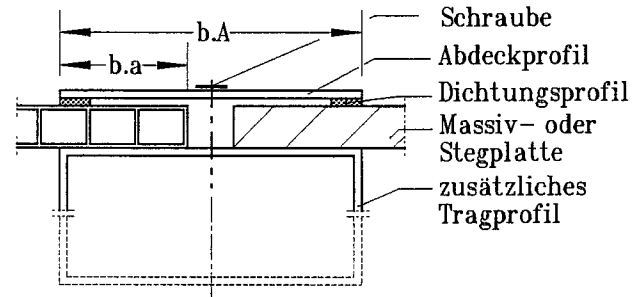
Draufsicht



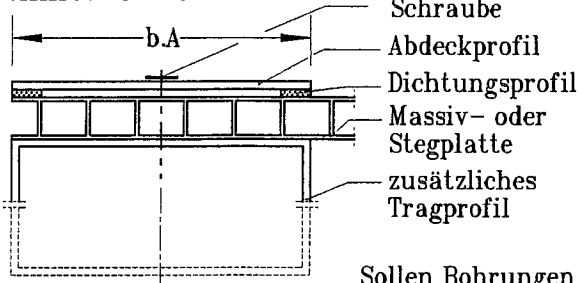
Schnitt A - A



Schnitt B - B



Schnitt C - C



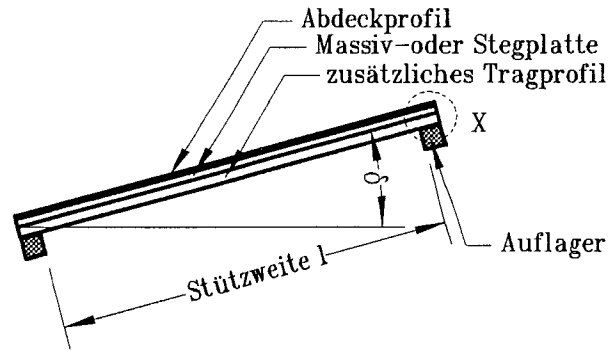
- l.e : Breite der Platten
- l.a : Auflagertiefe der Platte
- a.p : Abstand der Tragprofile
- a.r : Abstand der Tragprofile bei Randplatten
- b.A : Breite der Tragprofile
- b.a : Auflagerbreite der Platten

Sollen Bohrungen in den Platten vermieden werden z.B. bei PMMA-Platten können alternativ bei gebogenen Systemen die Abdeckprofile, als Zugband wirkend, am Kämpfer befestigt werden.

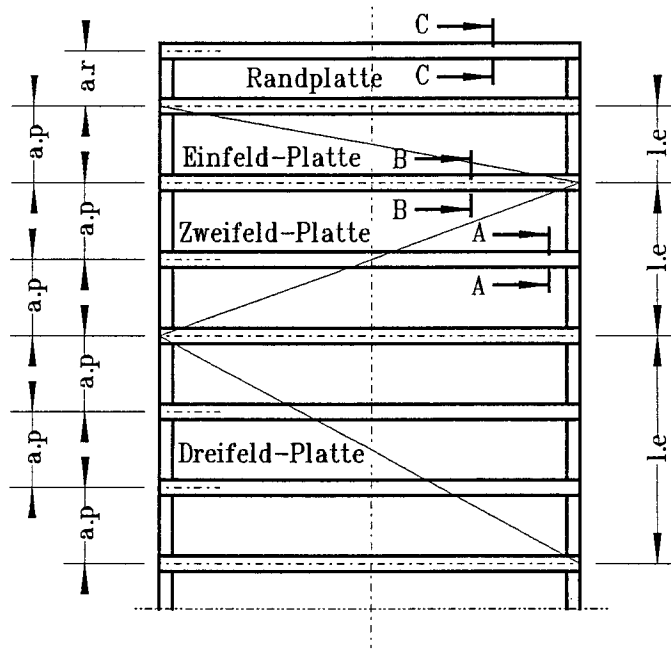
Bild 2.2.1 Beispiele für gebogene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung

Ein-, Zwei und Dreifeld-Systeme

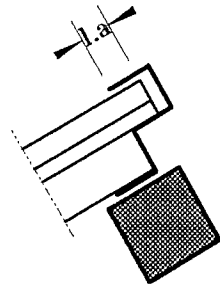
Seitenansicht
ebene Anordnung



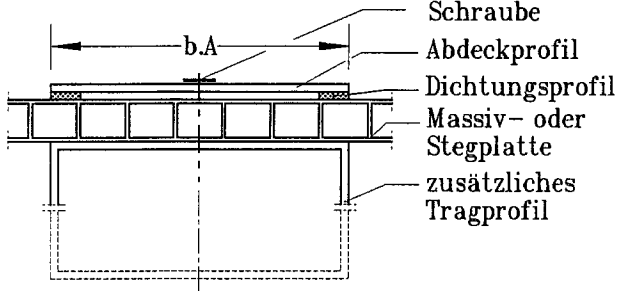
Draufsicht



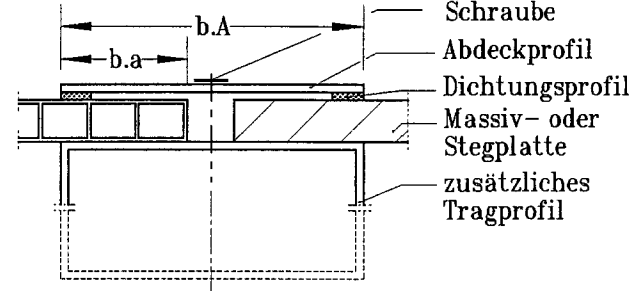
Detail X



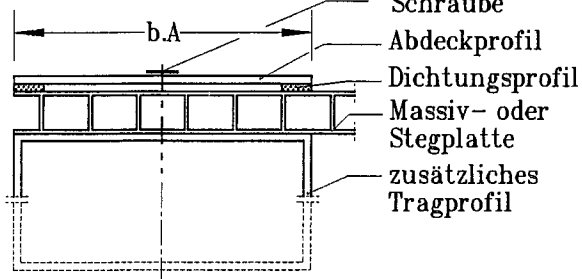
Schnitt A - A



Schnitt B - B



Schnitt C - C



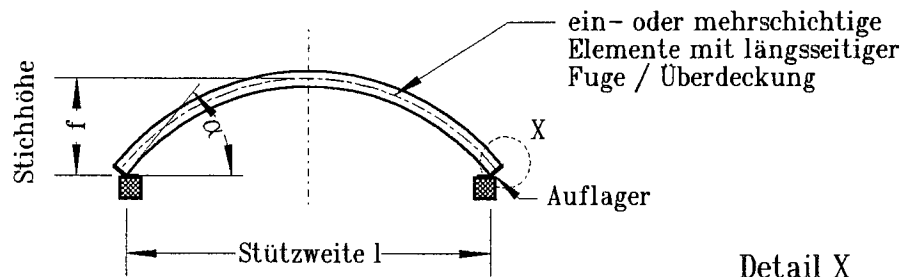
$l.e$: Breite der Platten
 $l.a$: Auflagertiefe der Platte
 $a.p$: Abstand der Tragprofile
 $a.r$: Abstand der Tragprofile bei Randplatten
 $b.A$: Breite der Tragprofile
 $b.a$: Auflagerbreite der Platten

Bild 2.2.2

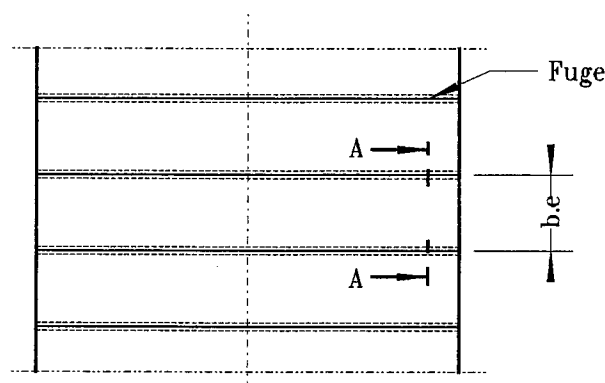
Beispiele für ebene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung

Ein-, Zwei und Dreifeld-Systeme

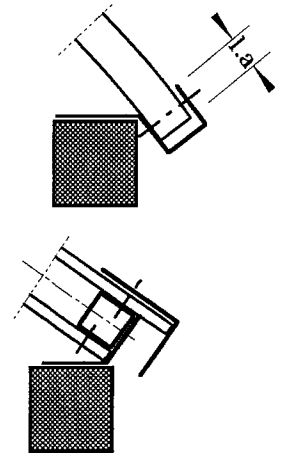
Seitenansicht
ebene Anordnung



Draufsicht



Detail X



b.e : Verlegebreite
l.a : Auflagertiefe der Platte

Schnitt A-A

Beispiele verschiedener Querschnitte

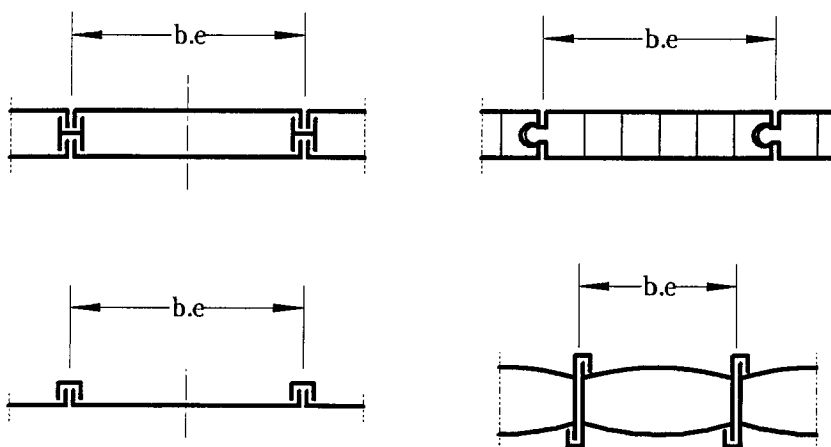
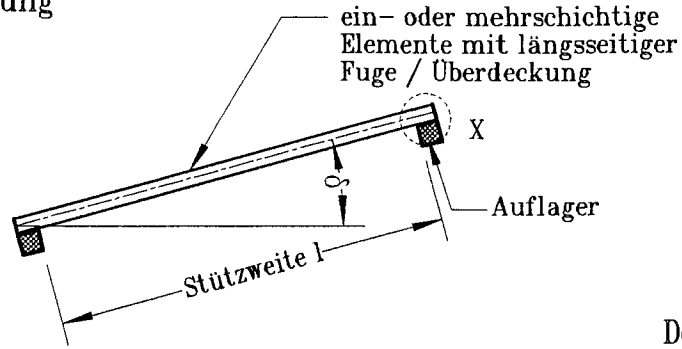
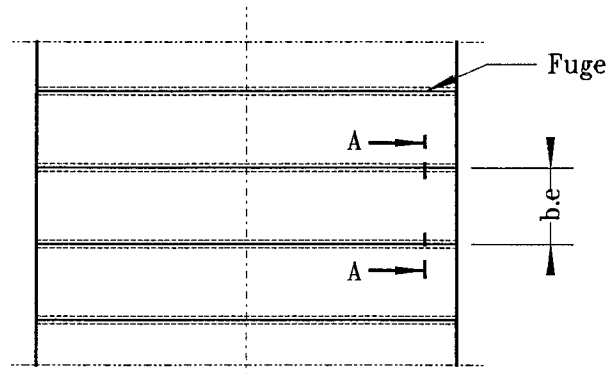


Bild 2.3.1 Beispiele für gebogene Dachbausysteme
ohne zusätzliche Tragprofile
Einfeld-Systeme

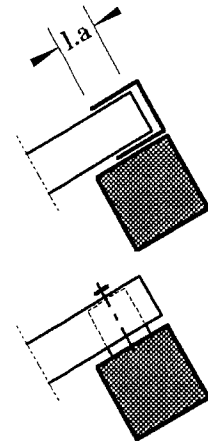
Seitenansicht
ebene Anordnung



Draufsicht



Detail X



b.e : Verlegebreite
l.a : Auflagertiefe der Platte

Schnitt A-A

Beispiele verschiedener Querschnitte

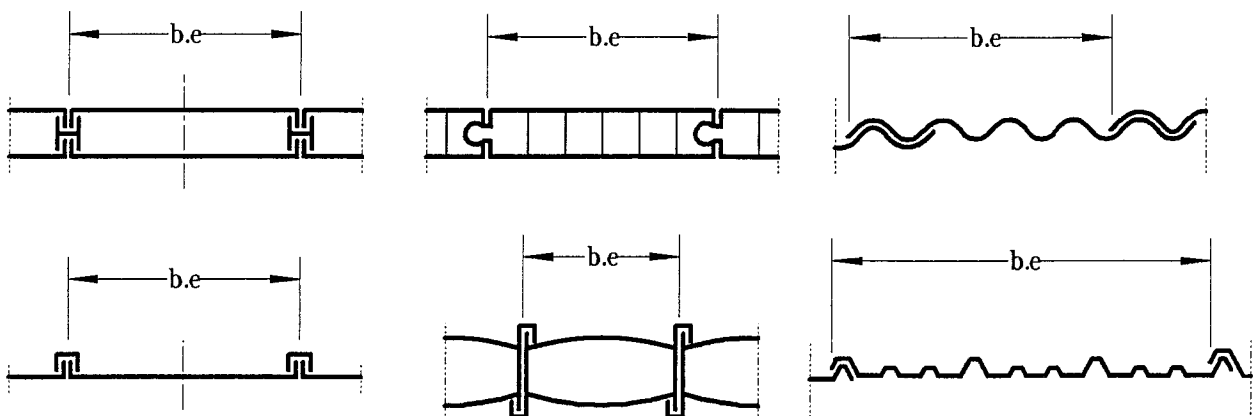
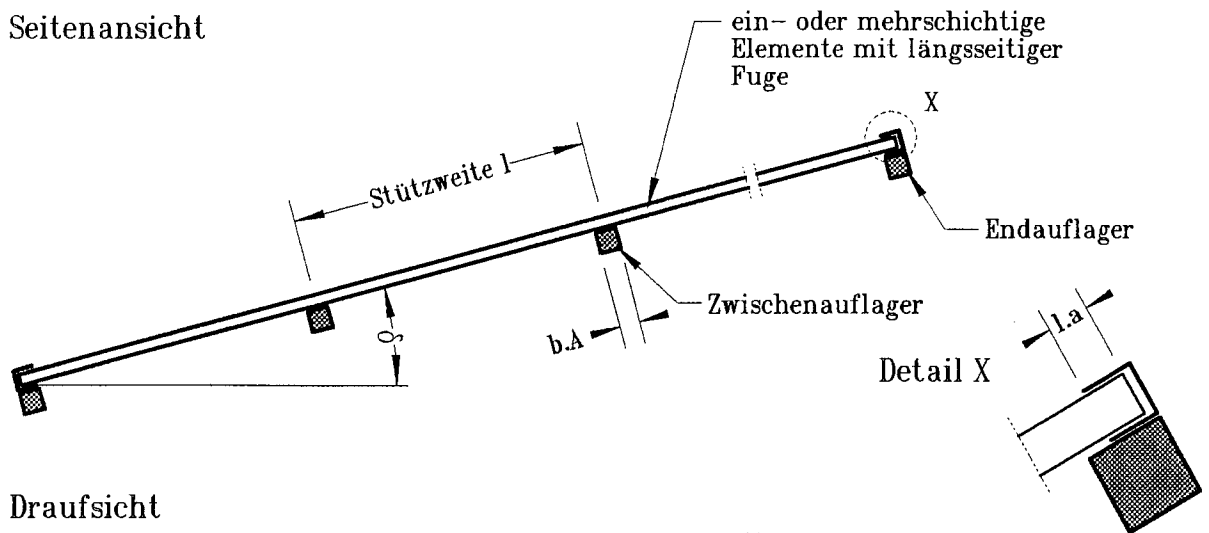


Bild 2.3.2

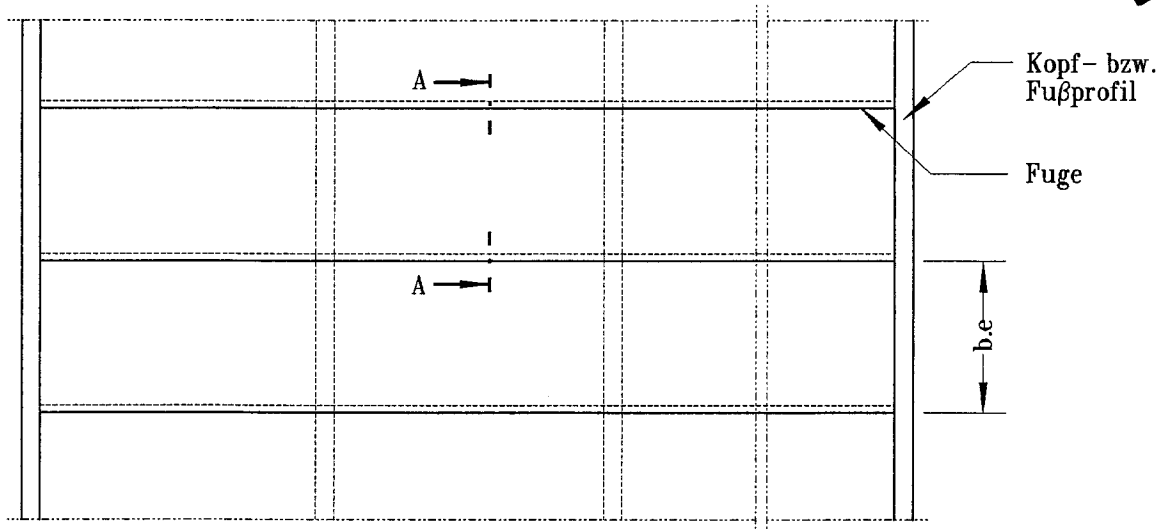
Beispiele für ebene Dachbausysteme
ohne zusätzliche Tragprofile

Einfeld-Systeme

Seitenansicht

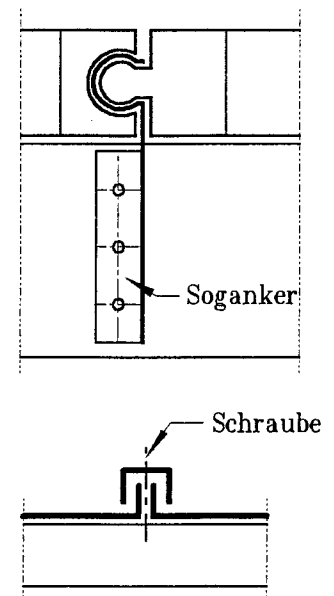


Draufsicht



- l.a : Auflagertiefe der Platte
- b.e : Verlegebreite
- b.A : Auflagerbreite der Zwischenaflager

Befestigungsbeispiele am Zwischenaflager



Schnitt A-A

Beispiele verschiedener Querschnitte

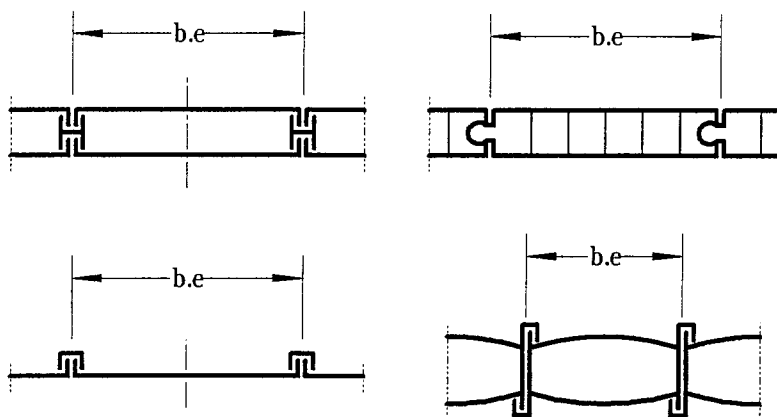
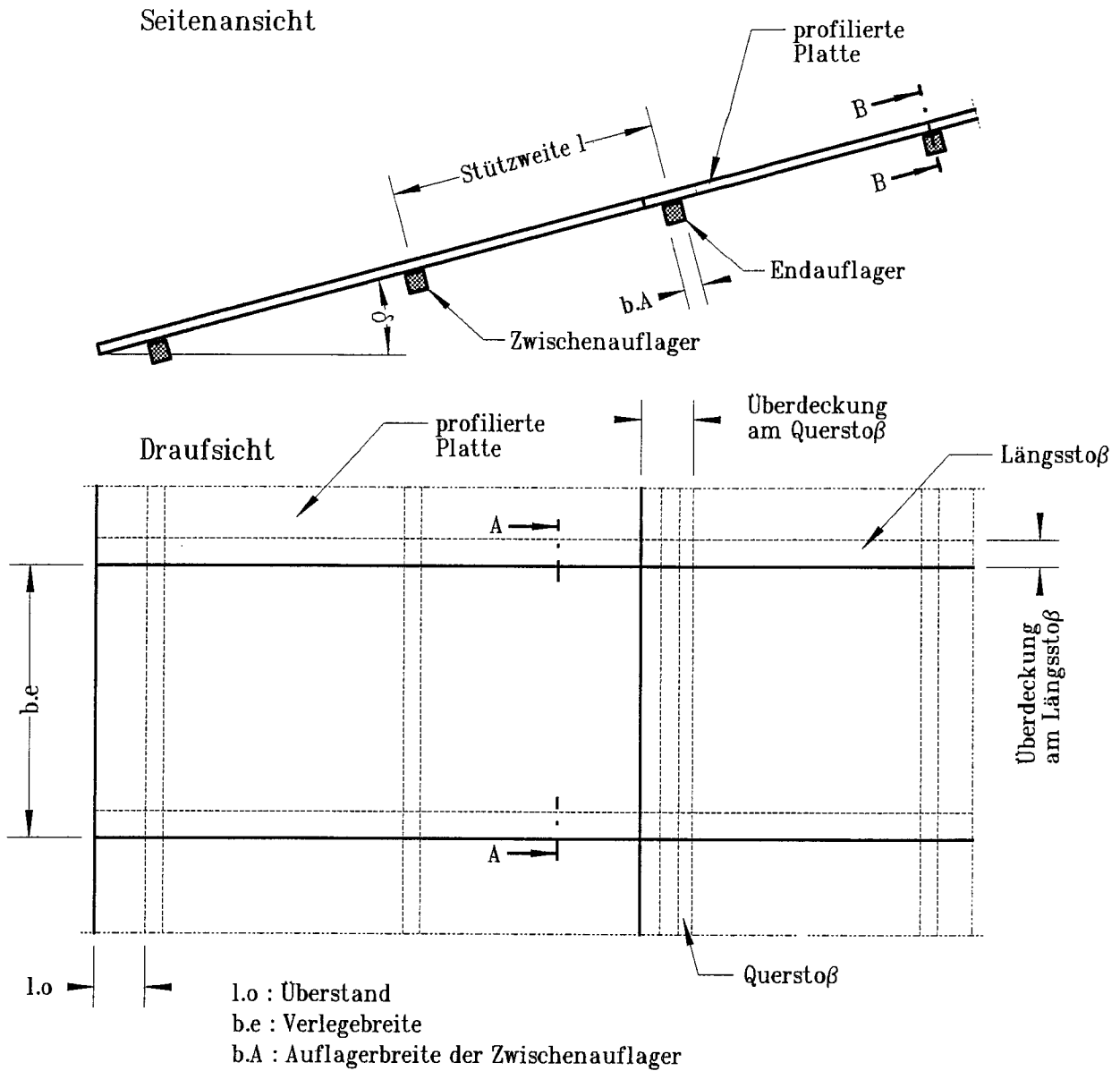
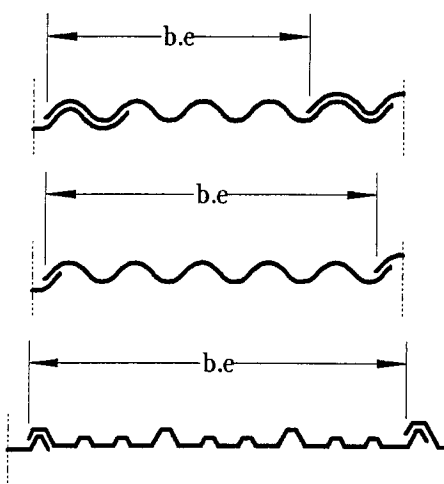


Bild 2.4 Beispiele für ebene Dachbausysteme mit ein- oder mehrschichtigen Elementen und längsseitiger Fuge sowie Stützprofilen quer zur Haupttragrichtung
 Mehrfeld-Systeme



Schnitt A-A

Beispiele verschiedener Querschnitte / Überdeckungen



Schnitt B-B

Beispiele Befestigungsarten

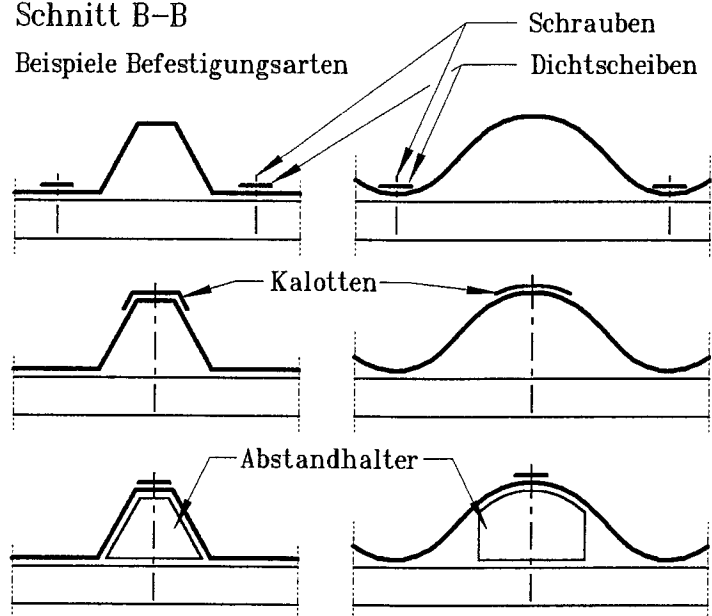
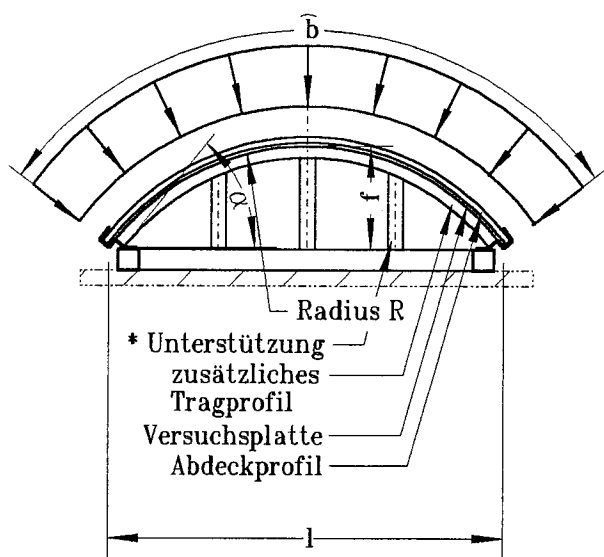


Bild 2.5 Beispiele für ebene Dachbausysteme mit profilierten Platten und Stützprofilen quer zur Haupttragrichtung

Mehrfeld-Systeme

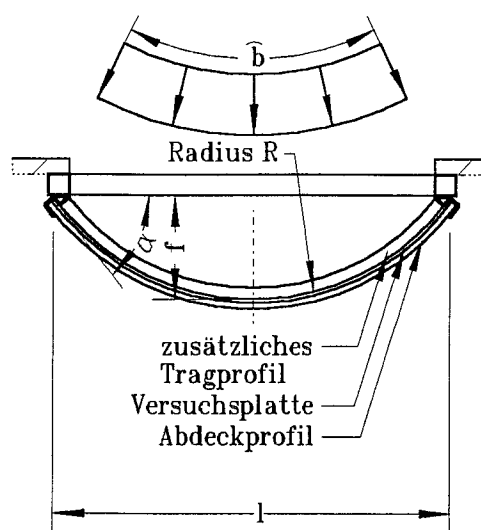
Seitenansicht
gebogene Anordnung

Auflast



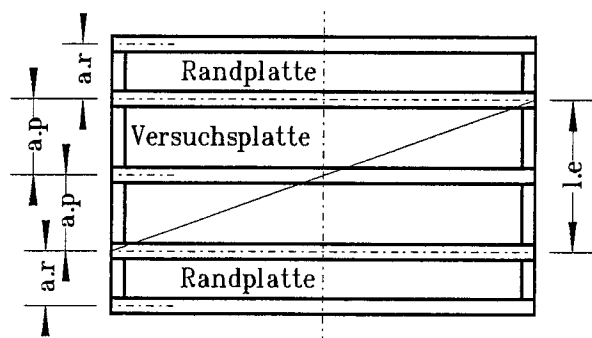
Seitenansicht
gebogene Anordnung

abhebende Last



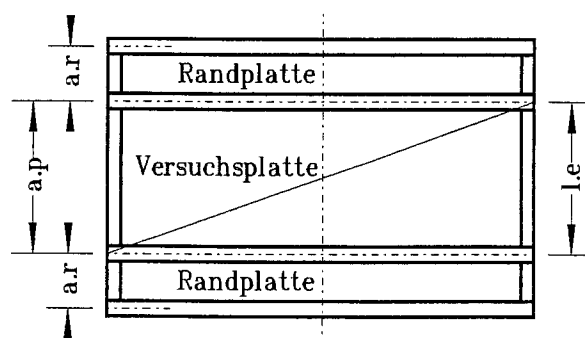
Draufsicht

Beispiel Zweifeld-System



Draufsicht

Beispiel Einfeld-System

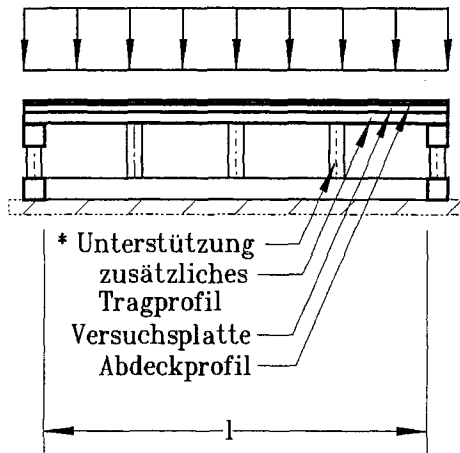


* Unterstützung wird verwendet, wenn nur die Platte geprüft wird.
Keine Unterstützung, wenn die Gesamtkonstruktion geprüft wird.

Bild 2.6.1 Versuchsaufbau (schematisch) bei Auflastbeanspruchung und abhebender Beanspruchung für gebogene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung

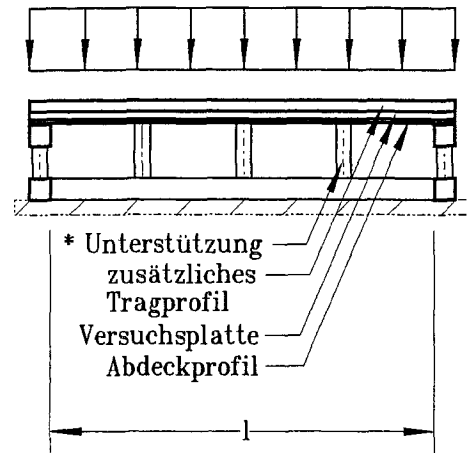
Seitenansicht
ebene Anordnung

Auflast



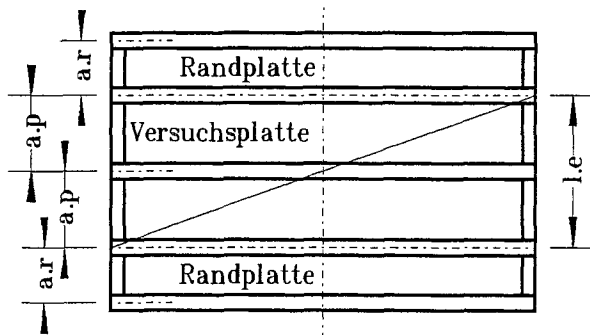
Seitenansicht
ebene Anordnung

abhebende Last



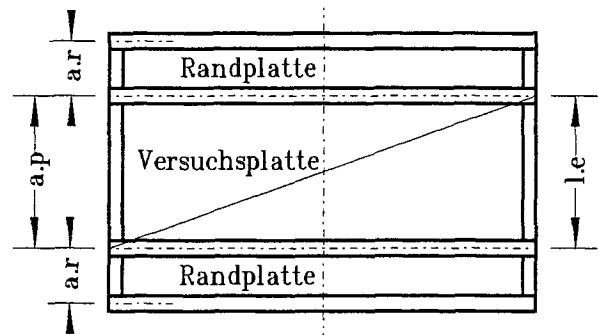
Draufsicht

Beispiel Zweifeld-System



Draufsicht

Beispiel Einfeld-System

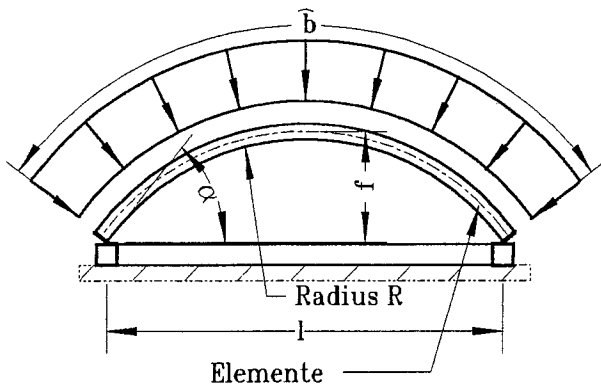


* Unterstützung wird verwendet, wenn nur die Platte geprüft wird.
Keine Unterstützung, wenn die Gesamtkonstruktion geprüft wird.

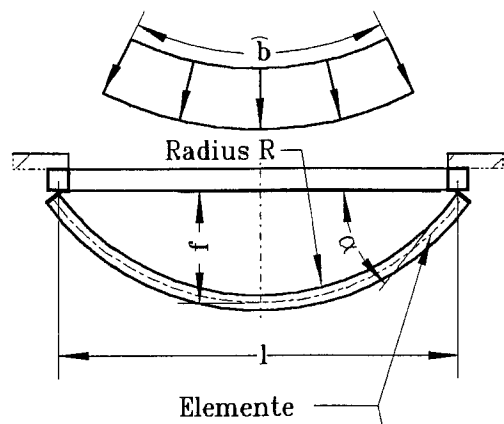
Bild 2.6.2

Versuchsaufbau (schematisch) bei Auflastbeanspruchung und abhebender Beanspruchung für ebene Dachbausysteme mit zusätzlichen Tragprofilen parallel zur Haupttragrichtung

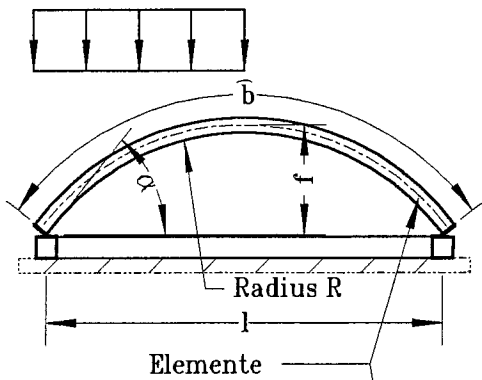
Seitenansicht gebogene Anordnung
Auflast, Volllast



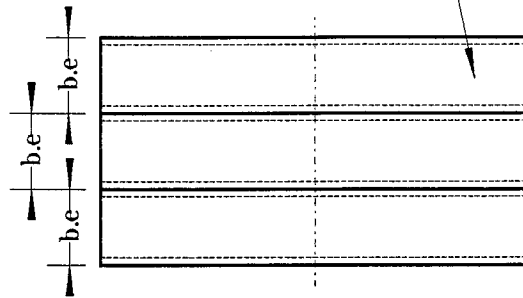
Seitenansicht gebogene Anordnung
abhebende Last



Seitenansicht gebogene Anordnung
Auflast, halbseitige Last



Draufsicht



Ist nur die Auflagerverankerung maßgebend
kann alternativ eine Versuchsanordnung
nach Bild 2.7.1 gewählt werden.

Draufsicht

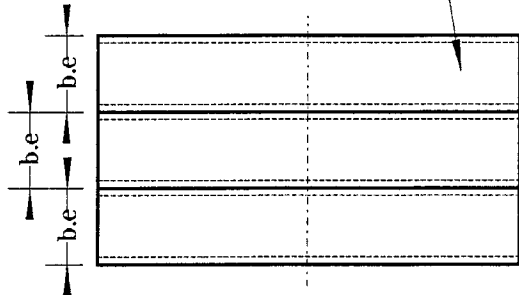
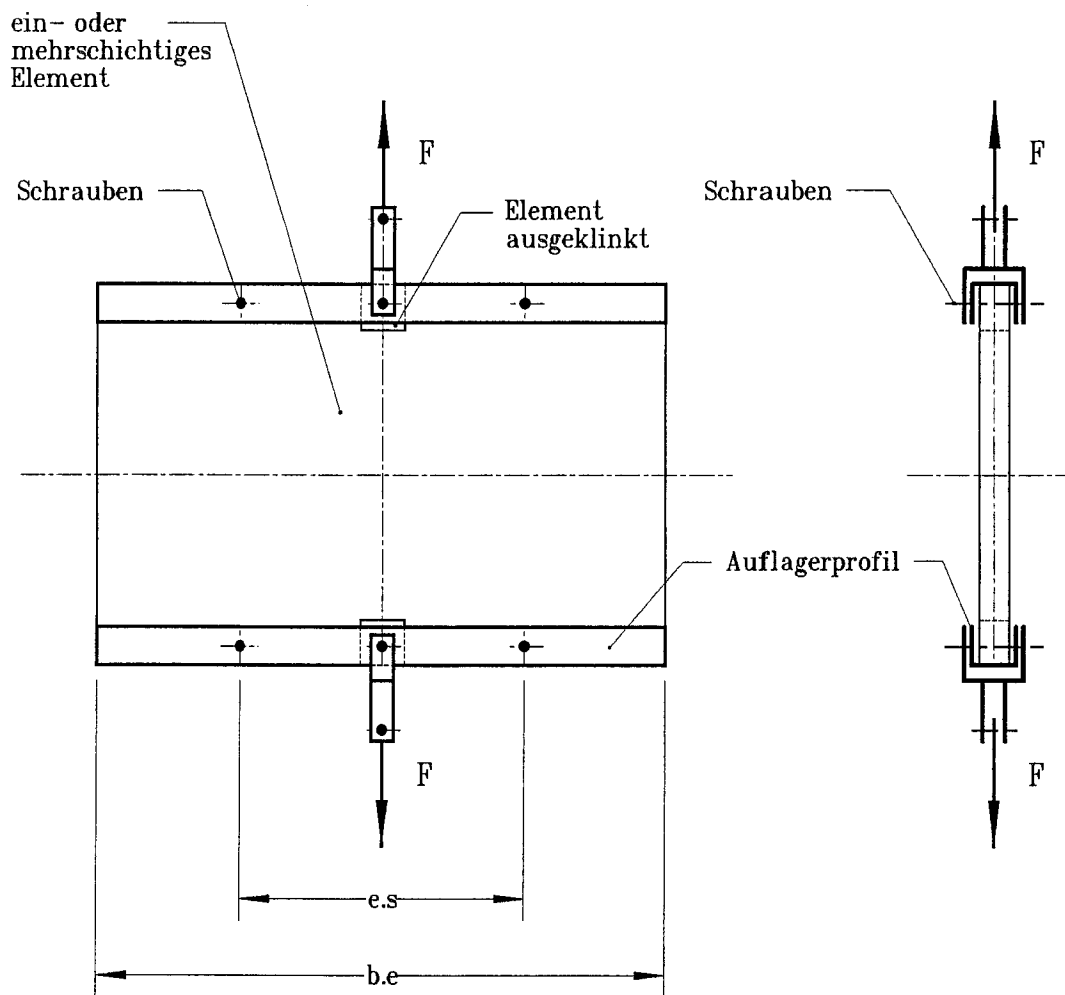


Bild 2.7 Versuchsaufbau (schematisch) bei Auflastbeanspruchung (Volllast, halbseitige Last) und abhebender Beanspruchung für gebogene Dachbausysteme aus ein- oder mehrschichtigen Elementen mit längsseitiger Fuge / Überdeckung ohne zusätzliche Tragprofile

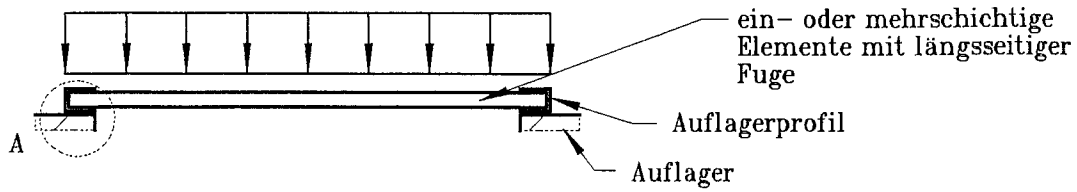
Zugversuch
Beispiel



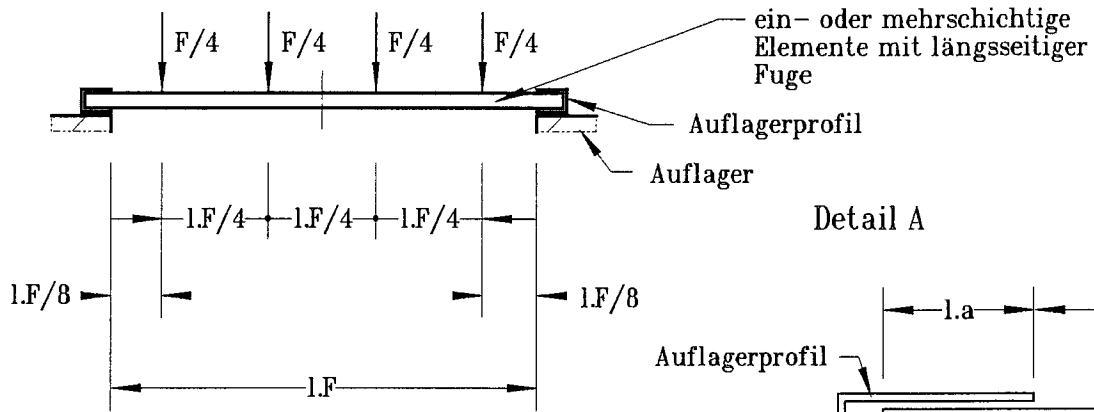
e.s : Verschraubungsabstand

Bild 2.7.1 Versuchsaufbau (schematisch) abhebender Beanspruchung für gebogene Dachbausysteme ohne zusätzliche Tragprofile Teilsystem Auflagerverankerung

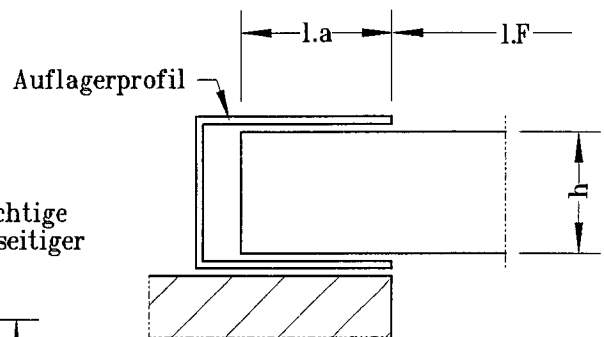
Seitenansicht ebene Anordnung



Seitenansicht ebene Anordnung



Detail A



Draufsicht

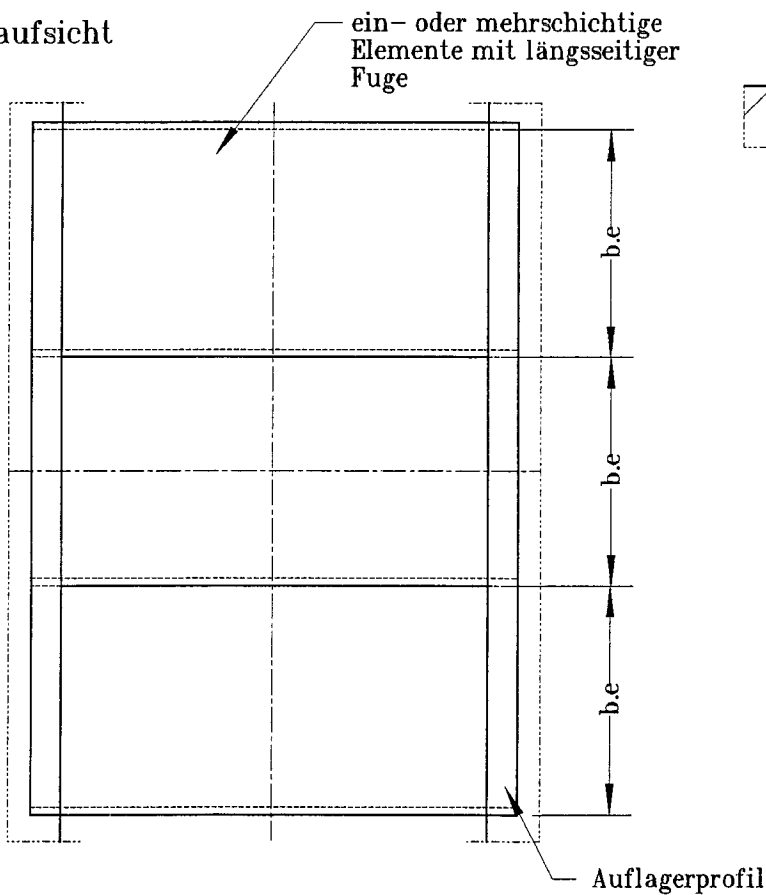
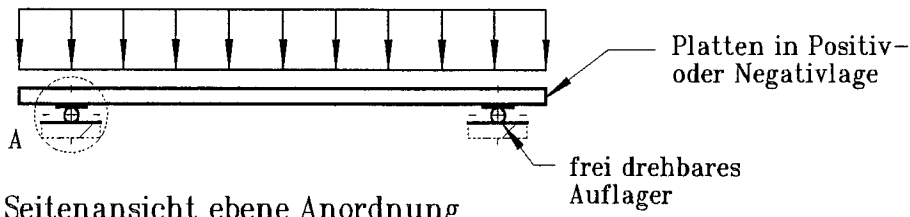
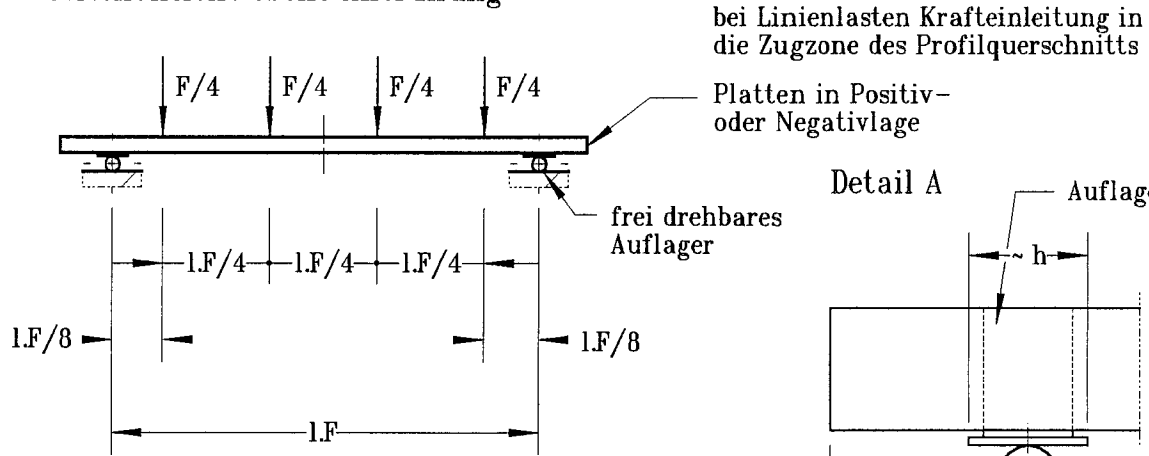


Bild 2.8.1 Versuchsaufbau (schematisch) zur Ermittlung des aufnehmbaren Biegemomentes bei nichtvorhandener Querkraft (Feldmoment) an ein- oder mehrschichtigen Elementen mit längsseitiger Fuge in Anlehnung an ENV 1993 - 1 - 3 (EUROCODE 3)

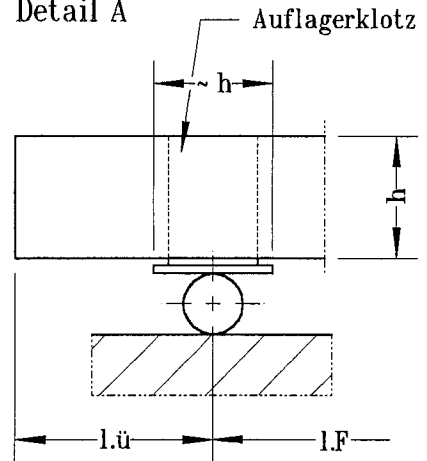
Seitenansicht ebene Anordnung



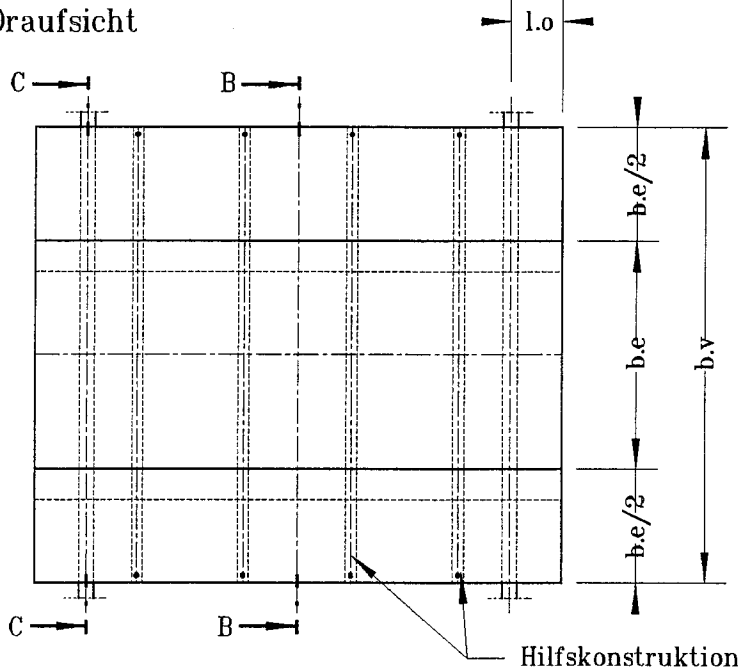
Seitenansicht ebene Anordnung



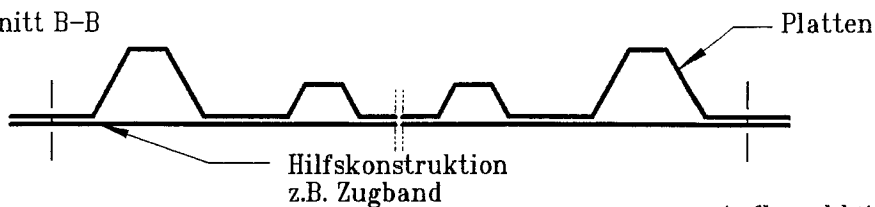
Detail A



Draufsicht



Schnitt B-B



Schnitt C-C

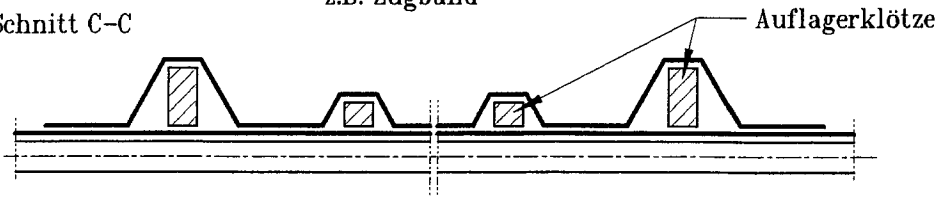
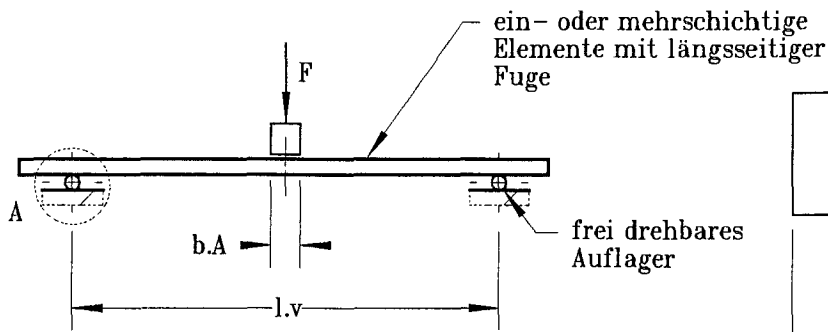


Bild 2.8.2

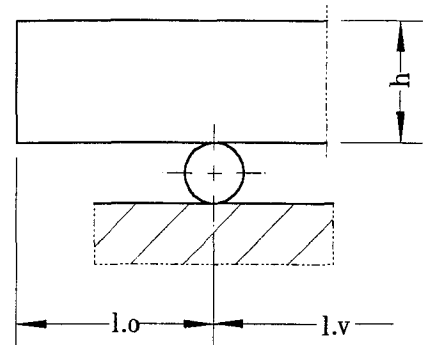
Versuchsaufbau (schematisch) zur Ermittlung des aufnehmbaren Biegemomentes bei nichtvorhandener Querkraft (Feldmoment) an profilierten Platten in Anlehnung an ENV 1993 - 1 - 3 (EUROCODE 3)

Seitenansicht ebene Anordnung



$l.v$: Stützweite

Detail A



Draufsicht

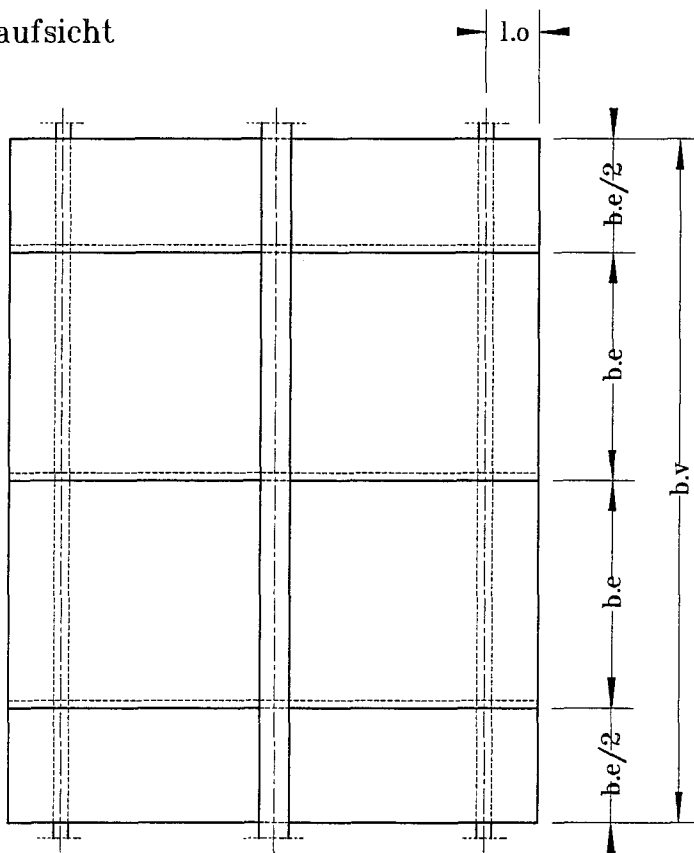
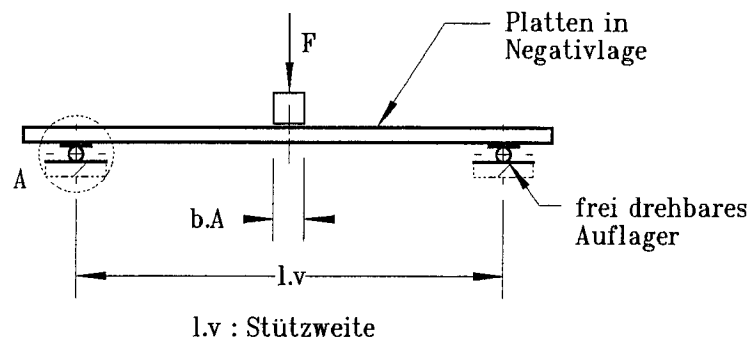
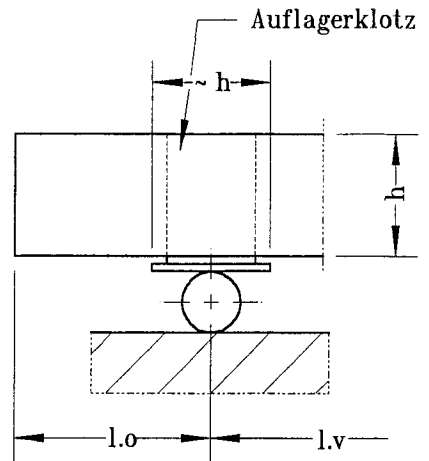


Bild 2.8.3.1 Versuchsaufbau (schematisch) zur Ermittlung der Interaktion zwischen Biegemoment und Auflagerkraft am Zwischenauf-
lager bei Auflastbeanspruchung für ein- oder mehrschichtige
Elemente mit längsseitiger Fuge in Anlehnung an
ENV 1993 - 1 - 3 (EUROCODE 3)

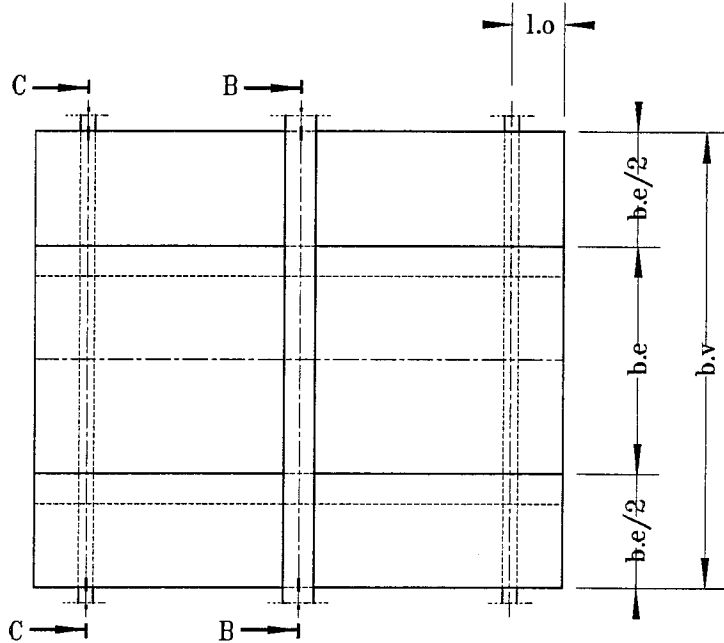
Seitenansicht ebene Anordnung



Detail A

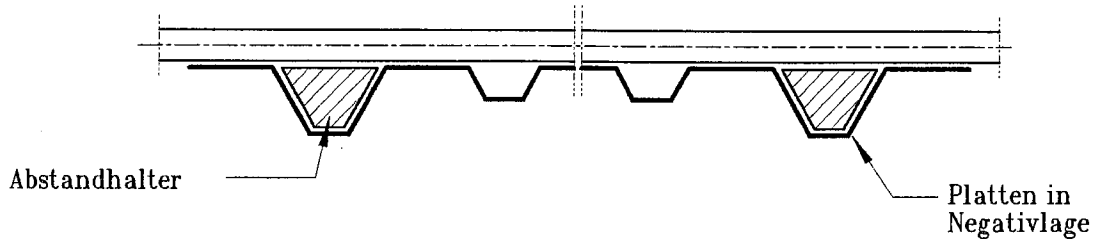


Draufsicht



Schnitt B-B

Beispiel
Das Zwischenaufleger muß entsprechend dem vorhergesehenem Einsatz ausgebildet sein



Schnitt C-C

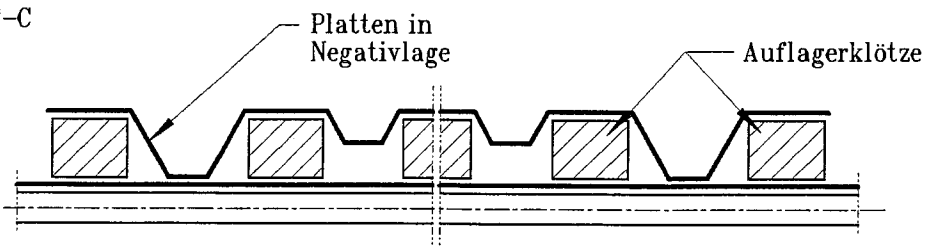
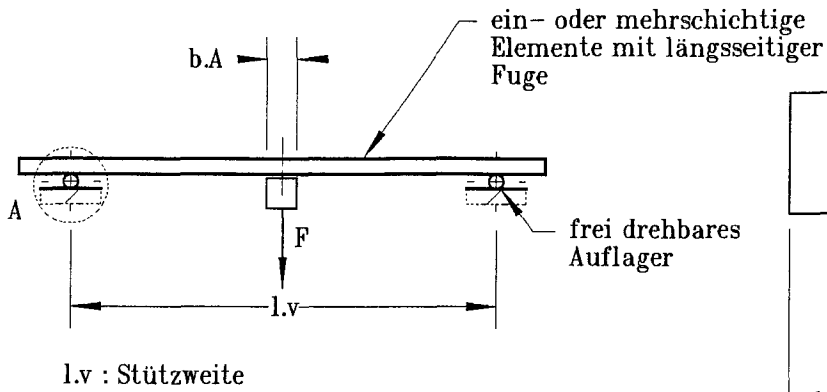
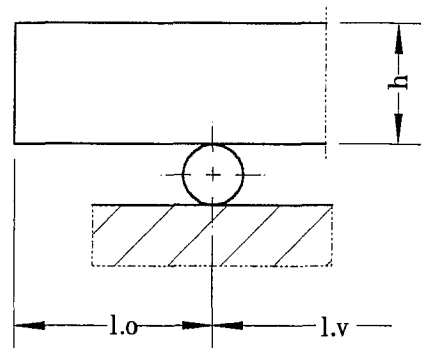


Bild 2.8.3.2 Versuchsaufbau (schematisch) zur Ermittlung der Interaktion zwischen Biegemoment und Auflagerkraft am Zwischenauflager bei Auflastbeanspruchung für profilierten Platten in Anlehnung an ENV 1993 - 1 - 3 (EUROCODE 3)

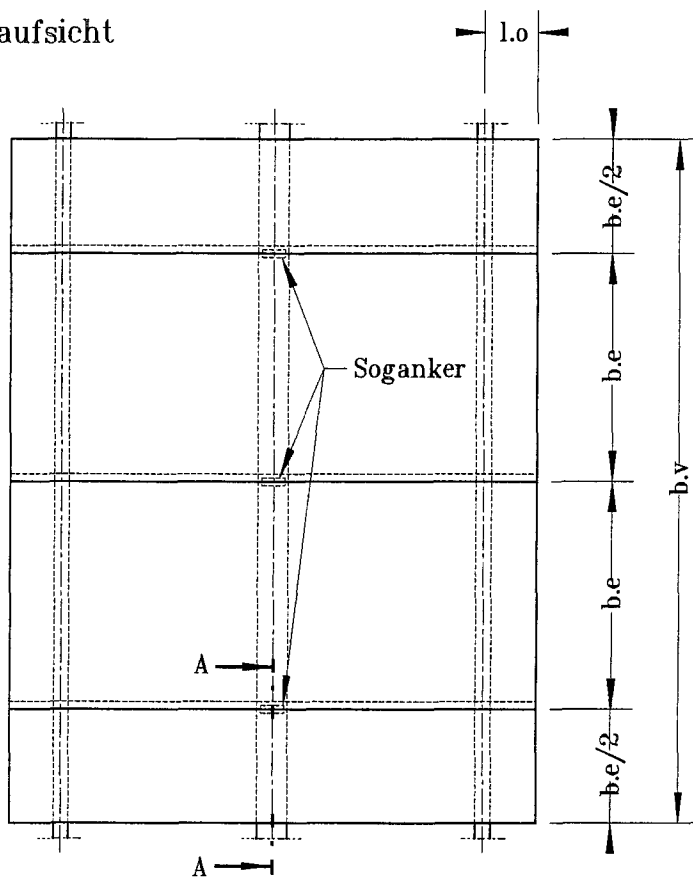
Seitenansicht ebene Anordnung



Detail A



Draufsicht



Schnitt A-A

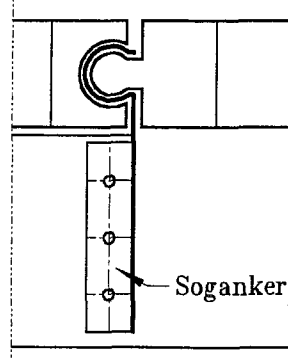
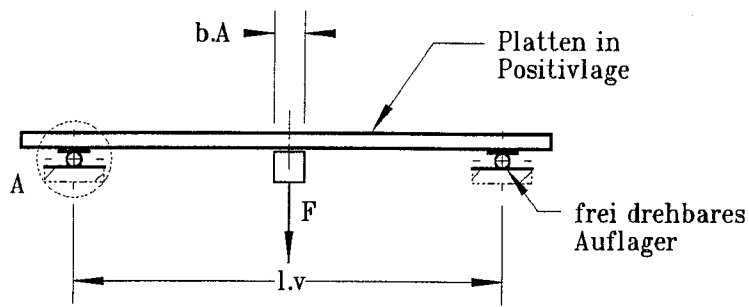
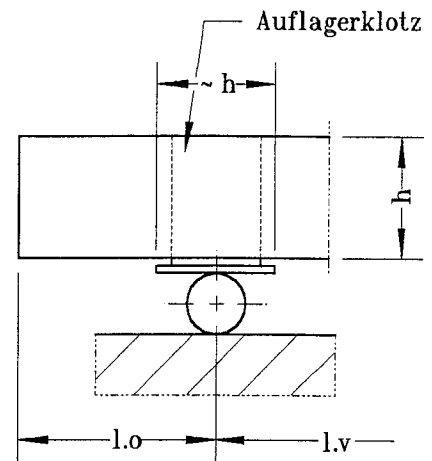


Bild 2.8.4.1 Versuchsaufbau (schematisch) zur Ermittlung der Interaktion zwischen Biegemoment und Auflagerkraft am Zwischenauf-
lager bei abhebender Beanspruchung für ein- oder mehr-
schichtige Elemente mit längsseitiger Fuge in Anlehnung an
ENV 1993 - 1 - 3 (EUROCODE 3)

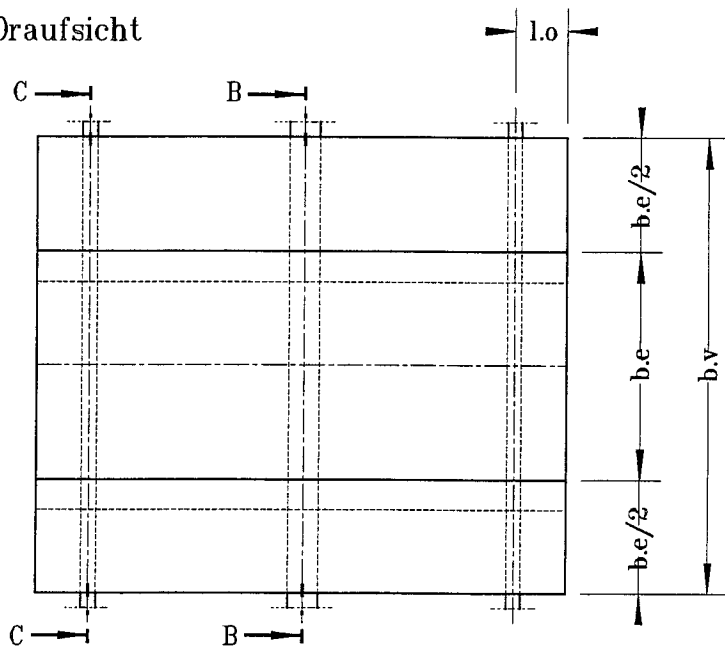
Seitenansicht ebene Anordnung



Detail A

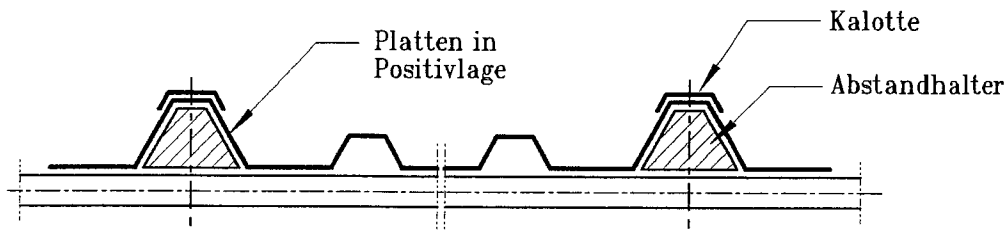


Draufsicht



Schnitt B-B

Beispiel
Das Zwischenaufleger muß entsprechend dem vorhergesehenem Einsatz ausgebildet sein



Schnitt C-C

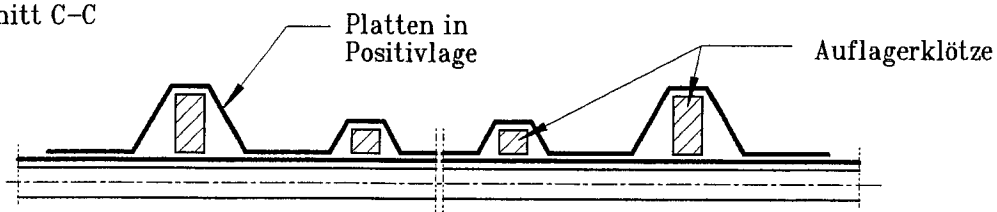


Bild 2.8.4.2 Versuchsaufbau (schematisch) zur Ermittlung der Interaktion zwischen Biegemoment und Auflagerkraft am Zwischenaufleger bei abhebender Beanspruchung für profilierte Platten in Anlehnung an ENV 1993 - 1 - 3 (EUROCODE 3)

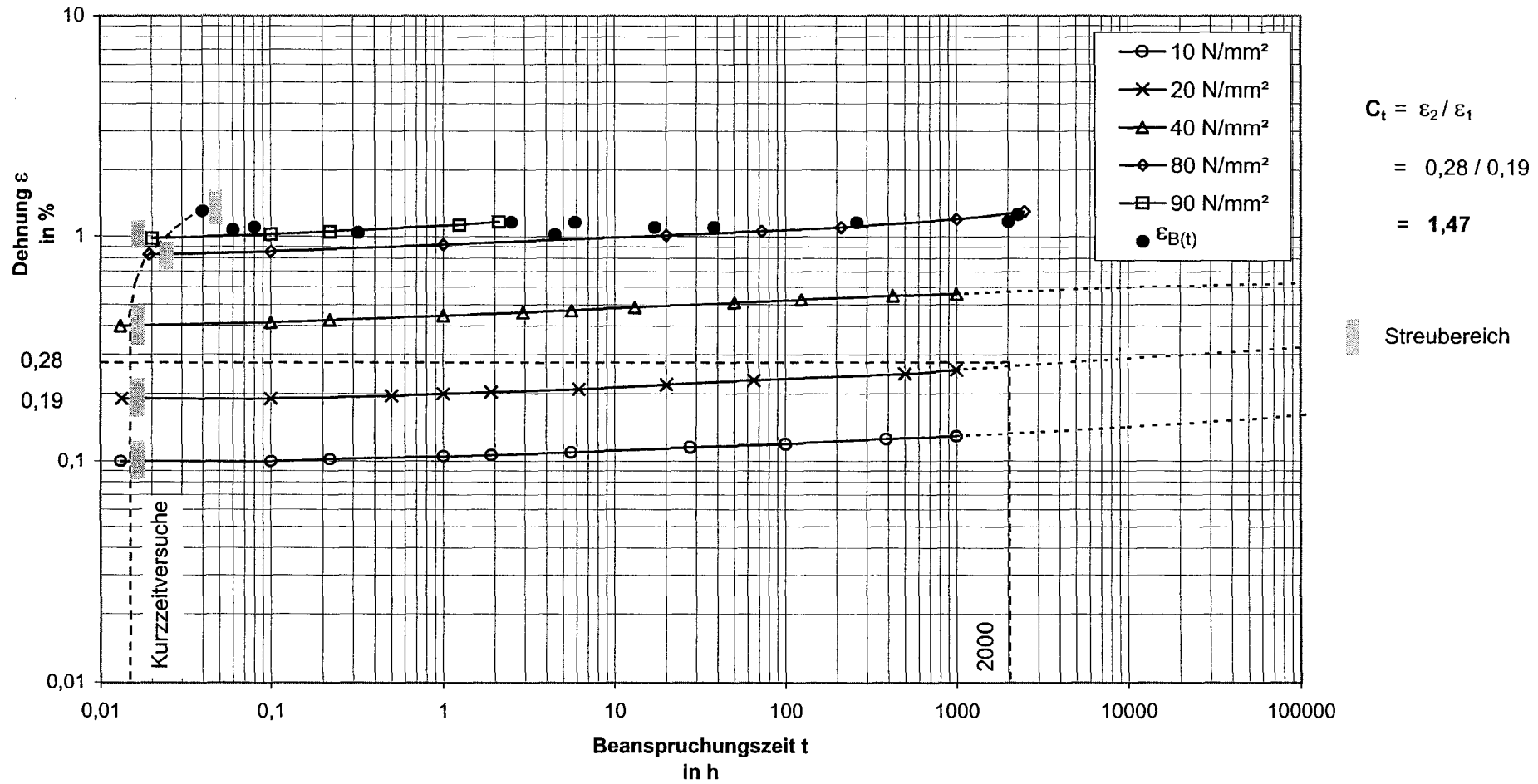


Bild 3.1 Zeitdehnlinien eines textildglasverstärkten ungesättigten Polyesterharzes Wirrfaserlaminat mit 30% Glasmassenanteil

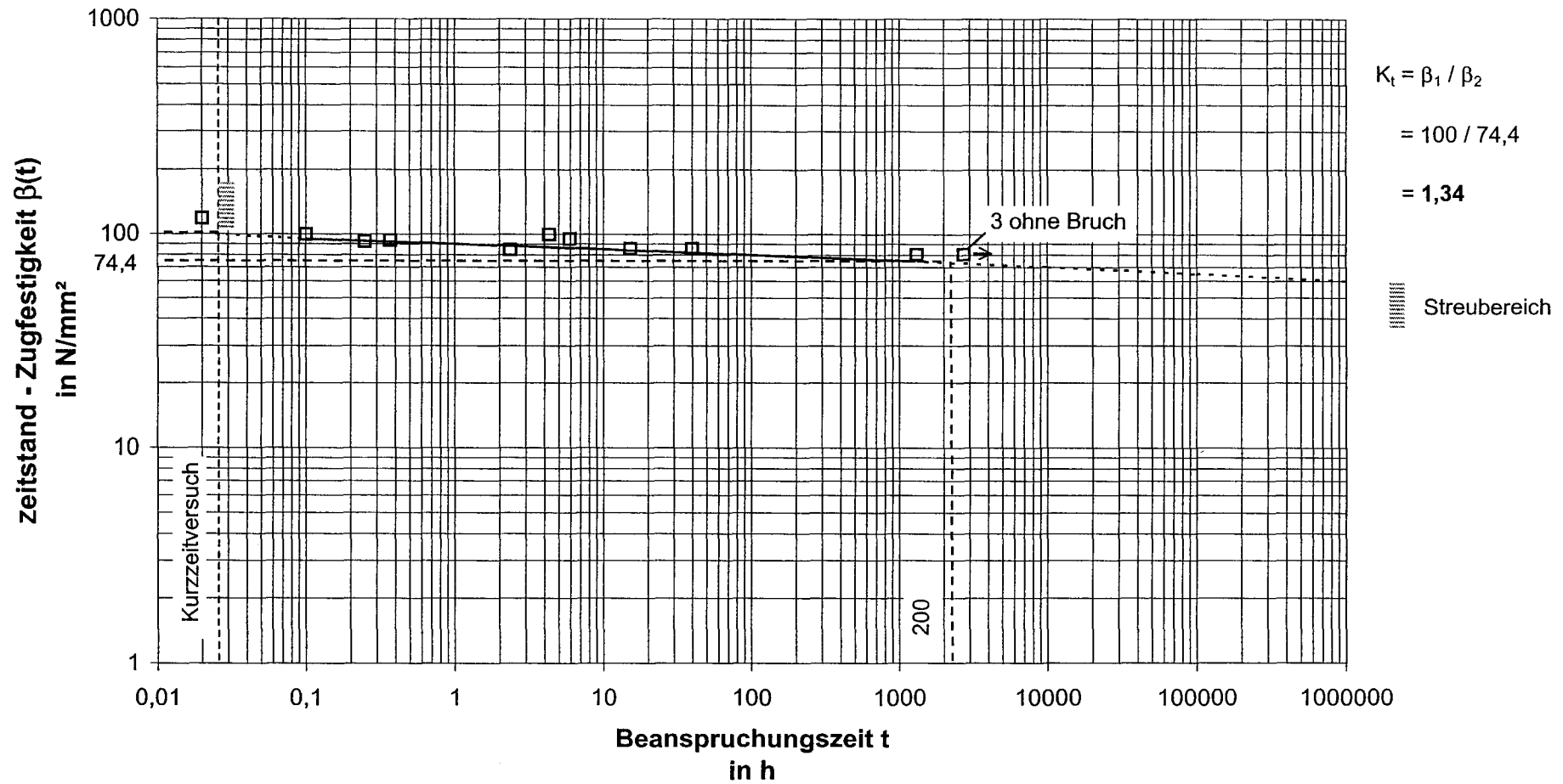
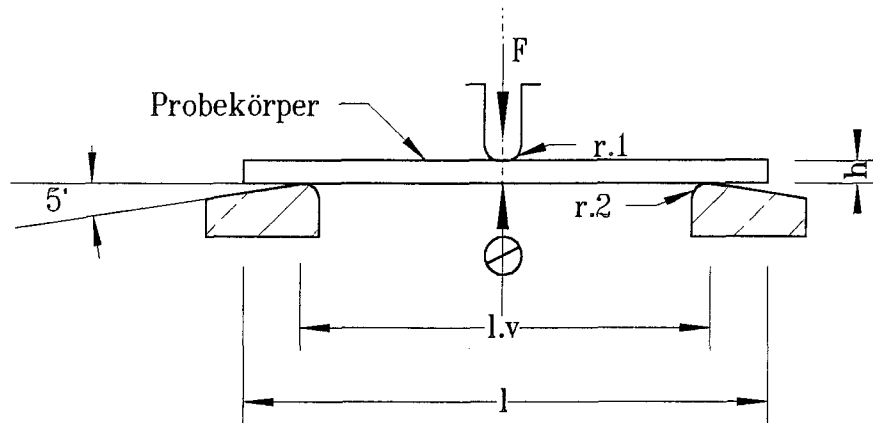
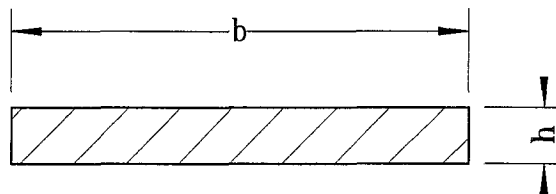


Bild 3.2 Zeitbruchlinie eines textilglasfaserverstärkten ungesättigten Polyesterharzes
Wirrfaserlaminat mit 30 % Glasmassenanteil



Probekörperquerschnitt :



Prüfbedingungen :

- Normalklima
- Probekörperdicke : $h = 3$ mm
- Probekörperbreite : $b = 50$ mm
- Probekörperlänge : $l = 70$ mm
- Auflagerabstand : $l.v = 60$ mm
- Radien : $r.1 = (5 \pm 0,1)$ mm
- : $r.2 = (5 \pm 0,2)$ mm
- Prüfkraft : $F = 45$ N

Bild 3.3 Zeitstandbiegeversuch (schematisch) in Anlehnung an EN 63 an einer Massivplatte aus PMMA (Beispiel)

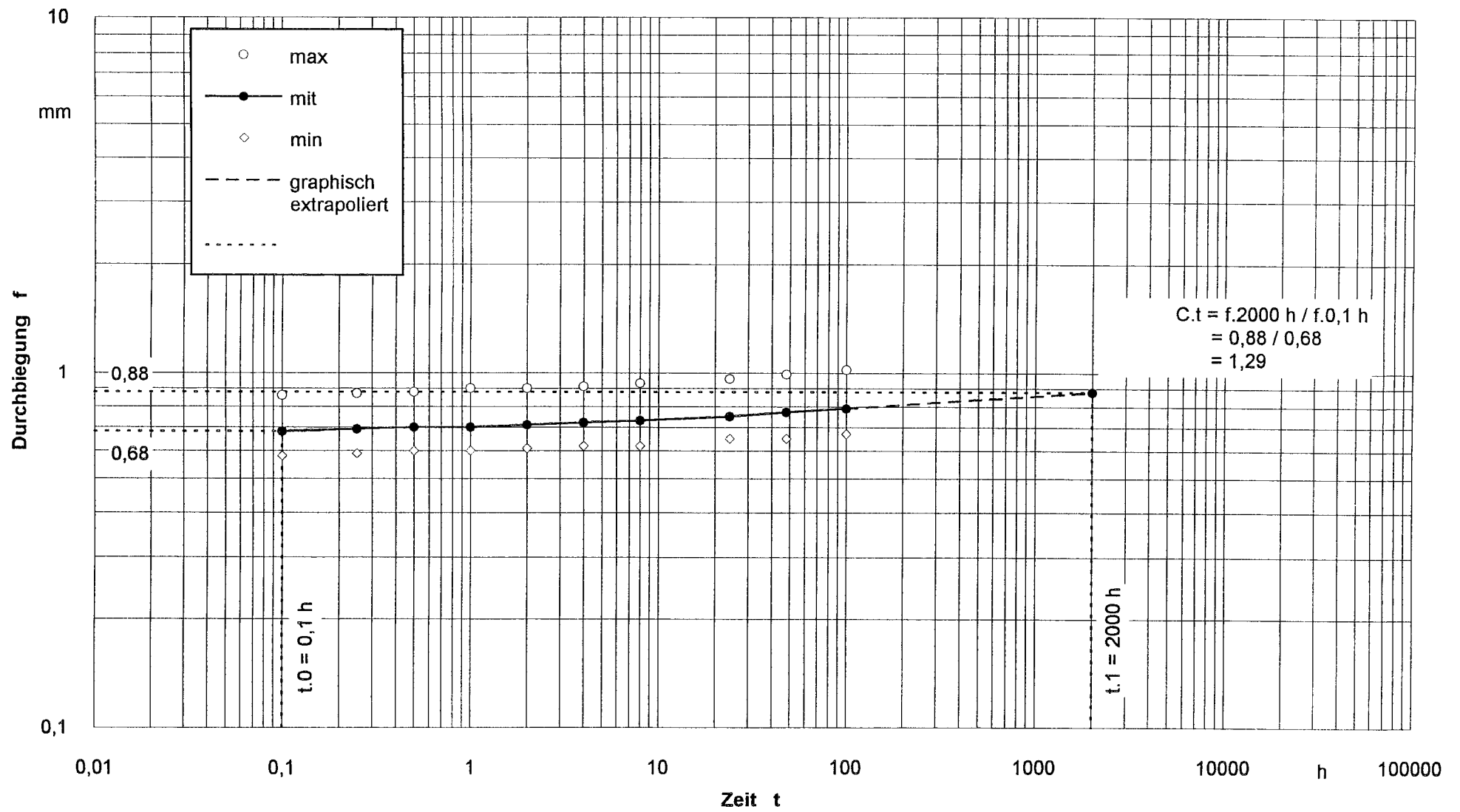
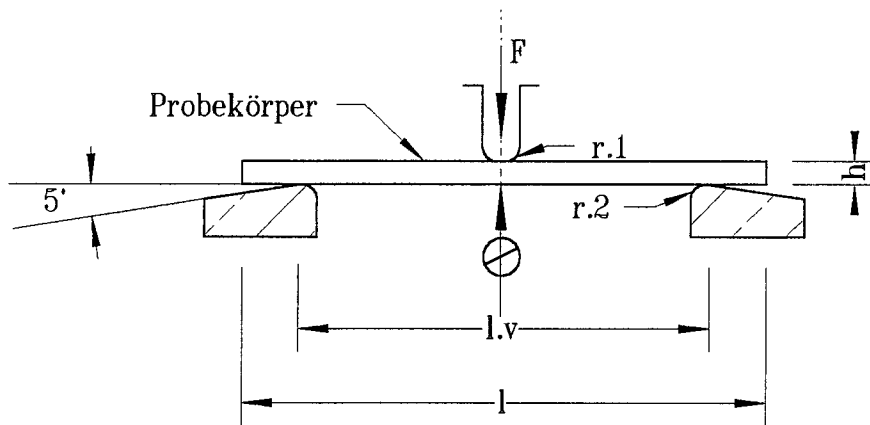
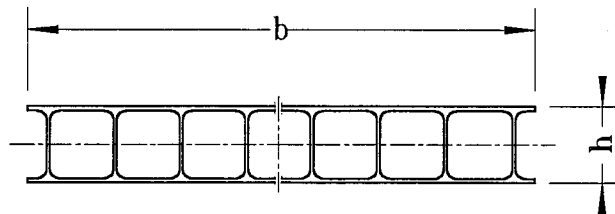


Bild 3.4 Durchbiegung f als Funktion der Belastungsdauer t einer Massivplatte aus PMMA (Beispiel)



Probekörperquerschnitt :



Prüfbedingungen :

- Normalklima
- Plattenaußenseite in Druckzone
- Probekörperdicke : $h = 10$ mm
- Probekörperbreite : $b = 80$ mm
- Probekörperlänge : $l = 500$ mm
- Auflagerabstand
 - Längsrichtung : $l.v = 200$ mm
 - Querrichtung : $l.v = 200$ und 400 mm
- Radien
 - : $r.1 = (5 \pm 0,1)$ mm
 - : $r.2 = (5 \pm 0,2)$ mm
- Prüfkraft
 - Längsrichtung : $F = 175$ N
 - Querrichtung : $F = 20$ N

Bild 3.5 Zeitstandbiegeversuch (schematisch) in Anlehnung an EN 63 an einer Stegplatte aus PC (Beispiel)

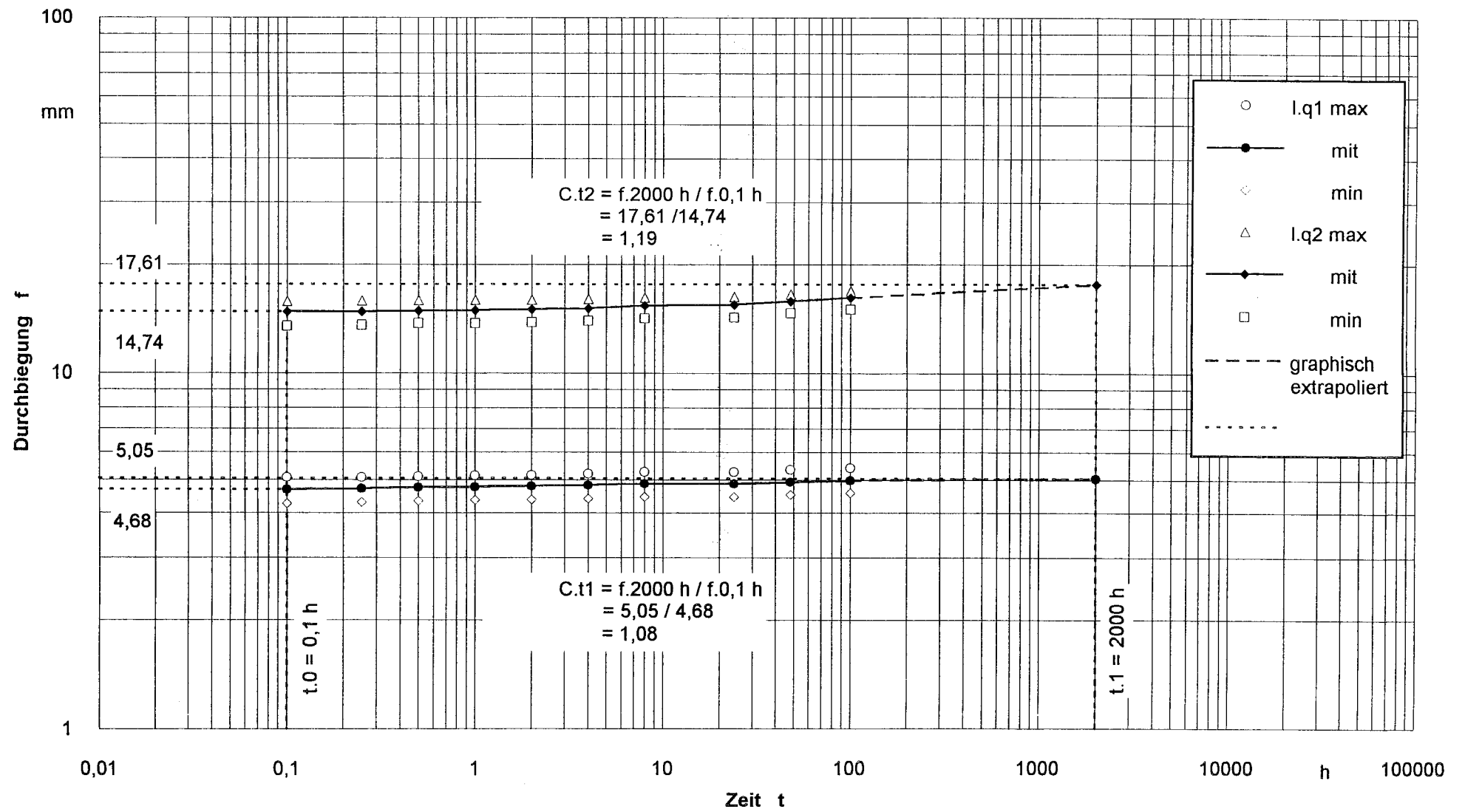


Bild 3.6 Durchbiegung f als Funktion der Belastungsdauer t einer Stegplatte aus PC (Beispiel)

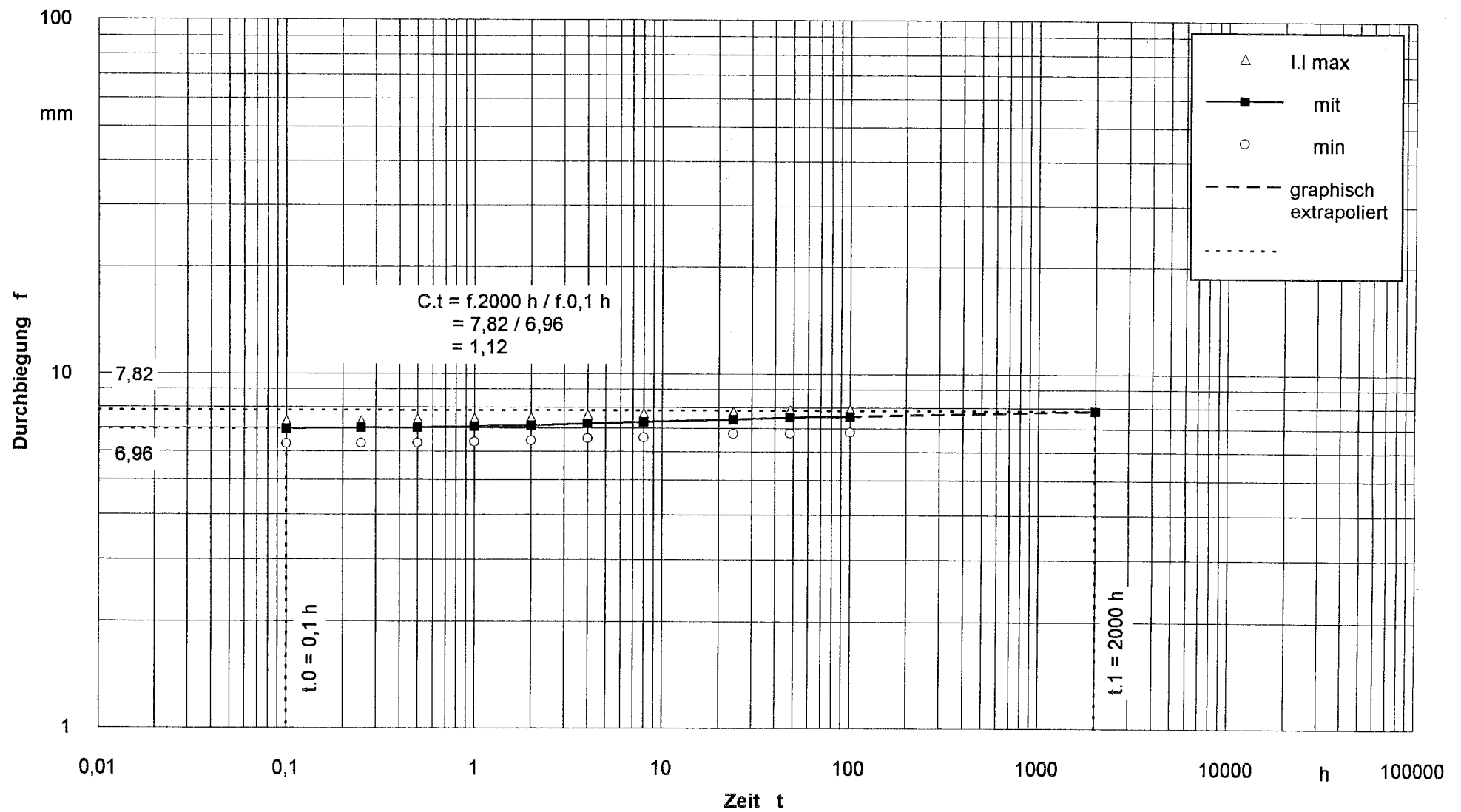


Bild 3.7 Durchbiegung f als Funktion der Belastungsdauer t einer Stegplatte aus PC (Beispiel)

a : Aluminiumhohlprofil
 b : Stahlrohr
 c : Abstandhalter
 d : Aluminiumplatte
 e : Holz-Klötze

Prüfbedingungen :

- Normalklima
- Prüfkörpertiefe : h = 42 mm
- Prüfkörperbreite : b.v = 333 mm
- Prüfkörperlänge : l = 1000 mm
- Auflagerabstand : l.v = 800 mm
- Prüfkraft : F = 250 N

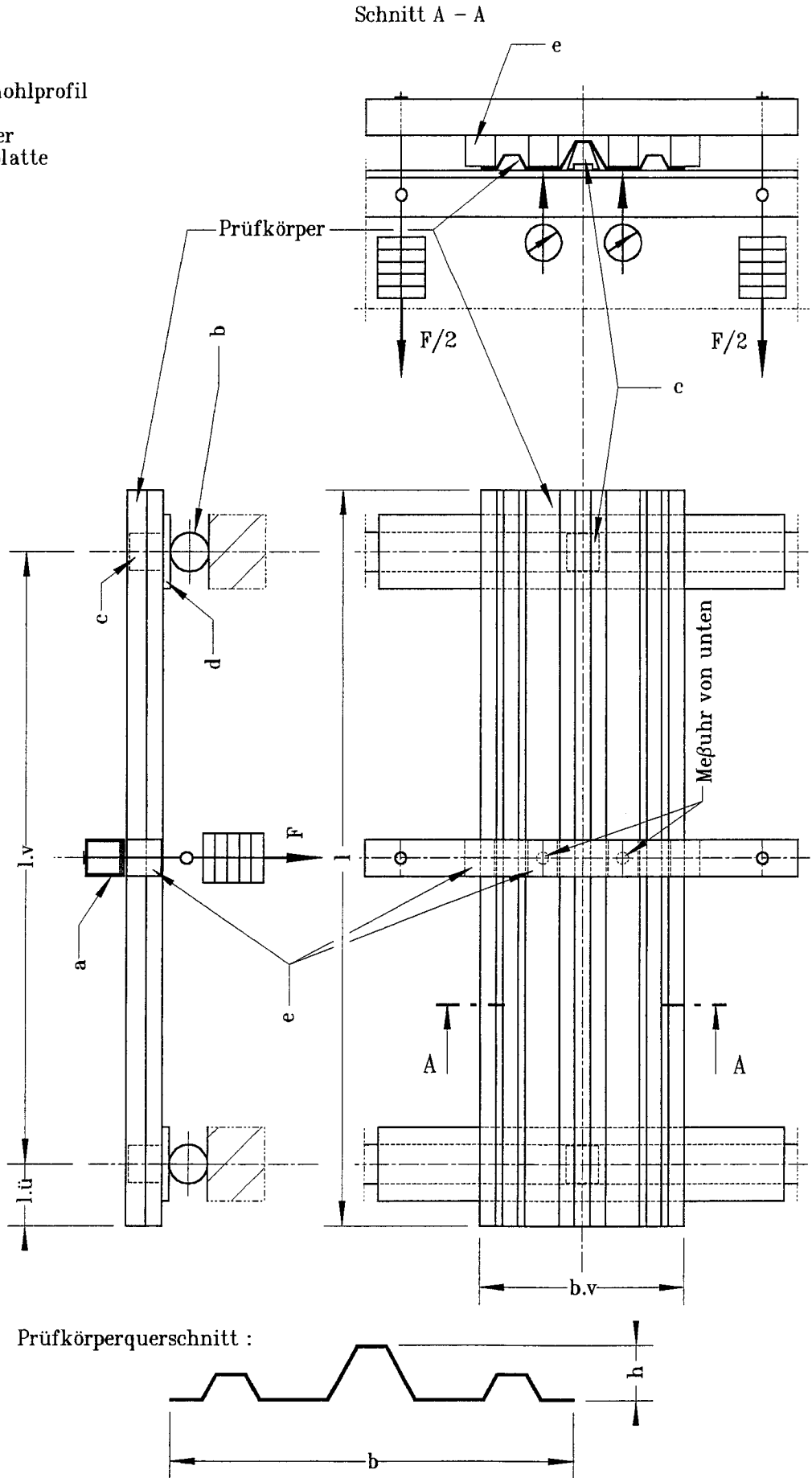


Bild 3.8

Versuchsaufbau (schematisch) zur Ermittlung des Vergrößerungsfaktors aufgrund der Lasteinwirkungsdauer einer trapezprofilierten Platte aus PVC in Anlehnung an EN 1993 - 1 - 2 (EUROCODE 3) (Beispiel)

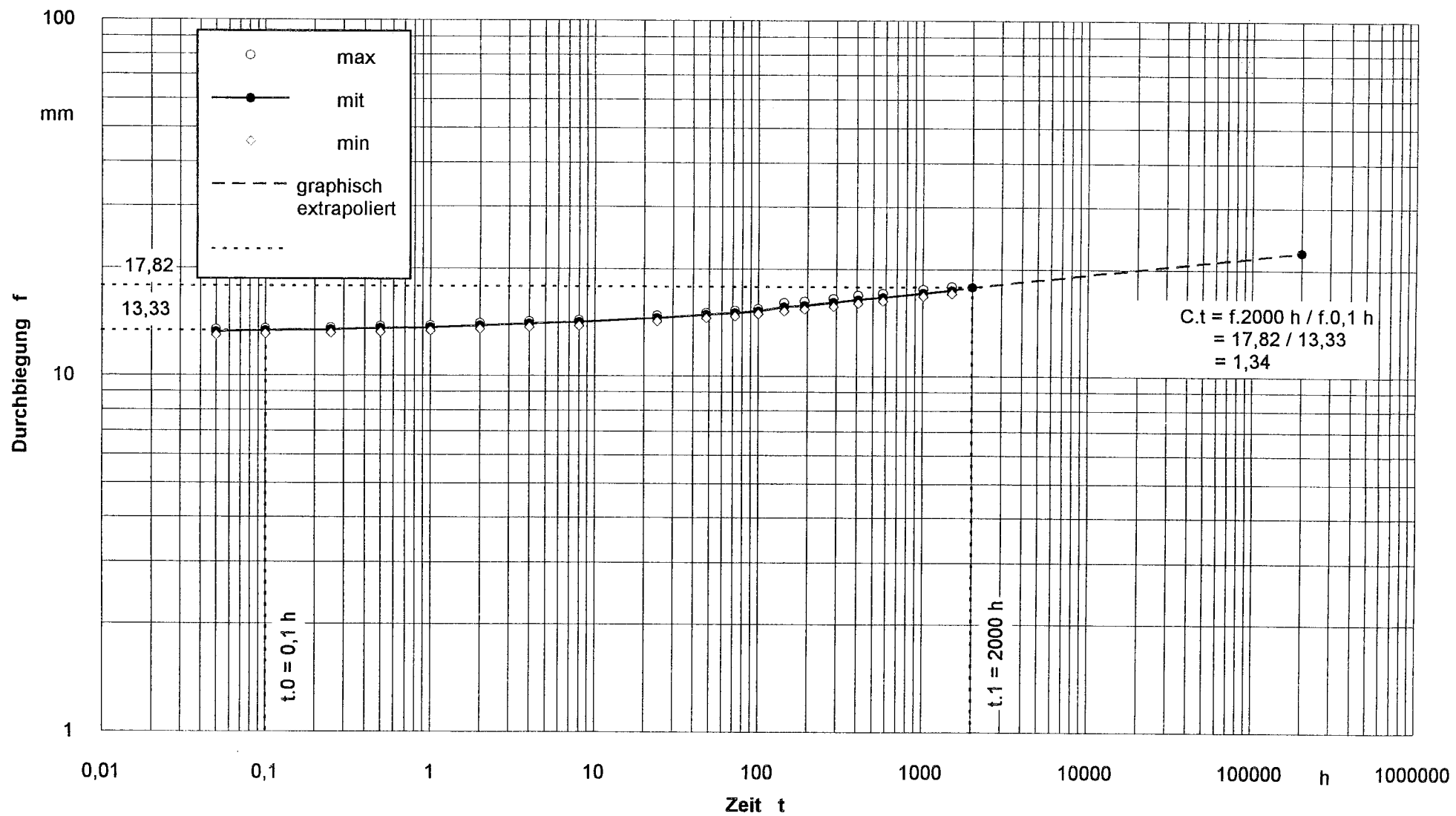
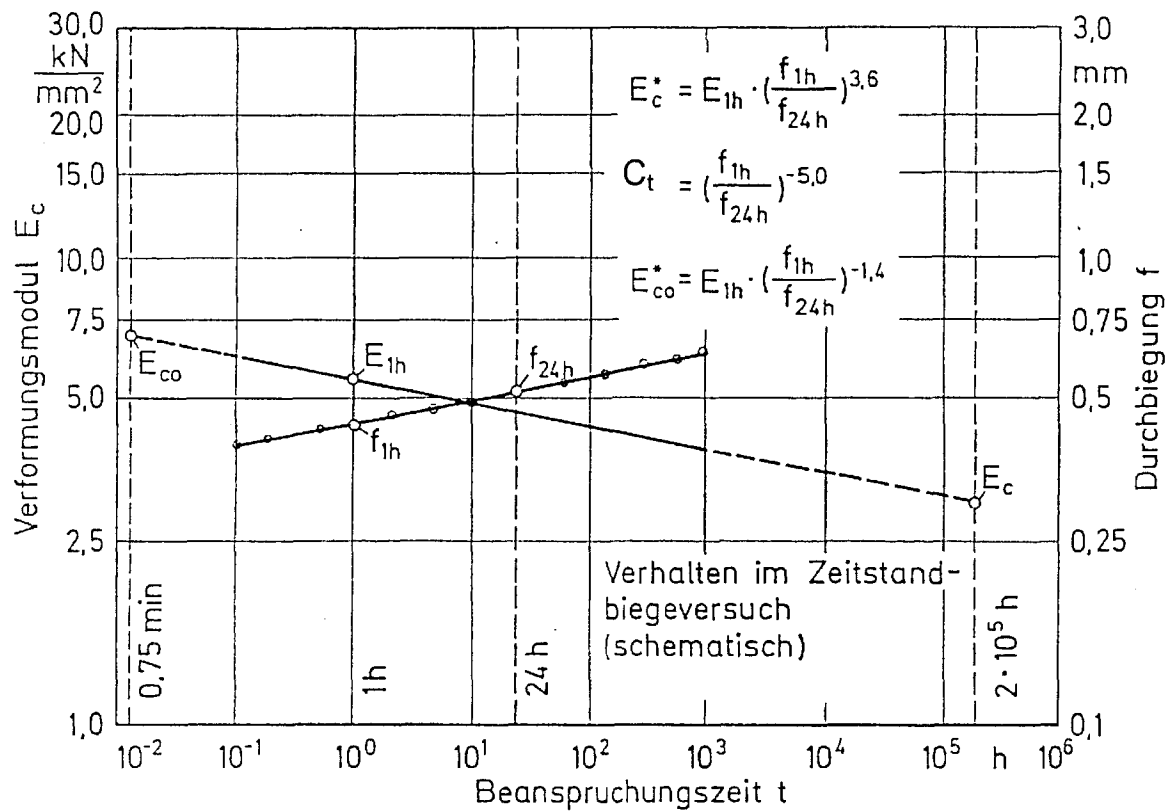
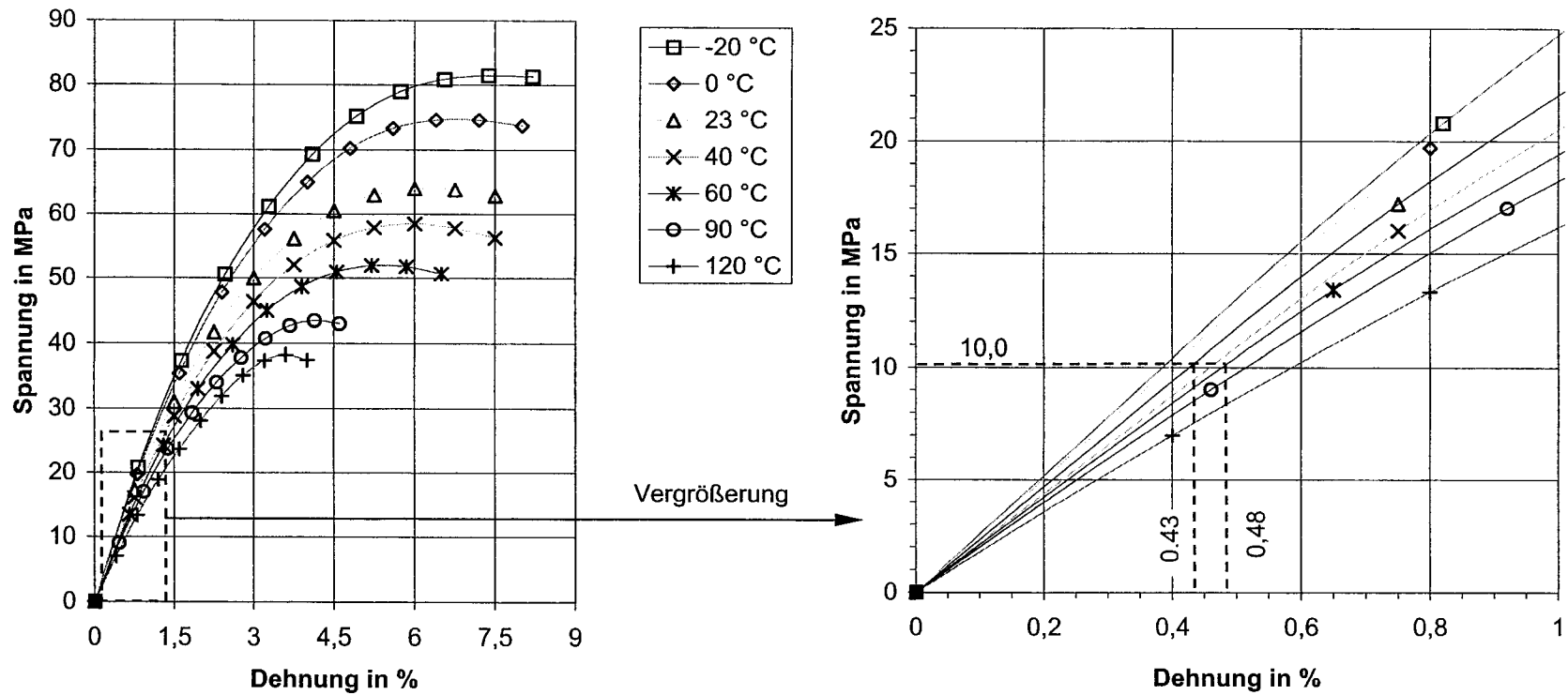


Bild 3.9 Durchbiegung f als Funktion der Belastungsdauer t einer trapezprofilierten Platte aus PVC (Beispiel)



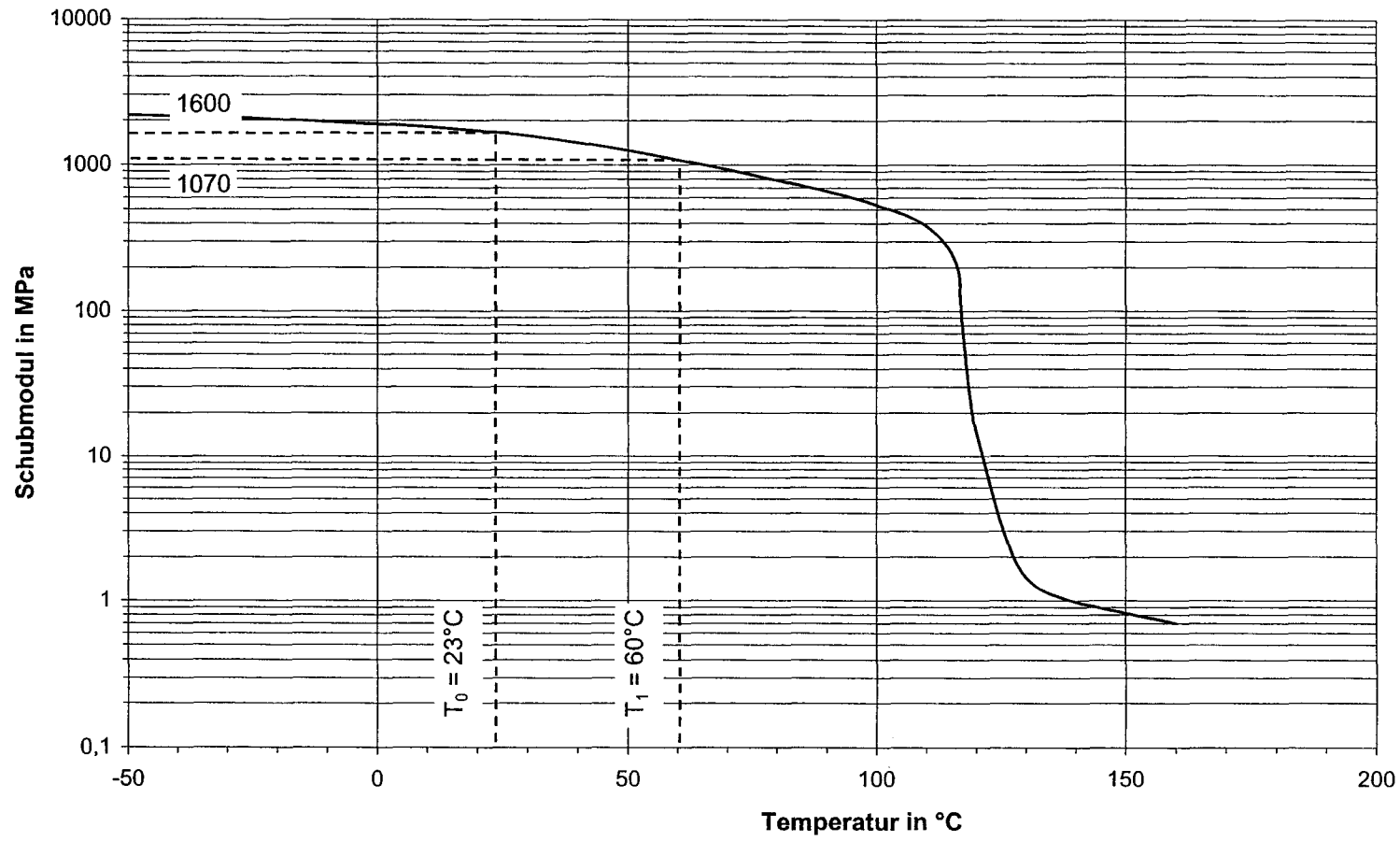
- E_{1h} : E-Modul, berechnet aus der Durchbiegung nach 1 h Belastungsdauer
- f_{1h} : Durchbiegung nach 1 h Belastungsdauer
- f_{24h} : Durchbiegung nach 24 h Belastungsdauer
- C_t : Vergrößerungsfaktor für die Bezugszeit von 2×10^5 h

Bild 3.10 Verformungsmodul eines Wirrfaserlaminates aus dem Dreipunkt-Biegeversuch in Abhängigkeit von der Beanspruchungszeit



$$C_2 = \gamma_{0,23^\circ\text{C}} / \gamma_{0,60^\circ\text{C}} = 0,48 / 0,43 = 1,11$$

Bild 3.11 Spannungs-Dehnungsverhalten bei unterschiedlichen Temperaturen am Beispiel Polycarbonat

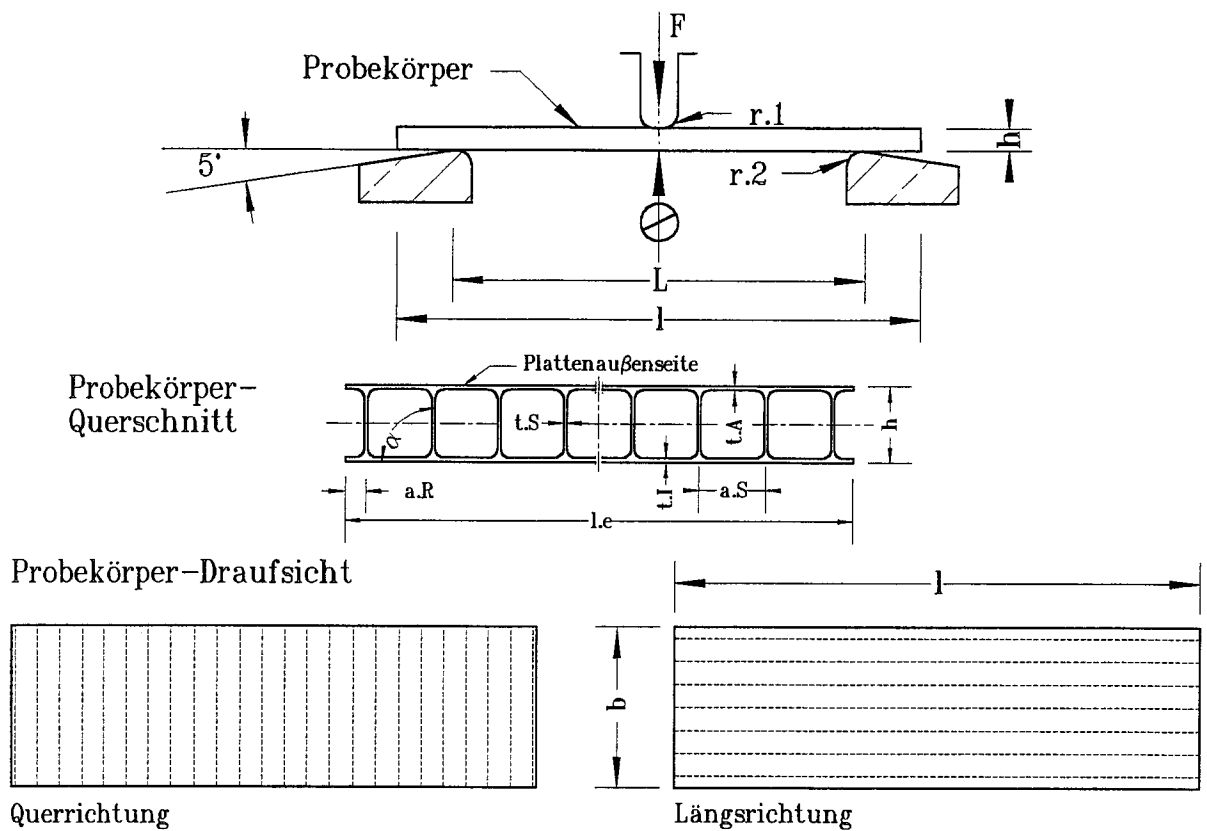


$$C_{\cdot\vartheta} = G_{T_0} / G_{T_1}$$

$$= 1600 / 1070$$

$$= 1,50$$

Bild 3.12 Schubmodul - Temperaturverhalten von PMMA (Beispiel)



Prüfbedingungen : - Normalklima EN ISO 291 - 23/50 - 2

- Plattenaußenseite in Druckzone

- Probekörperdicke : h = 10 mm

- Probekörperbreite : b = 80 mm

- Probekörperlänge : l = 500 mm

- Aullagerabstand

Längsrichtung : L = 200 mm

Querrichtung : L = 200 und 400 mm

- Radius : r.1 = (5 +/- 0,1) mm

: r.2 = (5 +/- 0,2) mm

- Prüfkraft

Längsrichtung : F = 175 N

Querrichtung : F = 20 N

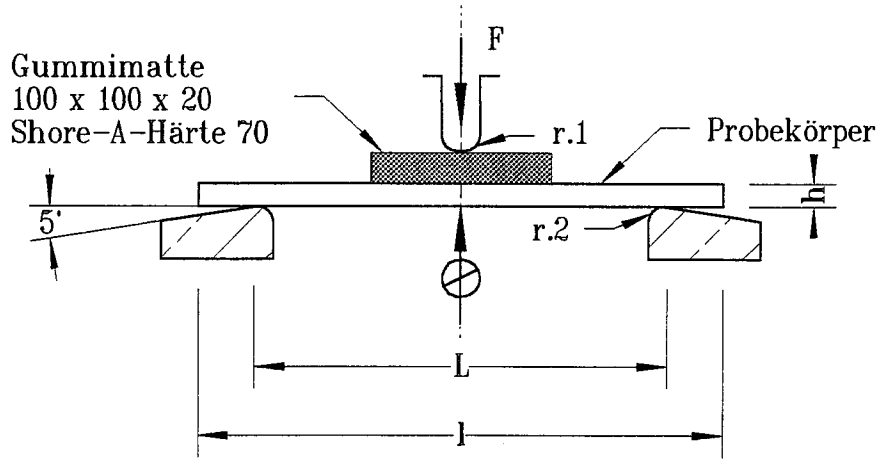
Prüfresultate : - Vergrößerungsfaktor C_t

- Biegesteifigkeit (beide Richtungen)

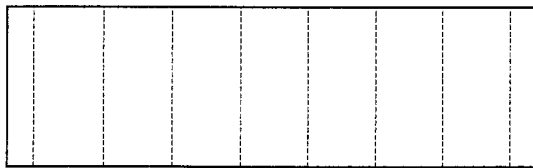
- Schubsteifigkeit (nur Querrichtung)

- Ermittlung des Höchstwertes der Durchbiegung nach 0,1 h Belastungsdauer als Anforderung des Überwachungsversuches

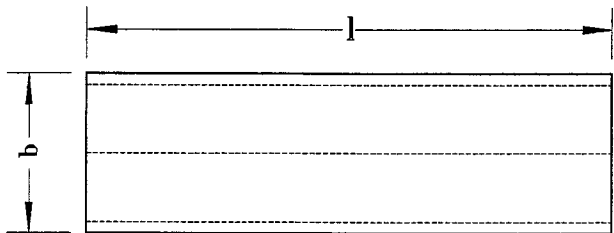
Bild 4.1 Zeitstandbiegeversuch (schematisch) in Anlehnung an EN ISO 899 - 2 an einer Stegplatte aus PC (Beispiel)



Probekörper–Draufsicht



Querrichtung



Längsrichtung

Prüfbedingungen :

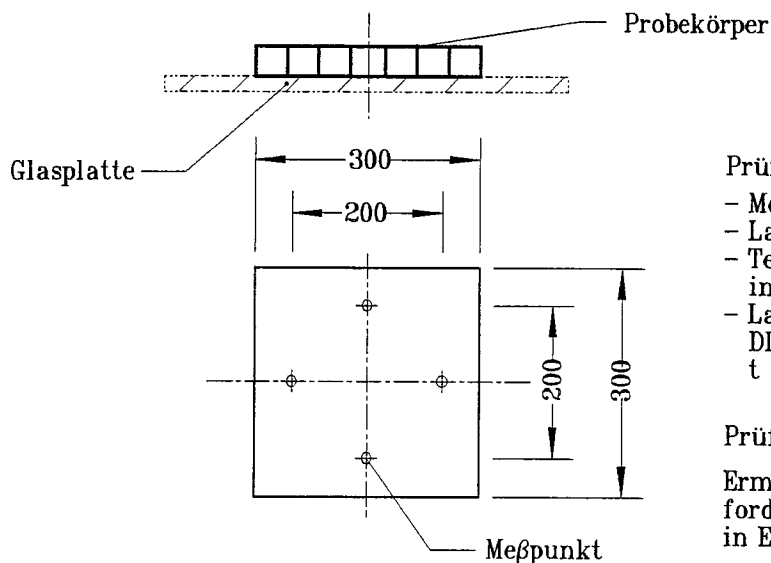
- Normalklima EN ISO 291 – 23/50 – 2
- Plattenaußenseite in Druckzone
- Probekörperdicke : $h = 16$ mm
- Probekörperbreite : $b = 100$ mm
- Probekörperlänge : $l = 500$ mm
- Auflagerabstand : $L = 320$ mm
- Radius : $r.1 = (5 \pm 0,1)$ mm
- : $r.2 = (5 \pm 0,2)$ mm
- Prüfgeschwindigkeit : $v =$ höchstens 1% Randfaserdehnung pro Minute

Prüfergebnisse :

- Ermittlung der Biegefestigkeit als Anforderung des Überwachungsversuches

Bild 4.2 Kurzzeitbiegeversuch (schematisch) in Anlehnung an EN ISO 178 an einer Stegplatte aus PMMA (Beispiel)

Maßänderung nach Warmlagerung
am Beispiel einer Stegplatte aus PC



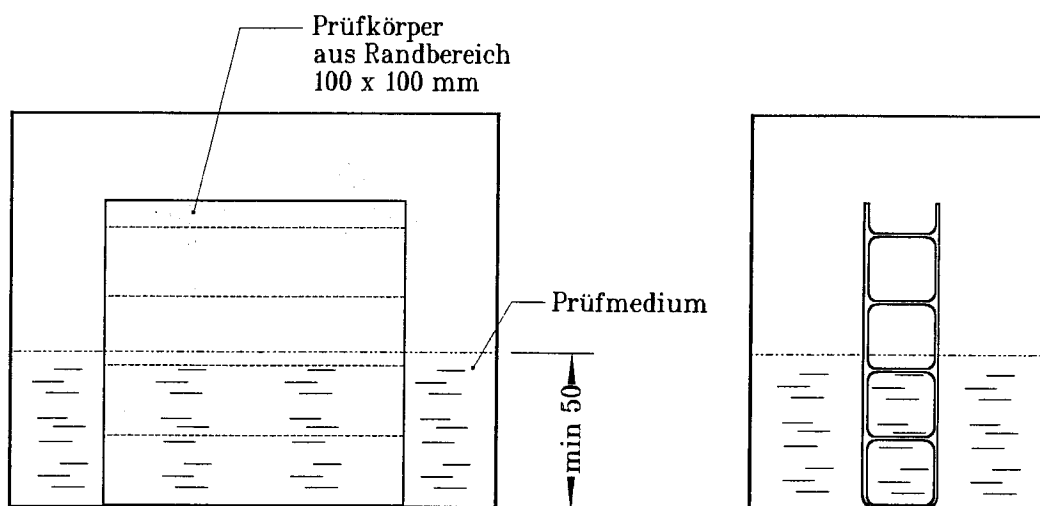
Prüfbedingungen :

- Meßmarkenabstand $l_0 = 200$
- Lagerungsdauer $t = 60$ min
- Temperatur $100^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
in Wärmeschrank nach DIN 50011-1
- Lagerung bei Normalklima
DIN EN ISO 291-23/50, Klasse 2
 $t = 10$ min

Prüfergebnis :

Ermittlung der Längenänderung als Anforderung des Überwachungsversuches in Extrusionsrichtung Δl in Prozent

Beurteilung der inneren Spannungen
am Beispiel einer Stegplatte aus PMMA



Prüfbedingungen :

- Normalklima
- Prüfmedium : Ethylacetat
- Prüfdauer : 10 min

Prüfung :

Vor dem Eintauchen in das Prüfmedium muß der Prüfkörper mit destilliertem Wasser gereinigt und anschließend im Wärmeschrank bei einer Temperatur von $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ für mindestens 24 Stunden gelagert werden.

Anforderung :

Nach Ablauf der Prüfdauer dürfen mit normaler Sehschärfe keine Crazes oder Risse an den Außengurten oder Stegen erkennbar sein.

Bild 4.3 Prüfanordnung (schematisch) zur Beurteilung der Maßänderung nach Warmlagerung in Anlehnung an EN 1013-4 und der inneren Spannungen in Anlehnung an ISO 12017

Fallversuch

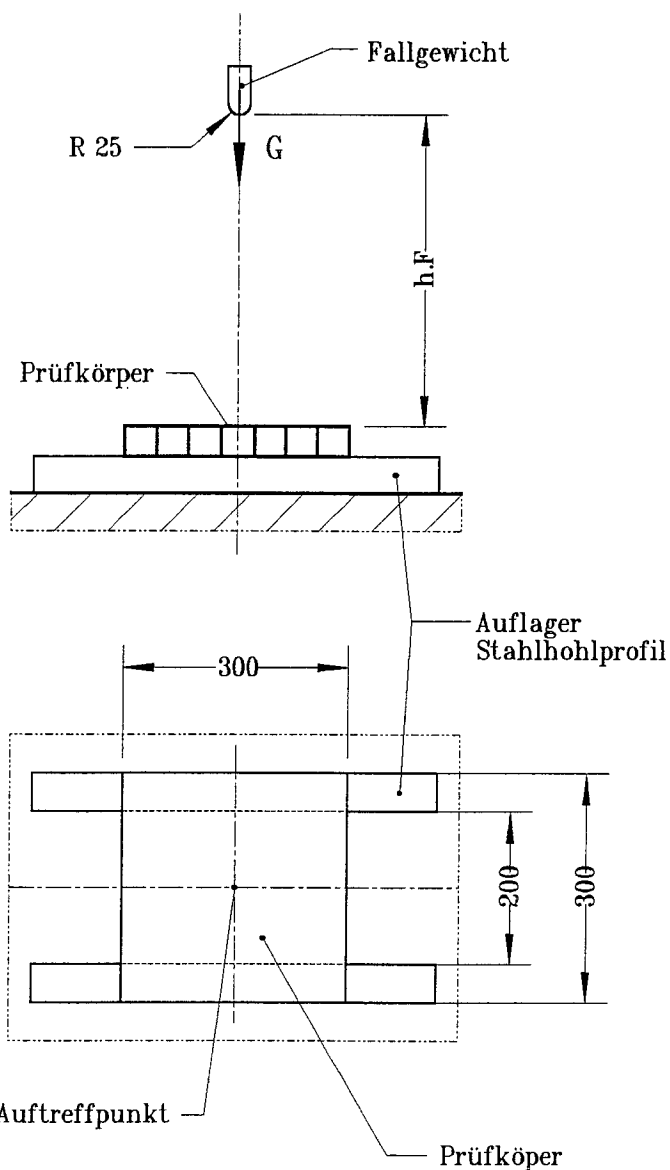
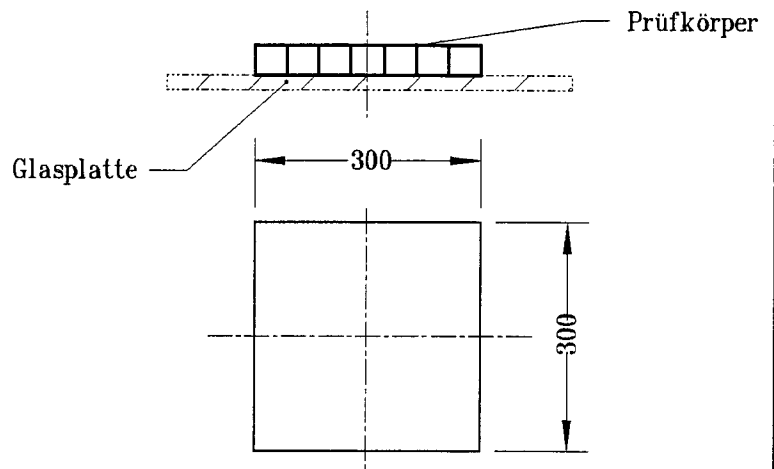
Prüfbedingungen :

- Temperatur des Prüfkörpers : $-20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$
- Fallgewicht : $G = 1000\text{ g}$
- Fallhöhe : $h.F = 250\text{ mm}$

Prüfergebnis :

Bestimmung einer Kombination von Fallgewicht / Fallhöhe bei der noch keine Risse auftreten.

Wärmebeständigkeit am Beispiel einer Stegplatte PVC



Prüfbedingungen :

- Temperatur $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, Dauer $t = 30\text{ min}$ in Wärmeschrank mit Luftzirkulation
- Temperaturerhöhung alle 5 min um 5 °C bis die Profilmitte die Glasplatte berührt

Prüfergebnis :

Ermittlung der Wärmebeständigkeit als Temperatur in °C

Bild 4.4 Prüfanordnung (schematisch) zur Beurteilung des Fallversuches und der Wärmebeständigkeit in Anlehnung an EN 1013-1 an einer Stegplatte aus PVC (Beispiel)

- Prüfbedingungen :
- Normalklima
 - Prüfkörperdicke : h = 42 mm
 - Prüfkörperbreite : b.v = 333 mm
 - Prüfkörperlänge : l = 1000 mm
 - Auflagerabstand : l.v = 800 mm
 - Prüfkraft : F = 250 N

Anforderung :

Höchstwert der Durchbiegung nach 0,1 h Belastungsdauer in mm:

$f(0,1) = 13,7 \text{ mm}$

- a : Aluminiumhohlprofil
- b : Stahlrohr
- c : Abstandhalter
- d : Aluminiumplatte
- e : Holz-Klötze

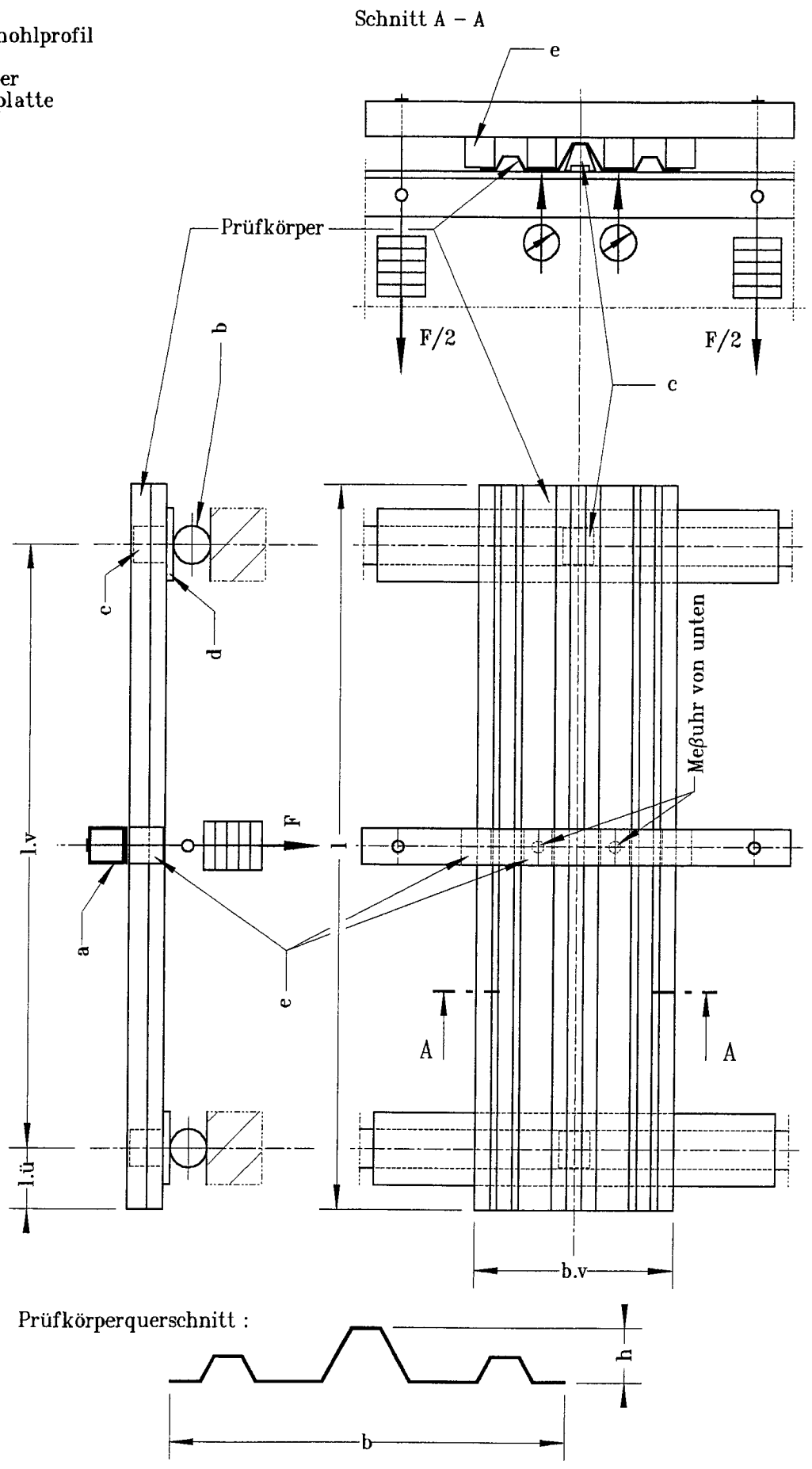


Bild 4.4.1 Versuchsaufbau (schematisch) zur Ermittlung des Vergrößerungsfaktors aufgrund der Lasteinwirkungsdauer in Anlehnung an EN 1993 - 1 - 2 (EUROCODE 3) an einer trapezprofilierten Platte aus PVC (Beispiel)

Fallversuch

Prüfbedingungen :

-Temperatur des Prüfkörpers : $-20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$

-Fallgewicht : $G = 2400\text{ g}$

-Fallhöhe : $h.F = 1000\text{ mm}$

Prüfergebnis :

Bestimmung einer Kombination von Fallgewicht / Fallhöhe bei der noch keine Risse auftreten.

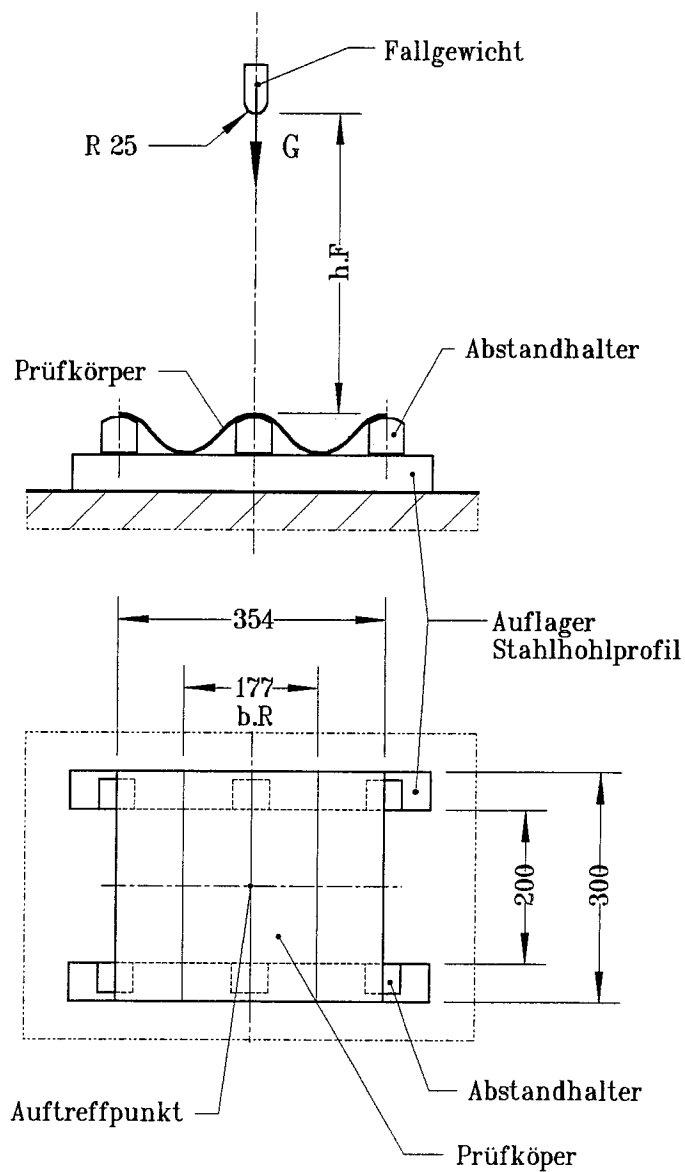
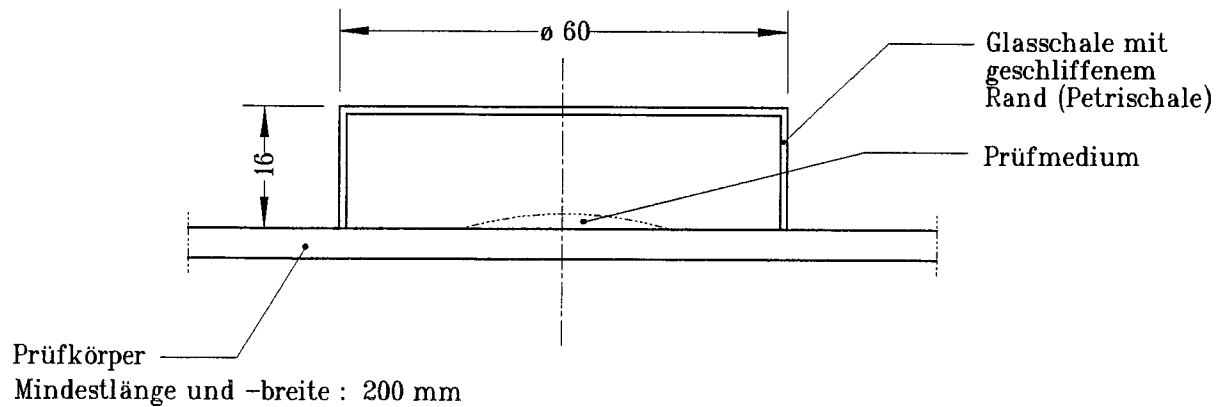


Bild 4.4.2 Prüfanordnung (schematisch) zur Beurteilung des Fallversuches in Anlehnung an EN 1013-1 und EN 1013-3 an einer sinusförmig profilierten Platte aus PVC (Beispiel)



Prüfbedingungen :

- Normalklima EN ISO 291-23/50, Klasse 2
- Prüfmedium : Ethylacetat (Essigsäureethylester)
- Prüfmenge : 0,2 ml
- Prüfdauer : 10 min

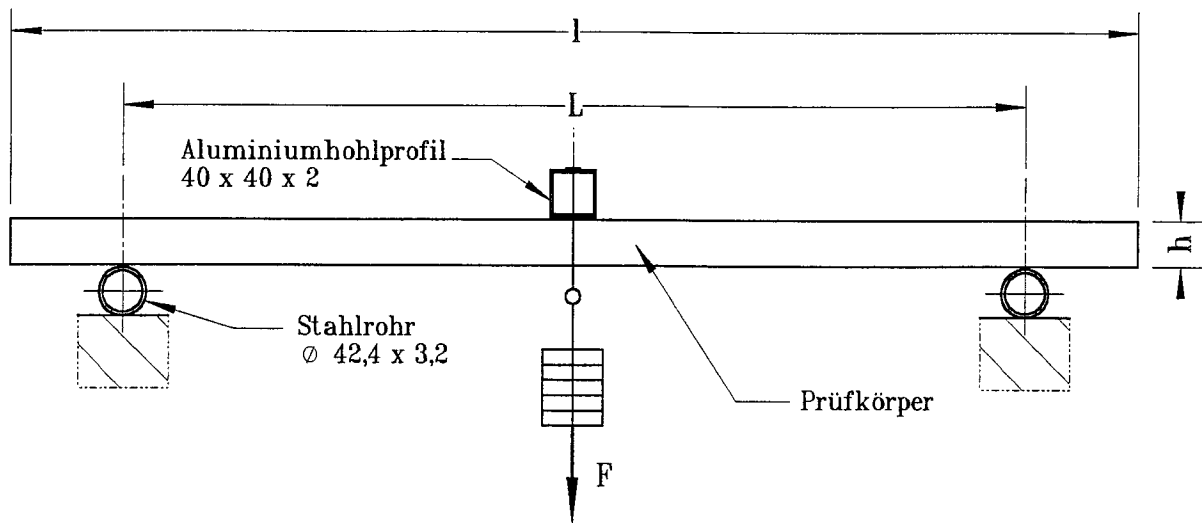
Prüfung :

Vor dem Aufbringen des Prüfmediums muß der Prüfkörper mit destilliertem Wasser gereinigt und anschließend im Wärmeschrank bei einer Temperatur von $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ für mindestens 24 Stunden gelagert werden.
Das Prüfmedium ist mit einer Pipette aufzubringen und mit einer Glasschale abzudecken.

Anforderung :

Nach Ablauf der Prüfdauer dürfen mit normaler Sehschärfe keine Crazes oder Risse erkennbar sein.

Bild 4.5 Prüfanordnung (schematisch) zur Beurteilung der inneren Spannungen in Anlehnung an ISO 12017 an einer Massivplatte aus PMMA (Beispiel)



Prüfbedingungen :

- Normalklima EN ISO 291 - 23/50, Klasse 2
- Außenseite in Zugzone
- Prüfkörperdicke : $h = 40$ mm
- Prüfkörperbreite : $b = 500$ mm
- Prüfkörperlänge : $l = 1000$ mm
- Auflagerabstand : $L = 800$ mm
- Prüfkraft : $F = 750$ N

Anforderung :

Höchstwert der Durchbiegung nach 0,1 h Belastungsdauer in mm:

$$f(0,1) = 11,8 \text{ mm}$$

Bild 4.6 Zeitstandbiegeversuch (schematisch) in Anlehnung an EN ISO 178 an einer Hohlkammerplatte aus PC (Beispiel)

Bauforschung für die Praxis

- Brandschutzkosten im Wohnungsbau**
Karl Deters
Band 59, 2001, 245 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4258-0
€ 50,- | sFr 86,-
- Gemeinschaftliches Wohnen im Alter**
R. Weeber, G. Wölfle, V. Rösner
Band 58, 2001, 175 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4257-2
€ 46,- | sFr 79,-
- Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen**
C.J. Diederichs, P. Getto, S. Streck
Band 57, 2002, 230 S., mit CD-ROM, Abb., Tab., kart., ISBN 3-8167-4256-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Vergabeverfahren und Baukosten**
Hannes Weeber, Simone Bosch
Band 56, 2001, 192 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4255-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau**
Ralf Spilker, Rainer Oswald
Band 55, 2000, 71 S., 5 Abb., zahlr. Tab., kart., ISBN 3-8167-4254-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Bewährung innen wärmedämmter Fachwerkbauten**
Problemstellung und daraus abgeleitete Konstruktionsempfehlungen
Reinhard Lamers, Daniel Rosenzweig, Ruth Abel
Band 54, 2000, 173 S., 123 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4253-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Überprüfbarkeit und Nachbesserbarkeit von Bauteilen - untersucht am Beispiel der genutzten Flachdächer**
Rainer Oswald, Ralf Spilker, Klaus Wilmes
Band 53, 1999, 133 S., 49 Abb., 4 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4252-1
€ 37,- | sFr 63,-
- Bauschadensfibel für den privaten Bauherrn und Hauskäufer**
Rainer Oswald, Ruth Abel, Volker Schnapauff
Band 52, 1999, 140 S., 19 Abb., 3 Tab., fester Einband, ISBN 3-8167-4251-3
€ 25,- | sFr 44,-
- Balkone, kostengünstig und funktionsgerecht**
Hannes Weeber, Margit Lindner
Band 51, 1999, 146 S., 102 Abb., 26 Tab., kart., ISBN 3-8167-4250-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Kostenfaktor Erschließungsanlagen**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 50, 1999, 226 S., 107 Abb., 15 Tab., kart., ISBN 3-8167-4249-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Eigenleistung beim Bauen**
Wie Eigentümer und Mieter sich am Bau ihrer Wohnung beteiligen können
R. Weeber, H. Weeber, S. Kleebaur, H. Gerth, W. Pohrt
Band 49, 1999, 154 S., 25 Abb., 12 Tab.,
ISBN 3-8167-4248-3
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 48, 1999, 174 S., 38 Abb., 36 Tab.,
ISBN 3-8167-4247-5
€ 37,- | sFr 64,-
- Das wärme- und feuchteschutztechnische Verhalten von stählernen Fassadendurchdringungen**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 47, 1998, 74 S., 38 Abb., 13 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4246-7
€ 15,- | sFr 26,-
- Kostengünstige bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnungsbestand**
R. Oswald, R. Lamers, V. Schnapauff, R. Spilker, K. Wilmes
Band 46, 1998, 100 S., 57 Abb., kart.
ISBN 3-8167-4245-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Sicherung des baulichen Holzschutzes**
Horst Schulze
Band 45, 1998, 168 S., 136 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4244-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern**
Wolfgang Richter, Dirk Reichel
Band 44, 1998, 88 S., 34 Abb., 15 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4243-2
€ 15,- | sFr 26,-
- Leitfaden Kostendämpfung im Geschoßwohnungsbau**
Karl Deters, Joachim Arlt
Band 43, 1998, 162 S., 135 Abb., 34 Tab., kart., ISBN 3-8167-4242-4
€ 22,- | sFr 39,50
- Langzeitbewährung und Entwicklungstendenzen von Kunststoff-Bauprodukten im Wohnungsbau**
Dieter Arlt, Rainer Weltring
Band 42, 1998, 137 S., 90 Abb., 7 Graph., kart., ISBN 3-8167-4241-6
€ 20,- | sFr 35,-
- Ausschreibungshilfen für recyclinggerechte Wohnbauten**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 41, 1998, 172 S., 28 Abb., kart.
ISBN 3-8167-4240-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Gebrauchsanweisung für Häuser**
Volker Schnapauff, Silke Richter-Engel
Band 40, 1997, 116 S., 4 Abb., 7 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4239-4
€ 19,- | sFr 34,-
- Ergänzender Neubau in bestehenden Wohnsiedlungen**
H. Weeber, R. Weeber, M. Lindner, u. a.
Band 39, 1997, 194 S., 230 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4238-6
€ 25,- | sFr 44,-
- Lüftung in industriell errichteten Wohnhäusern**
Wilfried Jank
Band 37, 1997, 66 S., 17 Abb., 12 Tab., 13 Tafeln, kart., ISBN 3-8167-4236-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Auswirkungen der neuen Wärmeschutzverordnung auf den Schallschutz von Gebäuden**
Siegfried Koch, Werner Scholl
Band 36, 1997, 72 S., 33 Abb., 2 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4235-1
€ 15,- | sFr 26,-
- Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an aufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten der ehemaligen DDR**
Mirko Neumann, Mathias Reuschel
Band 35, 1997, 320 S., 227 Abb., 105 Tab., kart., ISBN 3-8167-4234-3
€ 41,- | sFr 70,-
- Verhinderung von Emissionen aus Baustoffen durch Beschichtungen**
Lutz Franke, Martin Wesselmann
Band 34, 1997, 68 S., 11 Abb., 9 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4233-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) im Wohnungsbau**
Institut für Bauforschung e.V., Hannover
Band 32, 1997, 250 S., 128 Abb., 20 Tab., kart., ISBN 3-8167-4231-9
€ 30,- | sFr 51,50

BESTELLSCHEIN

Titel ankreuzen und im Umschlag oder
 per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
 senden an:
Fraunhofer IRB Verlag
 Fraunhofer-Informationszentrum
 Raum und Bau IRB
 Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
 Telefon (07 11) 970 - 25 00
 E-Mail: info@irb.fhg.de
 URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

 Straße/PF
 PLZ/Ort
 Datum
 Unterschrift

02/2002 [BfP-alle|Titel-Anzeige.qxd]

- Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor**
Teil 1, Konstruktionsempfehlungen und optimierte Anschlußsituationen (Details)
W.-H. Pohl, S. Horschler, R. Pohl
Teil 2, Quantitative Darstellung der Wirkung von Wärmebrücken
Gerd Hauser, Horst Stiegel
Band 31, 1997, 294 S., 169 Abb., kart., ISBN 3-8167-4230-0
€ 14,- | sFr 25,-
- Fenster - Sanierung und Modernisierung**
Hans-Rudolf Neumann
Band 30, 1997, 134 S., 90 Abb., 11 Tab., kart., ISBN 3-8167-4229-7
€ 20,- | sFr 35,-
- Schäden an nicht industriell hergestellten Wohnbauten der neuen Bundesländer**
R. Oswald, R. Spilker, V. Schnapauß, u. a.
Band 29, 1996, 116 S., 66 Abb., 30 Tab., kart., ISBN 3-8167-4228-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Parkierungsanlagen im verdichteten Wohnungsbau**
Hannes Weeber, Rotraut Weeber
Band 28, 1997, 156 S., 60 Abb., 28 Tab., kart., ISBN 3-8167-4227-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Möglichkeiten der Einsparung von Wohnkosten durch Mieterbeteiligung**
M. Eiff, K. Goldt, B. Harms, u. a.
Band 27, 1997, 157 S., 3 Abb., 8 Tab., kart., ISBN 3-8167-4226-2
€ 22,- | sFr 39,50
- Die Berechnung von Flachdecken über Zustands- und Einflußflächen**
Max Baerschneider
Band 26, 1996, 380 S., 196 Tab., kart., zweibändig, ISBN 3-8167-4225-4
€ 49,- | sFr 83,50
- Feuchttransportvorgänge in Stein und Mauerwerk - Messung und Berechnung**
M. Krus, H.-M. Künzel, K. Kießl
Band 25, 1996, 75 S., 31 Abb., 2 Tab., kart., ISBN 3-8167-4224-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Wohngebäudesanierung und Privatisierung**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 24, 1996, 107 S., 51 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4223-8
€ 20,- | sFr 35,-
- Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden**
Helmut Künzel
Band 23, 1996, 85 S., 32 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4222-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 22, 1996, 110 S., 26 Abb., 3 Tab., kart., ISBN 3-8167-4221-1
€ 17,- | sFr 30,50
- Standicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
E. Cziesielski, N. Fouad, F.-U. Vogdt
Band 21, 1996, 226 S., 71 Abb., kart., ISBN 3-8167-4220-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Sicherheit von Glasfassaden**
X. Shen, H. Techen, J. D. Wörner
Band 20, 1996, 38 S., 26 Abb., 4 Tab., kart., ISBN 3-8167-4219-X
€ 12,- | sFr 21,50
- Kostengünstige Umnutzung aufgegebener militärischer Einrichtungen für Wohnzwecke, Wohnergängungseinrichtungen und andere Nutzungen**
B. Jacobs, J. Kirchhoff, J. Mezler
Band 19, 1996, 204 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4218-1
€ 28,- | sFr 47,50
- Holztafelbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 18, 1996, 237 S., 116 Abb., 23 Tab., kart., ISBN 3-8167-4217-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Gefährdungspotentiale asbesthaltiger Massenbaustoffe in den neuen Bundesländern**
Klaus Bergner, unter Mitarbeit von Franka Stodollik und Hans-Otto Eckler
Band 17, 1996, 75 S., 26 Abb., 9 Tab., kart., ISBN 3-8167-4216-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Transparent gedämmte Altbauten**
G. H. Bondzio, K. Brandstetter, P. Sulzer, S. Al Bosta, u. a.
Band 15, 1996, 130 S., 44 Abb., 7 Tab., kart., ISBN 3-8167-4214-9
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosten und Techniken für das "Überwintern" erhaltenswerter Bausubstanz**
Michael Rees, Hannes Weeber
Band 14, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4213-0
€ 25,- | sFr 44,-
- Menschengerechte Raumklimatisierung durch Quelllüftung und Flächenkühlung**
Erhard Mayer (Hrsg.)
Band 13, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4212-2
€ 25,- | sFr 44,-
- Zusätzliche Wärmedämmsysteme bei Fertigteilbauten**
Typenserie P2
P. Bauer, B. Loeser, H. Schwarzgig, T. Spengler
Band 12, 1995, 118 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4211-4
€ 20,- | sFr 35,-
- Körperschalldämmung von Sanitärräumen**
Karl Gösele, Volker Engel
Band 11, 1995, 76 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4210-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen**
Gertraud Hofmeister
Band 9, 1995, 210 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4208-4
€ 25,- | sFr 44,-
- Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern**
Band 8, 1995, 418 S., 114 Abb., kart., ISBN 3-8167-4207-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Wohnhochhäuser heute**
H. Weeber, R. Weeber, M. Hasenmaier, u. a.
Band 7, 1995, 165 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4206-8
€ 25,- | sFr 44,-
- Abfallvermeidung in der Bauproduktion**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 6, 1994, 198 S., 75 Abb., 16 Tab., kart., ISBN 3-8167-4205-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Barrierefreie Erschließungssysteme von Wohngebäuden**
R. Weeber, M. Rees, H. Weeber
Band 5, 1994, 64 S., 52 Abb., 6 Tab., kart., ISBN 3-8167-4204-1
€ 12,- | sFr 21,50
- Die Ausführung des Umkehrdaches bei erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 4, 1994, 80 S., zahlreiche Abb. und Tab., kart., ISBN 3-8167-4203-3
€ 20,- | sFr 35,-
- Niveaugleiche Türschwellen bei Feuchträumen und Dachterrassen**
R. Oswald, A. Klein, K. Wilmes
Band 3, 1994, 56 S., 48 Abb., kart., ISBN 3-8167-4202-5
€ 12,- | sFr 21,50
- Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
R. Oswald, V. Schnapauß, R. Lamers, u. a.
Band 2, 1995, 333 S., 515 Abb., kart., ISBN 3-8167-4201-7
€ 40,- | sFr 69,50
- Heizung und Lüftung im Niedrigenergiehaus**
Gerhard Hausladen, Peter Springl
Band 1, 1994, 214 S., 74 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4200-9
€ 25,- | sFr 44,-
- Informieren Sie mich bitte laufend über neue **Fachbücher**

BESTELLSCHEIN

■ **Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 2508 oder -2507 senden an:**

■ **Fraunhofer IRB Verlag**

■ Fraunhofer-Informationszentrum
■ Raum und Bau IRB

■ Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart

■ Telefon (07 11) 970 - 25 00

■ E-Mail: info@irb.fhg.de

■ URL: <http://www.IRBbuch.de>

■ Absender

■

■

■ Straße/PF

■ PLZ/Ort

■ Datum

■ Unterschrift

Schadenfreies Bauen

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann

- Schadenfreies Bauen**
Gesamtausgabe Bände 1 – 26
 2002, alle Bände mit festem Einband
 ISBN 3-8167-5796-0
 € 1037,- | sFr 1744,-
 Bei Abnahme der Gesamtausgabe
 sparen Sie € 115,-
- Schäden an polymeren Beschichtungen**
 Robert Engelfried
 Band 26: 2001, 146 S., 94 Abb., 14 Tab.,
 ISBN 3-8167-5795-2
 € 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten**
 Günter Zimmermann
 Band 25: 2001, 200 S., 175 Abb., 16 Tab.,
 ISBN 3-8167-5791-X
 € 48,- | sFr 82,50
- Schäden an Installationsanlagen**
 Heizungs- und Raumluftechnische Anlagen,
 Trinkwasser-, Abwasser- und Gasinstallations-
 anlagen
 Heinz Wirth, Stefan Wirth
 Band 24: 2001, 270 S., 114 Abb., 33 Tab.,
 ISBN 3-8167-5790-1
 € 57,- | sFr 96,-
- Schäden an Türen und Toren**
 Ralf Schumacher
 Band 23: 2001, 372 S., 291 Abb., 32 Tab.,
 ISBN 3-8167-4169-X
 € 71,- | sFr 118,-
- Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen**
 Hans-Joachim Scheewe
 Band 22: 2001, 232 S., 80 überw. farb. Abb.,
 50 Tab.,
 ISBN 3-8167-4168-1
 € 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Glasfassaden und -dächern**
 Peter Küffner, Oliver Lummertzheim
 Band 21: 2000, 132 S., 106 z.T. farb. Abb.,
 6 Tab.,
 ISBN 3-8167-4165-7
 € 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**
 Erich Cziesielski, Frank Ulrich Vogdt
 Band 20: 2000, 202 S., 75 Konstruktionsskiz-
 zen, 28 Tab. u. Diagramme, 98 Fotos,
 ISBN 3-8167-4164-9
 € 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten**
 Ralf Ruhnau, Nabil Fouad
 Band 19: 1998, 104 S., 61 Abb.; 7 Tab.,
 ISBN 3-8167-4160-6
 € 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Deckenbekleidungen und abgehängten Decken**
 Hubert Satzger
 Band 18: 1998, 78 S., 59 Abb., 5 Tab.,
 ISBN 3-8167-4159-2
 € 23,- | sFr 40,50
- Schäden an Dränanlagen**
 Wilfried Muth
 Band 17: 1997, 114 S., 128 Abb., 10 Tab.,
 ISBN 3-8167-4154-1
 € 35,- | sFr 60,50
- Tauwasserschäden**
 Richard Jenisch
 Band 16: 2. überarb. Aufl., 2001, 129 S.,
 66 Abb., 6 Tab., ISBN 3-8167-5792-8
 € 37,- | sFr 62,50
- Schäden an Estrichen**
 Klaus G. Aurnhammer
 Band 15: 2., erg. Aufl., 1999, 216 S., 44 Abb.;
 17 Tab.,
 ISBN 3-8167-4162-2
 € 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton**
 Bernhard Brand, Gerhard Glatz
 Band 14: 1996, 217 S., 129 Abb., 24 Tab.,
 ISBN 3-8167-4153-3
 € 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk**
 Helmut Klaas, Erich Schulz
 Band 13: 1995, 224 S., 162 Abb., 13 Tab.,
 ISBN 3-8167-4152-5
 € 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Metallfassaden und -dachdeckungen**
 Franz Lubinski, Fritz Röbber, Uwe Nagel, u. a.
 Band 12: 2. erw. Aufl., 2001, 415 S., 303
 Abb., 22 Tab.,
 ISBN 3-8167-4166-5
 € 76,- | sFr 127,-
- Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein**
 Martin Sauder, Renate Schloenbach
 Band 11: 1995, 274 S., 95 Abb., 31 Tab.,
 ISBN 3-8167-4150-9
 € 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden mit Asbestzement-, Faserzement- und Schieferplatten**
 Klaus W. Liersch
 Band 10: 1995, 146 S., 86 Abb., 20 Tab.,
 ISBN 3-8167-4149-5
 € 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Fassadenputzen**
 Helmut Künzel
 Band 9: 2. erw. Aufl., 2000, 142 S., mit zahlr.
 Abb. und Tab.,
 ISBN 3-8167-4167-3
 € 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Abdichtungen in Innenräumen**
 Erich Cziesielski, Michael Bonk
 Band 8: 1994, 112 S., 55 Abb., 4 Tab.,
 ISBN 3-8167-4147-9
 € 33,- | sFr 57,-
- Rissschäden an Mauerwerk**
 Ursachen erkennen - Rißschäden vermeiden.
 Werner Pfefferkorn
 Band 7: 3. überarb. Aufl., 2002, 292 S.,
 290 Abb., 18 Tab.,
 ISBN 3-8167-5793-6
 € 53,- | sFr 89,-
- Schäden an Fenstern**
 Wolfgang Klein
 Band 6: 1994, 154 S., 92 Abb., 2 Tab.,
 ISBN 3-8167-4145-2
 € 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Wänden und Decken in Holzbauart**
 Horst Schulze
 Band 5: 1993, 158 S., 140 Abb.,
 ISBN 3-8167-4144-4
 € 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Industrieböden**
 Erich Cziesielski, Thomas Schrepfer
 Band 4: 2., erw. Aufl., 1999, 169 S., 69 Abb.,
 33 Tab.,
 ISBN 3-8167-4163-0
 € 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Sichtbetonflächen**
 Heinz Klopfer
 Band 3: 1993, 123 S., 77 Abb., 9 Tab.,
 ISBN 3-8167-4142-8
 € 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Flachdächern und Wannenaus wasserundurchlässigem Beton**
 Gottfried C.O. Lohmeyer
 Band 2: 3. neu bearb. Aufl., 2001, 272 S.,
 171 Abb., 28 Tab.,
 ISBN 3-8167-5794-4
 € 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau**
 Ralf Ruhnau
 Band 1: 1992, 132 S., 87 Abb.,
 ISBN 3-8167-4140-1
 € 35,- | sFr 60,50

BESTELLSCHEIN

■ Titel ankreuzen und im Umschlag oder
 ■ per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
 ■ senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

■ Fraunhofer-Informationszentrum
 ■ Raum und Bau IRB

■ Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart

■ Telefon (07 11) 970 - 25 00

■ E-Mail: info@irb.fhg.de

■ URL: <http://www.IRBbuch.de>

■ Absender

■

■

■ Straße/PF

■ PLZ/Ort

■ Datum

■ Unterschrift

Die »Bauschäden-Sammlung« in 13 Bänden

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann



In der Fachwelt hat diese Zusammenstellung von typischen Bauschadensfällen als wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Bau- und Planungsleistungen großes Ansehen erlangt.

Die 13 Bände mit dem Untertitel »Sachverhalt - Ursachen - Sanierung« enthalten Schadensberichte aus allen baukonstruktiven Bereichen und sind durch Themen- und Sachregister erschlossen.

Der Nutzer kann so auf Anhieb feststellen,

- ob ein gleicher oder ähnlicher Schaden bereits dokumentiert ist,
- welche Schäden für ein bestimmtes Bauteil typisch sind,
- wie diese Schäden vermieden werden können oder welche Maßnahmen zu ihrer Behebung in Frage kommen.

Seit 3 Jahrzehnten ist die »Bauschäden-Sammlung« eine ständige Rubrik des »Deutschen Architektenblattes«.

Bauschäden-Sammlung, Band 13 Sachverhalt - Ursachen - Sanierung

2001, 184 Seiten,
zahlreiche, überwiegend farbige
Abbildungen, fester Einband,
ISBN 3-8167-4185-1
€ 27,- | sFr 44,-

Der Herausgeber

Professor Günter Zimmermann, ein bekannter Bausachverständiger mit langjähriger Erfahrung, betreut seit 3 Jahrzehnten die »Bauschäden-Sammlung« im »Deutschen Architektenblatt« und ist auch für die Herausgabe der Buchausgabe verantwortlich.

BESTELLSCHEIN

- Band 1: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 2: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 3: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 4: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 5: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 6: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 7: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 8: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 9: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 10: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 11: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 12: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 13: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-

Sie sparen € 36,- bei Abnahme der

- Bände 1-13 komplett:
€ 315,- | sFr 476,-

Alle Bände im Format A 5 quer, mit zahlreichen, zum Teil farbigen Abbildungen, festem Einband und Fadenheftung

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07 senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
E-Mail: info@irb.fhg.de
URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

.....

.....

.....

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

Abb. 3: Starke Ausblühungen unterhalb von durchfeuchteten Fassadenbereichen.

Abb. 4: Durchfeuchtung mit Ausblühung unter einer Fensterbank.

Abb. 5: Fehlstellen und undichte Fugen in den Fensterbänken.



Abb. 4

Abb. 5

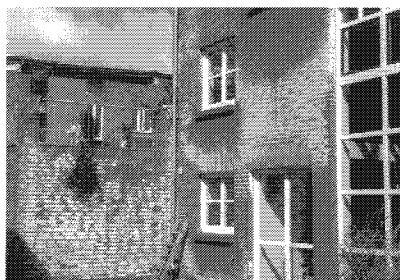


Abb. 3

