

EINGEGANGEN  
20. Feb. 1997



**Prüfbericht Nr. 974143 - Mk/Li**  
1. Ausfertigung

Antragsteller ISOVOLTA  
Österreichische Isolierstoffwerke AG  
Industriezentrum NÖ-Süd  
  
A-2355 Wiener Neudorf  
Österreich

Antrag vom: 03.02.1997 - Herr Simon

Inhalt des Antrags: Prüfung von MAX-EXTERIOR-Bekleidungsplatten auf  
verschiedenen Unterkonstruktionen als Balkonsysteme  
nach der ETB-Richtlinie „Bauteile, die gegen Absturz  
sichern“, Fassung Juli 1985.

Der Prüfbericht umfaßt 32 Seiten.

Das Versuchsmaterial ist verbraucht.



**1. Einlieferung**

Am 24.06.1997 durch den Antragsteller 53 komplette Balkonmuster wie folgt:

- 1.1 4 Stück Balkonbrüstungselemente, 1250 mm breit, mit einer Handlaufhöhe von 1100 mm, im Radius von 3 m gebogen, mit je einer MAX-Schichtstoffplatte 1250 mm x 1000 mm x 6 mm oben und unten von zwei gebogenen U-Profilen aus Stahl (30 mm x 10 mm x 2 mm) eingefasst und seitlich an zwei Stahlrohren 20 mm x 10 mm x 2 mm mittels Alu-Niro Blindniet 5/16, Abstand = 305 mm, befestigt. Die beiden Stahlpfosten, 50 mm x 50 mm x 3 mm, waren im Abstand von einem Meter oben und unten mit den U-Profilen, ebenfalls im Abstand von einem Meter verschweißt.

Zusätzlich waren zwei waagrecht verlaufende Rundstähle  $\varnothing$  10 mm an die Pfosten links und rechts angeschweißt. Diese Aussteifungen befanden sich oben und unten jeweils 100 mm vom Plattenrand entfernt. Bild 1 zeigt den Aufbau eines Balkonmusters; dargestellt ist auch der vorgesehene Einbau in die Prüfmaschine und die Belastungsvorrichtung (s. auch Abschnitt 4).

- 1.2 4 Stück Balkonbrüstungselemente wie unter 1.1 beschrieben, jedoch im Radius von 2,5 m gebogen (s. Bild 2).
- 1.3 4 Stück des Systems „Balkoneck“, ebenfalls aus MAX-Schichtstoffplatten auf einer Unterkonstruktion aus Stahlrohren genietet (s. Bild 3), jedoch mit einem Alu-Winkel, 50 mm x 50 mm x 2 mm für die Nietbefestigung der Platten im Eckbereich vorgesehen.

- 1.4 4 Stück Balkonbrüstungselemente

Das Balkonsystem bestand aus einer Rahmenkonstruktion aus Aluminium und einer 10 mm dicken Schichtstoffplatte des Typs MAX-Exterior. Alle Maße sind der Werkszeichnung, Bild 4, zu entnehmen. Bild 5 ist ein Detailbild des Herstellers; es zeigt den Plattenhalter, mit dem die Bekleidungsplatte an die Unterkonstruktion befestigt worden war. Bild 6 zeigt die Eckverbindung des Balkonsystems, Bild 7 das Pfostenmaterial und Bild 8 die Befestigungsschraube.

- 1.5 1 komplettes Balkonbrüstungselement

bestehend aus	zwei Rechteckpfosten	50 mm x 30 mm x 3 mm (Stahl),
	zwei Rechteckquerriegeln	30 mm x 20 mm x 2 mm (Alu),
	einen Rechteckhandlauf	50 mm x 30 mm x 3 mm (Stahl)

und einer Schichtstoffplatte des Typs MAX-Exterior, 1280 mm x 1210 mm x 6 mm.

Bild 9 zeigt den Aufbau des Balkonsystems.

- 1.6 4 Stück Balkonbrüstungselemente, bestehend aus einer Unterkonstruktion aus Aluminiumrohr und einer Bekleidungsplatte aus Schichtstoff der Fa. Isovolta, 1000 mm x 1300 mm x 6 mm (s. Bild 10).
- 1.7 4 Stück Balkonbrüstungselemente, bestehend aus einer Unterkonstruktion aus Aluminiumrohr und einer Bekleidungsplatte aus Schichtstoff der Fa. Isovolta, 1200 mm x 1300 mm x 8 mm (s. Bild 11).
- 1.8 4 Stück Balkonbrüstungselemente nach Bild 12.
- 1.9 4 Stück Balkonbrüstungselemente nach Bild 13.
- 1.10 4 Stück Balkonbrüstungselemente nach Bild 14.
- 1.11 4 Stück Balkonbrüstungselemente nach Bild 15.
- 1.12 4 Stück Balkonbrüstungselemente nach Bild 16.
- 1.13 4 Stück Balkonbrüstungselemente nach Bild 17.
- 1.14 4 Stück Balkonbrüstungselemente nach Bild 18 und Bild 19.
- 1.15 4 Stück Auswechsellplatten, 1280 mm x 1210 mm x 6 mm, für Pos. 1.5.





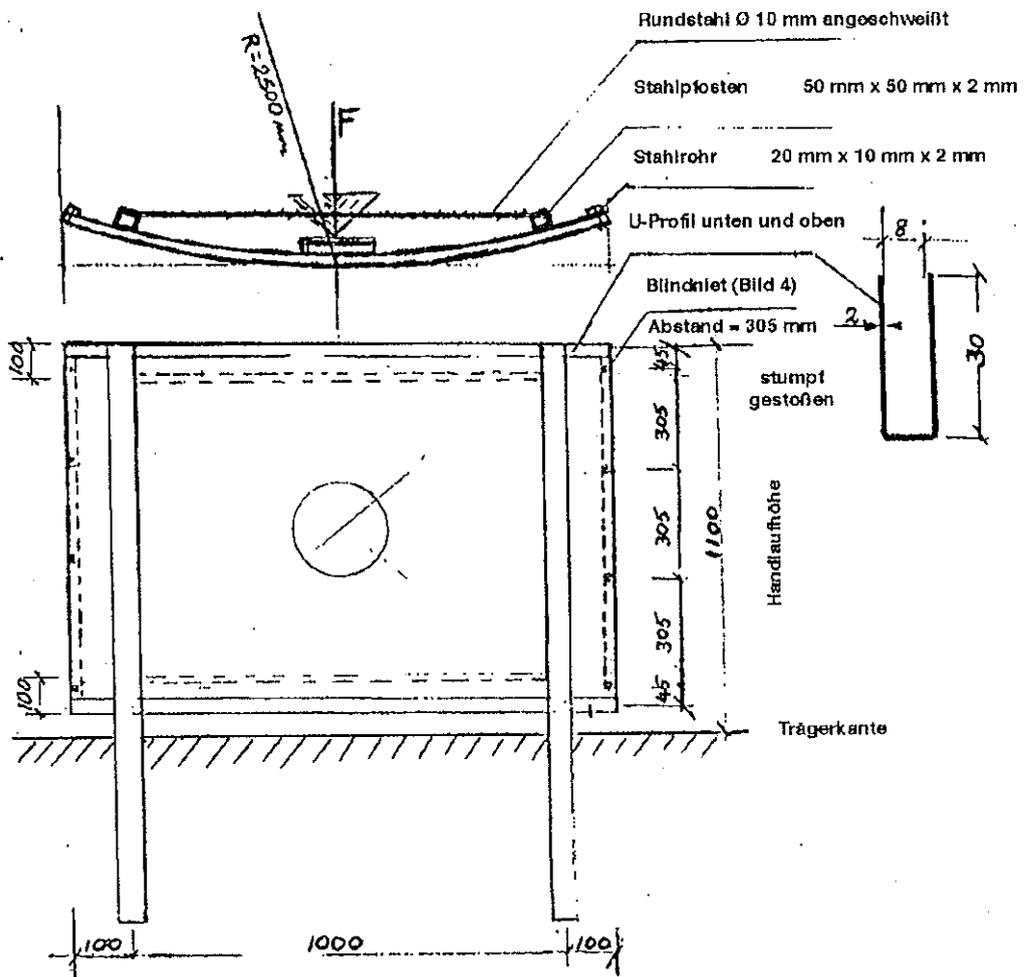


BILD 2 Balkensystem Nr. 2 im Prüfzustand



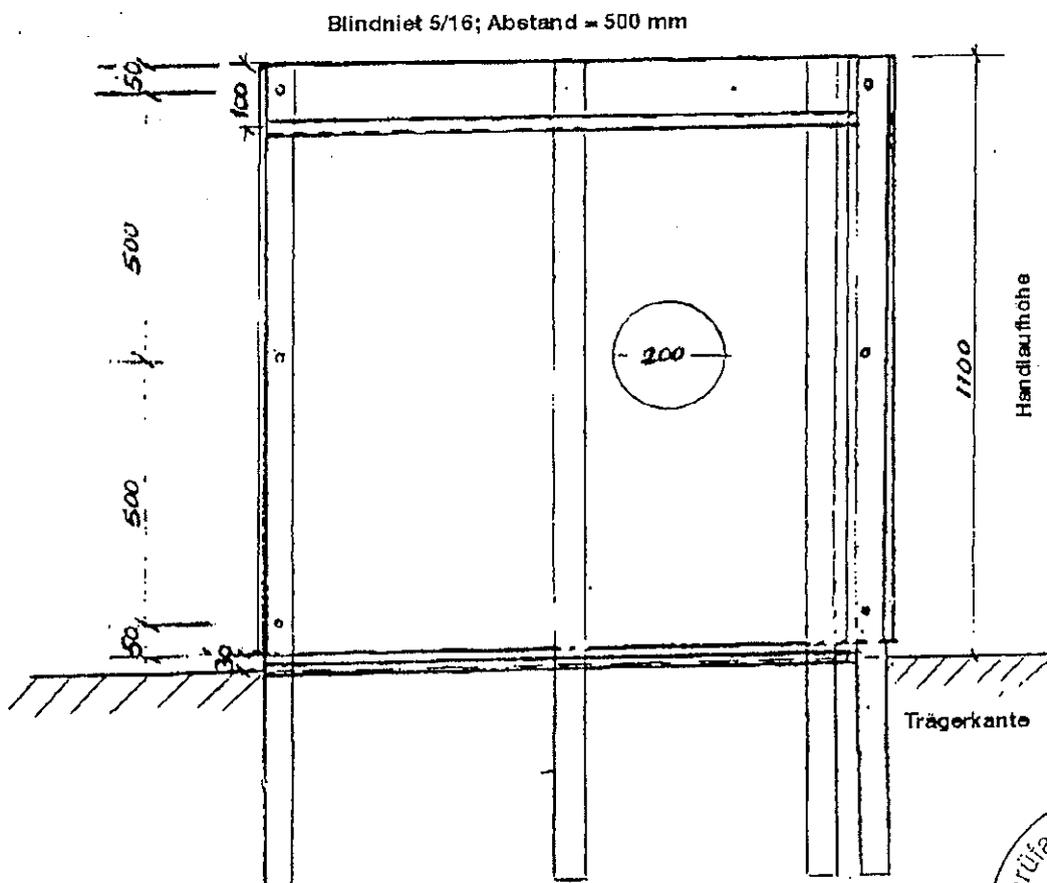
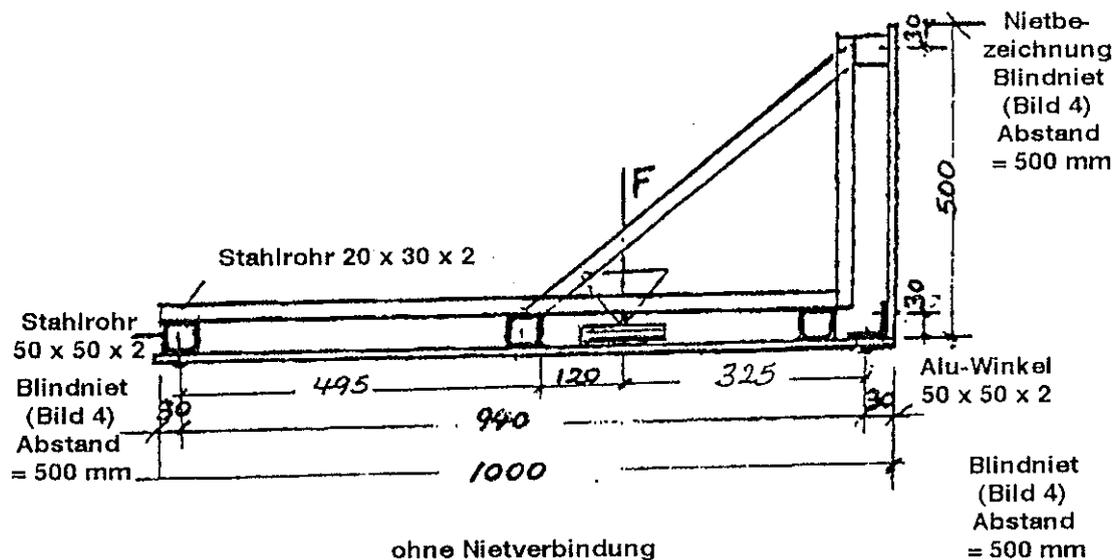
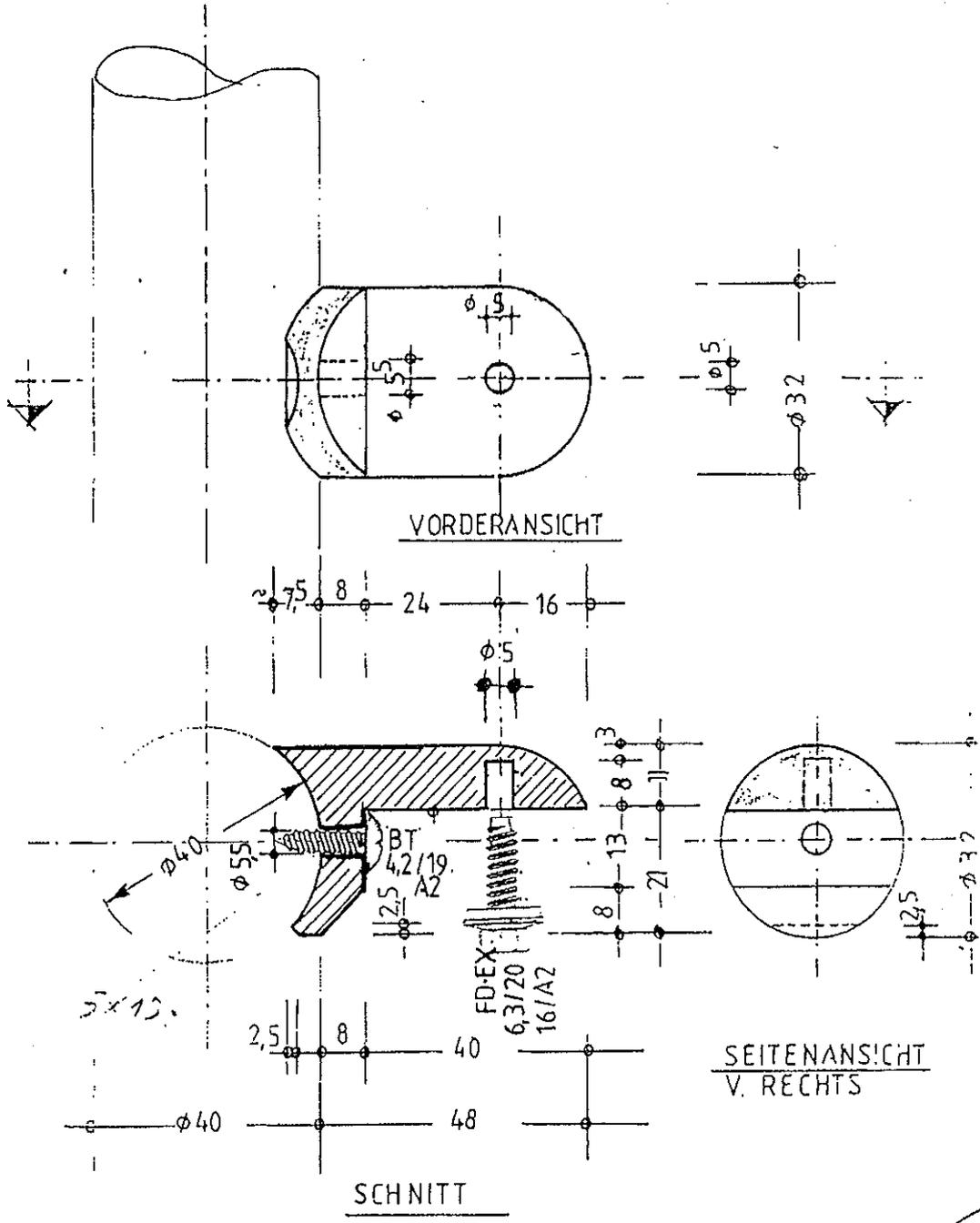


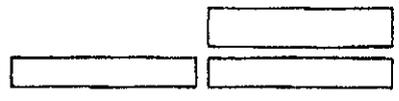
BILD 3 Balkonsystem Nr. 3 im Prüfzustand



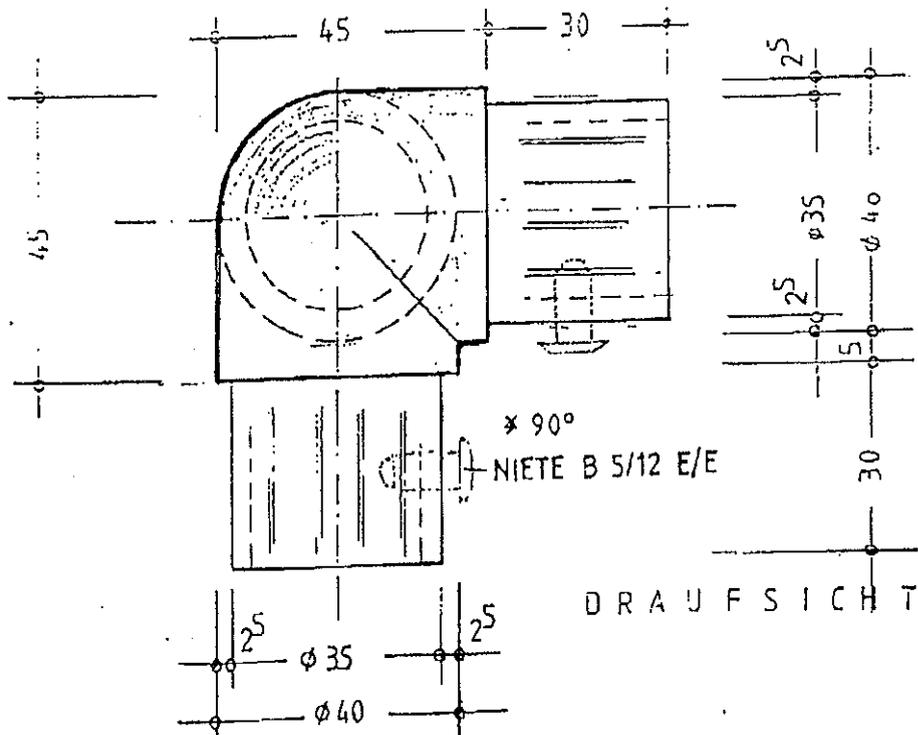


PLATTENHALTER, FORMTEIL M. 1:1

KOKILLENGUSS ALU 231  
 ENTGRATET, GLEITGESCHLIFFEN  
 BESCHICHTET, RAL 9010  
 ART.-NR.: 205010







ECKWINKEL, FORMTEIL M. 1:1 ART.-NR.: 2100

KOKILLENGUSS, ALUMINIUM 231  
ENTGRATET, GLEITGESCHLIFFEN  
PULVERBESCHICHTET, RAL 9010

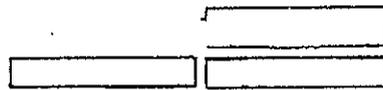


BILD 6: Eckverbindung (Balkensystem Nr. 4)







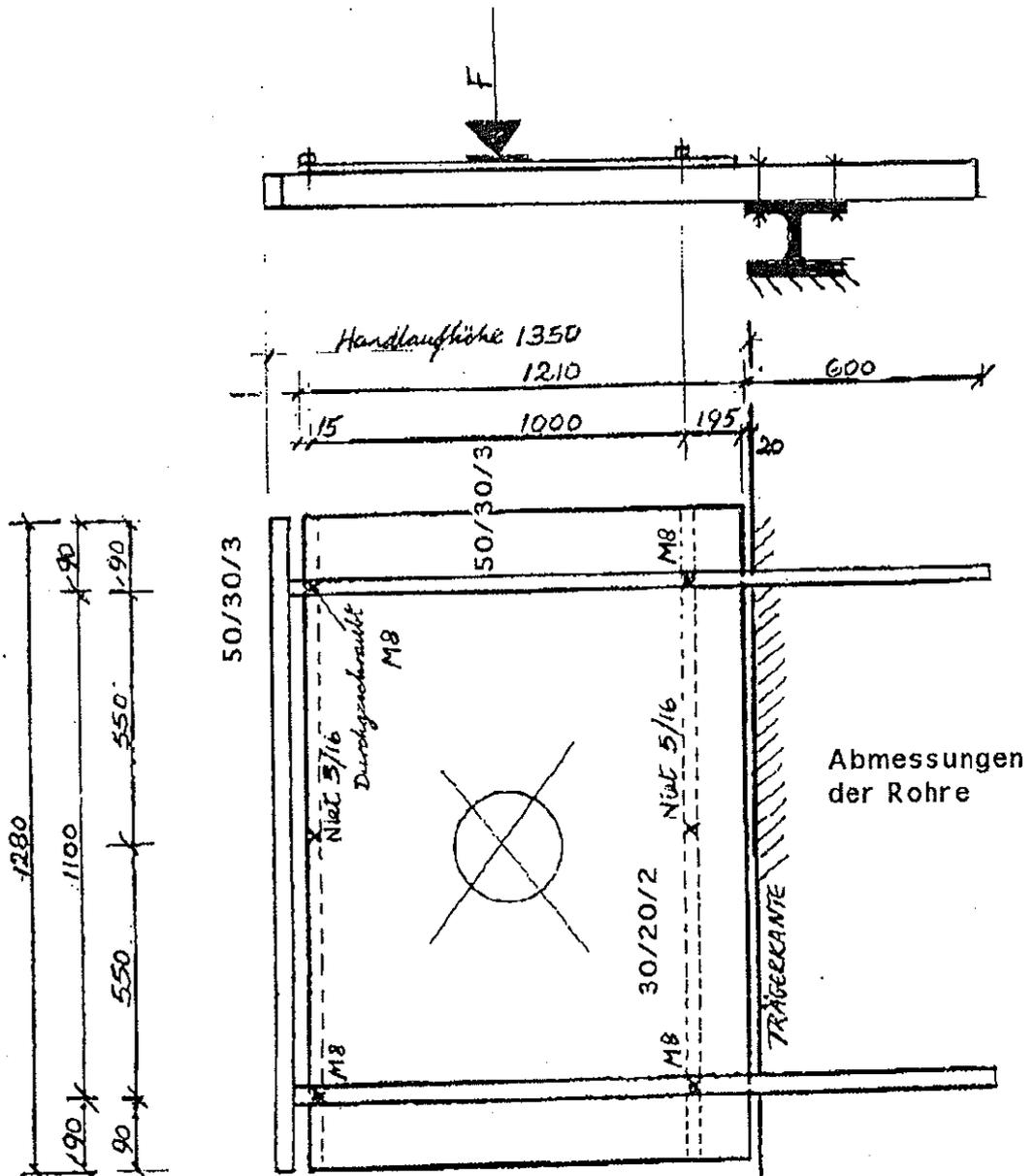


BILD 9 Prüfanordnung für Stoßbelastungen (Balkensystem Nr. 5)  
(Maße in mm)



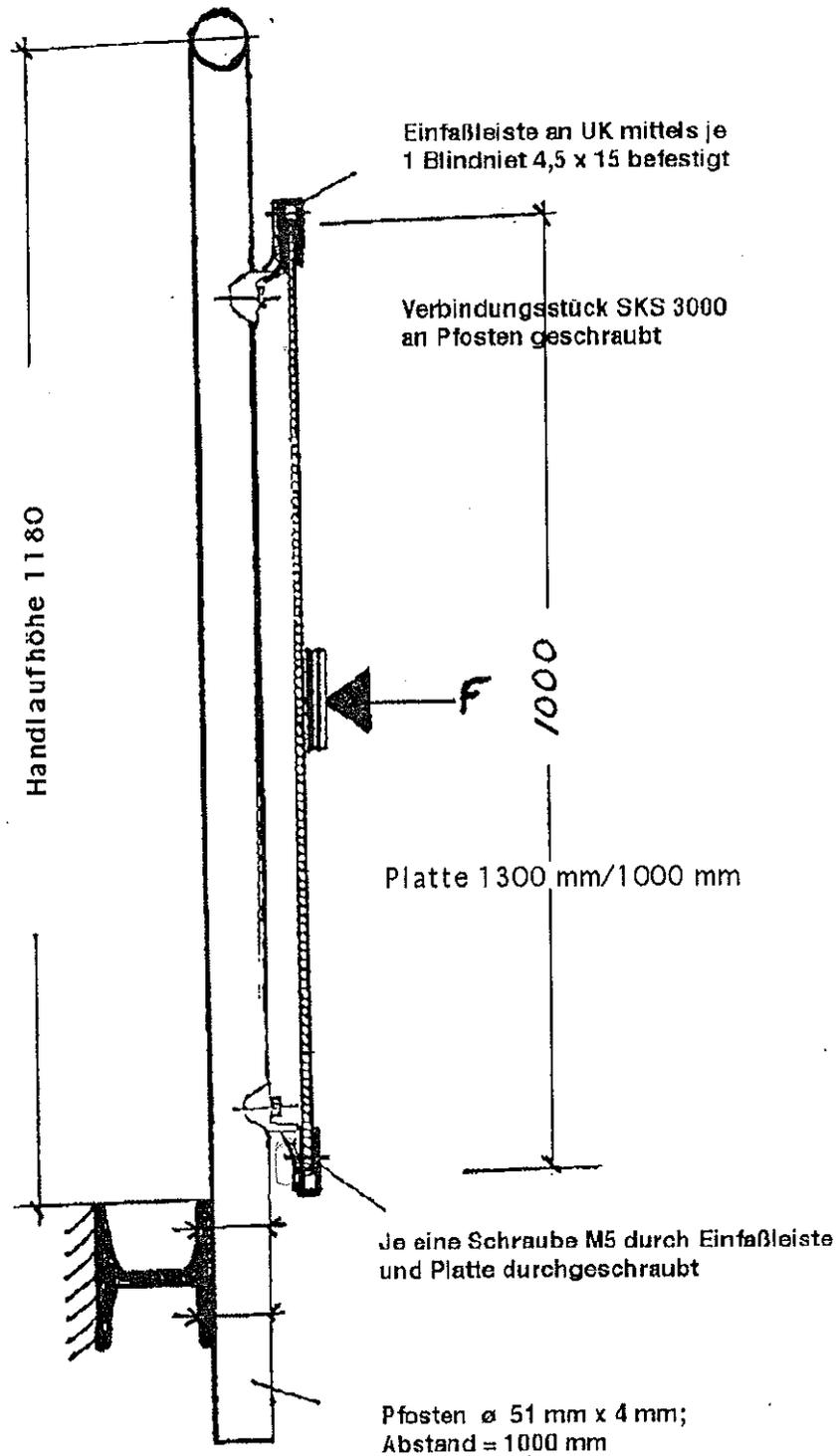


BILD 10 Versuchsanordnung für 6 mm dicke Platten bei einer Handlaufhöhe von 1180 mm (Balkonsystem Nr. 6)

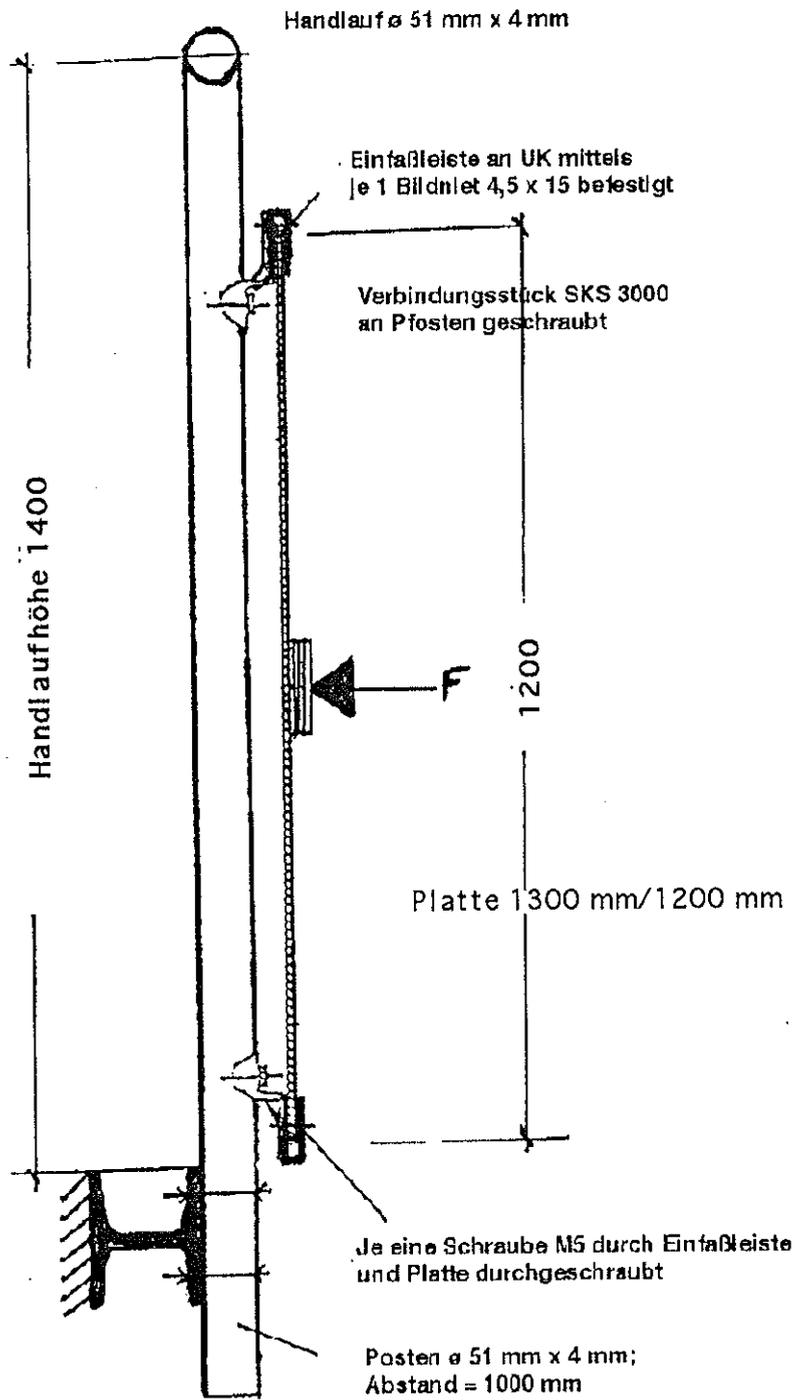
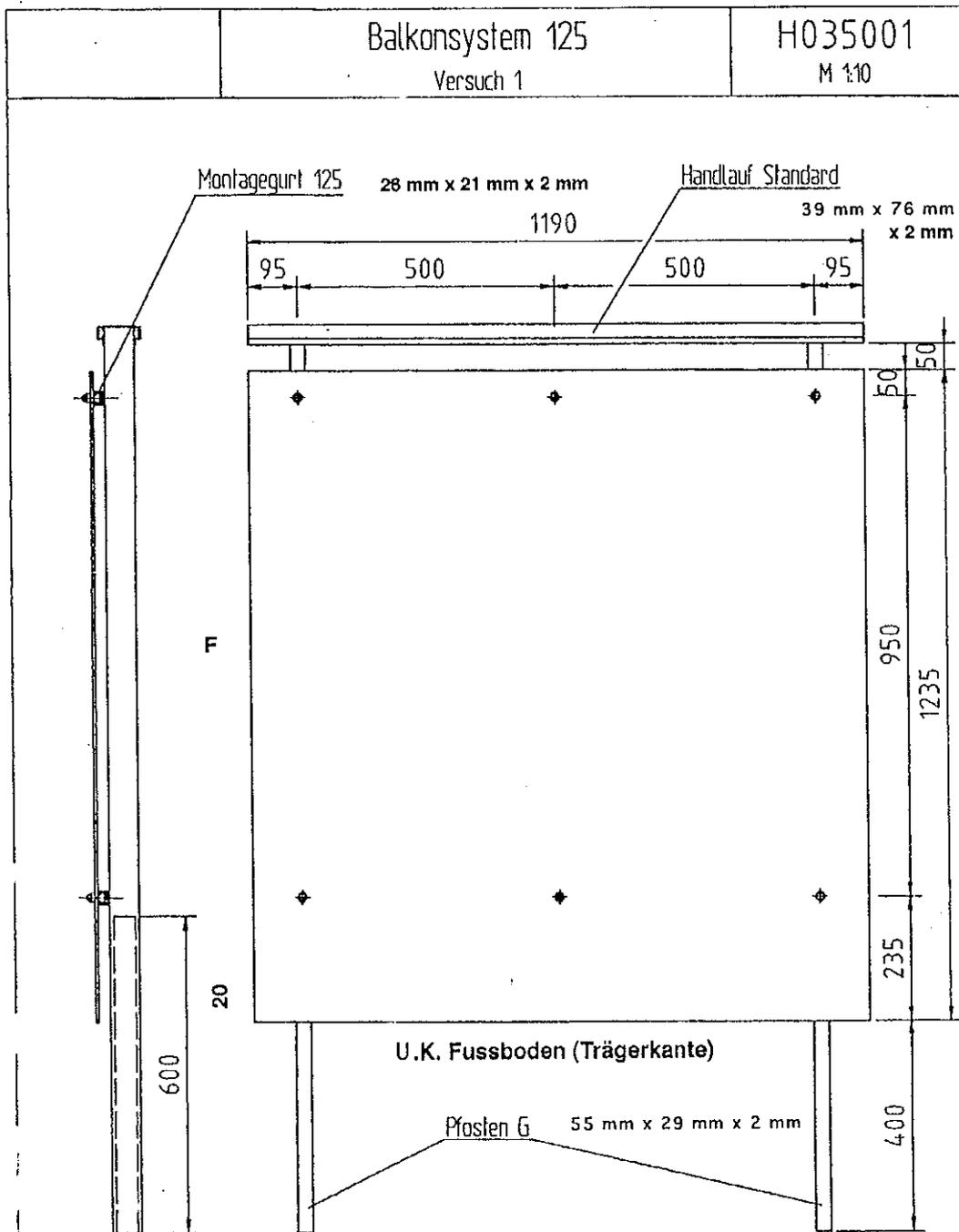


BILD 11 Versuchsanordnung für 8 mm dicke Platten  
bei einer Handlaufhöhe von 1400 mm (Balkonsystem Nr. 7)





6 mm dicke MAX-EXTERIOR-Bekleidungsplatte (Weralit Color Balkonplatte) mittels 6 Balkenschrauben an Montagegurt geschraubt bzw. an Pfosten durchgeschraubt; Abstand = 500 mm. Handlaufhöhe = 1345 mm über Einspannkante

BILD 12 Aufbau des Balkonsystems Nr. 8 ;





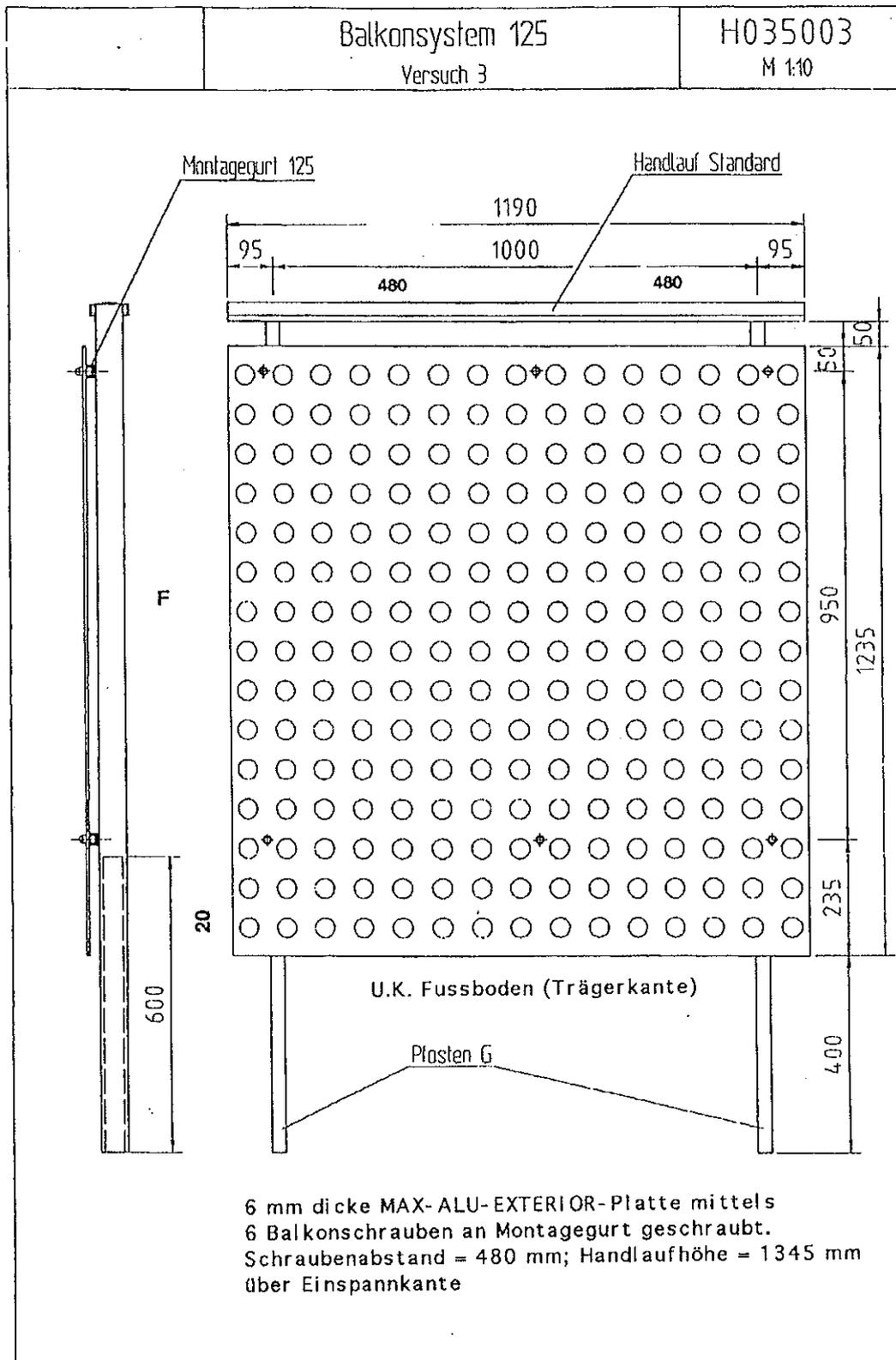


BILD 14 Aufbau des Balkonsystems Nr. 10



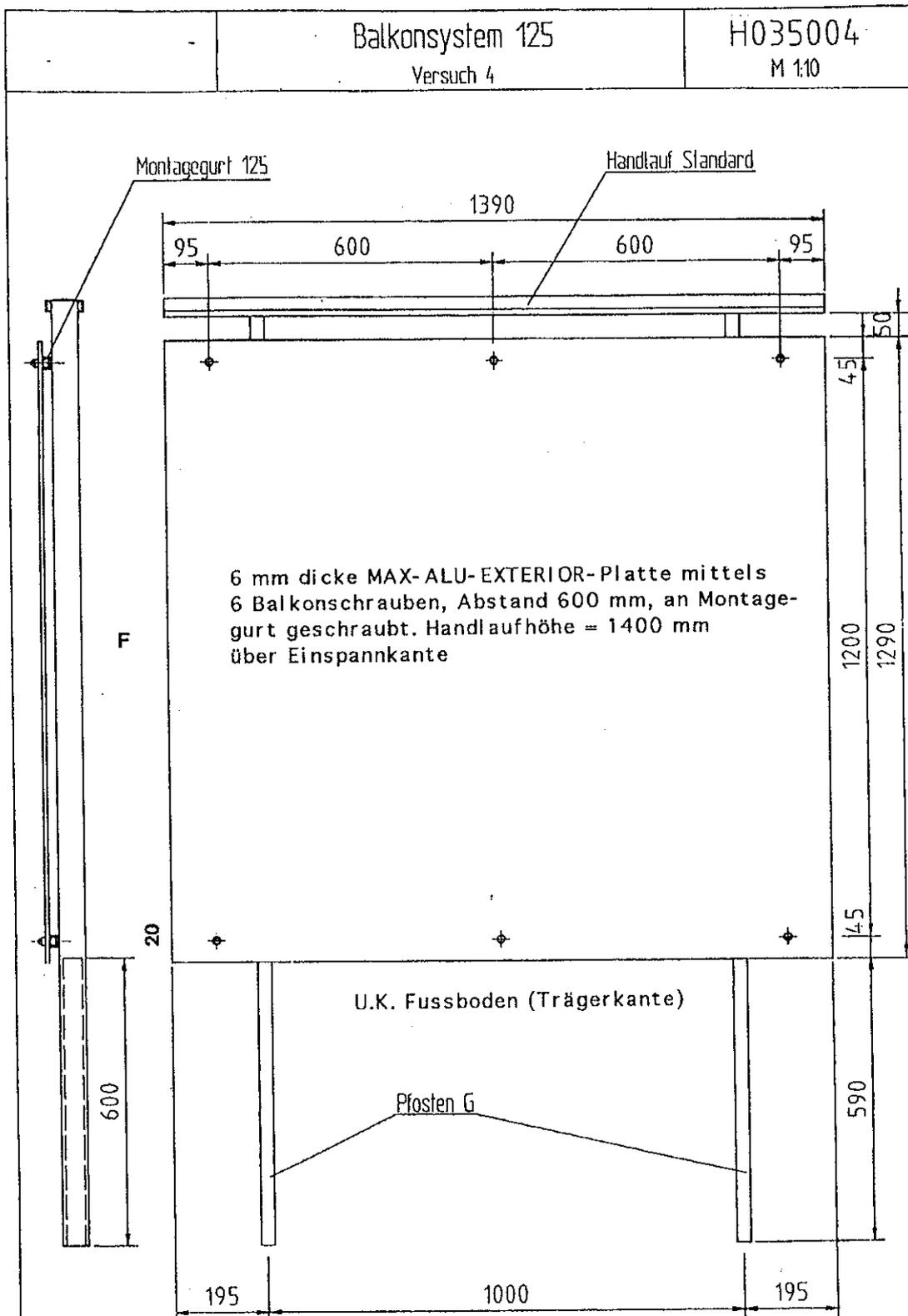


BILD 15 Aufbau des Balkonsystems Nr. 11



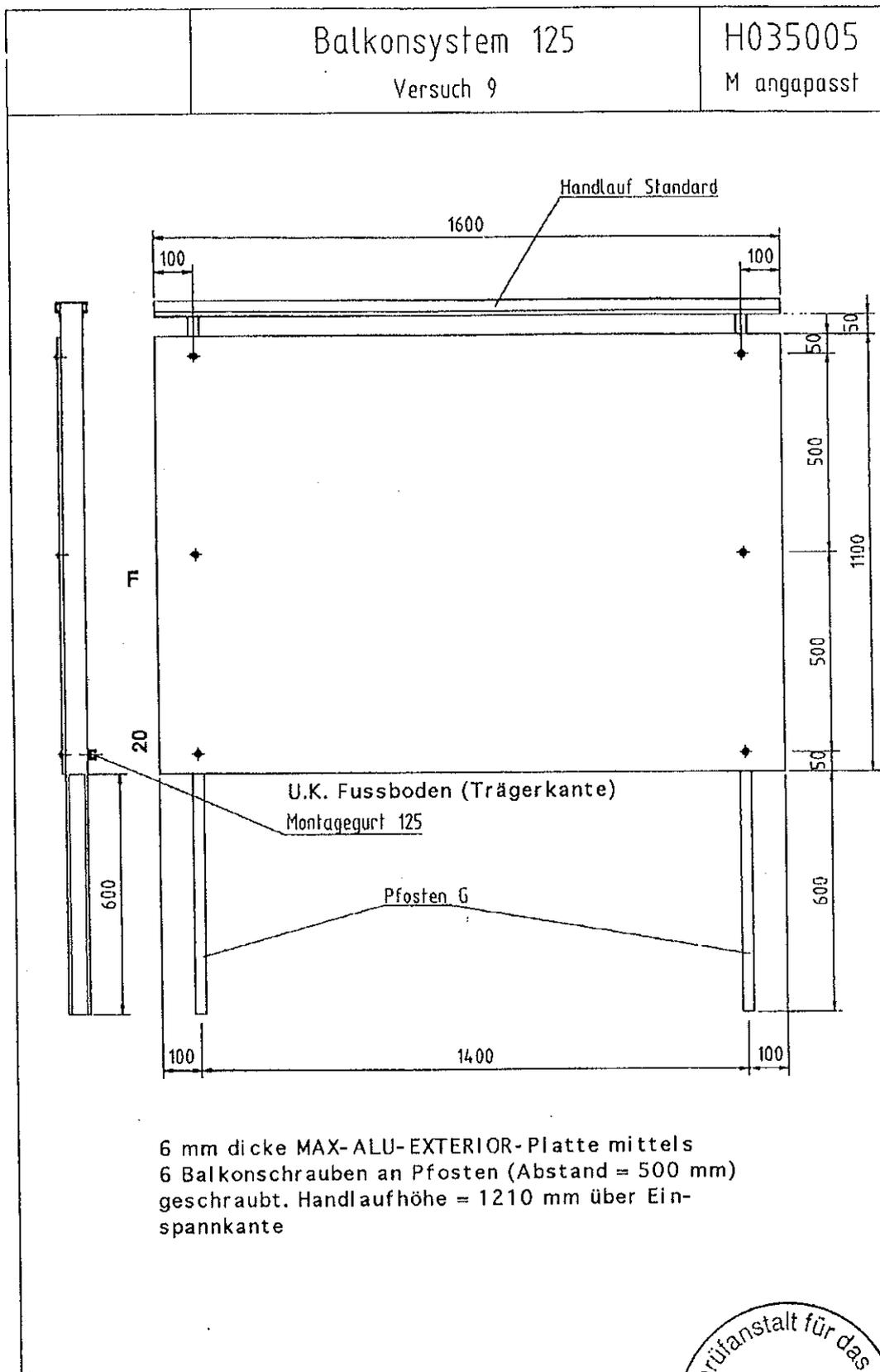
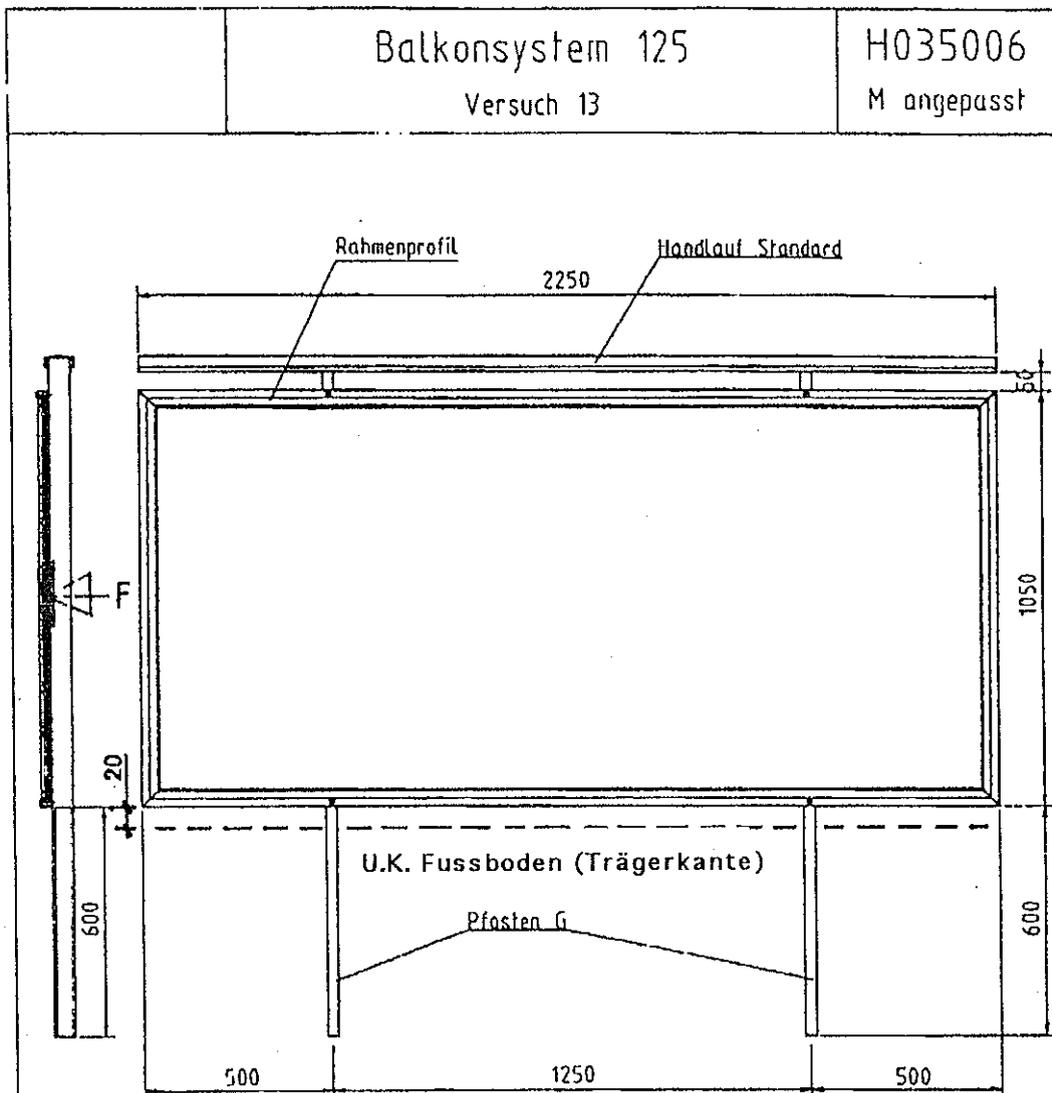


BILD 16 Aufbau des Balkonsystems Nr. 12



6 mm dicke MAX-EXTERIOR-Bekleidungsplatte (Werzalit Color Balkonplatte) im umlaufenden Rahmenprofil eingefaßt. Mittels 4 Edelstahlschrauben M6 an Pfosten befestigt; Handlauhöhe = 1170 mm über Einspannkante.

BILD 17 Aufbau des Balkonsystems Nr. 13



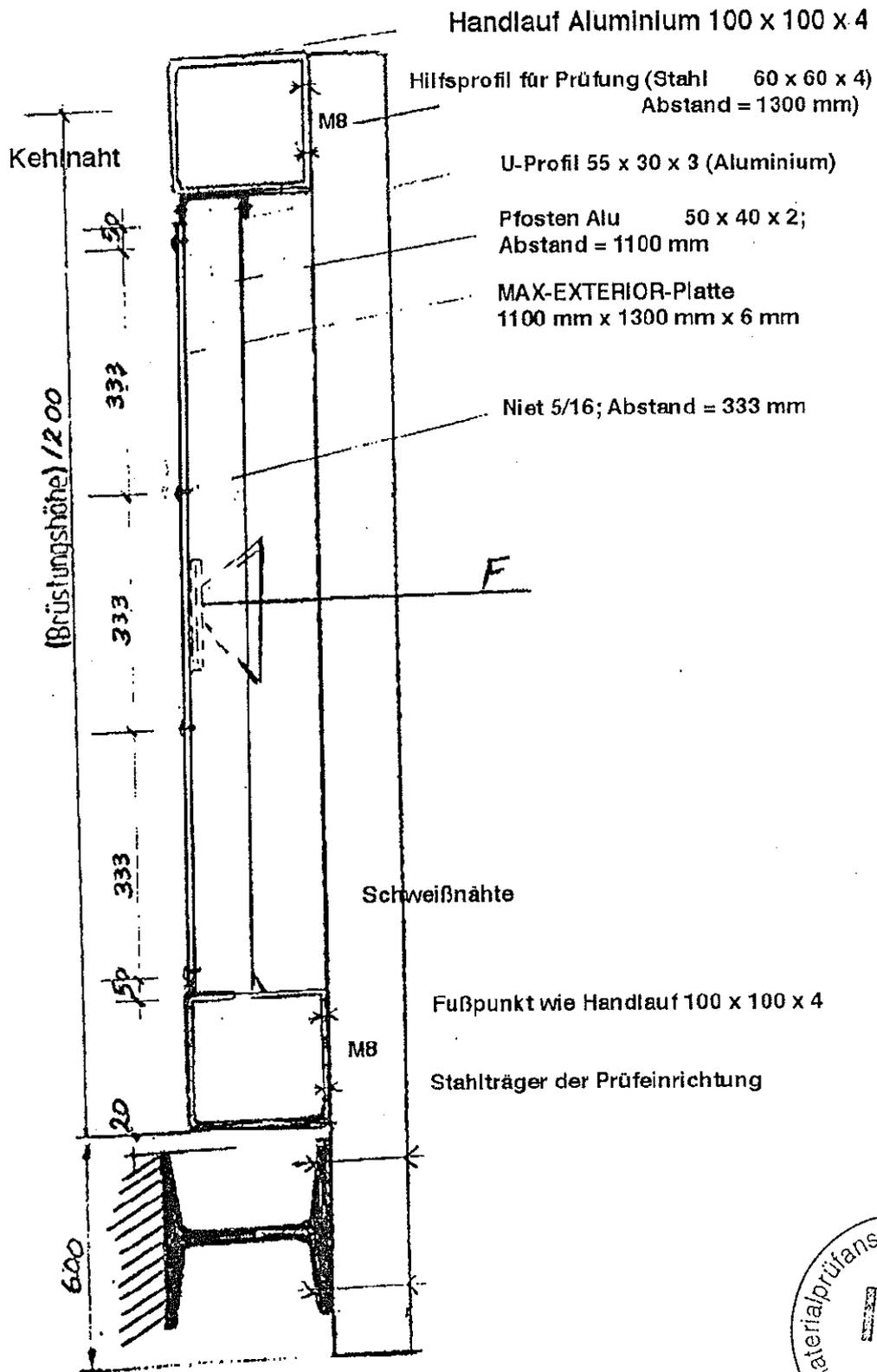


BILD 18 Versuchsaufbau für stoßartige Belastungen (Balkonsystem Nr. 14)

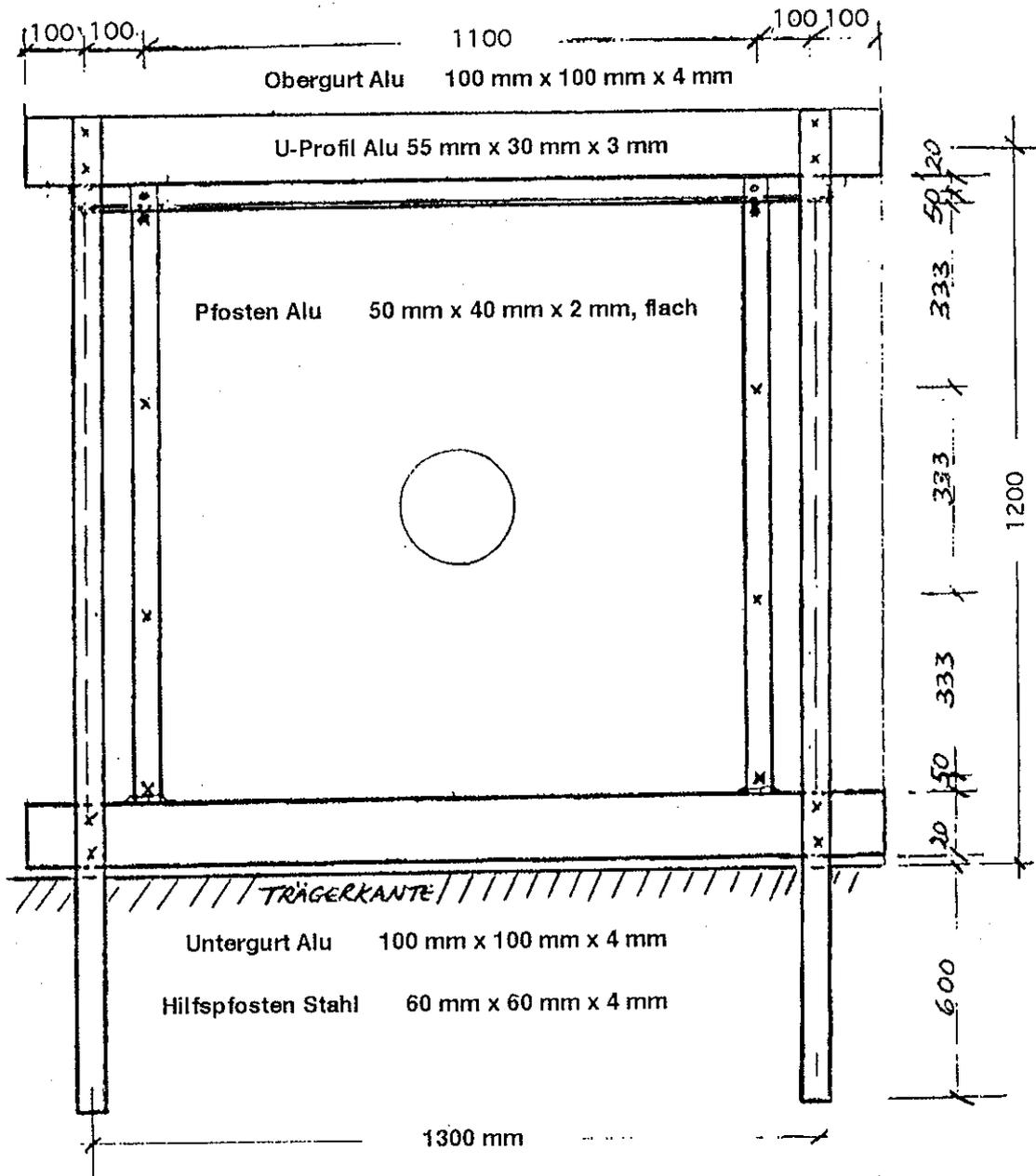


BILD 19 Versuchsaufbau / Draufsicht (Balkonsystem Nr. 14)



## 2. Prüfantrag vom 03.02.1997

Mit dem eingelieferten Prüfmaterial sollten Versuche nach der ETB-Richtlinie „Bauteile, die gegen Absturz sichern“, Fassung Juli 1985, durchgeführt werden.

## 3. Materialkennwerte

### 3.1 Die Unterkonstruktionen

#### 3.1.1 Pfostenmaterial der Balkensysteme 1 bis 3

Aus Abschnitten des Pfostenmaterials wurden gemäß DIN EN 10002-1 Zugproben herausgeschnitten und geprüft. Die Ergebnisse sind in Tafel 1 zusammengestellt.

Tafel 1 Ergebnisse der Zugprüfung

Unterkonstruktions- teil	Probe Nr.	Dicke d	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit $R_m$	Bruchdehnung $A_{10}$
—	—	mm	$N/mm^2$	$N/mm^2$	%
Pfosten 50 mm x 50 mm x 2 mm	1	1,85	340	420	28
	2	1,85	332	416	31
	3	1,82	340	422	30

#### 3.1.2 Aluminiumrohr des Balkensystems Nr. 4

##### 3.1.2.1 Das Aluminiumrohr im Pfostenbereich

An drei Proben aus dem Pfostenmaterial ( $\varnothing$  40 mm x 6 mm) wurde die Brinell-Härte nach EN 10003-1 ermittelt. In allen drei Fällen betrug die ermittelte Härte HB = 76,3. Dieser Wert entspricht einer Zugfestigkeit von annäherungsweise

$$R_m \approx 255 \text{ N/mm}^2.$$

##### 3.1.2.2 Aluminiumrohr des Handlaufs und der unteren Querstange

Die Materialeigenschaften der waagrecht angeordneten Aluminiumrohre ( $\varnothing$  40 mm x 2 mm) wurden gemäß DIN EN 10002-1 Al ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tafel 2 zusammengestellt.

Tafel 2 Ergebnisse der Zugprüfung an Aluminiumrohr  $\varnothing$  40 mm x 2 mm

Probe Nr.	Dicke d	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit $R_m$	Bruchdehnung $A_{10}$
—	mm	$N/mm^2$	$N/mm^2$	%
1	2,02	212	237	10
2	2,01	213	237	9
3	2,00	213	236	10
i. Mittel	2,01	213	237	10



### 3.1.3 Rohrmaterial des Balkensystems Nr. 5

#### 3.1.3.1 Das Stahlrohr der Pfosten und des Handlaufs

Es wurden 3 Zugversuche gemäß DIN EN 10002-1 St mit Proben aus dem Pfostenmaterial durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tafel 3 zusammengestellt.

Tafel 3 Ergebnisse der Stahlzugprüfung

Probe Nr.	Dicke d	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit $R_m$	Bruchdehnung $A_{10}$
–	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
1	2,82	389	422	31
2	2,82	390	423	28
3	2,82	388	420	29
i. Mittel	2,82	389	422	29

#### 3.1.3.2 Das Aluminiumrohr der Querriegel

Es wurden 3 Zugversuche gemäß DIN EN 10002-1 Al mit Proben aus den Querriegeln durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in Tafel 4 zusammengestellt.

Tafel 4 Ergebnisse der Aluminiumzugprüfung

Probe Nr.	Dicke d	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit $R_m$	Bruchdehnung $A_{10}$
–	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
1	1,97	225	251	13
2	2,17	226	252	12
3	1,99	221	246	12
i. Mittel	2,04	224	250	12

#### 3.1.4 Die Unterkonstruktion der Balkensysteme 6 und 7

Beide Brüstungselemente bestanden aus zwei Pfosten aus Aluminiumrohr  $\varnothing 51$  mm x 4 mm mit 1 m Abstand. An den Pfosten war oben und unten je eine Einfaßleiste befestigt (oben mit je einem Blindniet 4,5 x 15 und unten mit je einer Arretierschraube durch die Bekleidungsplatte. Die Bekleidungsplatte war mittels Gummikeders in den Einfaßleisten festgeklemmt.

Aus dem Pfostenmaterial wurden Proben gemäß EN 10003-1 herausgeschnitten und die Brinellhärte bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tafel 5 zusammengestellt.

Aus dem Aluminium der Einfaßleiste wurden Zugproben gemäß DIN EN 10002-1 Al herausgeschnitten und geprüft. Die Ergebnisse sind in Tafel 6 zusammengestellt.



Tafel 5: Ergebnisse der Härteprüfung nach Brinell

Unterkonstruktionsteil	Probe Nr.	Dicke d	Härte HB	Entsprechende Zugfestigkeit (annäherungsweise) $R_m$
—	—	mm	—	N/mm <sup>2</sup>
Aluminiumrohr Ø 51 mm x 4 mm	1	4,0	75,5	{ 255
	2	4,0	77,9	
	3	4,0	76,3	

Tafel 6: Ergebnisse der Zugprüfung

Unterkonstruktions- teil	Probe Nr.	Dicke d	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit $R_m$	Bruchdehnung $A_{10}$
—	—	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
Einfableiste 43 mm x 16 mm x 1 mm	1	1,40	203	226	10
	2	1,42	202	225	10
	3	1,40	203	225	11

### 3.1.5 Die Unterkonstruktion der Balkensysteme 8 bis 13

Die Aluminiumunterkonstruktion der Balkensysteme 8 bis 12 bestand aus jeweils zwei Pfosten 55 mm x 29 mm x 2 mm mit jeweils einem oder zwei Montagegurten (Querriegel) 26 mm x 21 mm x 2 mm und einem Handlauf 39 mm x 76 mm x 2 mm.

Beim Balkensystem Nr. 12 wurde die MAX-ALU-EXTERIOR-Platte mittels Nutsteinschrauben direkt an die Pfosten geschraubt. Der untere Montagegurt an der Rückseite der Pfosten diente nur für den Versuch als Querverbindung der Pfosten.

Beim Balkensystem Nr. 13 wurde das umlaufende Rahmenprofil direkt an die Pfosten geschraubt. Die Bekleidungsplatte war mit umlaufendem Gummikeder in dem Rahmenprofil festgeklemmt. Bei allen Balkensystemen wurden die unteren 600 mm der Pfosten mit massiven Stahlkernen ausgesteift. Die Materialeigenschaften des Rahmenprofils 40 mm x 30 mm x 2 mm sowie des Pfostens 55 mm x 29 mm x 2 mm wurden gemäß DIN EN 10002-1 Al - Zugversuch - bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tafel 7 zusammengefasst.

Tafel 7: Ergebnisse der Zugprüfung mit Unterkonstruktionsteilen aus Aluminium

Profil Unterkonstruktionsteil	Probe Nr.	Dicke d	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit $R_m$	Bruchdehnung $A_{10}$
—	—	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
Pfosten: 55 mm x 29 mm x 2 mm	1	1,78	210	234	10
	2	1,84	197	221	10
	3	1,83	204	227	9
Rahmenprofil: (Einfableiste) 40 mm x 30 mm x 2 mm	1	1,97	209	233	6
	2	1,96	207	233	11
	3	1,96	207	234	11



### 3.1.6 Die Unterkonstruktion des Balkensystems Nr. 14

Die Aluminiumunterkonstruktion des Balkensystems bestand aus zwei Längsträgern 100 mm x 100 mm x 4 mm, oben im Handlaufbereich (Obergurt) und unten im Fußbereich (Untergurt) verlaufend. Dazwischen bei einem Abstand von 1100 mm waren Pfosten 50 mm x 40 mm x 2 mm angeordnet. Außerdem war ein U-Profil 55 mm x 30 mm x 3 mm unterhalb des Obergurtes angeschweißt worden. Die Pfosten waren oben am U-Profil mit je einem Blindniet vorn und hinten festgenietet und unten am Untergurt angeschweißt.

Zwecks Einspannung in die Prüfmaschine waren zwei zusätzliche Stahlrohre 60 mm x 60 mm x 4 mm an Ober- und Untergurt festgeschraubt (je 2 x M8).

Gemäß DIN EN 10002-1 Al wurden Zugproben aus dem Unter- und Obergurt sowie aus dem Pfostenmaterial herausgeschnitten und geprüft. Die Ergebnisse sind in Tafel 8 zusammengestellt.

Mit Proben aus den Stahlpfosten wurden ebenfalls Prüfungen gemäß DIN EN 10002-1 St durchgeführt. Diese Ergebnisse sind in Tafel 9 zusammengestellt.

**Tafel 8:** Ergebnisse der Zugprüfung mit Unterkonstruktionsteilen aus Aluminium

Unterkonstruktionsteil	Probe Nr.	Dicke d	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit $R_m$	Bruchdehnung $A_{10}$
—	—	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
Längsträger 100 mm x 100 mm x 4 mm	1	4,01	157	186	12
	2	3,97	168	195	12
	3	4,00	169	194	7
Pfosten 50 mm x 40 mm x 2 mm	1	1,95	191	220	13
	2	1,95	191	220	12
	3	2,02	191	222	12

**Tafel 9:** Ergebnisse der Zugprüfung mit Proben aus den stählernen Hilfspfosten

Unterkonstruktionsteil	Probe Nr.	Dicke d	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Zugfestigkeit $R_m$	Bruchdehnung $A_{10}$
—	—	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
Stahlrohr 60 mm x 60 mm x 4 mm	1	3,92	483	513	6
	2	3,78	459	488	22
	3	3,88	475	503	12



### 3.2 Die Bekleidungsplatten

Die Balkensysteme 1 bis 14, mit Ausnahme von den Balkensystemen 10, 11 und 12, waren mit 6 mm und 8 mm dicken MAX-EXTERIOR-Platten bekleidet. Diese Schichtstoffplatte entspricht der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-33.2-16(3) und wird von dieser Materialprüfanstalt fremdüberwacht.

Bei der 6 mm dicken MAX-ALU-EXTERIOR-Platte handelt es sich nach Angabe des Antragstellers um eine Neuentwicklung. Sie besteht aus einem etwa 4 mm dicken Kern aus Schichtstoff, worauf etwa 0,5 mm dickes Aluminiumblech beidseitig aufgeklebt wird. Darauf folgt beidseitig eine dünne dekorative Schicht (ca. 0,5 mm).

Zur Kontrolle der Materialeigenschaften der verwendeten MAX-ALU-EXTERIOR-Platten wurden Biegeprüfungen in Anlehnung an DIN 53452 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tafel 10 zusammengestellt. Die verwendeten Proben hatten folgende Abmessungen: 120 mm x 20 mm x 6 mm.

Tafel 10: Ergebnisse der Biegeprüfung mit den MAX-ALU-EXTERIOR-Proben

Proben in L ä n g s richtung entnommen				Proben in Q u e r richtung entnommen			
Versuch Nr.	Proben-dicke	E-Modul	Biege-festigkeit	Versuch Nr.	Proben-dicke	E-Modul	Biege-festigkeit
—	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	—	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
1	5,8	31900	224	1	5,8	28500	204
2	5,8	32200	220	2	5,8	28200	187
3	5,8	32000	225	3	5,8	27900	207
4	5,8	31800	229	4	5,8	28000	201
5	5,8	31500	227	5	5,8	27500	203
i. Mittel	5,8	31880	225	i. Mittel	5,8	28020	200

Auf die Bestimmung der Materialeigenschaften der MAX-EXTERIOR-Fassadenplatte wurde verzichtet, da hier im Haus die Ergebnisse der Eigenüberwachung der letzten Jahre vorliegen. Danach lagen die Biegefestigkeiten im Mittel zwischen 133 N/mm<sup>2</sup> und 154 N/mm<sup>2</sup> (längs) und 99 N/mm<sup>2</sup> und 120 N/mm<sup>2</sup> (quer). Nach der Zulassung sind folgende Biegefestigkeiten gefordert: 114 N/mm<sup>2</sup> (längs) und 80 N/mm<sup>2</sup> (quer).

## 4. Prüfung des Balkensystems

### 4.1 Prüfgrundlagen

4.1.1 ETB-Richtlinie „Bauteile, die gegen Absturz sichern“, Fassung Juli 1985.

4.1.2 DIN 4103 Teil 1 „Nichttragende innere Trennwände“, Fassung Juli 1984.

### 4.2 Vorbemerkung

Nach Abschnitt 4 der Prüfgrundlage 4.1.1 darf die Erfüllung der Anforderungen des weichen Stoßes auch durch Versuche nachgewiesen werden, wenn der Nachweis nicht rechnerisch geführt werden kann. Die Versuche sind nach Abschn. 5 der Prüfgrundlage 4.1.2 durchzuführen und auszuwerten. Hiernach wurde im vorliegenden Falle verfahren.

Untersucht wurden drei Brüstungskonstruktionen mit Handlaufhöhen von rd. 1100 mm über OK Balkonfußboden. Das Brüstungselement wurde jeweils waagrecht liegend geprüft. Die Befestigung der Pfosten auf der Balkonplatte wurde durch starre Festklemmung auf einem verankerten Stahlträger der Prüfmaschine nachgeahmt. In den Bildern ist die Außenkante des Stahlträgers (OK Balkonfußboden) angedeutet.



#### 4.3 Beanspruchung durch den harten Stoß

Der **harte Stoß** wurde durch den Aufprall einer Stahlkugel mit 63,5 mm Durchmesser (~ 1 kg) aus 1,0 m Fallhöhe auf das eingebaute Balkensystem vorgenommen. Geprüft wurde 1 Element. Es wurden 15 Fallversuche vorgenommen, wobei als Kugelaufschlagstellen die Plattenmitte, die Tafelränder und die Befestigungsbereiche gewählt wurden.

Nach der Durchführung des harten Stoßes wurden drei weitere Platten mit dem weichen Stoß geprüft.

#### 4.4 Beanspruchung durch den weichen Stoß

Für den Nachweis des **weichen Stoßes** wurde etwa in der Mitte der Prüffläche die Kraft  $F$  über eine kreisförmige Stahlplatte von 0,20 m Durchmesser und eine zwischen Stahlplatte und Probekörper liegende 8 mm dicke Gummilage mit Shore-A-Härte  $\approx 80$  nach DIN 53505 in die Bauplatte eingeleitet. Die Belastungsstelle wurde von dem Antragsteller festgelegt. Die Verschiebung der Kräfteinleitungsplatte gegenüber der Auflagerebene des Probekörpers (Verformung an der Stoßstelle) wurde während des ganzen Versuchs gemessen und registriert. Aus dem Kraft-Verschiebungs-Diagramm wird die bis zum Verschiebungszustand des Versagens aufnehmbare Energie (Widerstandsenergie)

$$E_u = \int_{\delta=0}^{\delta_u} F \cdot d\delta$$

ermittelt, wobei  $F$  die Last,  $\delta$  die zugehörige Verschiebung und  $\delta_u$  die Verschiebung bei Versagen bedeuten.

Der für den Nachweis maßgebende Wert  $E_{\text{Versuch}}$  errechnet sich aus den Werten der drei geforderten Einzelversuche zu

$$E_{\text{Versuch}} = \bar{E}_u / \gamma.$$

Dabei ist näherungsweise

$$\gamma = \sqrt{1 + (S_E / \bar{E}_u)^2} \cdot \exp(K \cdot S_E / \bar{E}_u)$$

mit  $\bar{E}_u$  als Mittelwert und  $S_E$  als Standardabweichung der Versuchsergebnisse nach DIN 53804 Teil 1 und  $K = 0,9$ .

Nach der Unterlage 4.1.1 ist erforderlich:

$$E_{\text{Versuch}} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot E_{\text{Basis}} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 100 = 125 \text{ Nm.}$$

In den Tafeln 11 bis 24 sind die Versuchsergebnisse eingetragen. Die Widerstandsenergie  $E_u$  wurde hier aus der erreichten Höchstlast  $F_{\text{max}}$  und der zugehörigen Durchbiegung  $\delta$  errechnet. In Tafel 25 sind die Versuchsergebnisse nach den o. a. Berechnungen ausgewertet und die Sicherheit ist gegenüber der erforderlichen Widerstandsenergie ermittelt.



**Tafel 11:** Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 1 (Balkonsystem Nr. 1)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	5030	104	262	Beim Erreichen einer ausreichend hohen Last wurde der Versuch in allen Fällen abgebrochen. Verbiegung des Rundstahls durch Stauchung.
2	5090	91	232	
3	5060	87	220	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

**Tafel 12:** Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 2 (Balkonsystem Nr. 2)

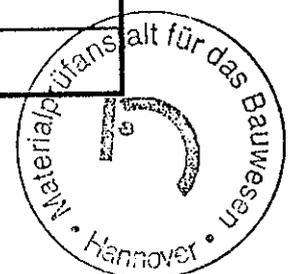
Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	7350	155	570	Plattenbruch mehrfach.
2	7300	131	478	Stempel durchgestanzt;
3	7100	126	447	Randeinfassung geknickt.
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

**Tafel 13:** Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 3 (Balkonsystem Nr. 3)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	4470	143	320	Plattenbruch im Bereich der 6 Befestigungsniete.
2	3980	125	249	
3	4080	132	269	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

**Tafel 14:** Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 4 (Balkonsystem Nr. 4)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	4800	18	432	Der Versuch wurde in allen Fällen abgebrochen, nachdem die Pfosten sich verbogen hatten. Sonst keinerlei Beschädigung.
2	4800	18	432	
3	4700	19	447	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			



Tafel 15: Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 9 (Balkensystem Nr. 5)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	4000	130	260	Rißbildung bei 3700 kN; Plattenbruch bei 4000 kN.
2	5040	140	353	} Versuch abgebrochen
3	5000	150	375	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

Tafel 16: Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 10 (Balkensystem Nr. 6)

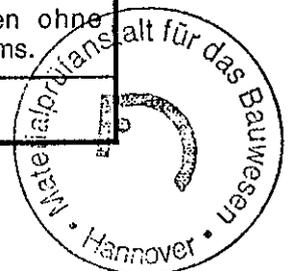
Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	5500	145	399	Bei einer Kraft von 1 kN berührte die Platte bereits die Pfosten. Bei etwa 4 kN knickten die Einfaßleisten. Sonst keine Beschädigung.
2	5600	172	482	
3	5300	153	405	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

Tafel 17: Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 11 (Balkensystem Nr. 7)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	5030	178	448	Bei einer Kraft von 1 kN berührte die Platte bereits die Pfosten. Bei etwa 3 kN knickten die Einfaßleisten. Sonst keine Beschädigung.
2	5020	186	467	
3	4880	189	461	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

Tafel 18: Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 12 (Balkensystem Nr. 8)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	4220	142	300	} Abriß der Platte im Bereich } der Schrauben.
2	4150	139	288	
3	4950	155	384	Versuch abgebrochen ohne Versagen des Systems.
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			



**Tafel 19:** Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 13 (Balkonsystem Nr. 9)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	5050	163	412	Der Versuch wurde abgebrochen, ohne daß eine Beschädigung des Systems erkennbar war.
2	5100	170	434	
3	5100	158	403	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

**Tafel 20:** Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 14 (Balkonsystem Nr. 10)

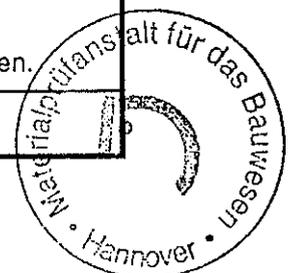
Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	5050	163	412	Der Versuch wurde abgebrochen, ohne daß eine Beschädigung des Systems erkennbar war.
2	5090	154	392	
3	5090	154	392	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

**Tafel 21:** Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 15 (Balkonsystem Nr. 11)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	5180	182	471	Der Versuch wurde abgebrochen; geringe bleibende Verformung der Pfosten.
2	5090	170	433	
3	5060	173	438	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

**Tafel 22:** Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 16 (Balkonsystem Nr. 12)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	6300	193	608	Versuch abgebrochen.
2	6170	164	506	Schraube mit Mutter durch die Platte gezogen.
3	6720	152	511	Versuch abgebrochen.
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			



Tafel 23:: Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 17 (Balkonsystem Nr. 13)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	5240	114	299	Die Klemmleisten haben sich gelöst, die Platte fiel herab. Sonst keinerlei Beschädigung.
2	4720	98	231	
3	5000	111	278	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

Tafel 24: Ergebnisse der Prüfung mit stoßartigen Belastungen nach Bild 18 (Balkonsystem Nr. 14)

Brüstungselement Nr.	$F_{max}$	$\delta$	$E_u$	Versagensursache
–	N	mm	N·m	–
1	3620	136	246	In allen Fällen wurden zuerst mehrere Nietsetzköpfe abgerissen. Bei Höchstlast löste sich die Platte von der UK, indem die letzten Niete aus dem Aluminium herausgerissen wurden. Die Bekleidungsplatte blieb unbeschädigt.
2	3790	154	292	
3	3970	150	298	
4 (harter Stoß)	Ohne Rißbildung bestanden			

Tafel 25: Auswertung der Prüfergebnisse (weicher Stoß)

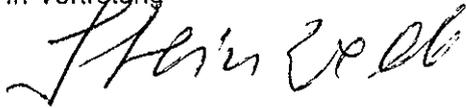
Balkonsystem Nr.	$\bar{E}_u$	$S_E$	$\gamma$	$E_{Versuch}$	$E_{Versuch}$ erforderlich
–	N·m	N·m	–	N·m	N·m
1	238	22	1,090	218	125
2	498	64	1,130	441	125
3	279	37	1,140	244	125
4	437	9	1,019	429	125
5	329	61	1,200	274	125
6	429	46	1,108	387	125
7	459	10	1,020	450	125
8	324	52	1,170	277	125
9	416	16	1,036	401	125
10	399	12	1,028	388	125
11	447	21	1,044	428	125
12	542	58	1,107	489	125
13	269	35	1,132	238	125
14	279	28	1,099	254	125



## 5. Zusammenfassung

Die geprüften Brüstungselemente haben die Prüfungen mit dem **harten** und **weichen Stoß** nach o. g. Richtlinie bestanden.

Hannover, den 12.02.1997  
Materialprüfanstalt für das Bauwesen Hannover  
In Vertretung



(RD Dr.-Ing. Steinwede)

