

Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen für Dach- und Hallenkonstruktionen aus Bauholz und Brettschichtholz in den neuen Bundesländern, Schadensanalyse und Sanierungsvorschläge bei Zweigelenkrahmenbindern aus Brettschichtholz

T 2631

T 2631

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

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 irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

**Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen für
Dach- und Hallenkonstruktionen aus Bauholz und
Brettschichtholz
in den neuen Bundesländern,
Schadensanalyse und Sanierungsvorschläge
bei Zweigelenkrahmenbindern aus Brettschichtholz**

Forschungsvorhaben Nr. E 93/4

HFB Engineering GmbH
Leipzig, Zschortauer Str. 42
1994

Vorwort

In den 70er Jahren wurden in den neuen Bundesländern Mehrzweckhallen in Leichtbauweise errichtet, in deren Rahmeneckbereichen Risse festgestellt wurden.

Die Tragkonstruktion besteht dabei aus Zweigelenkrahmen (Stützen/Riegel) in Brettschichtholzbauweise und für die Hülle (Dach/Wand) wurden Mehrschichtenelemente (AL-PUR-AL) eingebaut. Die Eckbereiche der Rahmenbinder wurden mit Stab- oder Ringkeildübel verbunden. Entsprechend der Zielstellung des Forschungsvorhabens erfolgte eine systematische Bestandsaufnahme dieser Rahmenecken.

Entgegen den ursprünglichen Befürchtungen, daß es sich bei den Rissen um Schäden aus Quersugbeanspruchungen handelt, zeigte sich im Ergebnis der visuellen Untersuchungen an 328 Rahmenecken, daß es sich bei den 156 rißgeschädigten Rahmenecken um Risse aus Tangentialschwindungen handelt. Die dabei bis zu 10 mm breiten Risse erfordern eine Sanierung und sollten nach den bekannten Methoden

- Auspressung der Risse durch Ausfüllen mit Epoxydharz oder
- durch Aufbringen von Holz- bzw. Holzwerkstofflaschen

saniert werden.

Unabhängig von den erfaßten Rißschäden konnten Verformungen, die zu einer Gefährdung der Standsicherheit der Rahmenbinder hätten führen können, nicht festgestellt werden.

Das Vorhaben wurde im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V. (DGfH) mit finanzieller Unterstützung des Institutes für Bautechnik (IfBT) Ref. IV/1 bearbeitet.

Die Planung, Durchführung und Auswertung wurde von Herrn Dr. Ing. Wolfgang Kofent vorgenommen.

Für die Bewertung der Arbeitsergebnisse einschließlich der Sanierungshinweise ist Herrn Prof. Dr. Ing. Brüninghoff besonders zu danken.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1.	Ziel des Forschungsvorhabens 4
2.	Beschreibung der untersuchten Bauwerke 4
2.1.	Standorte und Untersuchungsobjekte 4
2.2.	Zusammenstellung der Mehrzweckhallen mit Rahmenecken (Tabelle 1) 5
2.3.	Statische Berechnung 10
3.	Untersuchungs- und Prüfmethodik 16
4.	Ergebnisse, Aus- und Bewertung 17
4.1.	Erläuterungen zu den ausgewählten Mehrzweckhallen 17
4.2.	Schadenserfassung 17
5.	Beurteilung der Rißschäden und Sanierungshinweise 36
5.1.	Beurteilung der Rißschäden 37
5.2.	Ursachenermittlung und Einschätzung der Kriterien 37
5.3.	Sanierungsvorschläge 39
5.3.1.	Sanierungsvorschlag 1 39
5.3.2.	Sanierungsvorschlag 2 40
6.	Zusammenfassung 41
	Literatur 45
	Anhang A: Fotodokumentation
	Anhang B: Anlagen (liegen auf Anforderung vor)
	Anhang C: Stellungnahme Prof. Brüninghoff

1. Ziel des Forschungsvorhabens

Ziel des Vorhabens ist die systematische Bestandsaufnahme und Erfassung von Schadensbildern an den Eckbereichen der Brettschichtholz (BSH)- Rahmenbinder. In den 70er Jahren wurden Mehrzweckhallen in Leichtbauweise entwickelt und für verschiedene Einsatzbereiche gebaut. Die Tragkonstruktionen sind ausschließlich Zweigelenkrahmenbinder und Einfeldpfetten in BSH-Bauweise, während AL-PUR-AL-Mehrschichtenelemente für Dach und Wand zum Einsatz kommen. Vorzugsweise für Produktions- und Lagerzwecke mit und ohne inneren Ausbau wurden diese Hallen gebaut. Für Sport- und Kaufhallen erfolgte der innere Ausbau aus brandschutztechnischen und gestalterischen Gründen.

Das hergestellte Brettschichtholz wurde ausschließlich mit einem Phenolharzklebstoff "Plastasol" in Verbindung mit Paratoloulsulfonsäure "Gisanol" geklebt [2].

Die zum Einsatz gebrachten Holzqualitäten entsprechen der Güteklasse II nach DIN 4 074. Bei den zu untersuchenden Lager- und Produktionshallen sind die Rahmenbinder insbesondere in den Eckbereichen sichtbar, während bei den Kauf- und Sporthallen die Rahmenbinder verkleidet sind und eine visuelle Begutachtung nicht gegeben ist.

In Verbindung mit der Erfassung der Schadensbilder ist auch die Schadensursache festzustellen und zu bewerten. Darauf aufbauend, sind ableitend aus der Literatur, Vorschläge für erforderliche Sanierungsmaßnahmen darzustellen.

2. Beschreibung der untersuchten Bauwerke

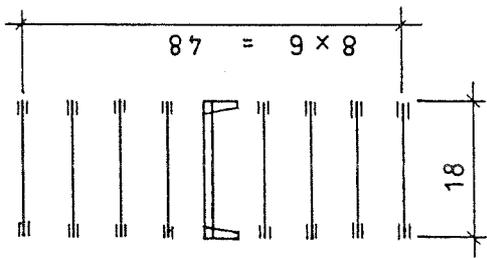
2.1. Standorte und Untersuchungsobjekte

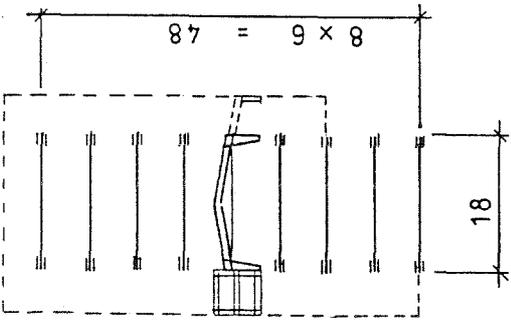
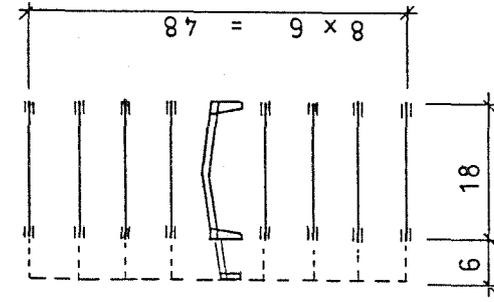
Im Rahmen des Vorhabens konnten insgesamt 20 Objekte besichtigt werden, bei welchen diese Rahmenbinder eingebaut waren. Es zeigte sich jedoch, daß bei den Produktions- und Lagerhallen die Rahmenbinder insbesondere in den Eckbereichen sichtbar waren, bei den Kauf- und Sporthallen waren die Stützen- und Riegelbereiche verkleidet bzw. teilverkleidet und somit nicht sichtbar.

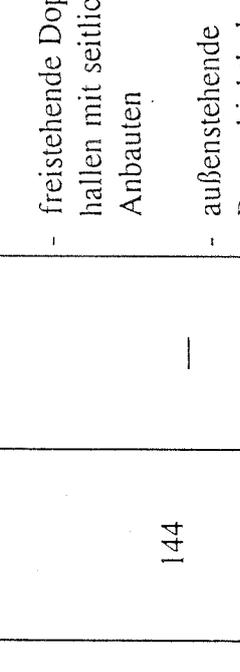
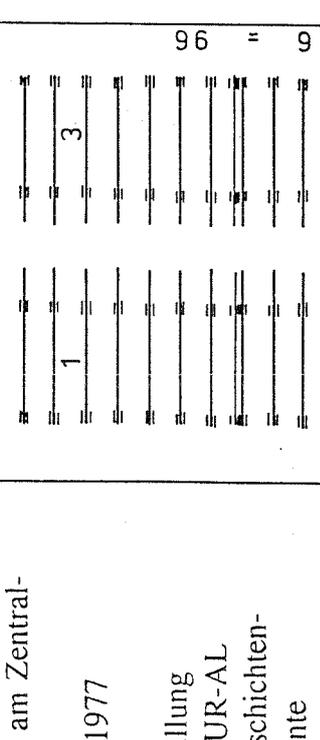
Im einzelnen handelt es sich um die nachfolgenden Standorte und Objekte:

2.2. Zusammenstellung der Mehrzweckhallen mit Rahmenecken

Tabelle 1:

lfd. Nr.	Standort, Nutzer, Verwendungszweck	Skizze / Abmessung	Anzahl der Rahmenbinder	Anzahl der Rahmenecken	davon mit Rissen	Bemerkungen
1	<p>Hermsdorf, Fa. Hess Baujahr 1977</p> <p>* Lagerhalle seit 1991</p> <p>* Produktionshalle von 1977 bis 1990</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichtenelemente</p>		9	36	23	<p>- freistehende Halle</p> <p>- in der Längswand durchgehendes Lichtband</p>

2	<p>Leipzig, Fa. HFB, Produktionshalle Baujahr 1972</p> <p>* Produktionshalle für die Herstellung von Faserbetonelementen</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichtenelemente</p>		9	36	11	<ul style="list-style-type: none"> - Giebel- und Längsseite mit zweigeschossigen Massivbau verbunden - Längsseite mit eingeschossigem Anbau verbunden
3	<p>Bad Köstritz, Sporthalle am Stadion Baujahr 1978</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichtenelemente</p>		9	36	—	<ul style="list-style-type: none"> - Rahmenecken außenliegend und abgedeckt - offensichtliche Schäden im Bereich der Stützen nicht erkennbar - seitlicher Anbau

4	<p>Hermsdorf, Sportkegelhalle am Stadion Baujahr 1976</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichten- elemente</p>		9	36	<ul style="list-style-type: none"> - freistehende Halle - Rahmenbinderstützen - offensichtliche Schäden sind nicht erkennbar
5	<p>Leipzig, Sporthallen- komplex am Zentral- stadion Baujahr 1977</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichten- elemente</p>		2 x 18	144	<ul style="list-style-type: none"> - freistehende Doppelhallen mit seitlichen Anbauten - außenstehende Brettschichtholz - Stützen, Rahmenecken verkleidet, Stützen ohne sichtbare Schäden

<p>6</p> <p>Werder / Neuruppin, Produktions- und Lagerhallenkomplex der Fa. Holzwerke Bullinger, Nr. 120/1-4</p> <p>* Baujahr 1981</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichten- elemente</p>		<p>32</p>	<p>128</p>	<p>70</p>	<p>- Doppelhallenkomplex mit Mittelrinne</p> <p>- umlaufendes Fensterband in den Außenwänden</p>
<p>7</p> <p>Werder / Neuruppin, Produktions- und Lagerhallenkomplex der Fa. Holzwerke Bullinger, Nr. 130/1-4</p> <p>* Baujahr 1981</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichten- elemente</p>		<p>32</p>	<p>128</p>	<p>52</p>	<p>- Doppelhallenkomplex mit Mittelrinne</p> <p>- umlaufendes Fensterband in den Außenwänden</p>

8	<p>Werder / Neuruppin, Kauf- und Markthallenkomplex der</p> <p>* Fa. Möbelmarkt Ihlefeld Halle 1 u. 2 2 x 18 x 72</p> <p>* Fa. Hammer Fachmarkt Halle 3 u. 4 2 x 18 x 72</p> <p>* Fa. Götzen Baumarkt Halle 5 1 x 18 x 72</p> <p>* Baujahr 1981</p>		26	104	—	<p>- Hallenkomplex mit Mittelrinne</p> <p>- Trennwände in Leichtbauweise, ohne Brandwände</p>
---	---	--	----	-----	---	---

2.3. Statische Berechnung - Zweigelenkrahmen

Vorbemerkungen

Die Berechnung der Zweigelenkrahmen für die Mehrzweckhallen erfolgte 1972 für eine Reihe von Dacheindeckungsvarianten. Zur Ausführung ist jedoch nur eine und zwar mit AL-PUR-AL-Mehrschichtenelemente gekommen. Diese Eindeckung wurde der nachfolgenden Nachweisführung zu Grunde gelegt.

Lastannahmen

ständige Lasten

* Dach

AL-PUR-AL - Dachplatten	d = 50 mm	0,06 kN/m ²
Pfetten 10/32	a = 3,00 m	
Windverband		0,10 kN/m ²

$$g_1 = \frac{0,06 + 0,10}{1} = 0,16 \text{ kN/m}^2$$

$$g_1' = g_1 \times 6,0 = 0,96 \text{ kN/m}$$

* Binderdecke + techn. Lasten

$$g_2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$g_2' = g_2 \times 6,0 = 1,5 \text{ kN/m}$$

* Binderriegel - Eigengewicht

$$0,105/1,12/500 \quad 0,6 \text{ kN/m}^2$$

* ständige Lasten

$$\Sigma = q = 0,96 + 1,5 + 0,6 = 3,06 \text{ kN/m}$$

kurzzeitige Lasten

* Schnee $s = 0,75 \text{ kN/m}^2$

$$s' = 0,75 \times 6,0 = 4,5 \text{ kN/m}$$

* Wind $h < 8,0 \text{ m}$

$$q_0 = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pWand} = 0,8 \text{ (-0,5)}$$

$$c_{pDach} = -0,6$$

$$W_{sDach} = -0,6 \times 0,5 \times 6,0 = -1,8 \text{ kN/m}$$

$$W_{dWand} = 0,8 \times 0,5 \times 0,6 = 2,4 \text{ kN/m}$$

$$W_{sWand} = -0,5 \times 0,5 \times 6,0 = -1,5 \text{ kN/m}$$

Vollast aus ständiger Last + Schnee

$$= 3,06 + 4,5 = 7,56 \text{ kN/m}$$

Allgemeines ebenes STABWERK

02/92

DOS B71

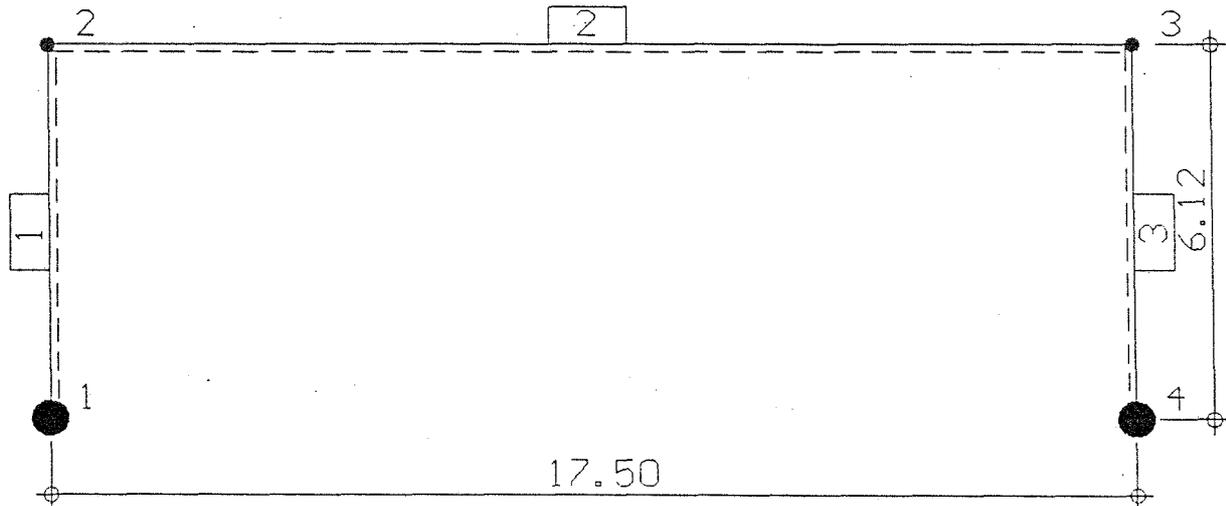
Bl. 1

Projekt : querzug

P o s : 1

SYSTEM : 3 Staebe 4 Knoten 2 Auflager 3 Querschnitte

Masstab 1 : 125



SYSTEM - KENNGROESSEN

Querschn.	Staebe	Knoten	Auflager	Gelenke	Freih.gr.	Bandbreite
3	3	4	2	0	12	6

BAUSTOFF : Holz BS II E-Modul $E = 1.100e+3$ kN/cm²
 Schub-Modul $G = 5.000e+1$ kN/cm²

QUERSCHNITTSWERTE Traegh.mom. Flaechе

Querschnitt Nr.	I (cm ⁴)	A (cm ²)
1	1.019e+6	1340.000
2	1.313e+5	1254.000
3	1.019e+6	1340.000

SYSTEM	Projektionen		Querschnitt	K n o t e n	
Stab	L (m)	H (m)	Nr.	Ende 1	Ende 2
1	.000	6.120	1	1	2
2	17.500	.000	2	2	3
3	.000	-6.120	3	3	4

Allgemeines ebenes STABWERK 02/92 DOS B71 Bl. 2

Projekt : querzug P o s : 1

B E L A S T U N G Nr. 1 Lastfall : vollast

Stablasten

Art : 1=Einzellast (kN) , 2=Voll- , 3=Teil-Trapezlast (kN/m)
 a , b von Endel nach Ende2 gemessen

Richtung : 1=horizontal , 2=vertikal bezogen auf Projektionen H , L
 3=laengs , 4=quer bezogen auf Stablaenge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Laenge b
1	2	1	2.400	.000		
2	2	2	7.560	.000		
3	2	1	-1.500	.000		

Summe aller aeusseren Lasten (kN)

Gesamt	Fx	Fy
	2.754	66.150

AUFLAGERKRAEFTE Th. 1.Ord. Lastfall 1 : vollast

Knoten	Kraft H	Kraft V	Moment M	(kN,kNm)
1	-10.730	44.314		
4	13.484	21.836		
Summe :	2.754	66.150		

SCHNITTGROESSEN Th. 1.Ord. Lastfall 1 : vollast

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	-10.73	-44.31	.00
		.50	-16.24	-44.31	-42.20
		2	-18.07	-44.31	-95.63
2	2	2	44.31	-18.07	-95.63
		.50	-5.30	-18.07	50.95
		3	-21.84	-18.07	-91.88
3	3	3	18.07	-21.84	-91.88
		.50	14.63	-21.84	-42.43
		4	13.48	-21.84	.00

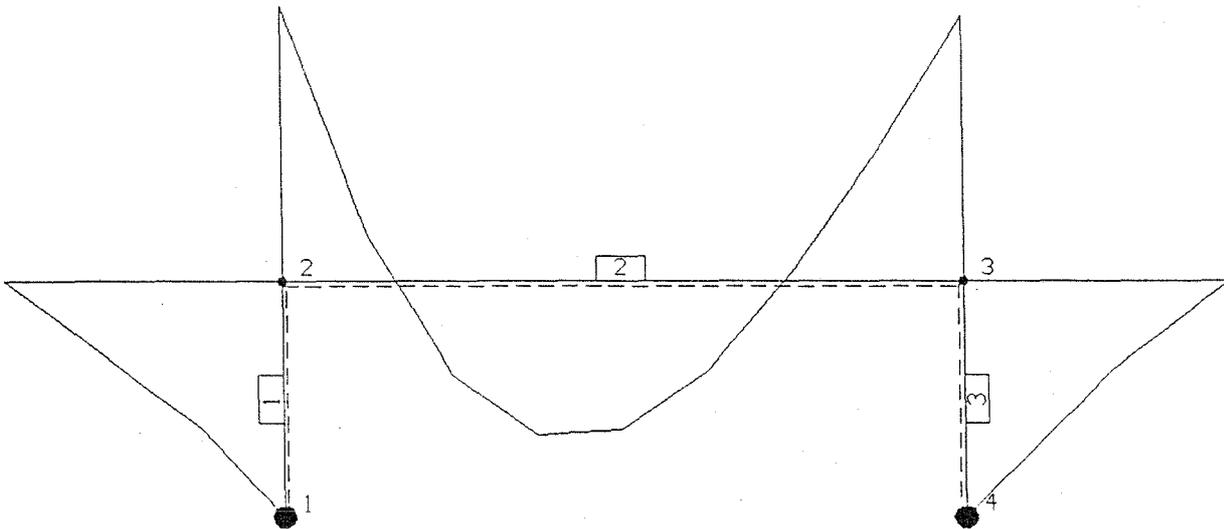
BIEGESTEIFE RAHMENECKE HO6 01/91 DOS B71

Projekt : querzug

P o s : 1

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall : Vollast

Momentenverlauf Th. 1 Ord. Masstab des Systems 1 : 200
Lastfall 1 Masstab fuer M (kNm) 1 : 20.0



Biegesteife Rahmenecke HO 6 01/91 DOS B 71
 Projekt : Querzug
 Berechnungsgrundlagen : DIN 1 052
 Baustoff : Brettschichtholz Güteklasse II
 Gleichgewichtsfeuchte $\leq 18 \%$
 Abminderung zul Sigma ks = 1 000

Pos : 1

Neigung Oberkante Riegel = 2.5 Grad
 Querschnittshöhe Stiel/Riegel im Eckbereich h = 112.0 cm
 Breite einer Stielhälfte bs = 7.0 cm
 Breite Riegel br = 11.2 cm

Ausbildung der Biegesteifen Ecke mit Dübeln

Dübeltyp A

Durchmesser d = 65.0 mm
 zul Kraft/Dübel paar zul F = 15.3 kN
 für Winkel (Kraft-Faserrichtung) = 90 Grad

Schnittgrößen im Eckpunkt (Stiel)

LF Nr.	LF-Art	Q kN	N kN	M kNm
1	H	- 18.00	- 44.30	- 95.60

Anordnung der Dübel besonderer Bauart

Überstand		Randabstand		Außenkreis			Innenkreis		
max. cm	gew. cm	min. cm	grw. cm	Radius cm	Dübel max.	gew.	Radius cm	Dübel max.	gew.
8.5	8.5	5.5	8.0	48.0	21	20	34.0	15	15

Dübelbelastung

Schubspannung

Querzug

Punkt 1 Punkt 2
 0.513 0.555

Punkt 1 Punkt 2
 0.491 0.482

Punkt 1 Punkt 2
 - 0.484 - 0.507

Anmerkung:

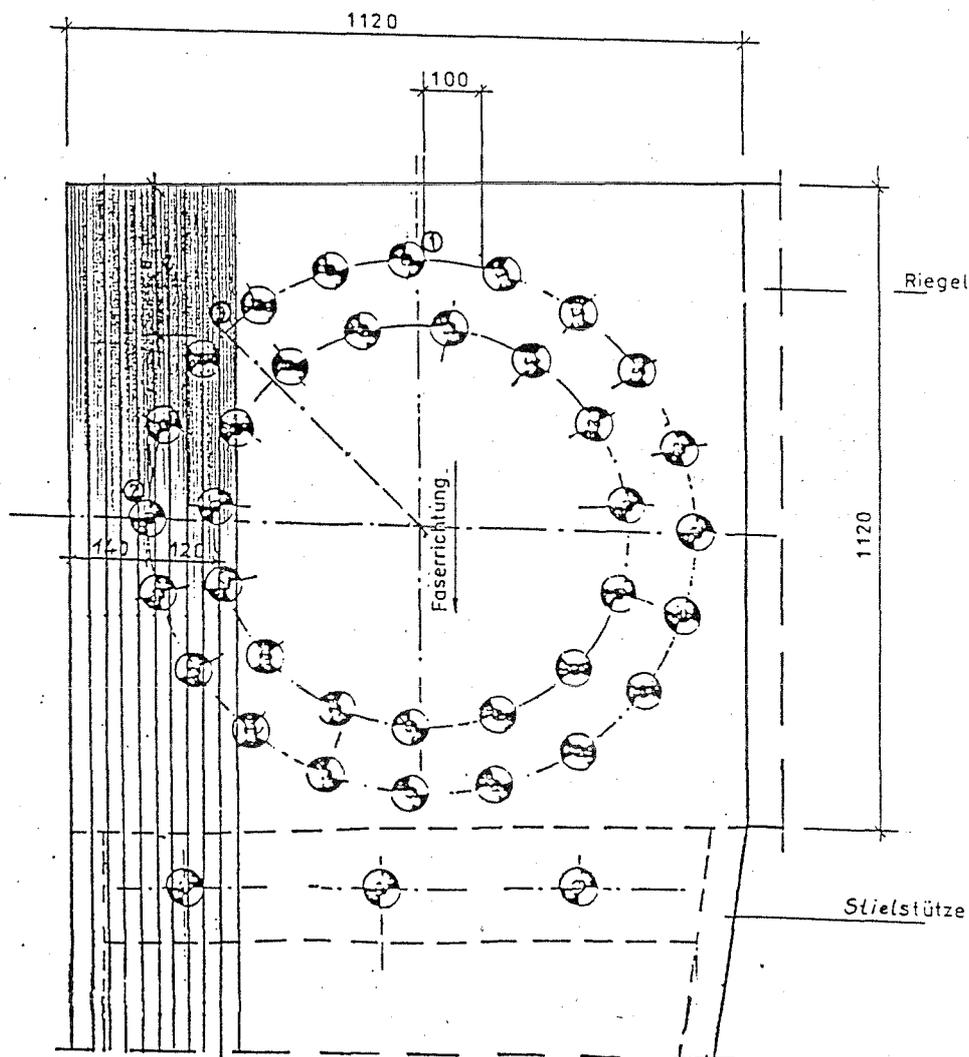
¹⁾ Mit - 0,481 und - 0,507 ist eine 50 %ige Querzugauslastung gegeben. Bei diesem Auslastungszustand scheidet überhöhte Querzugbelastung als Schadensursache aus.

3. Untersuchungsobjekte und Prüfmethodik

Gegenstand der Untersuchungen sind die Eckbereiche von Zweigelenkrahmenbindern in Brett-schichtholzbauweise, eingebaut in Mehrzweckhallen. Diese Rahmenecken der zwei-teiligen Stützen werden mit Einlaßdübel Typ A 65 als Doppelkreis angeordnet verbunden. Die in diesem Bereich vorab festgestellten Schäden in Form von Rissen sind Veranlassung für eine systematische Bestandsaufnahme der vorliegenden Schadensbilder in ausgewählten Hallenobjekten.

Entsprechend den örtlichen Gegebenheiten, die sich aus der Hallennutzung ableiten, und den konstruktiven Maßnahmen in Form von Oberflächenbehandlung bzw. Oberflächenverkleidung der Stützenbereiche ist die Prüfmethodik festgelegt. Ausschließlich visuelle Begutachtungen der Eckbereiche und stichprobenartige Messungen ausgewählter Schäden sind Grundlage der systematischen Schadenserfassung.

Rahmenecke



4. Ergebnisse, Aus- und Bewertung

4.1. Erläuterungen zu den ausgewählten Mehrzweckhallen

Die ausgewählten Objekte in der Zusammenstellung Tabelle 1 umfaßten 8 Standorte mit 21 Mehrzweckhallen, 201 Stück Rahmenbinder mit 804 Stützen-Eckbereichen.

Aus diesem Angebot konnten 6 Mehrzweckhallen (Nr. 3.4 und 5), 54 Rahmenbinder nur allgemein in Augenschein genommen werden, da die betreffenden Stützen-Eckbereiche abgedeckt und somit nicht zugänglich waren. Weitere 5 Mehrzweckhallen (Nr. 8) mit 65 Rahmenbindern waren 1991 als Markthallen farblich saniert worden. An diesen Rahmenecken zeigten sich nur wenige kleine ($< 1,0$ mm breite) Risse. Zudem dürften kleine Risse durch die Farbbehandlung verdeckt worden sein.

4.2. Schadenserfassung

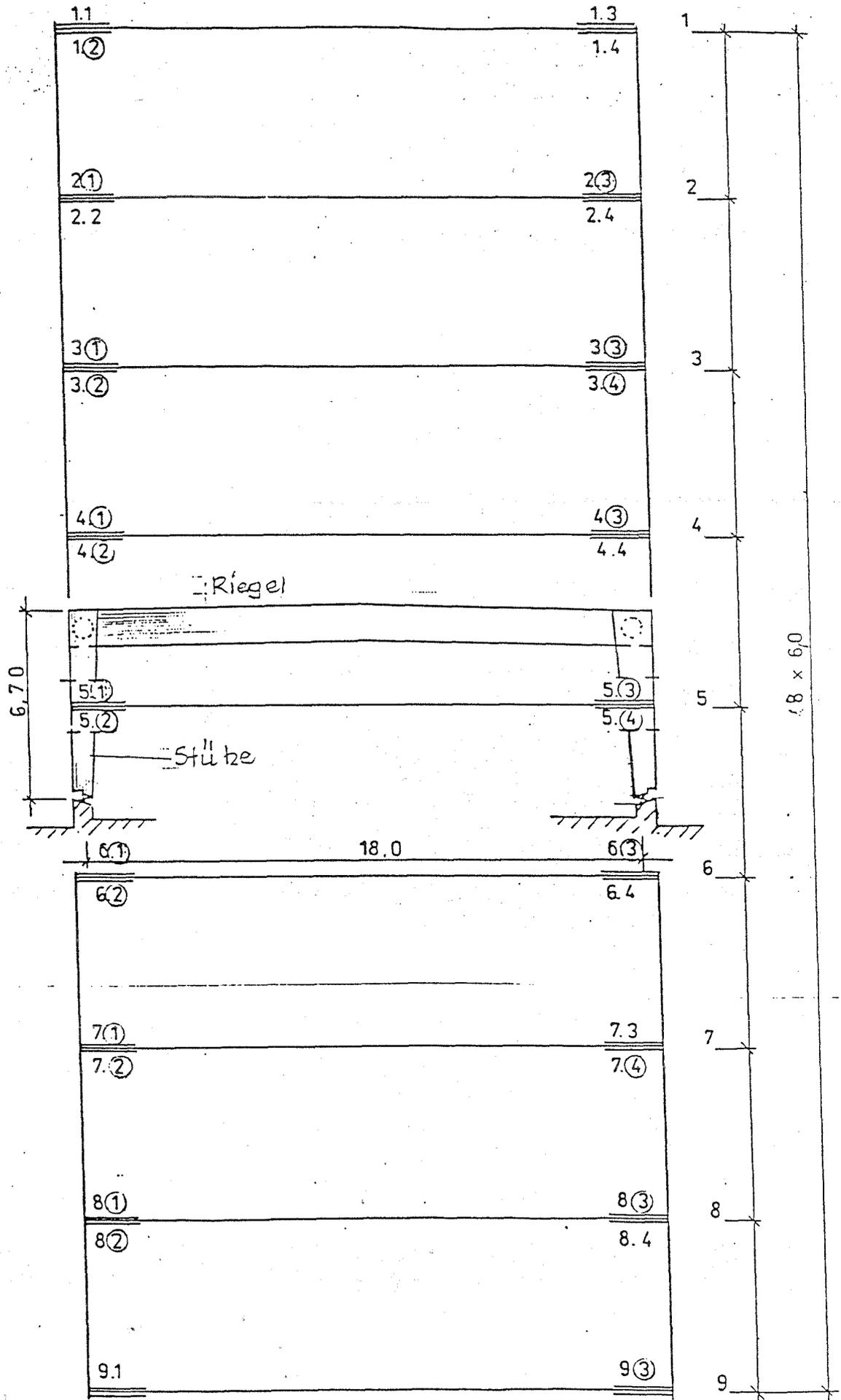
Die nachfolgenden Übersichten- und Erfassungsblätter Seite 18 bis 35 mit den Objekten:

Nr. 1/1	Lagerhalle Hermsdorf
Nr. 2/1	Produktionshalle Leipzig
Nr. 120/1 bis 120/4	Lagerhallen Werder
Nr. 130/1 bis 130/3	Lagerhallen Werder

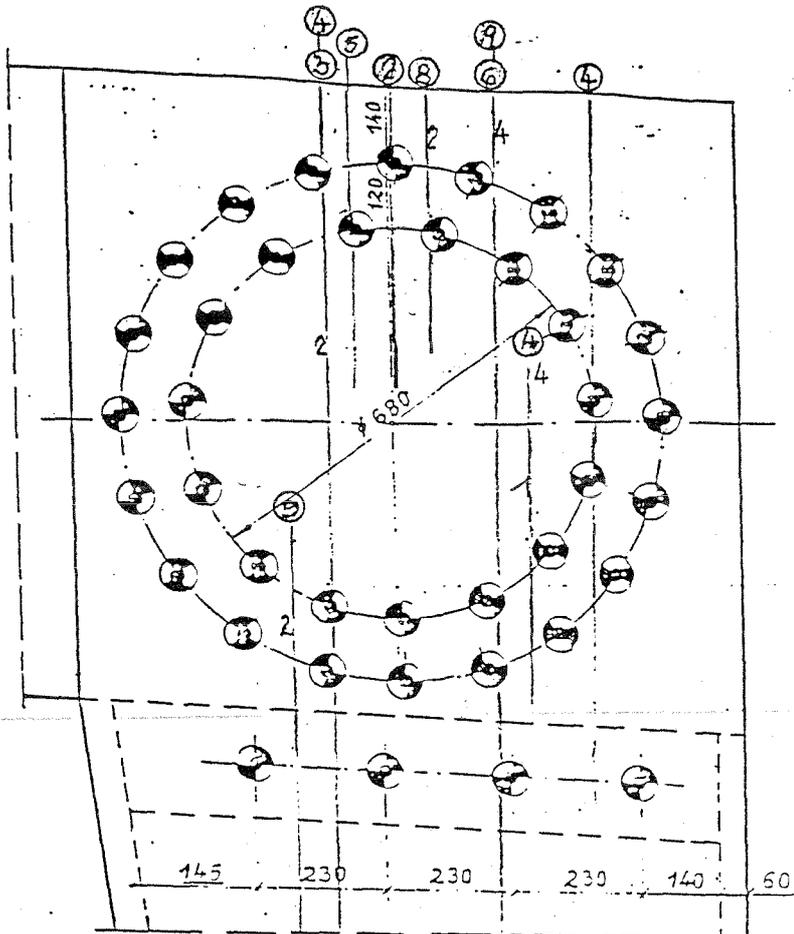
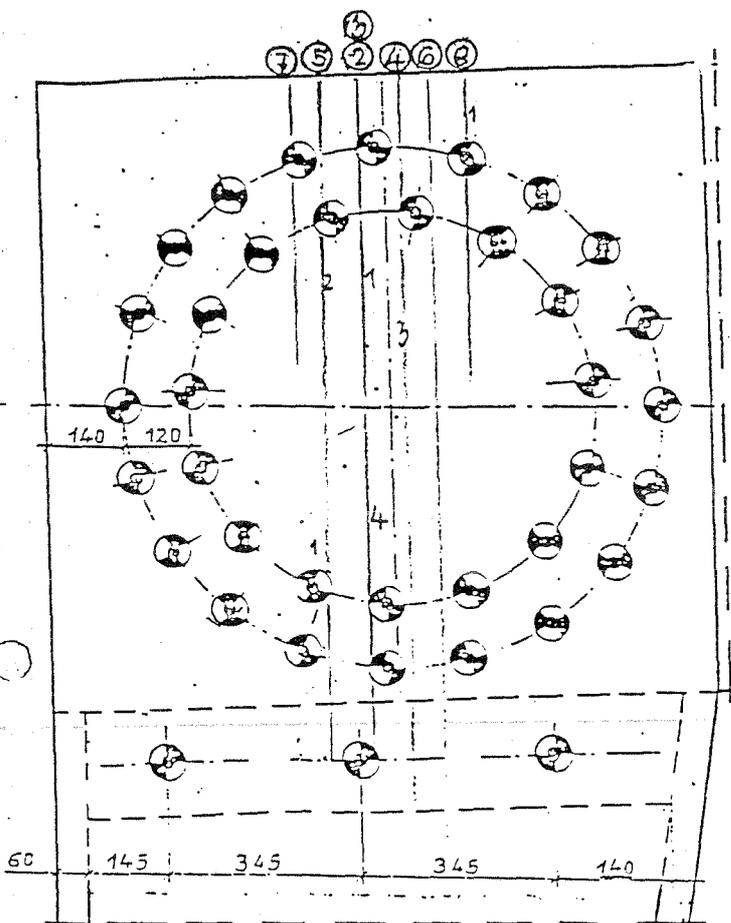
beinhalten die Lage der mit Rißschäden versehenen Stützen-Eckbereiche der Rahmenbinder. Dazu gehörig jeweils ein Erfassungsblatt als Zusammenfassung der Rißschäden in ihrer örtlichen Lage. Diese Zusammenfassungen basieren auf den Erfassungsblättern je Rahmenbinder nach Anhang 1.

Auf diese Weise wurden 82 Rahmenbinder mit 328 Rahmenecken visuell überprüft und erfaßt.

Ableitend aus Tabelle 1 lfd. Nr. 1, 2, 6 und 7 sowie den Erfassungsblättern wurden an 156 Eckbereichen Rißschäden unterschiedlicher Größe festgestellt.

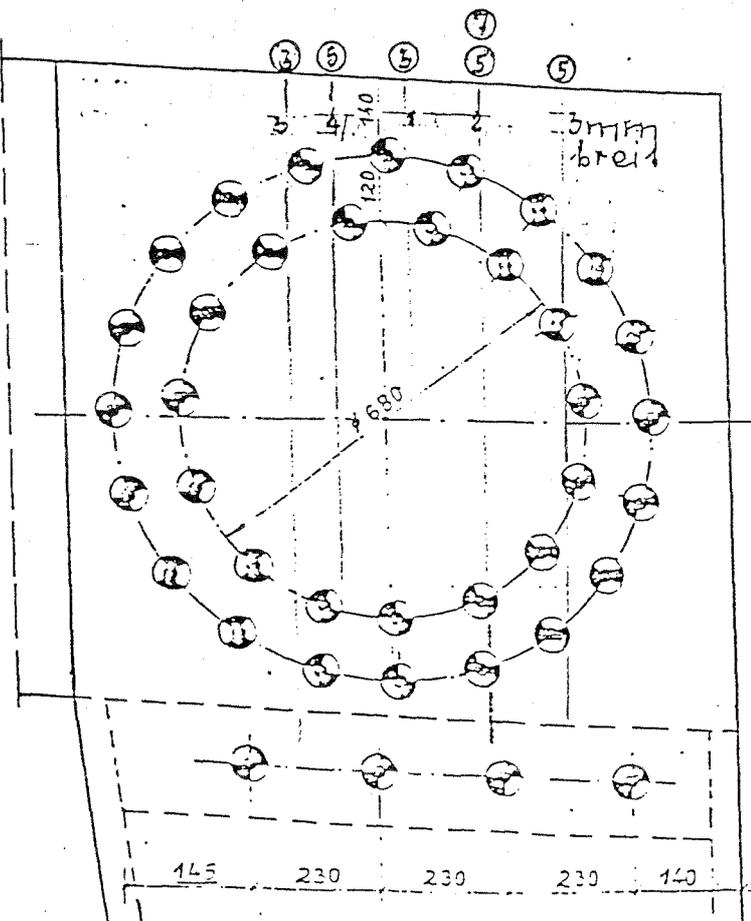
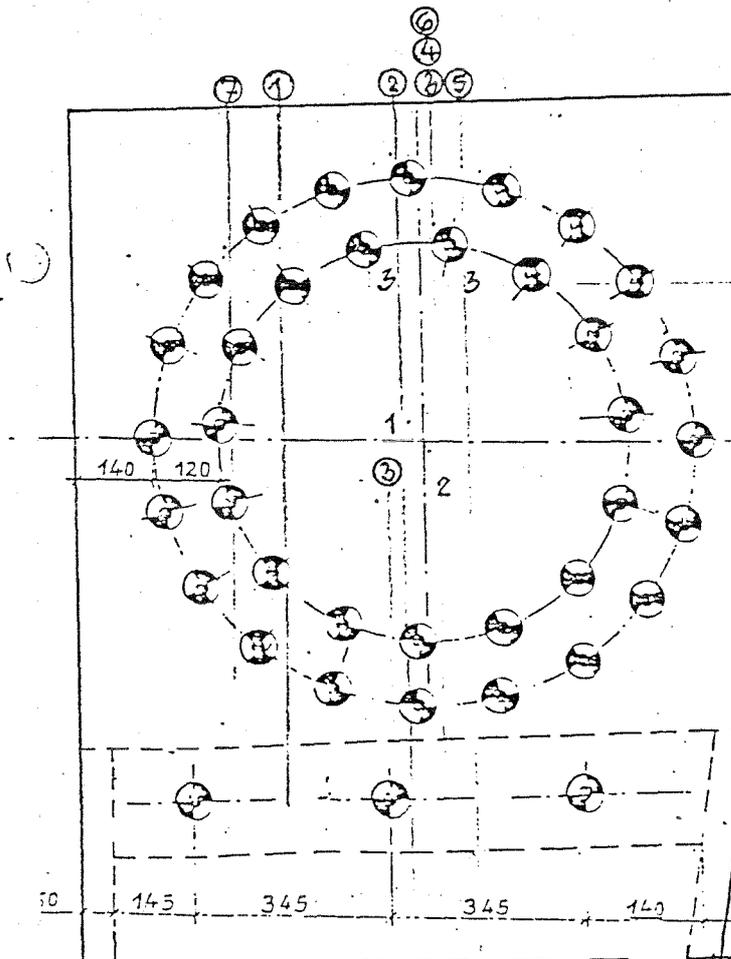


Anmerkungen: ○ Längsrisse von Oberfläche Stütze

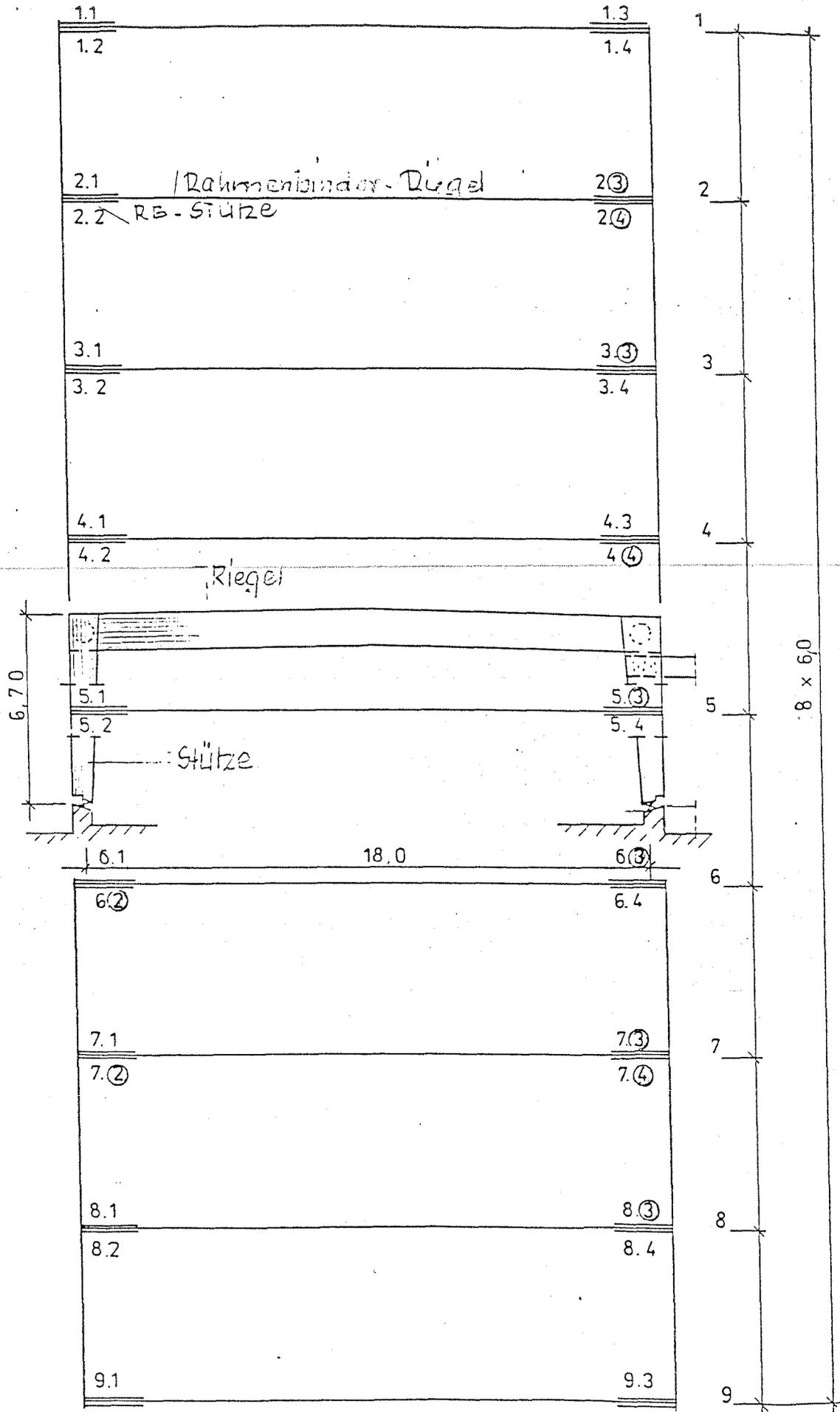


RE-Nr.: /2

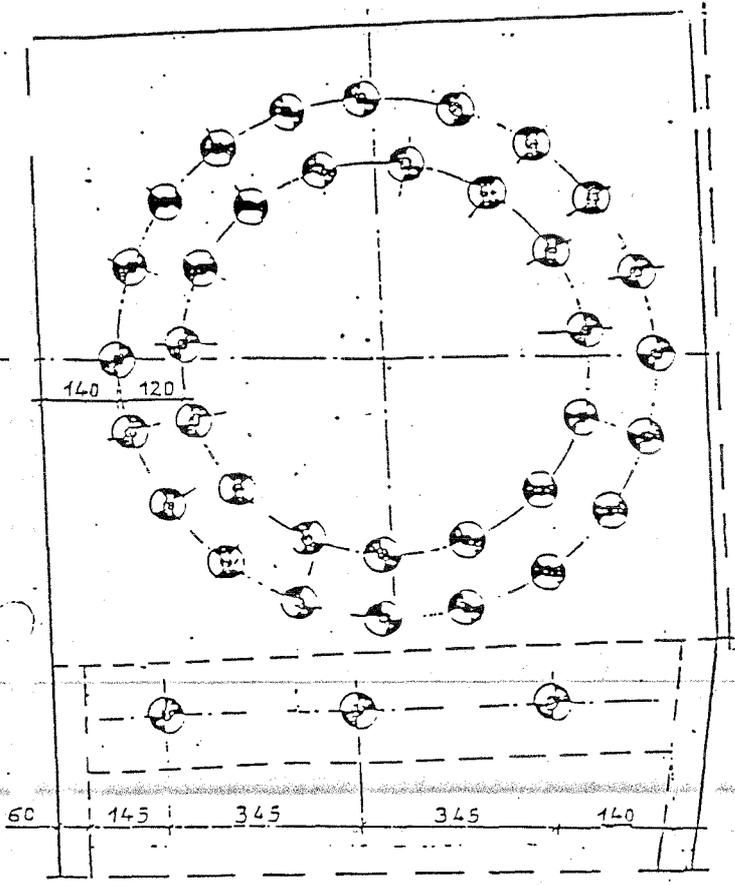
14



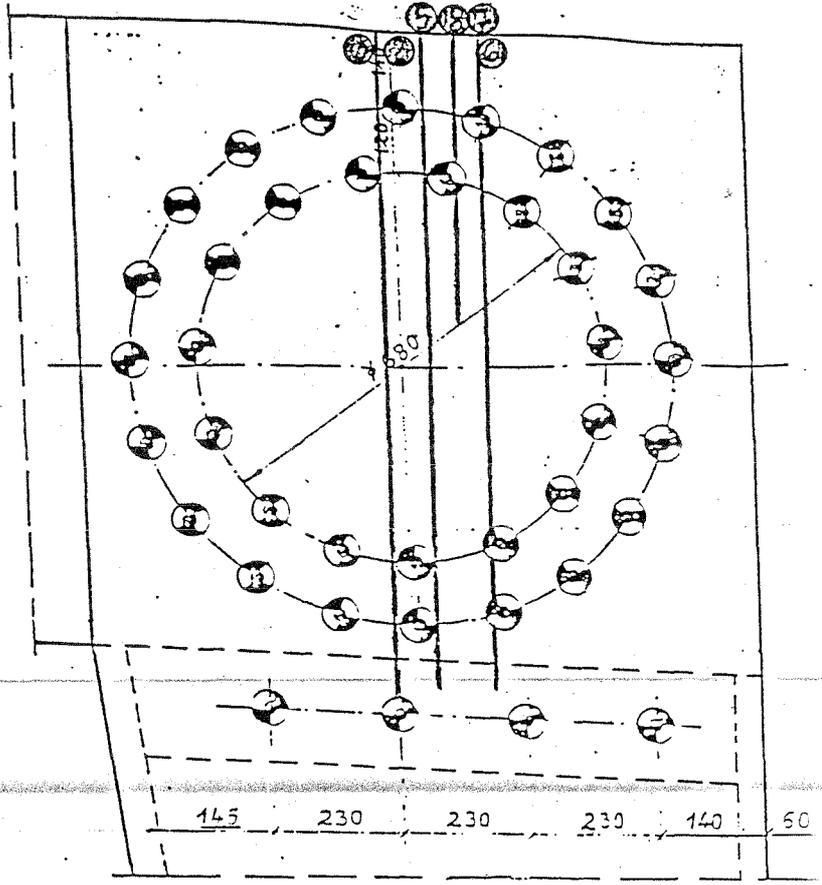
Anmerkungen: ○ Längsrisse von Oberkante Stützenquerschnitt



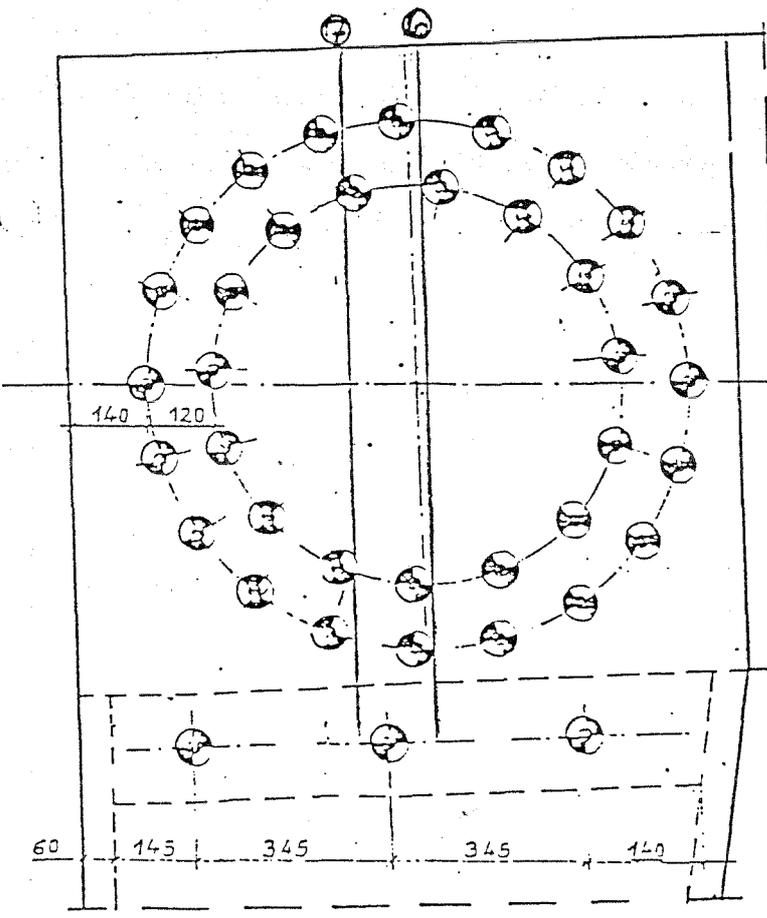
Anmerkungen: ○ Risse von Oberfläche Stütze



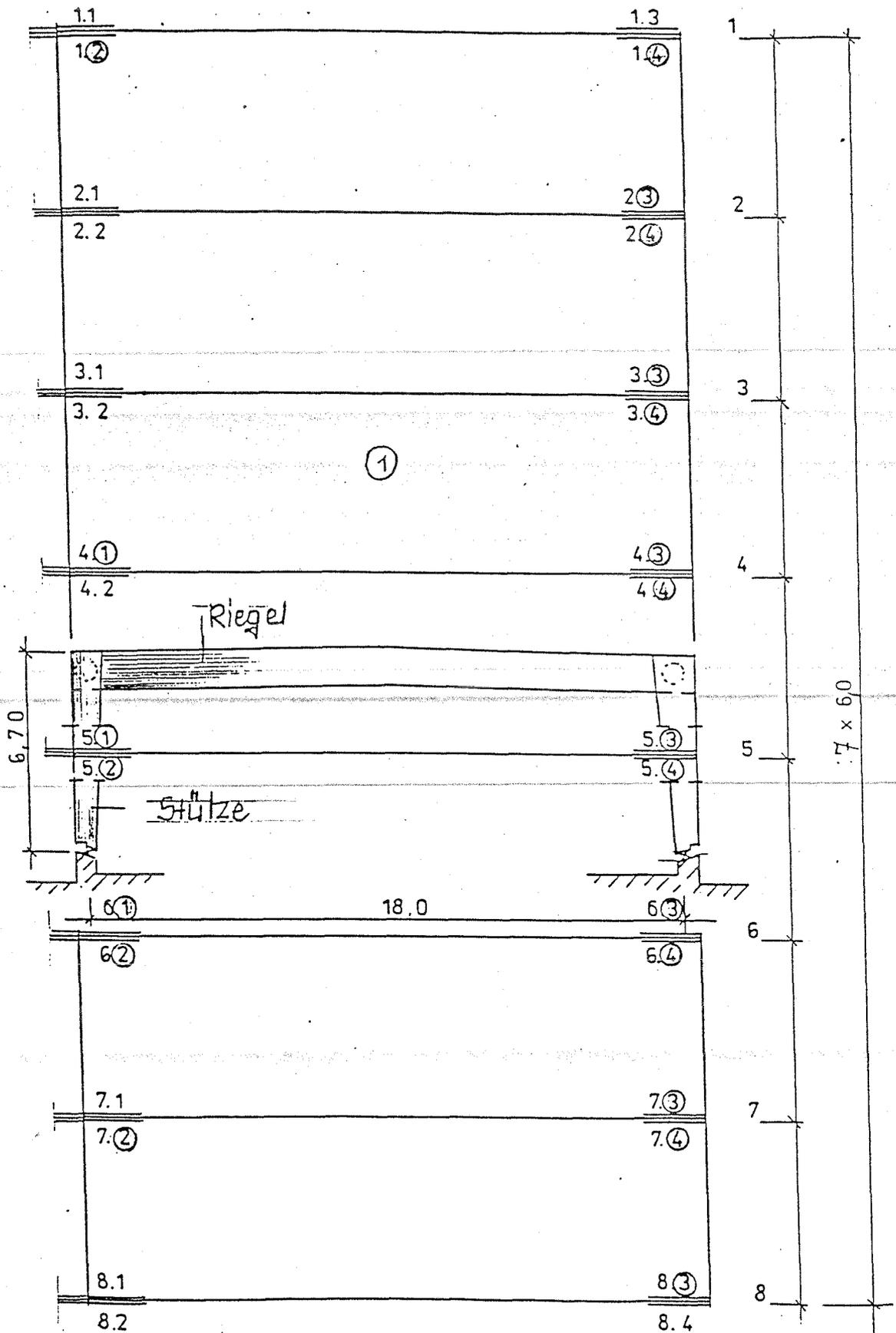
RE-Nr.: 6, 7 / 2



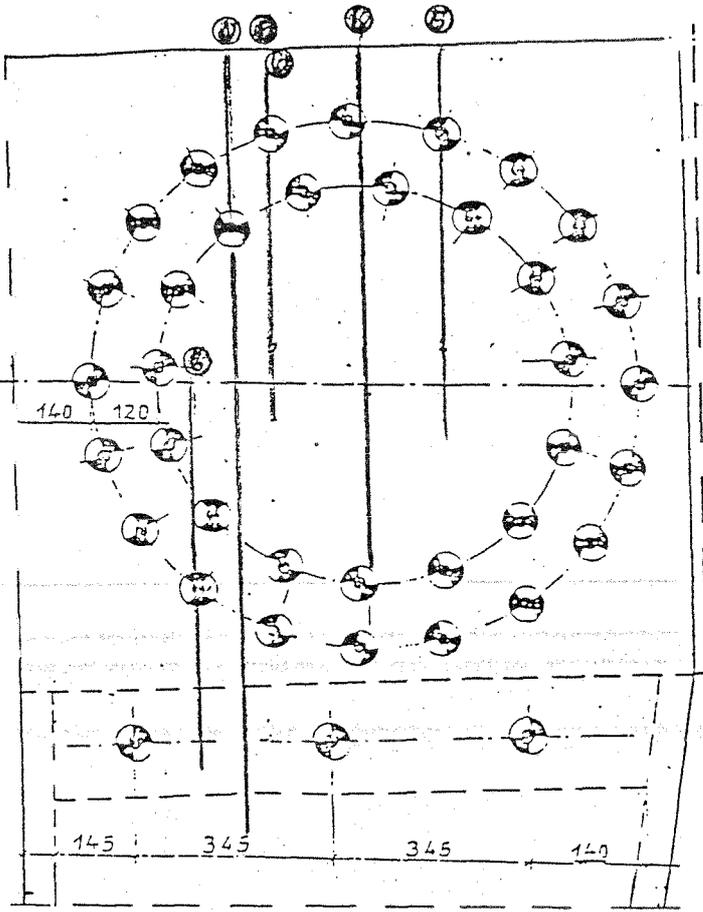
2, 4, 7, 8 / 4



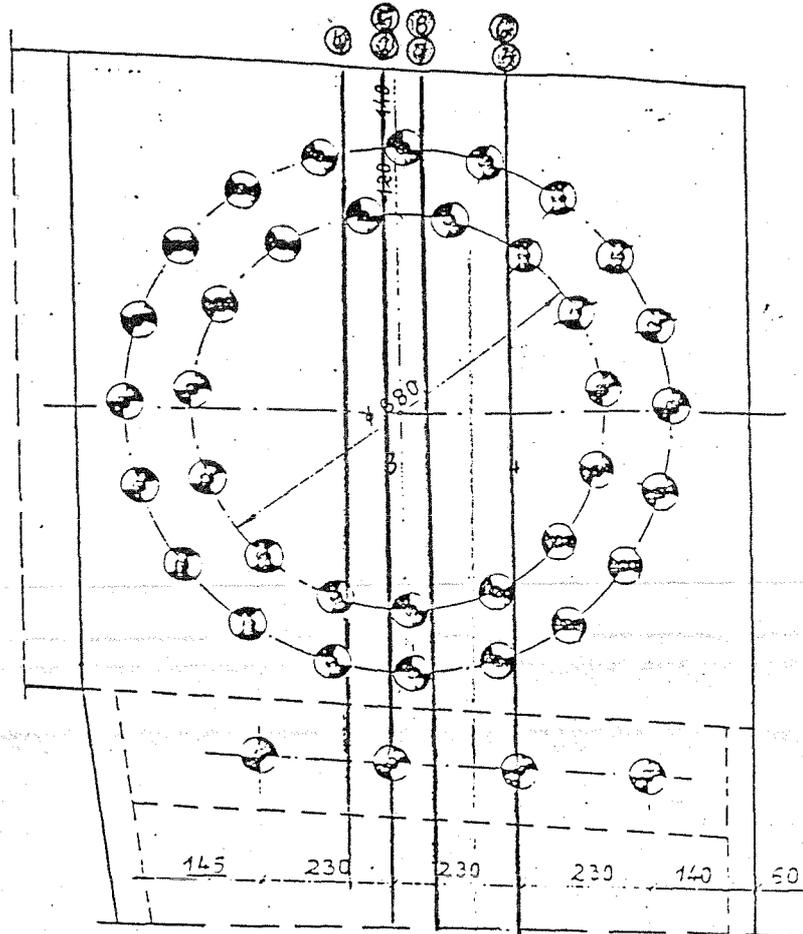
Anmerkungen: ○ Risse von Oberfläche Stütze



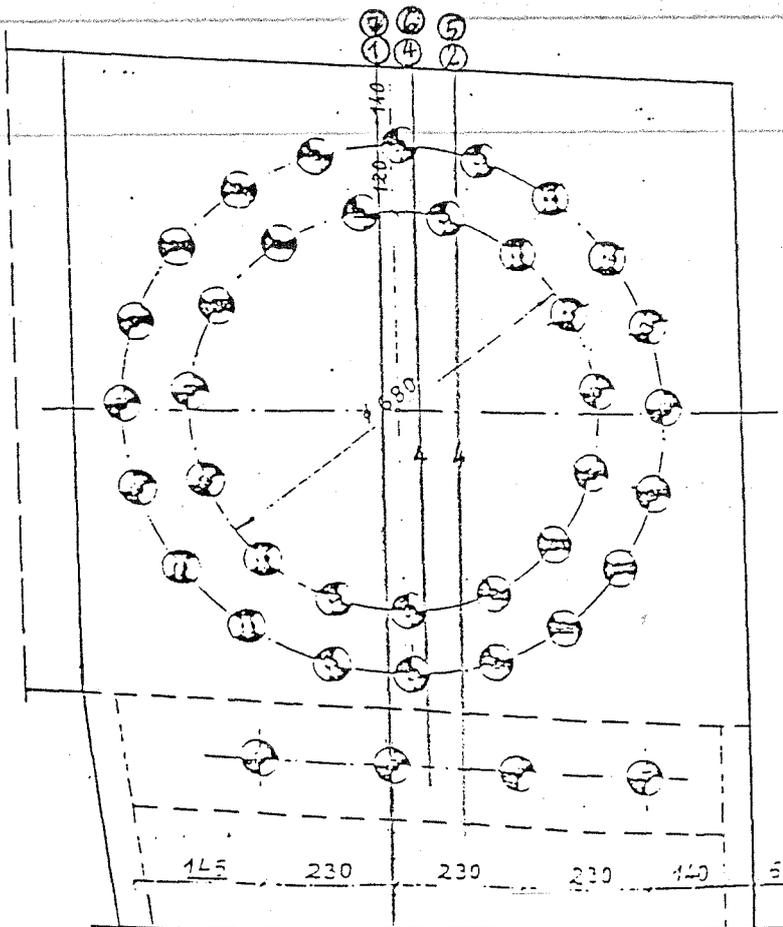
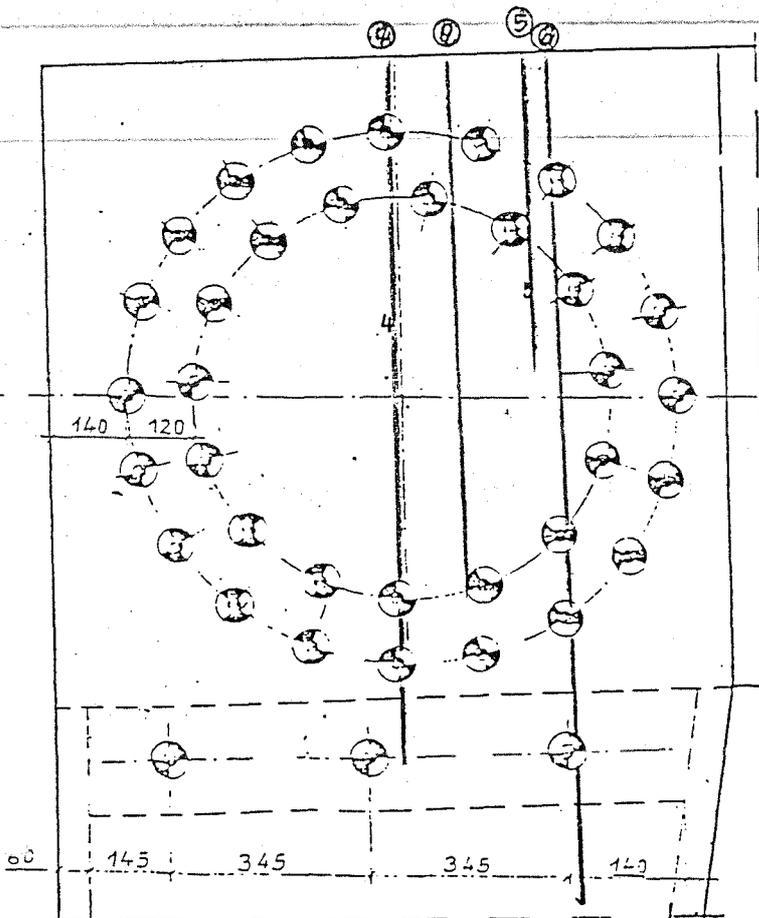
Anmerkungen: ○ Risse von Oberfläche Stütze



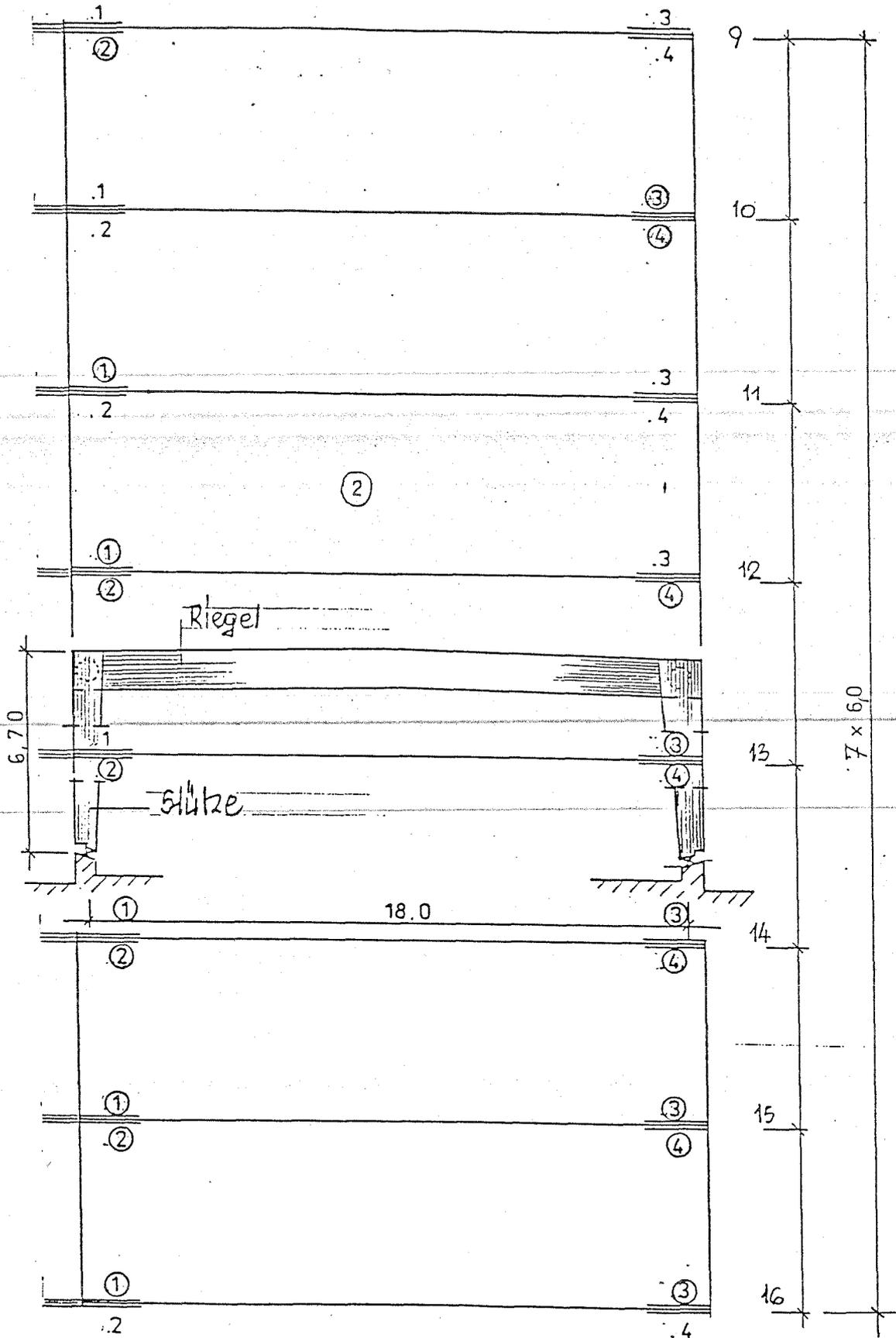
RE-Nr.: / 2



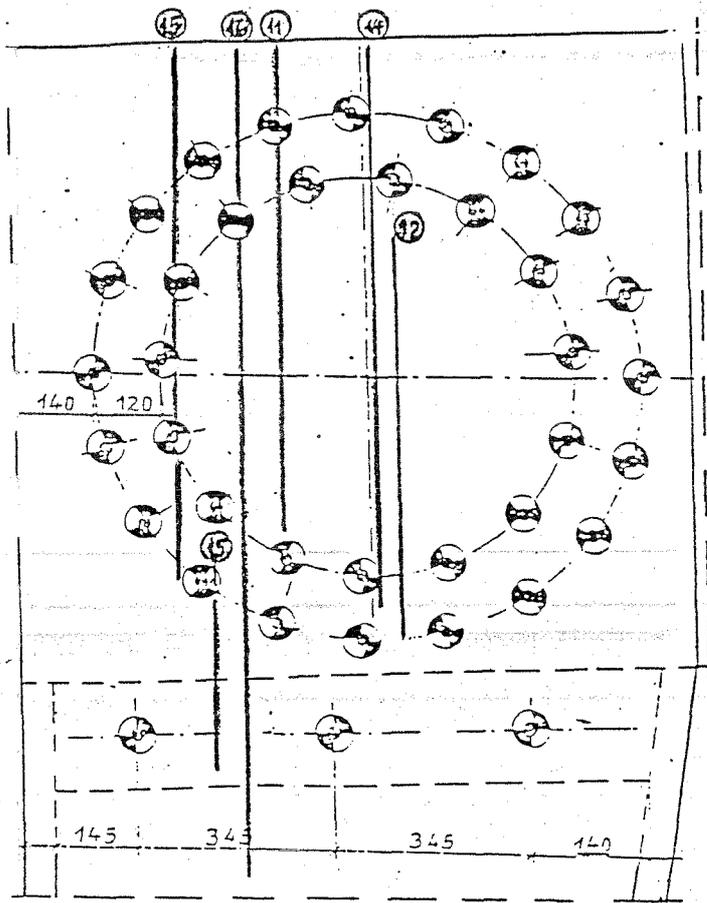
/ 4



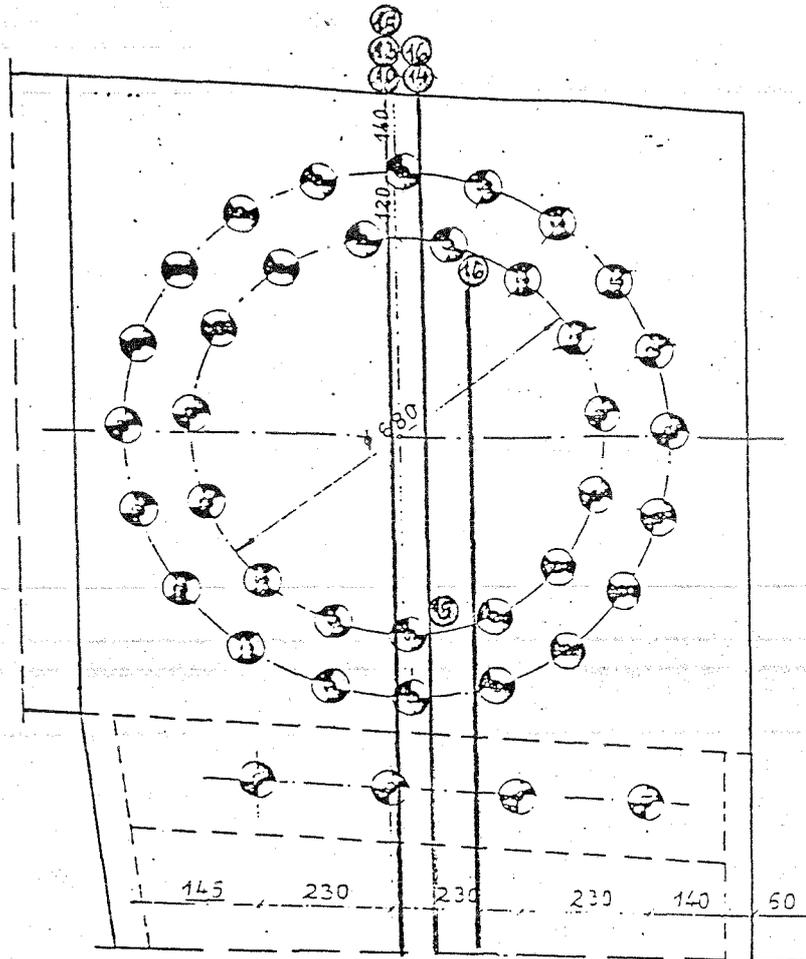
Anmerkungen: ○ Risse von Oberfläche Stütze



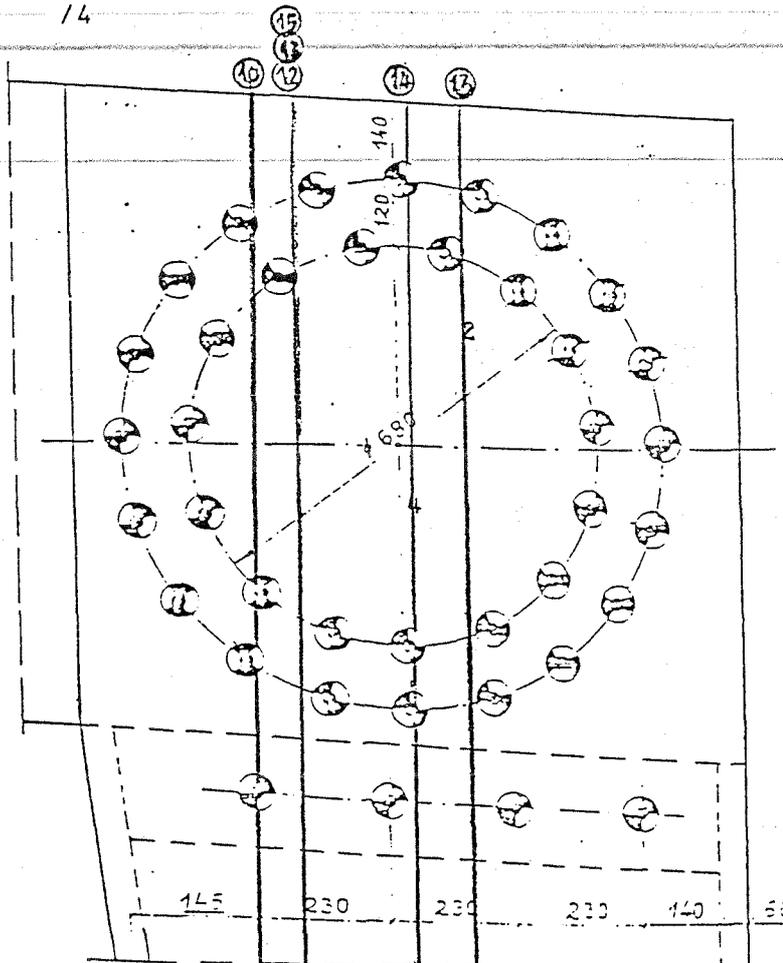
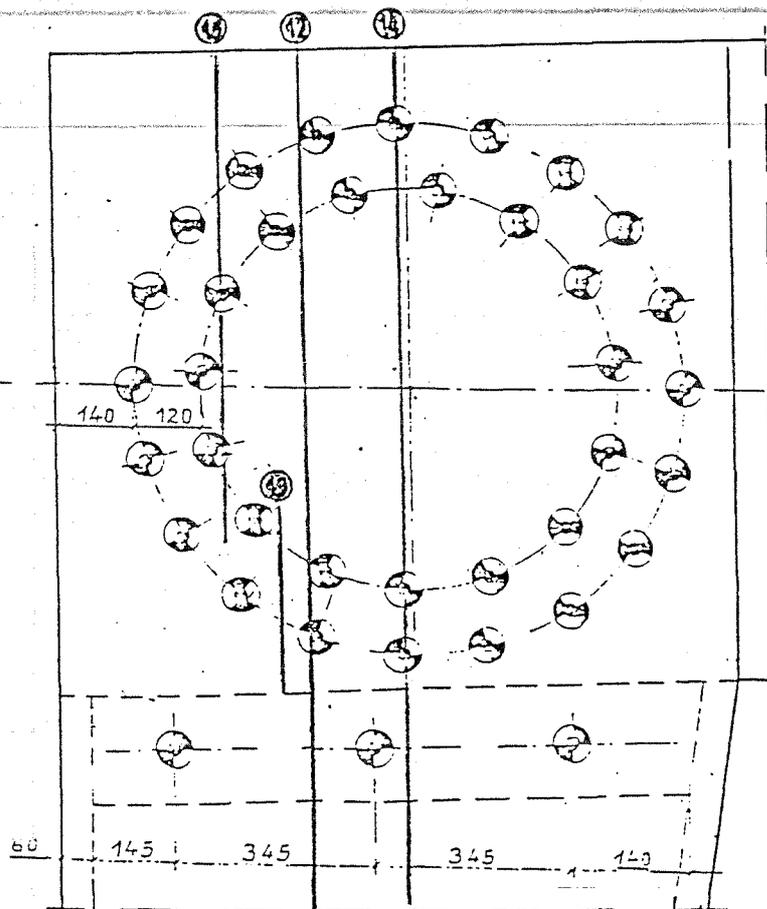
Anmerkungen: ○ Risse von Oberfläche Stütze



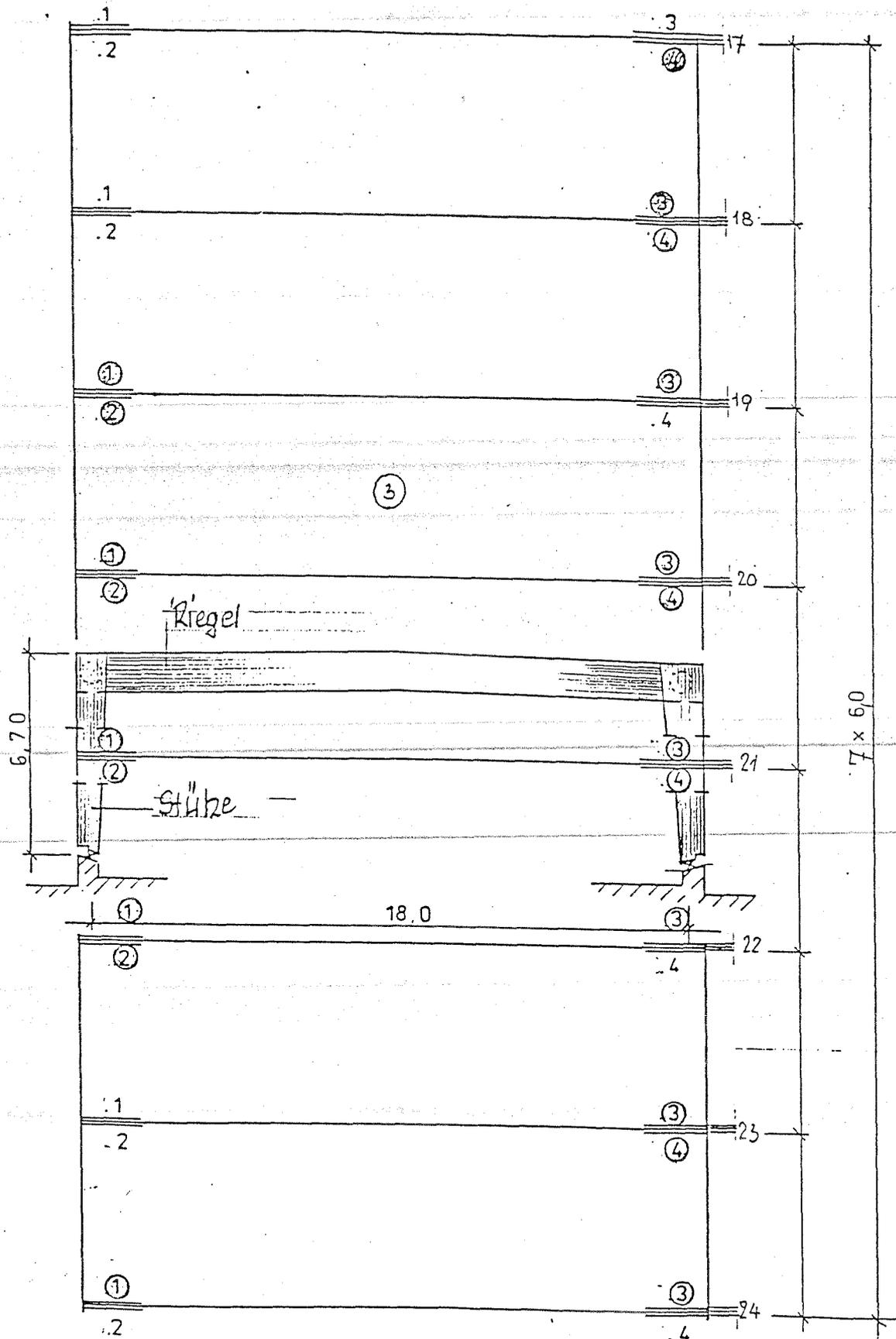
RE-Nr.: /2



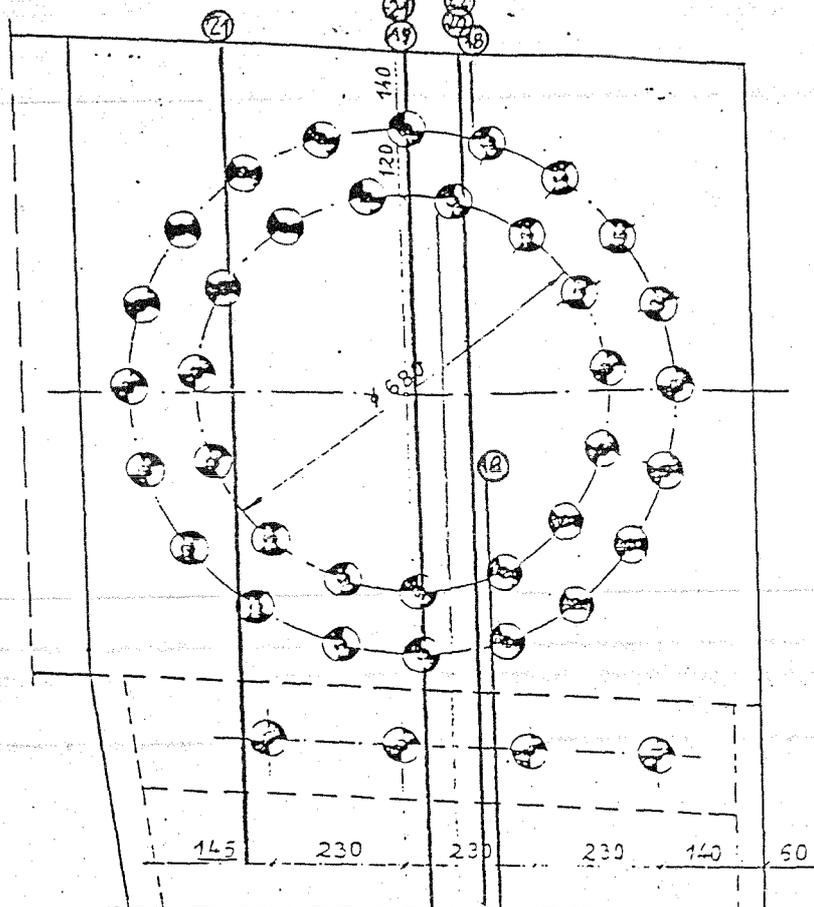
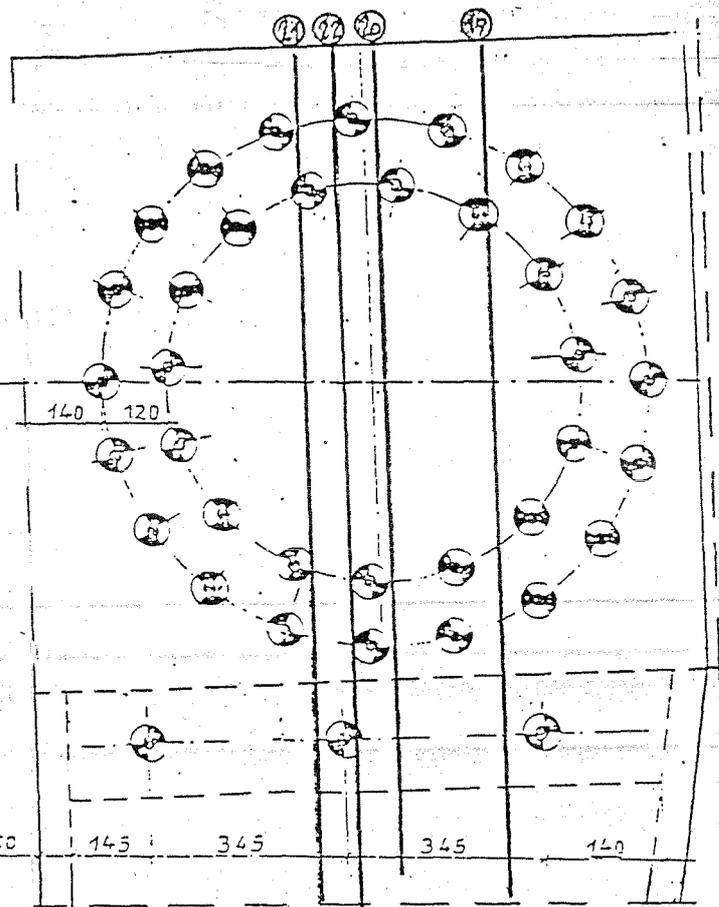
/4



Anmerkungen: ○ Risse von Oberfläche Stütze

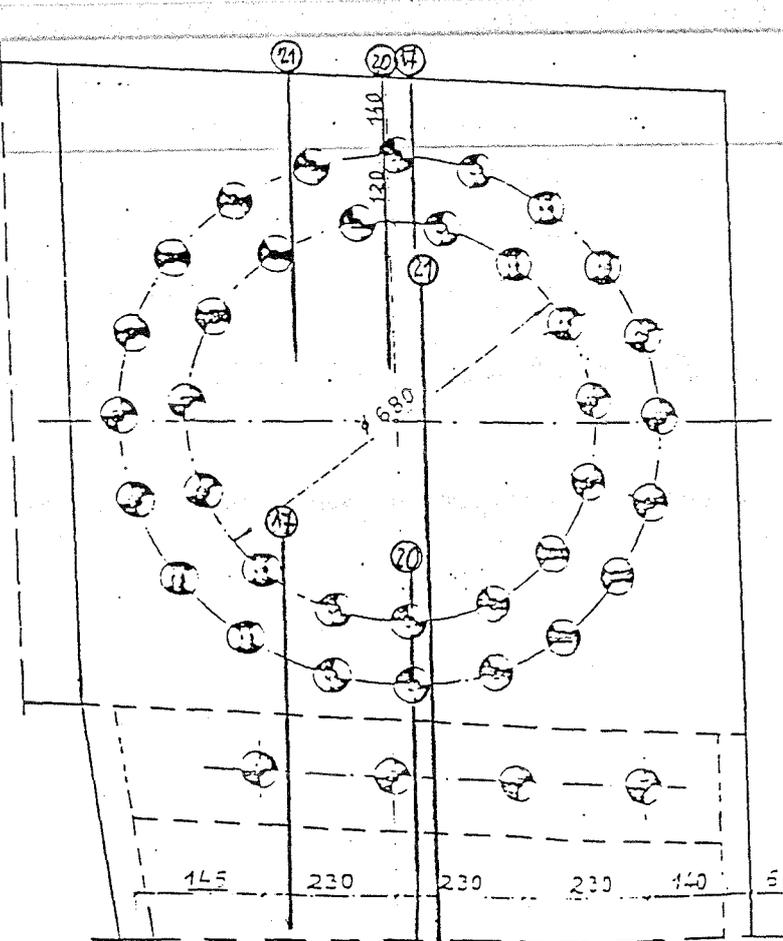
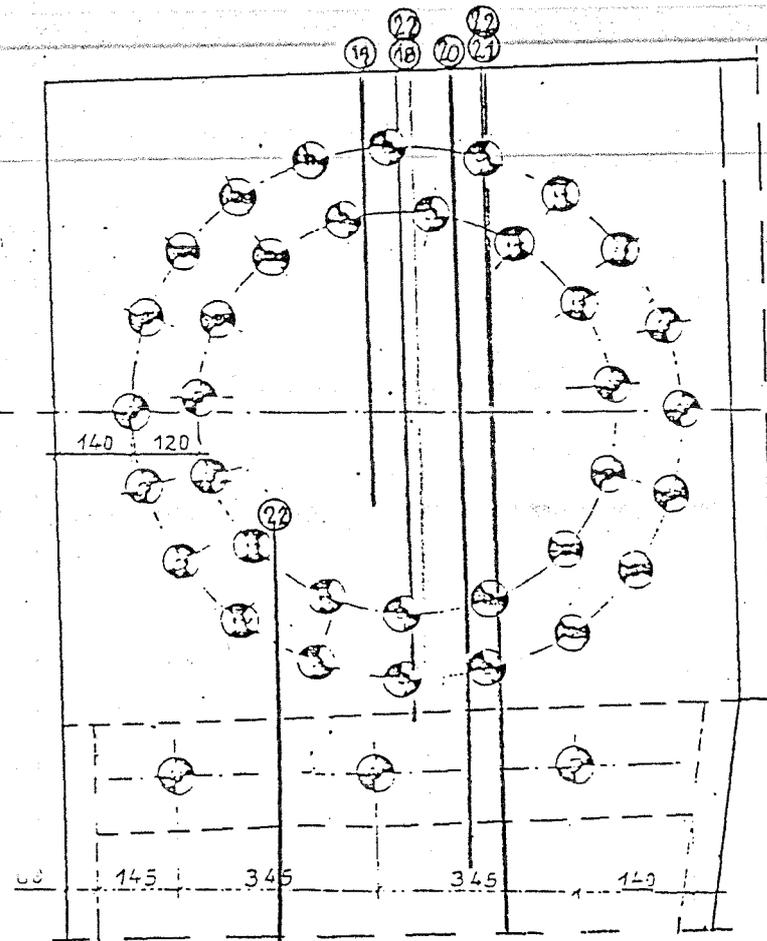


Anmerkungen: ○ Risse von Oberfläche Stütze

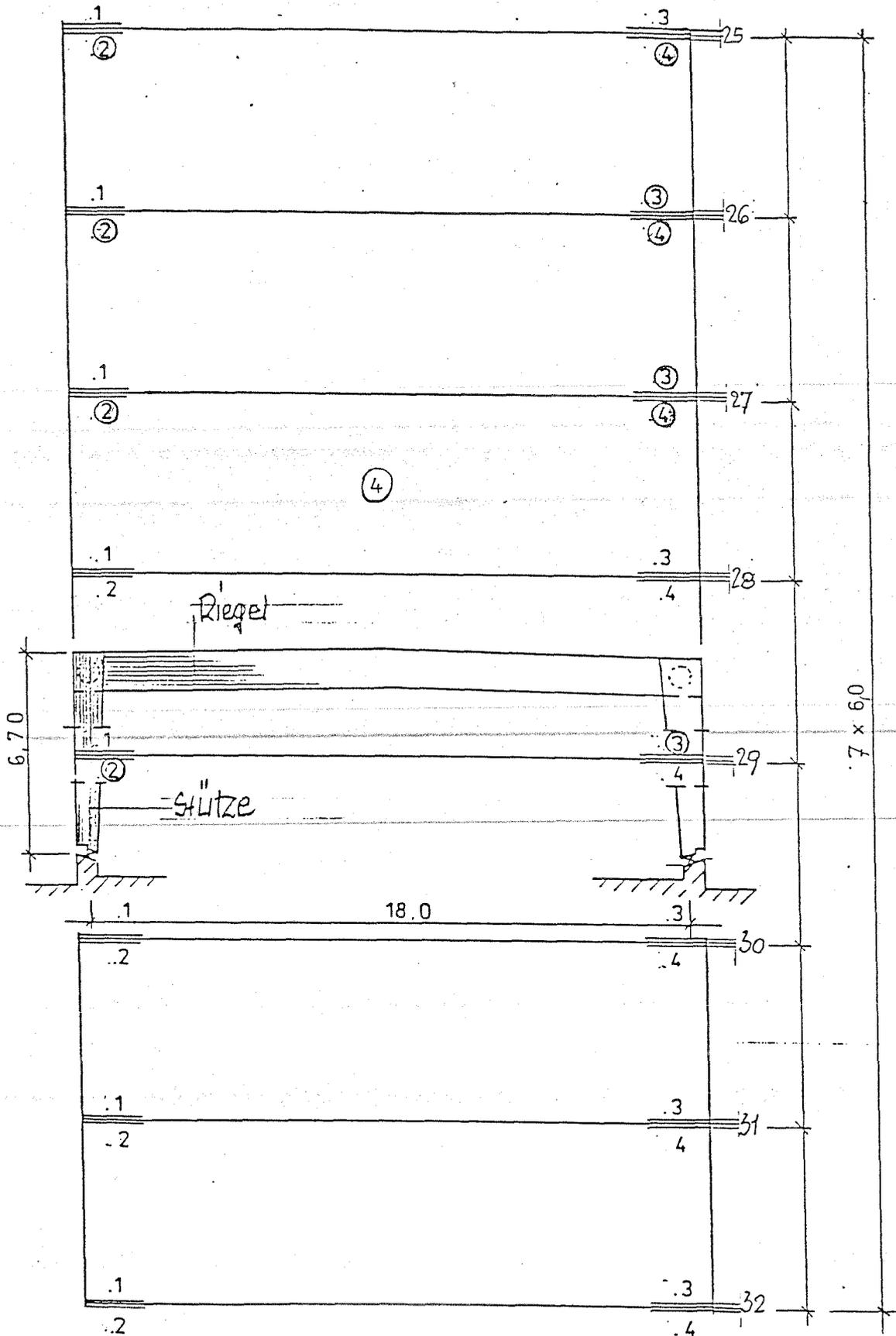


RE-Nr.: / 2

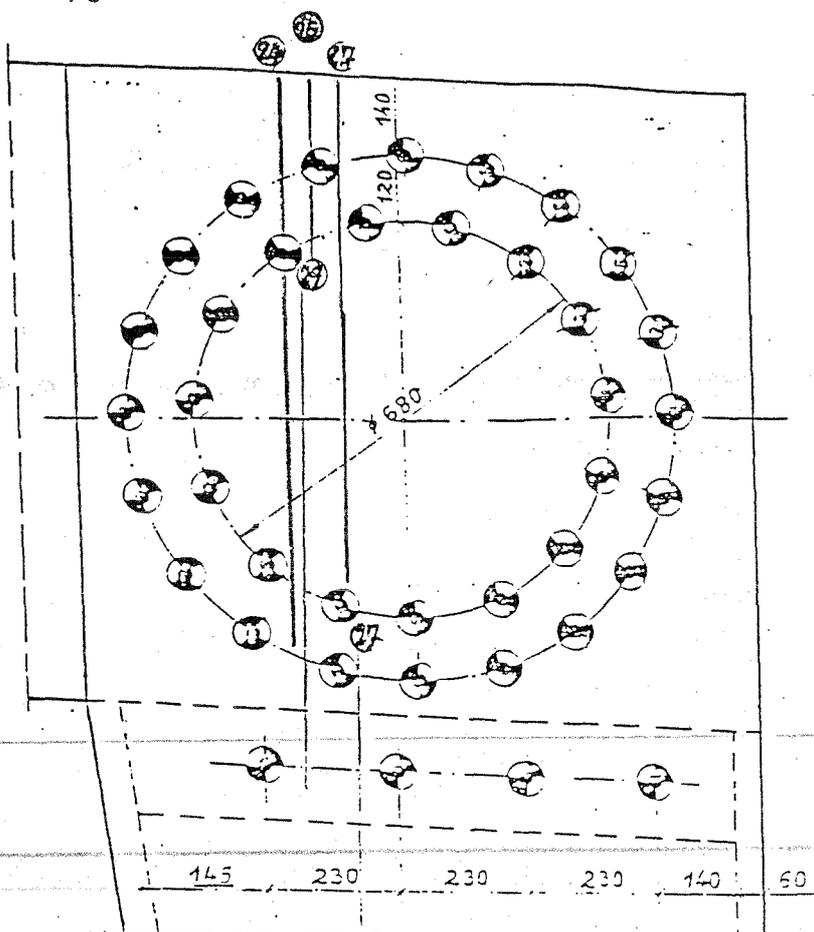
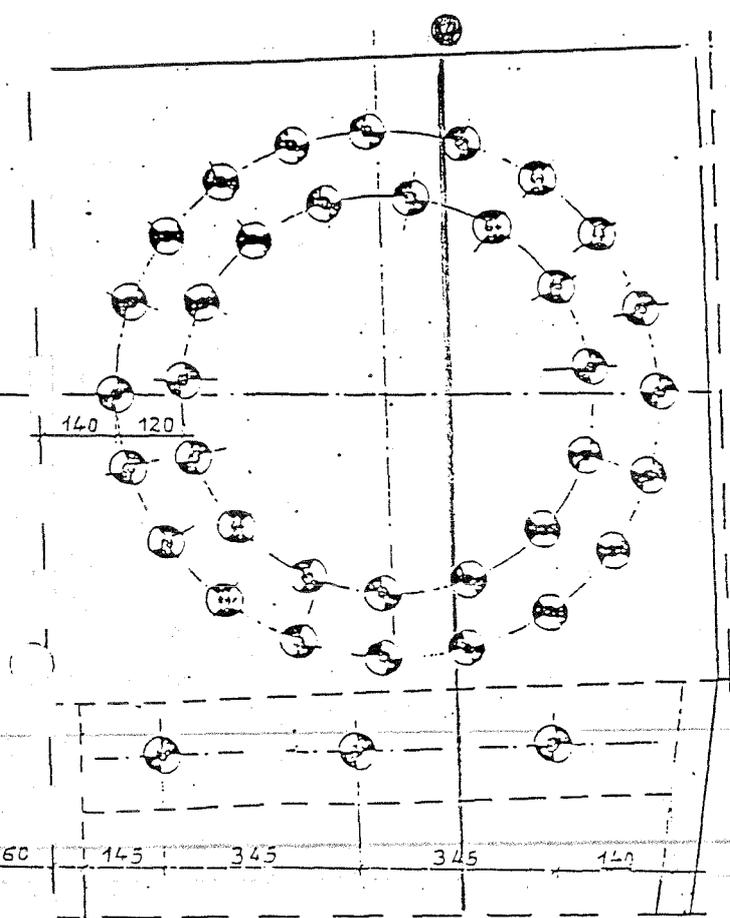
/4



Anmerkungen: Risse von Oberfläche Stütze

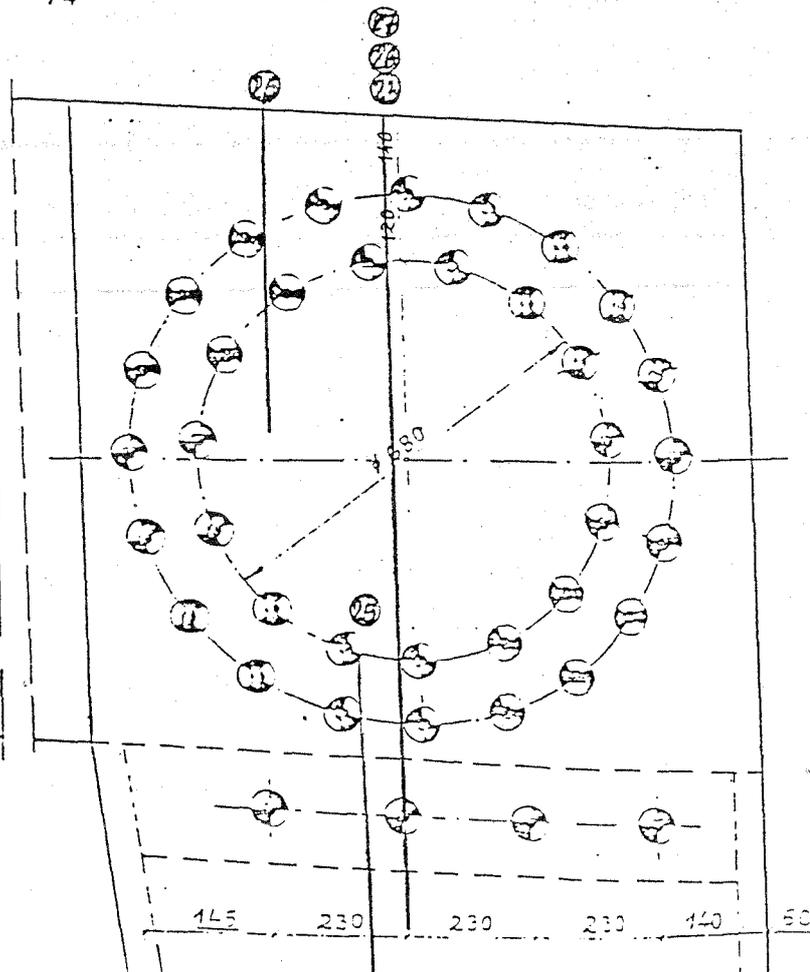
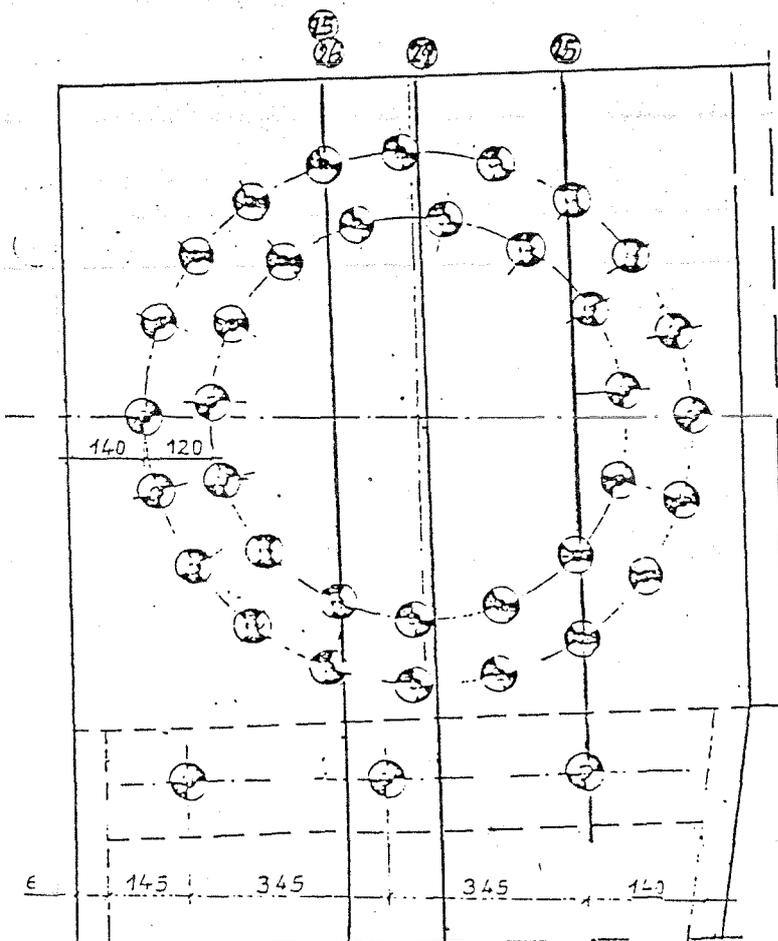


Anmerkungen: ○ Risse von Oberfläche Stütze

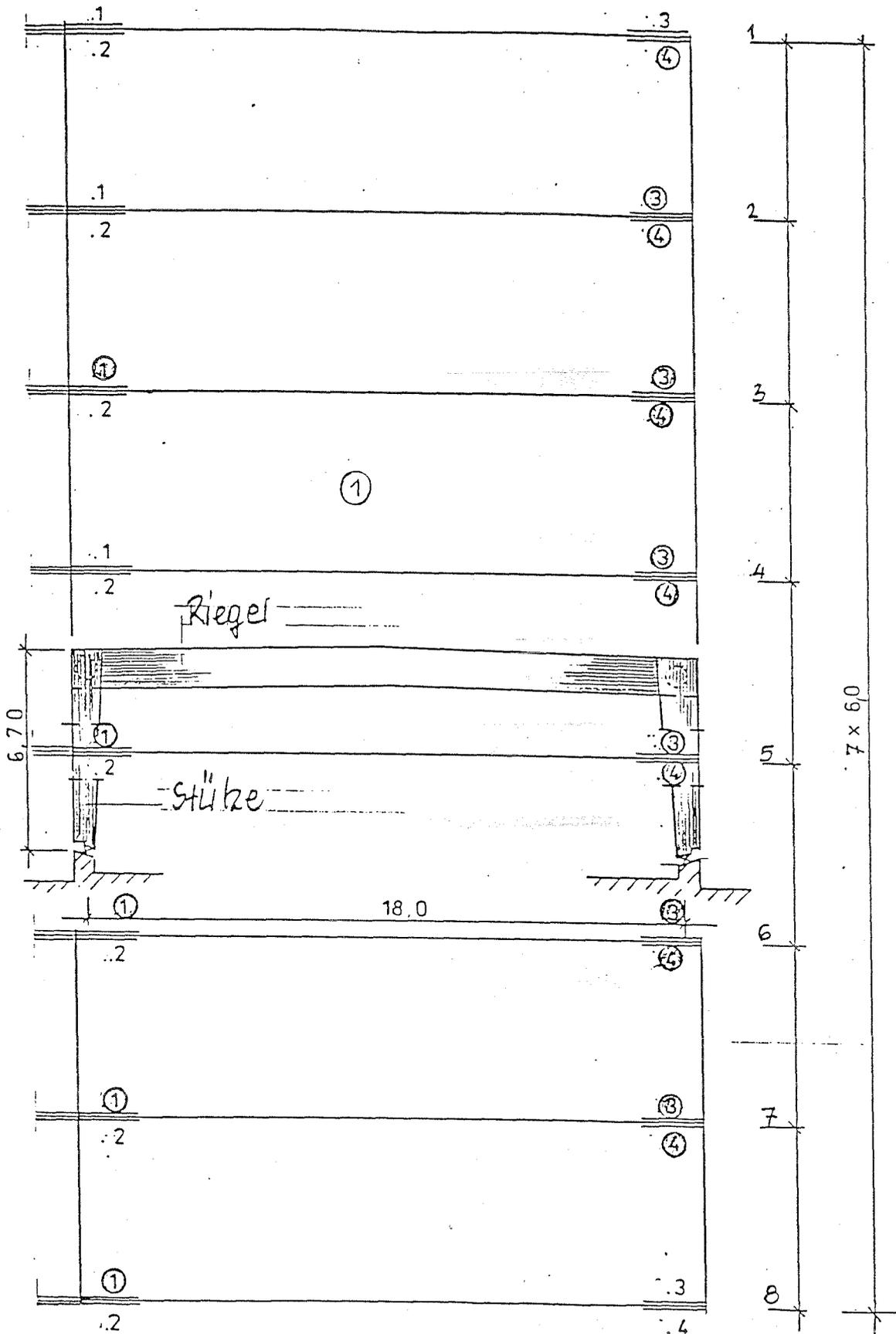


RE-Nr.: /2

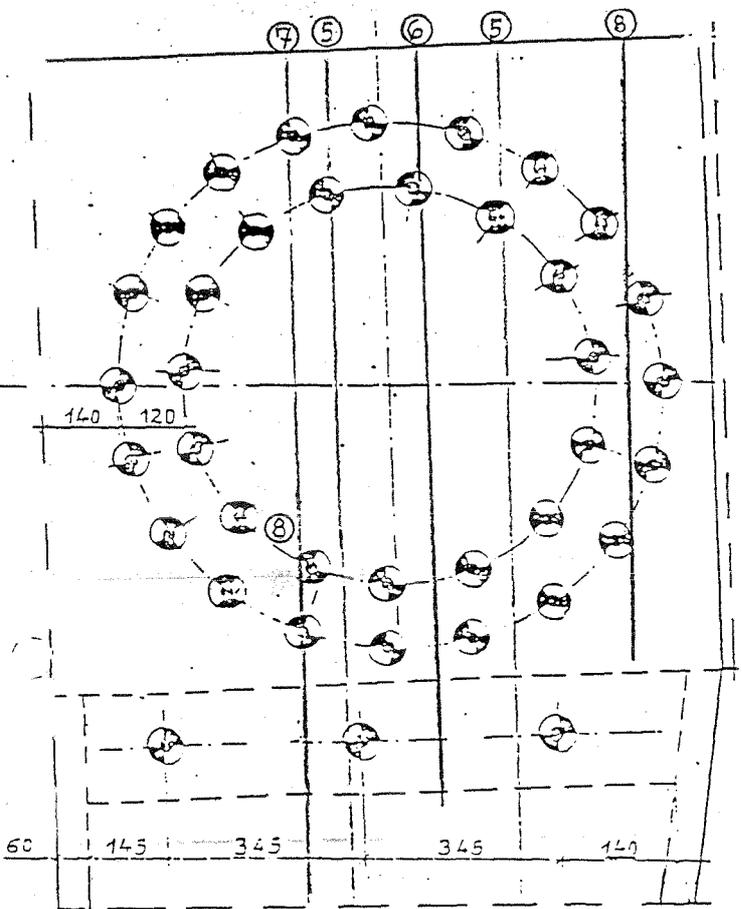
/4



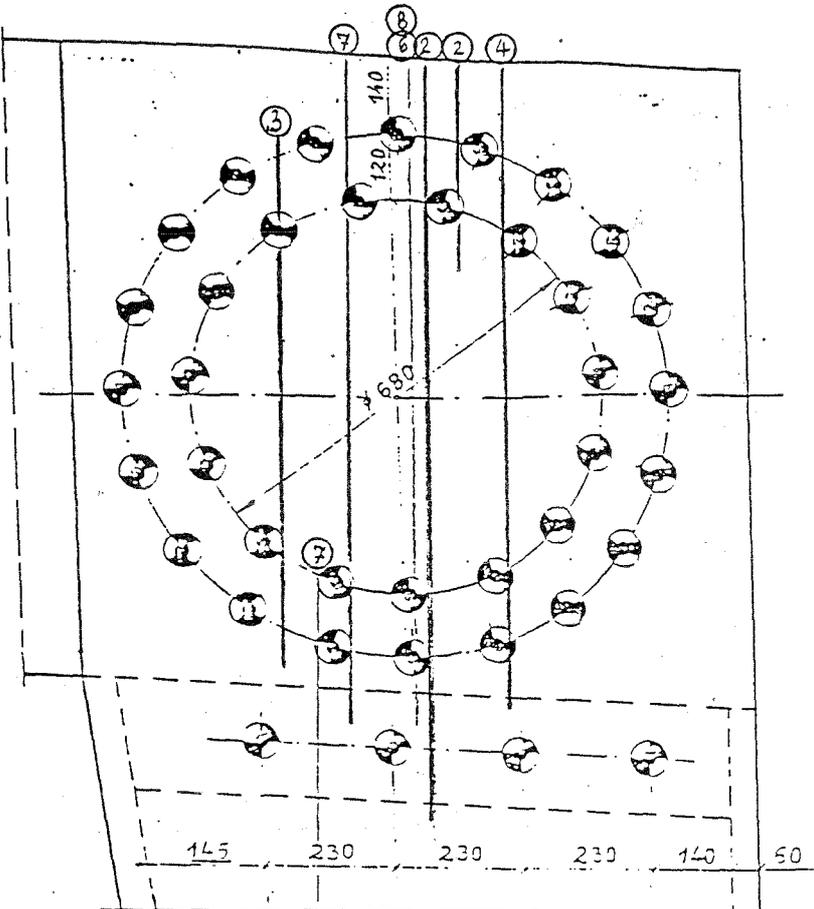
Anmerkungen: ○ Risse von Oberfläche Stütze



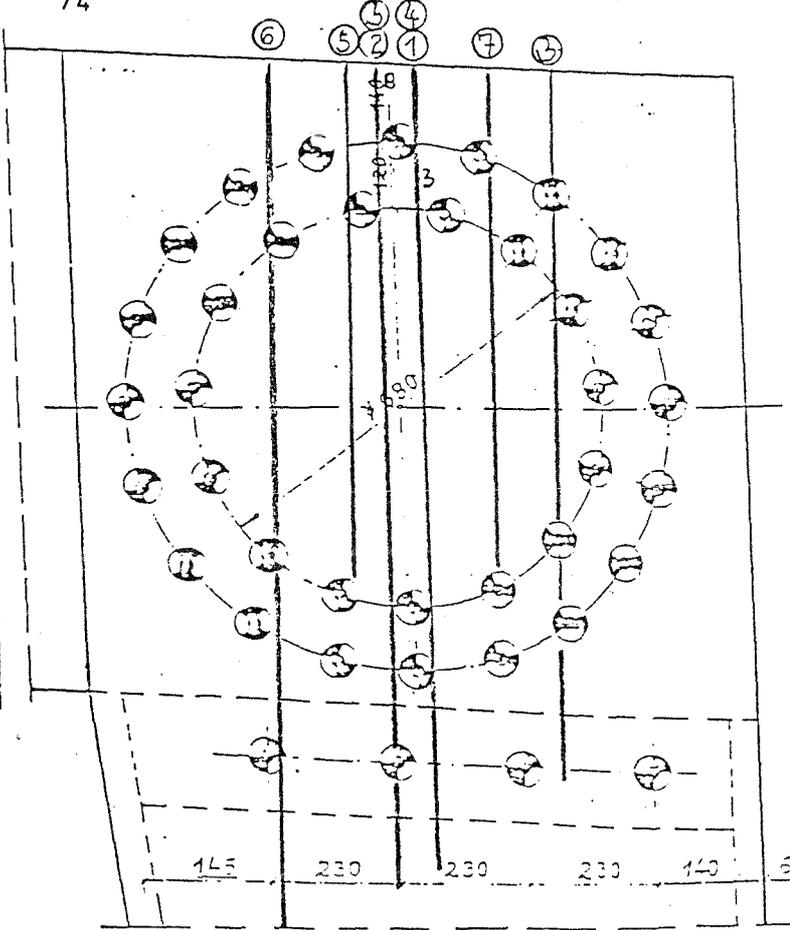
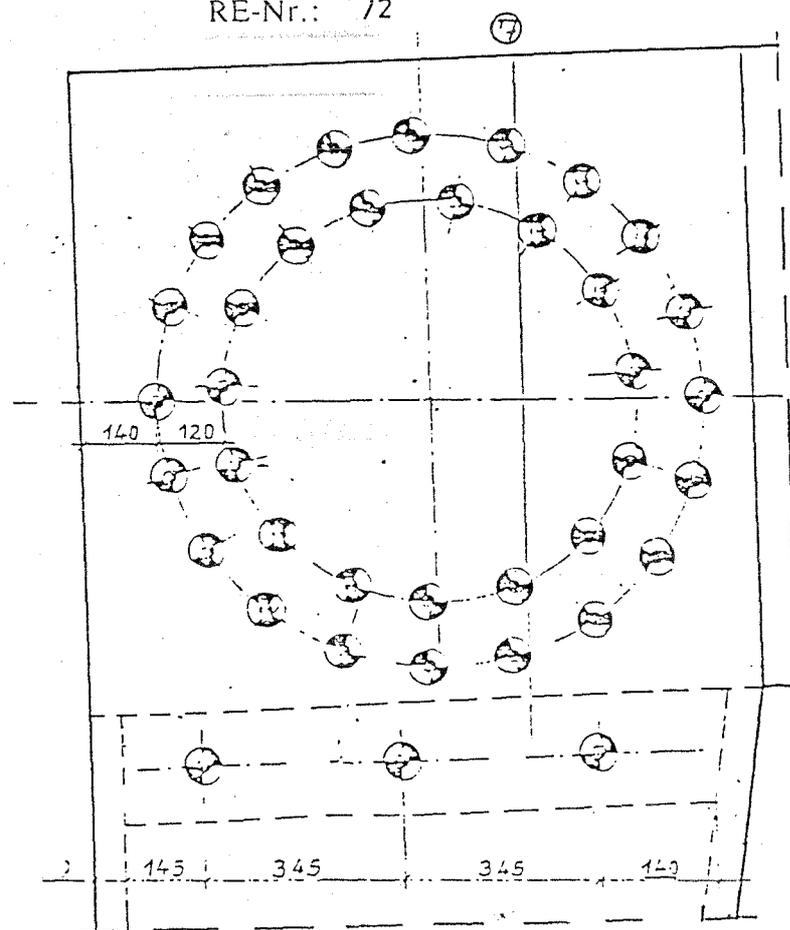
Anmerkungen: ○ Längsrisse von Oberfläche Stütze



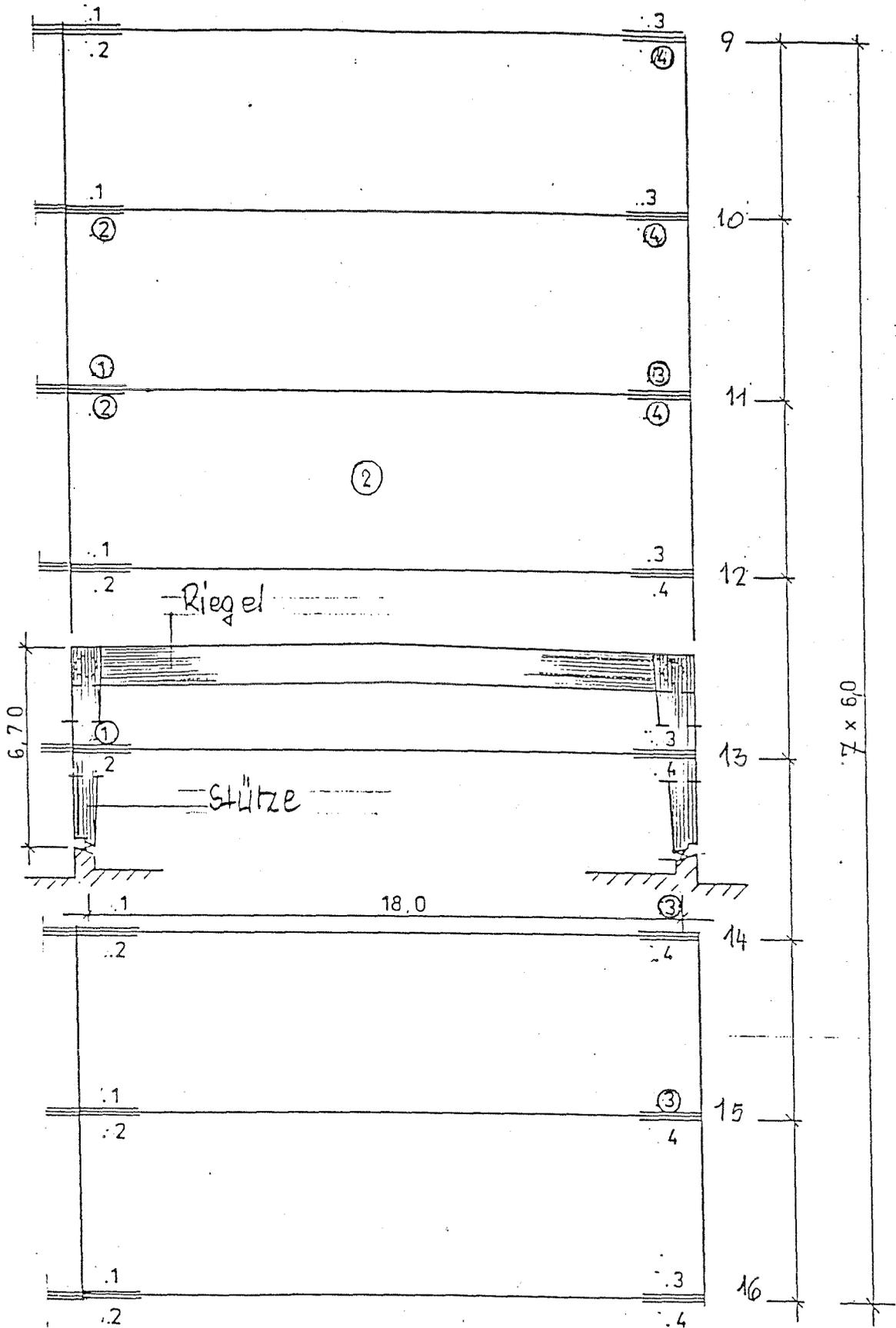
RE-Nr.: /2



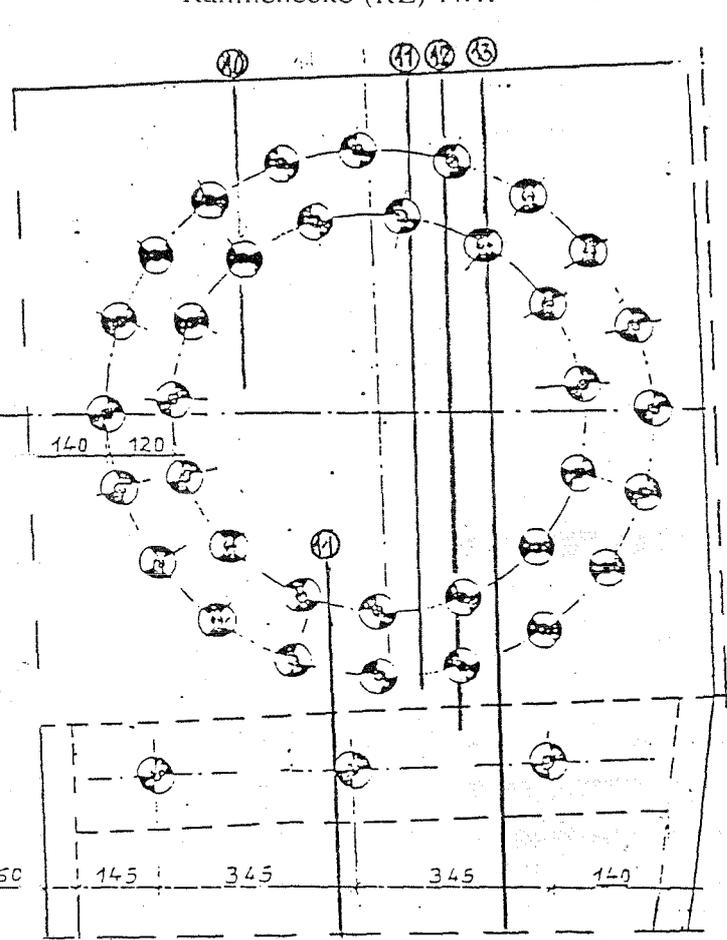
14



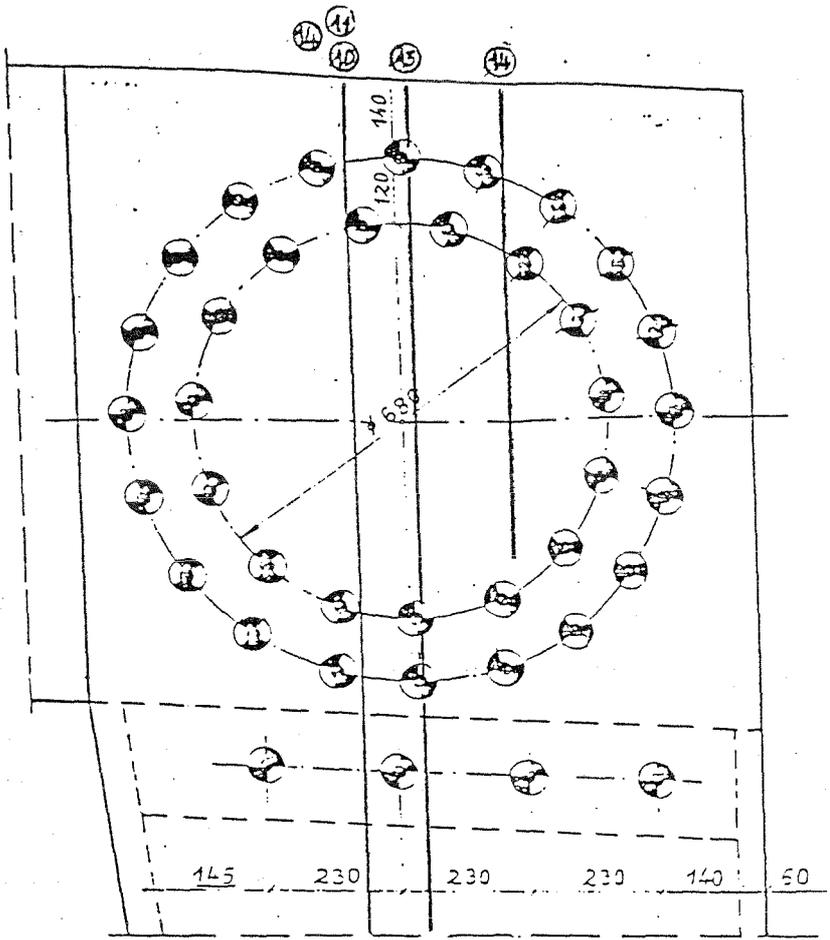
Anmerkungen: ○ Längsrisse von Oberfläche Stütze



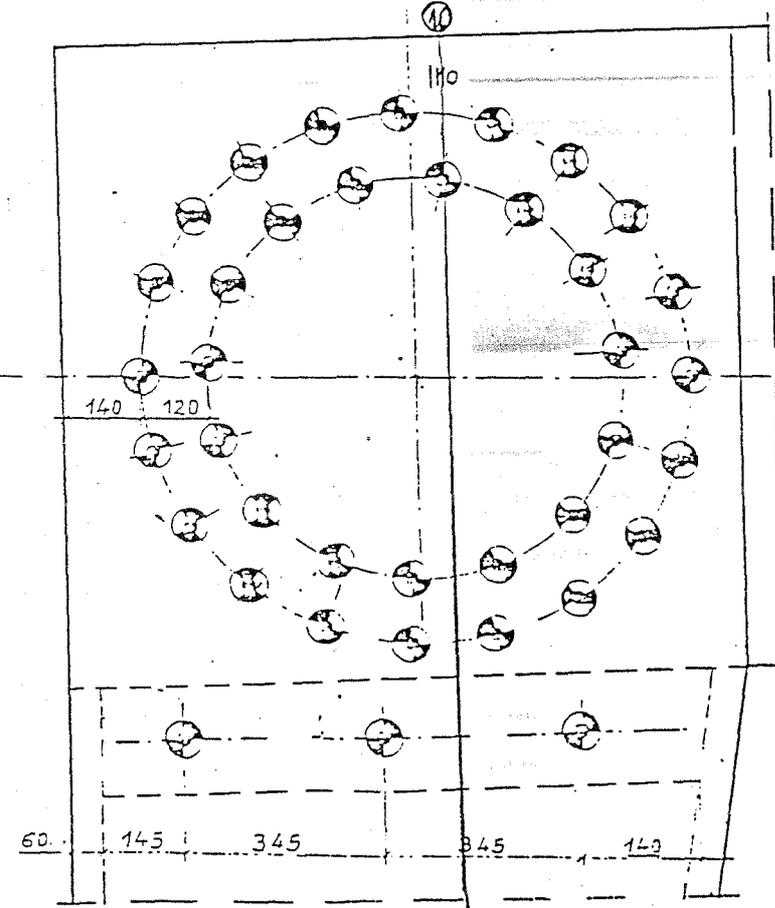
Anmerkungen: ○ Längsrisse von Oberfläche Stütze



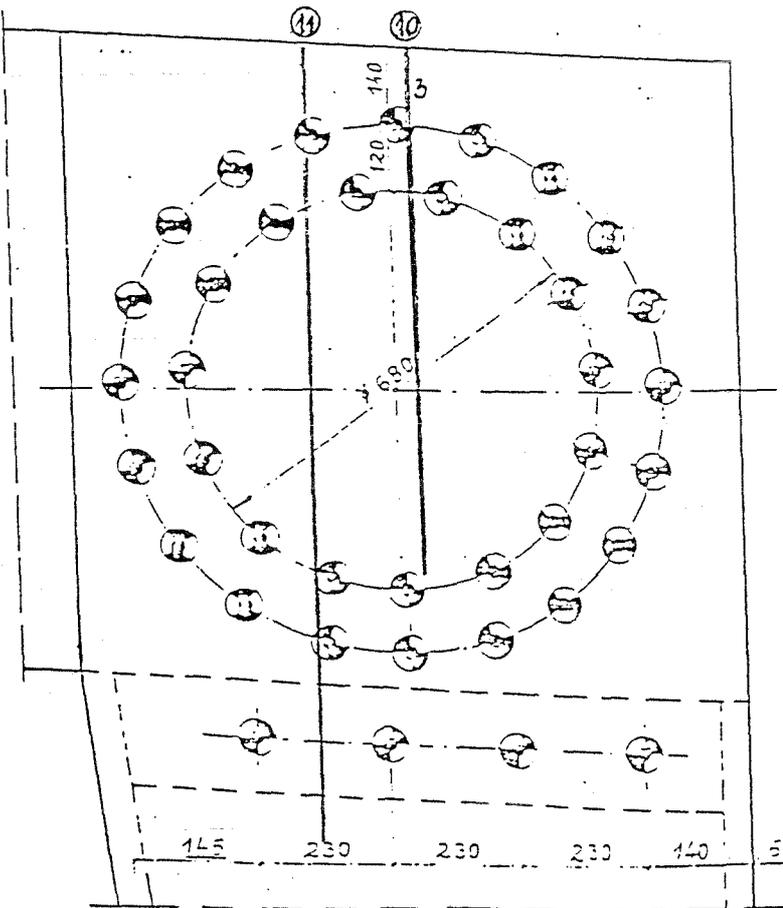
RE-Nr.: /2

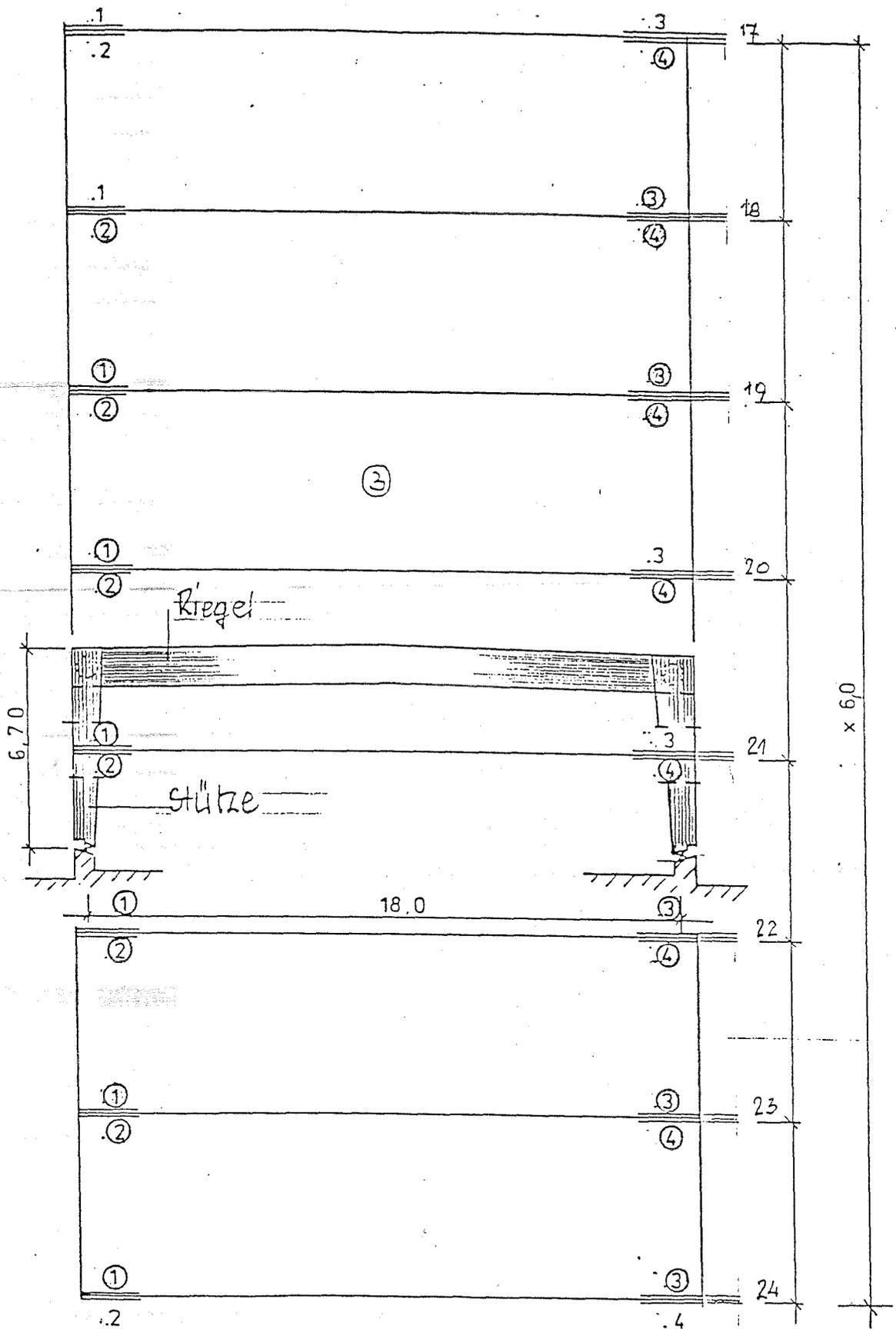


/4

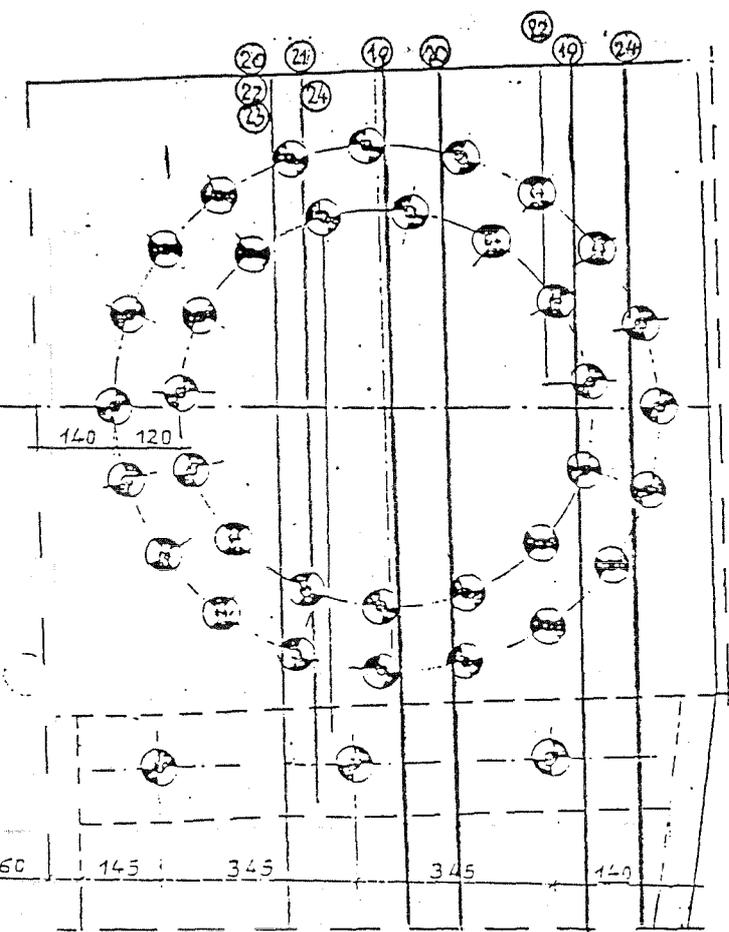


Anmerkungen: ○ Längsrisse von Oberfläche Stütze

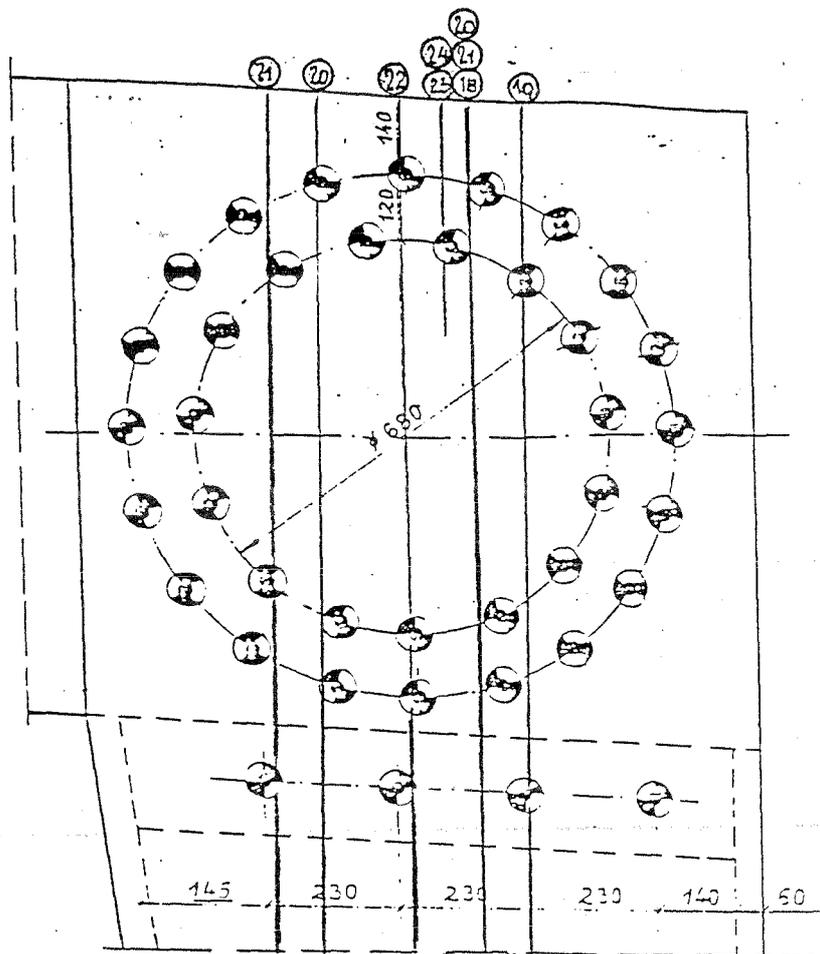




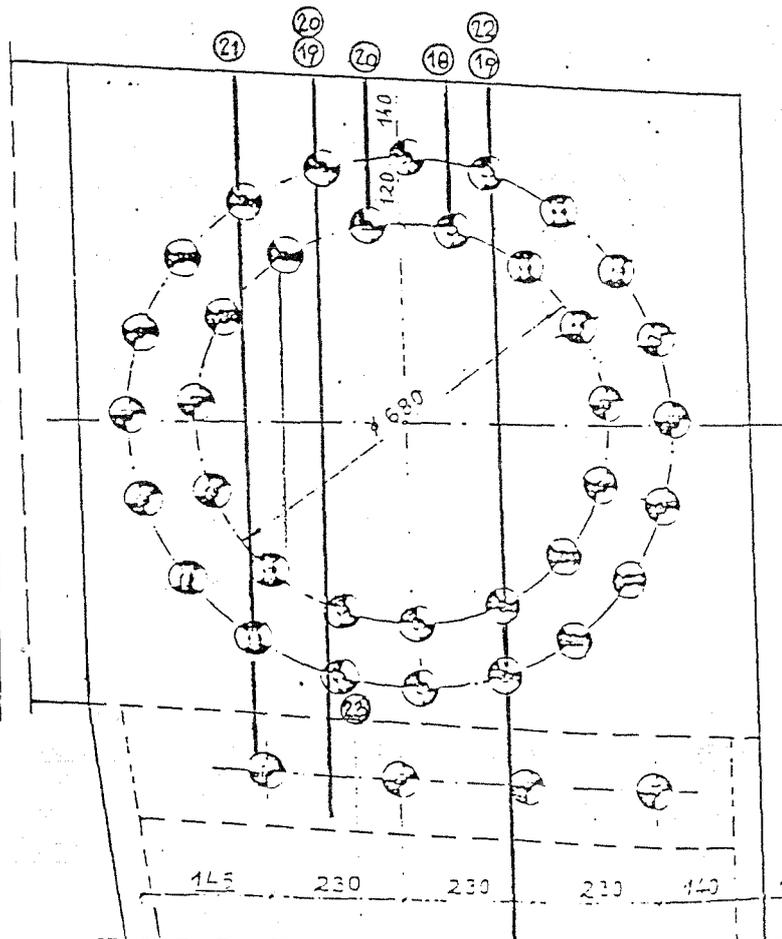
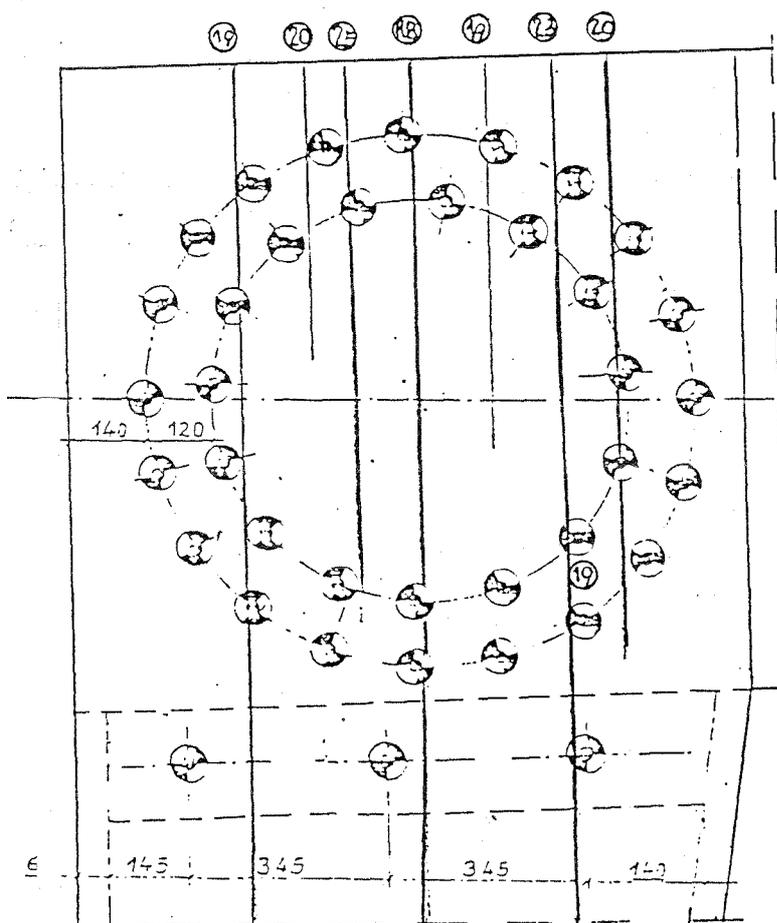
Anmerkungen: ○ Längsrisse von Oberfläche Stütze



RE-Nr.: /2



/4



Anmerkungen: ○ Längsrisse von Oberfläche Stütze

5. Beurteilung der Rißschäden und Sanierungshinweise

5.1. Beurteilung der Rißschäden

82 Rahmenbinder mit 328 Rahmenecken wurden visuell überprüft und an 156 Eckbereichen Risse unterschiedlicher Größen festgestellt. Die stichprobenartig erfaßten Rißmaße zeigt die Zusammenstellung der Tabelle 2.

Tabelle 2

Nr. des Eckbereiches a/b/c	Standort	Rißbreite [mm]	Rißtiefe [mm]	% (l)	Rißlänge [mm]
1/1/ 5	Hermsdorf	4	40	57	370
1/2/ 5		3	33	47	1510
1/3/ 5		3	37	53	630
1/4/ 5		4	42	60	1360
2/3/ 7	Leipzig	2	30	43	1320
2/4/ 7		3	35	50	1400
2/3 /8		2	27	38	630
2/4/ 8		2	34	48	1420
2/3/ 2		2	37	53	1400
2/3/ 2		2	36	51	1560
6.1/1/ 5	Werder	3	34	48	630
6.1/2/ 5		5	43	61	660
6.1/3/ 5		3	35	50	1610
6.1/4/ 5		4	46	66	1740
6.1/2/10		10	80	100	> 2000

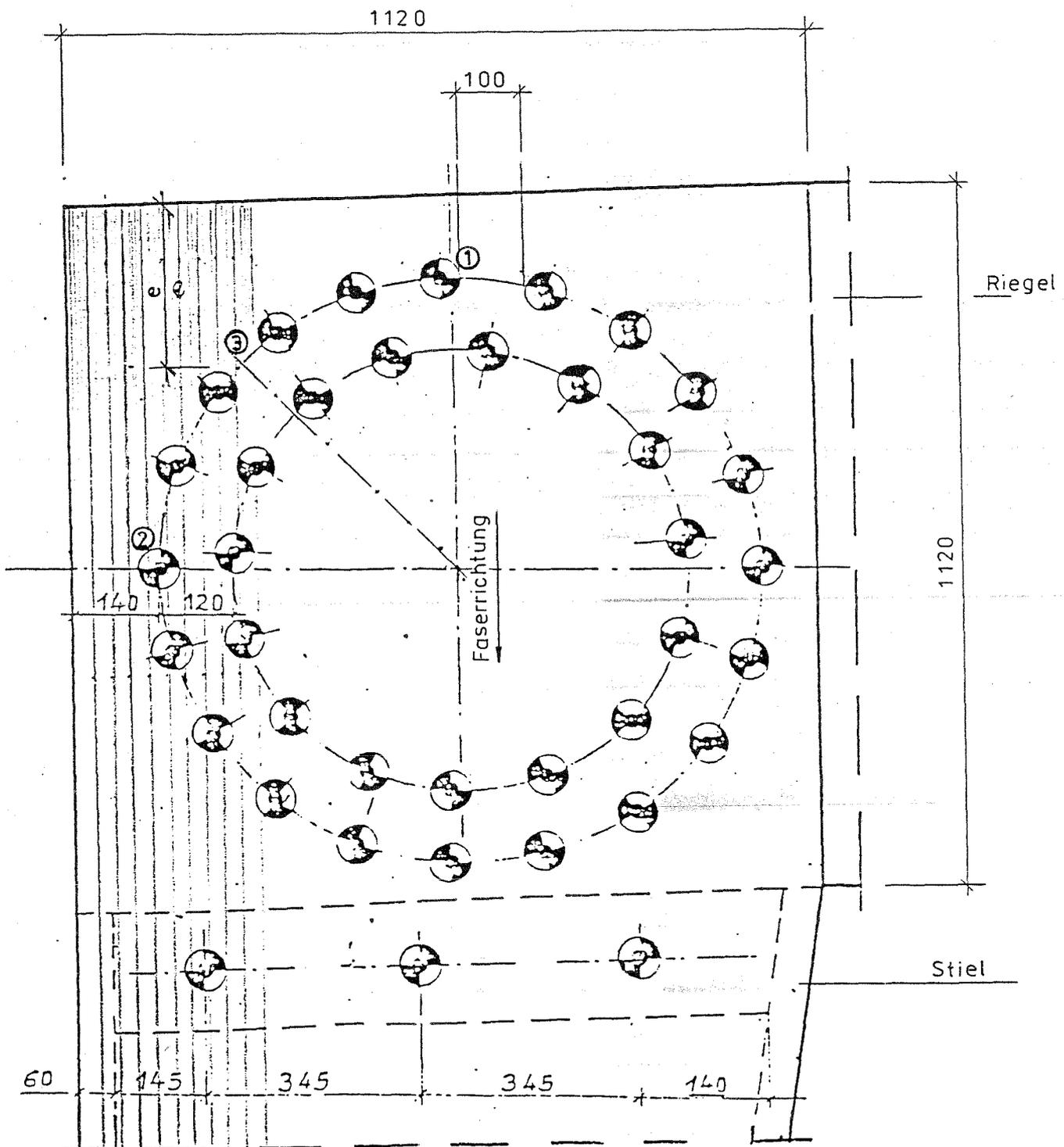
a = Standortnummer
b = Eckbereichnummer
(l) = Anteil der Holzbau-
teile

Folgende Merkmale lassen sich für die Rißschäden feststellen:

- * Die Risse konzentrieren sich in dem mittleren Drittelbereich der Rahmenecken.
- * Bei Doppelhallen zeigen sich Risse verstärkt an den Außenbereichen.
- * Der Verlauf der Risse im Bereich der Leimfuge zeigt, daß die Leimfläche mit Holzfasern belegt sind.
- * Bei einzeln stehenden Hallen (Nr. 1/1) sind die Risse annähernd gleichmäßig verteilt (10/14).
- * Holzfehler (z.B. Äste) und Fehlverklebungen wurden nicht festgestellt.
- * Die Risse resultieren offensichtlich aus den natürlichen Schwindvorgängen, wobei sehr tiefe und breite Risse als ausbesserungsbedürftig anzusehen sind /7.8/.

5.2. Ursachenermittlung und Einschätzung der Kriterien, die zu den Rißschäden geführt haben

Rahmenecke



* Quellen und Schwinden der Holzquerschnitte wird durch wechselnde Luftfeuchte hervorgerufen, dabei ist die tangentiale Schwindung größer als die vertikale Schwindung.

* Mit der Dübelverbindung Stützen/Riegel wird das unterschiedliche Quellen und Schwinden behindert.

* Dübelabstandsmaß 100 mm

- Einbaufeuchte $u_e = 12 \%$

- Rahmenfeuchte $u_r = 18 \%$

- Kernbretter - Tangentialquellung nach Janik /3/ beträgt das rechnerische Quellmaß bei

$$u_e = 12 \% \longrightarrow 2,2 \%$$

$$u_r = 18 \% \longrightarrow 4,0 \%$$

Differenz $4,0 \% - 2,2 \% = 1,8 \%$ für Quellung,

t von $1,8 \%$ entspricht einer Schwindung

t von $1,77 \%$ (lt. Tab. 1) je mm Holzstärke (lt. /3/Tab.1)

daß heißt $\frac{100 \times 1,77}{100} = 1,77 \sim 2,0 \text{ mm}$

Schwindung bei wechselnden Luftfeuchten.

* Bezogen auf die Breite der Stütze = 1 120 mm können sich Risse bis max. 20 mm ergeben!

Da jedoch nicht alle Bretter Kernbretter sind, reduziert sich dieses Maß entsprechend.

* Daraus ableitend dürfte es sich bei den erfaßten Rißschäden ausschließlich um Risse tangential aus Quellen und Schwinden handeln.

* Das Entstehen der Risse wird durch folgende Randbedingungen gefördert /9/:

- Nicht hinreichende Trocknung der Bretter vor der Verleimung

- Zu große Toleranzen in der Holzfeuchte nach der Trocknung

- Durchfeuchtung der Konstruktion während der Lagerung und während der Montage

- Beheizung der Halle, vor allem unmittelbar nach der Inbetriebnahme

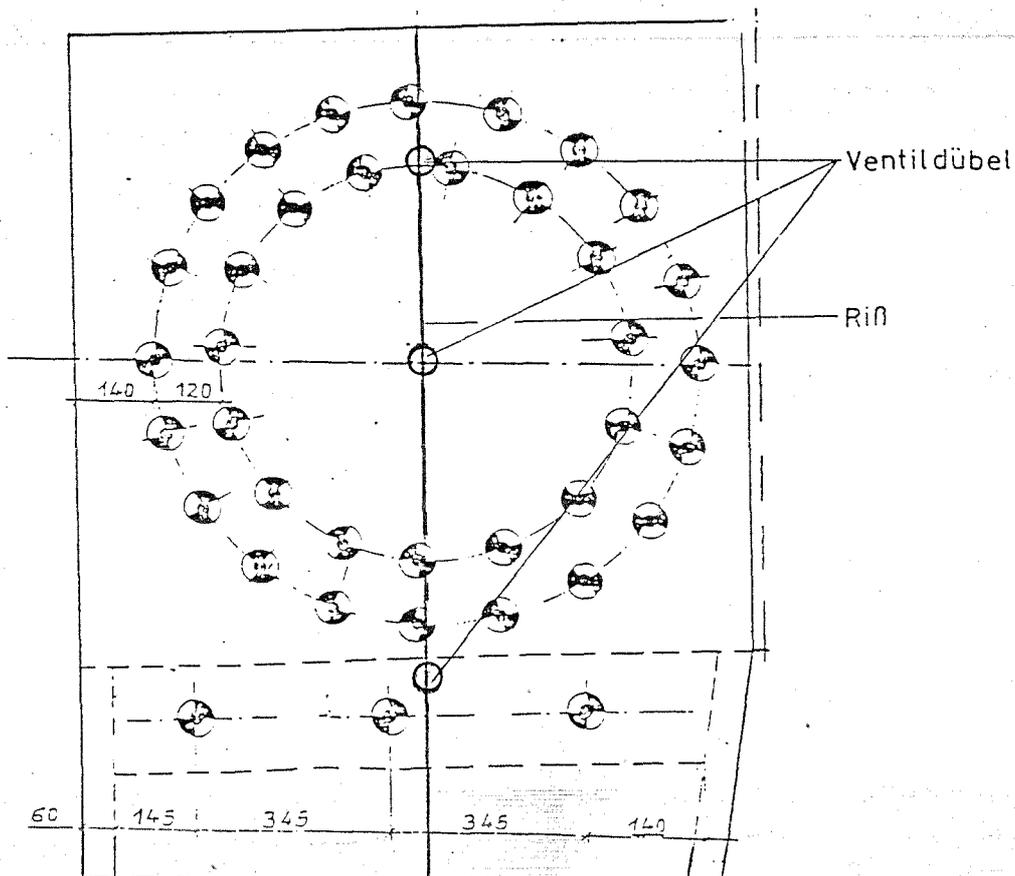
Bei der Anordnung von doppelten Dübelkreisen treten im Kreisinnern große Scherspannungen auf, die möglicherweise die bauaufsichtlich zugelassenen Werte überschreiten. Dies wird jedoch nicht als ursächlich für die Rißbildung erachtet.

5.3. Sanierungsvorschäge

Die offensichtlichen Rißschäden an den Rahmenecken der BSH-Stützen resultieren in ihrer Mehrzahl aus normalen Schwindvorgängen. In der Mehrzahl sind es Risse, die mit ihrer Breite von 2 - 5 mm durchaus sanierungsbedrfutig sind.

5.3.1. Sanierungsvorschlag 1

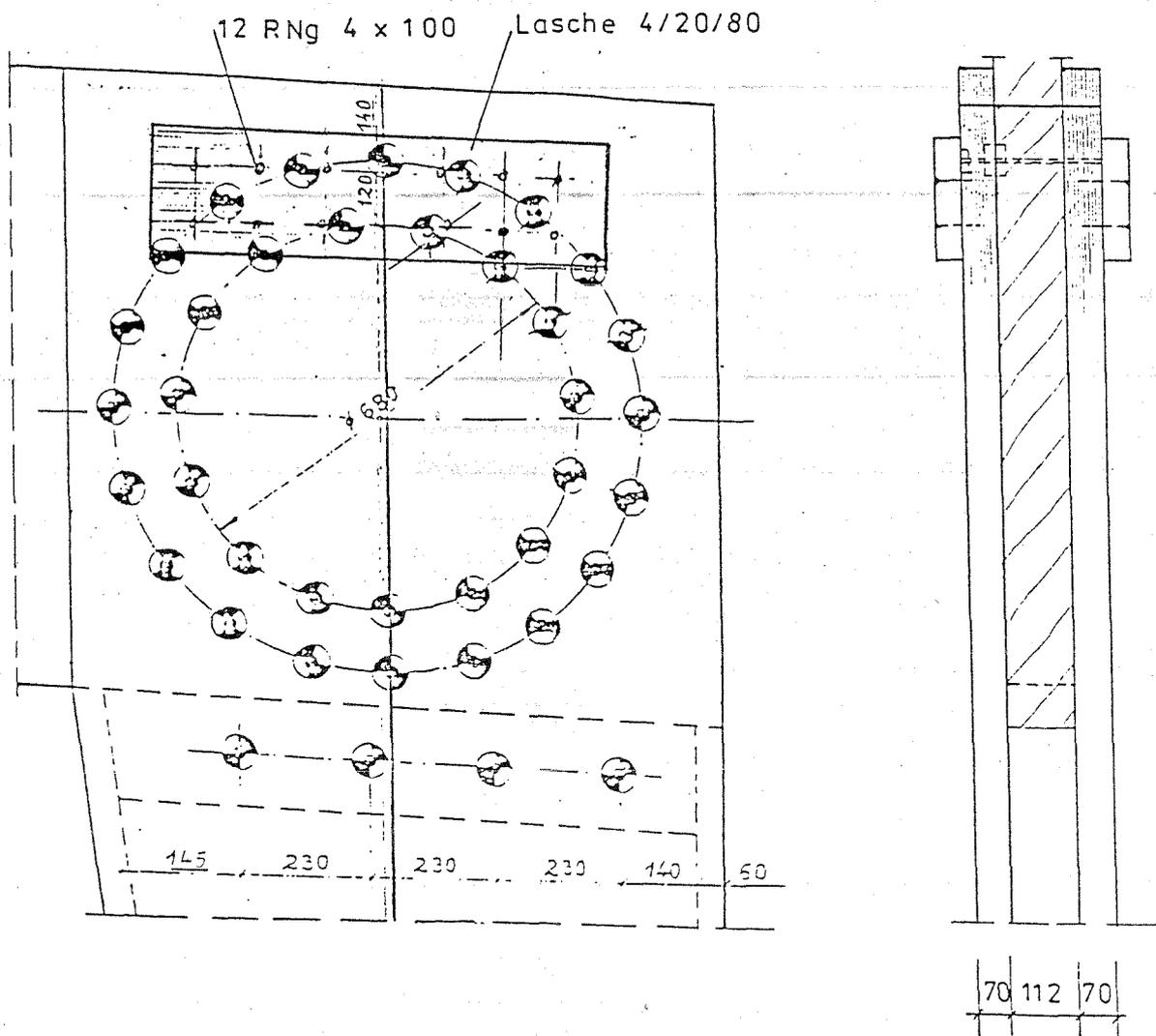
Das Verfüllen der Risse mit Epoxydharz stellt dabei eine mögliche Methode zur Rißsanierung dar. Um das Auslaufen des Harzes an den Fugen zu verhindern, werden Füllstoffe zugesetzt. In einem modifizierten Verfahren zur Rißsanierung sind Risse vor dem Verfüllen mit Spachtelmasse abzudichten, danach ist durch Ventildbel das WEVO -Spezialharz über Druck einzubringen. Dadurch lassen sich in den Rissen hohe Drücke erzeugen, die das Harz /4/ auch in die kleinsten Hohlräume des Holzes pressen. Entsprechend Brcker und Blaß, Ehlbeck und Khrt /5/ sowie Radovic` und Goth /10/ wird auf den Einsatz von Epoxydharz vom Typ WEVO - Spezialharz EP 20 VP/1 der Fa. WEVO Chemie, Ostfildern orientiert.



5.3.2. Sanierungsvorschlag 2

Aufbringen von Holz- oder Baufurniersperrholzlaschen mittels Nagelpreßleimung auf die Rahmenecke nach Brüninghoff. Dieser Vorschlag basiert auf Untersuchungen von Möller/Rabenfelder. Ergänzende Untersuchungen von Brüninghoff /6/ empfehlen für diese Lösung folgende Ausführung:

Die Laschen sind mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse III zubefestigen. Als Nagelanpreßfläche wird auf 144 cm^2 , bei max. 120 mm Abstand je Nagel, orientiert. Resorcinarzleim Dynosol S 204 der Fa. Dyno ist auf Grund seiner fugenfüllenden Eigenschaften anzuwenden.



6. Zusammenfassung

Ziel des Vorhabens ist die systematische Bestandsaufnahme und Erfassung von Schadensbildern an den Eckbereichen der Brettschichtholz (BSH)- Rahmenbinder. In den 70er Jahren wurden Mehrzweckhallen in Leichtbauweise entwickelt und für verschiedene Einsatzbereiche gebaut. Die Tragkonstruktionen sind ausschließlich Zweigelenkrahmenbinder und Einfeldpfetten in BSH-Bauweise, während AL - PUR - AL - Mehrschichtenelemente für Dach und Wand zum Einsatz kamen. Vorzugsweise für Produktions- und Lagerzwecke mit und ohne inneren Ausbau wurden diese Hallen gebaut. Für Sport- und Kaufhallen erfolgte der innere Ausbau aus brandschutztechnischen und gestalterischen Gründen immer.

Das hergestellte Brettschichtholz wurde ausschließlich mit einem Phenolharzklebstoff "Plastasol" in Verbindung mit Paratoloulsulfonsäure "Gisanol" geklebt.

Die zum Einsatz gebrachten Holzqualitäten entsprechen der Güteklasse II nach DIN 4 074. Bei den zu untersuchenden Lager- und Produktionshallen sind die Rahmenbinder insbesondere in den Eckbereichen sichtbar, während bei den Kauf- und Sporthallen die Rahmenbinder verkleidet sind und eine visuelle Begutachtung nicht gegeben ist.

Diese Rahmenecken der zweiteiligen Stützen wurden mit Einlaßdübel TYP A 65 als Doppelkreis angeordnet verbunden. Die in diesem Bereich vorab festgestellten Schäden in Form von Rissen sind Veranlassung für eine systematische Bestandsaufnahme der vorliegenden Schadensbilder in ausgewählten Hallenobjekten.

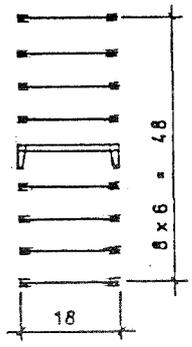
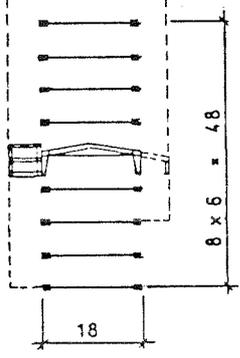
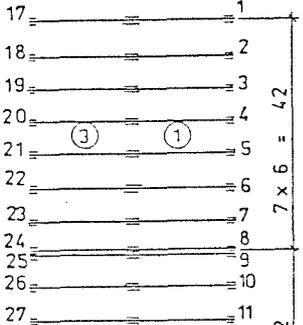
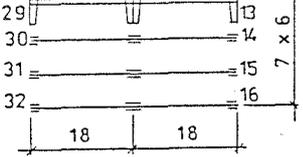
Entsprechend den örtlichen Gegebenheiten, die sich aus der Hallennutzung ableiten und den konstruktiven Maßnahmen in Form von Oberflächenbehandlung bzw. Oberflächenkleidung der Stützenbereiche ist die Prüfmethodik festgelegt. Ausschließlich visuelle Begutachtungen der Eckbereiche und stichprobenartige Messungen ausgewählter Schäden ist Grundlage der systematischen Schadenserfassung.

Im Rahmen des Vorhabens konnten insgesamt 20 Objekte ausfindig gemacht werden, bei welchen diese Rahmenbinder eingebaut waren. Davon konnten 10 Lager- bzw. Produktionshallen besichtigt und bewertet werden.

Bei den anderen Hallen zeigte sich, daß die Eckbereiche entweder verkleidet oder farblich so behandelt waren, daß Risse visuell nicht erkennbar waren.

Die Zusammenstellung (Tab. 1) beinhaltet die Hallen, die besichtigt wurden, und wo die Rahmenbinder-Eckbereiche visuell bewertet werden konnten.

Zusammenstellung der Mehrzweckhallen mit Rahmenecken

Ifd. Nr.	Standort, Nutzer, Verwendungszweck	Skizze / Abmessung	Anzahl der Rahmenbinder	Anzahl der Rahmenecken	davon mit Rissen	Bemerkungen
1	<p>Hermsdorf, Fa. Hess Baujahr 1977</p> <p>* Lagerhalle seit 1991</p> <p>* Produktionshalle von 1977 bis 1990</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichtenelemente</p>		9	36	23	<p>- freistehende Halle</p> <p>- in der Längswand durchgehendes Lichtband</p>
2	<p>Leipzig, Fa. HFB, Produktionshalle Baujahr 1972</p> <p>* Produktionshalle für die Herstellung von Faserbetonelementen</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichtenelemente</p>		9	36	11	<p>- Giebel- und Längsseite mit zweigeschossigen Massivbau verbunden</p> <p>- Längsseite mit eingeschossigen-Anbau verbunden</p>
6	<p>Werder / Neuruppin, Produktions- und Lagerhallenkomplex der Fa. Holzwerke Bullinger, Nr. 120/1-4</p> <p>* Baujahr 1981</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichtenelemente</p>		32	128	70	<p>- Doppelhallenkomplex mit Mittelrinne</p> <p>- umlaufendes Fensterband in den Außenwänden</p>
7	<p>Werder / Neuruppin, Produktions- und Lagerhallenkomplex der Fa. Holzwerke Bullinger, Nr. 130/1-4</p> <p>* Baujahr 1981</p> <p>* Umhüllung AL-PUR-AL Mehrschichtenelemente</p>		32	128	52	<p>- Doppelhallenkomplex mit Mittelrinne</p> <p>- umlaufendes Fensterband in den Außenwänden</p>

82 Rahmenbinder mit 328 Rahmeneckseiten wurden visuell überprüft und an 156 Eckbereichen Rißschäden unterschiedlicher Größe festgestellt. Die stichprobenartig erfaßten Rißmaße zeigt nachstehende Zusammenstellung:

Zusammenstellung der Rißmaße

Nr. des Eckbereiches a/b/c/	Standort	Rißbreite [mm]	Rißtiefe [mm]	% (1)	Rißlänge [mm]
1/1/5	Hermsdorf	4	40	57	1370
1/2/5		3	33	47	1510
1/3/5		3	37	53	630
1/4/5		4	42	60	1360
2/3/7	Leipzig	2	30	43	1320
2/4/7		3	35	50	1400
2/3/8		2	27	38	630
2/4/8		2	34	48	1420
2/3/2		2	37	53	1400
2/3/2		2	36	51	1560
6.1/1/5	Werder	3	34	48	630
6.1/2/5		5	43	61	660
6.1/3/5		3	35	50	1610
6.1/4/5		4	46	66	1740
6.1/2/10		10	80	100	> 2000

- a = Standortnummer
- b = Eckbereichnummer
- c = Rahmenbinder-Nummer
- (1) = Anteil an der Holzbauteile

Folgende Merkmale lassen sich für die Risse feststellen:

- * Die Risse konzentrieren sich vorzugsweise im mittleren Bereich der Rahmenecke und der Dübel.
- * Bei Doppelhallen zeigen sich die Risse verstärkt an den Außenbereichen.
- * Der Verlauf der Risse im Bereich der Leimfuge zeigt, daß die Leimflächen mit Holzfasern belegt sind.
- * Bei einzeln stehenden Hallen (Nr. 1/1) sind Risse annähernd gleichmäßig verteilt (10/14).
- * Holzfehler (z.B. Äste) und Fehlverklebungen wurden nicht festgestellt.
- * Die Risse resultieren offensichtlich aus den natürlichen Schwindvorgängen, wobei sehr tiefe und breite Risse als ausbesserungsbedürftig anzusehen sind /7.8/.

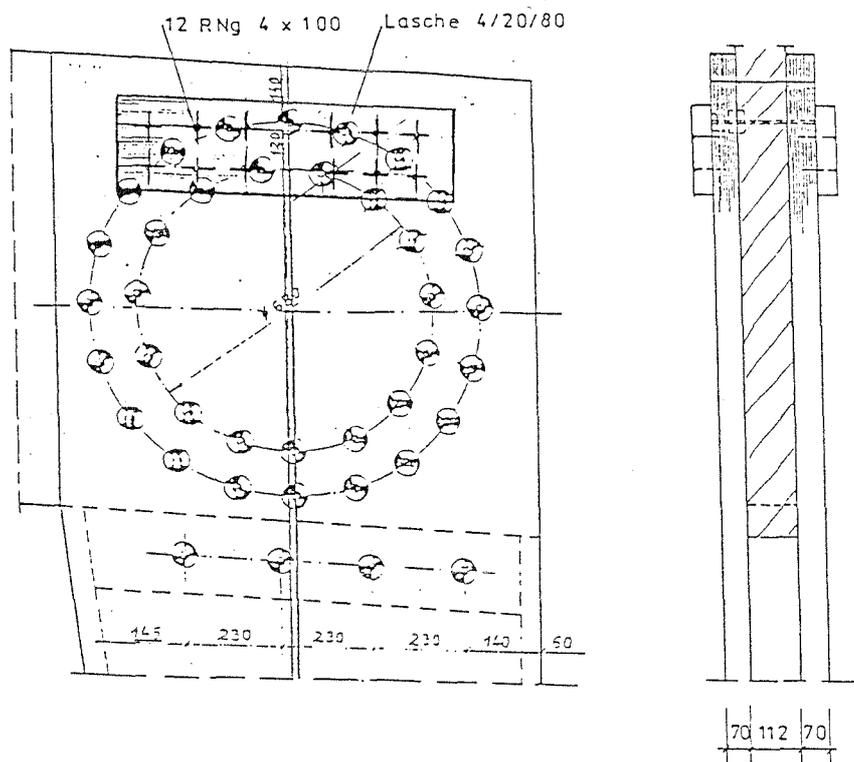
Entgegen den anfänglichen Befürchtungen, daß es sich bei den Rissen um Schäden aus Querkzugbeanspruchung handelt, muß ableitend aus der Ursachenermittlung festgestellt werden, daß vorwiegend Tangentialschwindungen die Schäden verursacht haben.

Eine Beeinträchtigung der Rahmenbinder in Bezug auf Standsicherheit durch Verformungen, insbesondere im Stützenbereich konnte nicht festgestellt werden. Unabhängig davon, daß die Mehrzahl der Risse durch Schwindung entstanden, sind zumindest für die Breiten > 2 mm und Tiefen > 30 mm Sanierungsvorschläge erforderlich.

Das Verfüllen der Risse mit Epoxydharz stellt dabei eine mögliche Methode zur Rißsanierung dar. Um das Auslaufen des Harzes an den Fugen zu verhindern, werden Füllstoffe zugesetzt. In einem modifizierten Verfahren zur Rißsanierung sind Risse vor dem Verfüllen mit Spachtelmasse abzudichten, danach ist durch Ventildübel das Spezialharz vom Typ WEVO-EP 20 VP 1 der Firma WEVO Chemie, Ostfildern über Druck einzubringen.

Eine weitere Möglichkeit ist das Aufbringen von Holz- oder Baufurnierholzlaschen mittels Nagelpreßleimung (Resorcinarzleim).

Rahmenecke



Unabhängig von den festgestellten Rißschäden im Bereich der Rahmenecken konnten Verformungen der Rahmenbinder nicht festgestellt werden.

Literatur

- [1] Kofent, W.;
Geklebte Rahmenkonstruktionen als Hallenbau mit
PUR-AL-Umhüllungselementen,
FZ Holzindustrie 1972/7
- [2] Kofent, W.;
Der Klebstoffeinsatz für geklebte Brettschichtholzträger
aus Holz,
FZ Holzindustrie 1977/11
- [3] Janik;
Handbuch der Holz Trocknung,
Fachbuchverlag Leipzig 1960
- [4] Bräcker, F.-W., Kühl;
Untersuchungen an zellulosefasergefüllten
Epoxydharzen zur Sanierung breiter Risse in Bauholz,
FZ "Bauen mit Holz" Sept. 1991
- [5] Blaß, H. J., Ehlbeck, J., Kührt, J.;
Wiederherstellung der Tragfähigkeit von gerissenen
Brettschichtträgern,
FZ "Bauen mit Holz" Febr. 1992
- [6] Brüninghoff;
Forschungsbericht Nr. E 89/15
Auswertung von Quersugschäden
DGfH München
- [7] Frech, P.;
Beurteilungskriterien für Rißbildungen
bei Bauholz im konstruktiven Holzbau
FZ „Bauen mit Holz“ Sept. 1987
- [8] Fritzen, K.;
„Wenn das Holz reißt...“
FZ „Bauen mit Holz“ Sept. 1987
- [9] Brüninghoff, H.;
Stellungnahme zum FV Nr. E 93/4,
Brief vom 09.02.94
- [10] Radovic, B., Goth, H.;
Entwicklung und Stand eines Verfahrens
zur Sanierung von Fugen in Brettschichtholz
FZ „Bauen mit Holz“ Sept./Okt. 1992
Seite 732 - 742 bzw. 816 - 818

Anhang A

Fotodokumentation

zum

Forschungsvorhaben Nr. E 93/4

**Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen für Dach- und
Hallenkonstruktionen aus Vollholz und Brettschichtholz
in den neuen Bundesländern,
Schadensanalyse bei Zweigelenkrahmenbindern
aus Brettschichtholz**

Anhang B

Prüfprotokolle

zum

Forschungsvorhaben Nr. E 93/4

Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen für Dach- und Hallenkonstruktionen aus Vollholz und Brettschichtholz in den neuen Bundesländern

- Schadensanalyse bei Zweigelenkrahmenbindern aus Brettschichtholz

- | | |
|----------|---|
| Anlage 1 | Erfassungsblätter 1/1 - 1/9
Lagerhalle Fa. Heß, Hermsdorf |
| Anlage 2 | Erfassungsblätter 2/1 - 2/7
Produktionshalle Fa. HFB Engineering Leipzig |
| Anlage 3 | Erfassungsblätter 3/1 - 3/9; 4/1 - 4/7; 5/1 - 5/7; 6/1 - 6/4
Lagerhalle 120/1 - 4 Fa. Bullinger,
Werder/Neuruppin |
| Anlage 4 | Erfassungsblätter 7/1 - 7/8; 8/1 - 8/6; 9/1 - 9/8
Lagerhalle 130/1 - 3 Fa. Bullinger,
Werder/Neuruppin |



Sil

Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Brüninghoff
Lehr- und Forschungsgebiet
Ingenieurholzbau

Bergische Universität - Gesamthochschule Wuppertal
Postfach 10 01 27, 5600 Wuppertal 1

An die
HFB Engineering GmbH
Zschortauer Str. 42

04129 Leipzig

DATUM	03.02.1994
GESPRÄCHSPARTNER	Prof. Brüninghoff
AKTENZEICHEN	Br/vR
DURCHWAHL	0202/439 3198
GEBÄUDE	Pauluskirchstr. 7
EBENE	Laborgebäude
RAUM	L 26

EINGEGANGEN 07. Feb. 1994

17816/60

Betr.: Forschungsvorhaben Nr. E 93 / 4

Sehr geehrter Herr Dr. Kofent,

den Entwurf Ihres Forschungsberichtes habe ich durchgesehen. Ihrem Ergebnis, daß die Risse in den Rahmenecken durch behindertes Quellen und Schwinden und nicht durch Querkzugkräfte hervorgerufen wurden, stimme ich zu.

Das Entstehen der Risse wird durch folgende Randbedingungen gefördert:

- 1.) Nicht hinreichende Trocknung der Bretter vor der Verleimung
- 2.) Zu große Toleranzen in der Holzfeuchte nach der Trocknung
- 3.) Durchfeuchtung der Konstruktion während der Lagerung und während der Montage
- 4.) Beheizung der Halle, vor allem unmittelbar nach der Inbetriebnahme

Bei der Anordnung von doppelten Dübelkreisen treten im Kreisinnern große Scherspannungen auf, die möglicherweise die bauaufsichtlich zugelassenen Werte überschreiten. Dies wird jedoch nicht als ursächlich für die Ribbildung erachtet.

Auch in den alten Bundesländern wurden zahlreiche Konstruktionen mit verdübelten Rahmenecken errichtet, dies vor allem in den Jahren 1965 bis 1975. Die Hallen wurden häufig für den Reitsport, aber auch Lager- und Produktionszwecke verwendet. Dabei wurden überwiegend drei-Gelenkrahmen mit Dachneigungen von etwa 10° bis 15°, in nur geringem Umfange 2-Gelenkrahmen eingesetzt. Bei zahlreichen dieser Konstruktionen traten ebenfalls Risse im Bereich der Rahmenecken auf. Dies führte dazu, daß diese Bauart weniger eingesetzt wurde.

Zur Zeit ist mir nur eine Firma im Westen bekannt, die Rahmen mit verdübelten Ecken als firmenintern standardisierte Typen verkauft und herstellt. Diese Firma arbeitet mit hoher handwerklicher Qualität unter Beachtung folgender Punkte:

- 1.) Die Toleranzen der Holzfeuchten werden strikt auf einen Mittelwert mit einer Toleranz von $\pm 2\%$ beschränkt.
- 2.) Das Holz für die Herstellung der Rahmenstiele wird im Mittel auf eine Feuchte getrocknet, die etwa um 2 % unterhalb der mittleren Feuchte der Ware für den Riegel liegt.
- 3.) Die Konstruktion wird niemals im Freien gelagert. Sie wird unmittelbar vom LKW von eigenen besonders geschulten Montagekolonnen aufgestellt.
- 4.) Die Dacheindeckung wird unmittelbar nach der Montage der Konstruktion ebenfalls von eigenen Monteuren aufgebracht.
- 5.) Bei größeren Querschnittsabmessungen erhalten die außen liegenden Stiele auf der Innenseite eine konstruktive, aufgeleimte Verstärkung mit Holzwerkstoffplatten. Diese dient zur Behinderung des Quellens und des Schwindens und zur teilweisen Aufnahme von Spannungen rechtwinklig zur Faserrichtung.

Die von Ihnen vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen werden für richtig erachtet. Das Auspressen der Risse mit Epoxidharz ist die zu bevorzugende Lösung. Besonders bei breiten und die gesamte Querschnittstiefe erfassenden Rissen ist die handwerkliche Durchführung des Auspressens nicht einfach, da der zu verpressende Bereich so abgedichtet werden muß, daß das Harz nicht unkontrolliert ablaufen kann. Die Gefahr ist vor allem bei Stielen gegeben, die durch Füllhölzer zu Hohlkastenquerschnitten vervollständigt worden sind.

Eine Verstärkung mit aufgeklebten Platten aus Furniersperrholz ist sicherlich möglich, um eine Vergrößerung des Schadensbildes zu vermeiden und um eine Verbesserung der Standsicherheit zu erzielen.

Mit freundlichen Grüßen



Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Brüninghoff

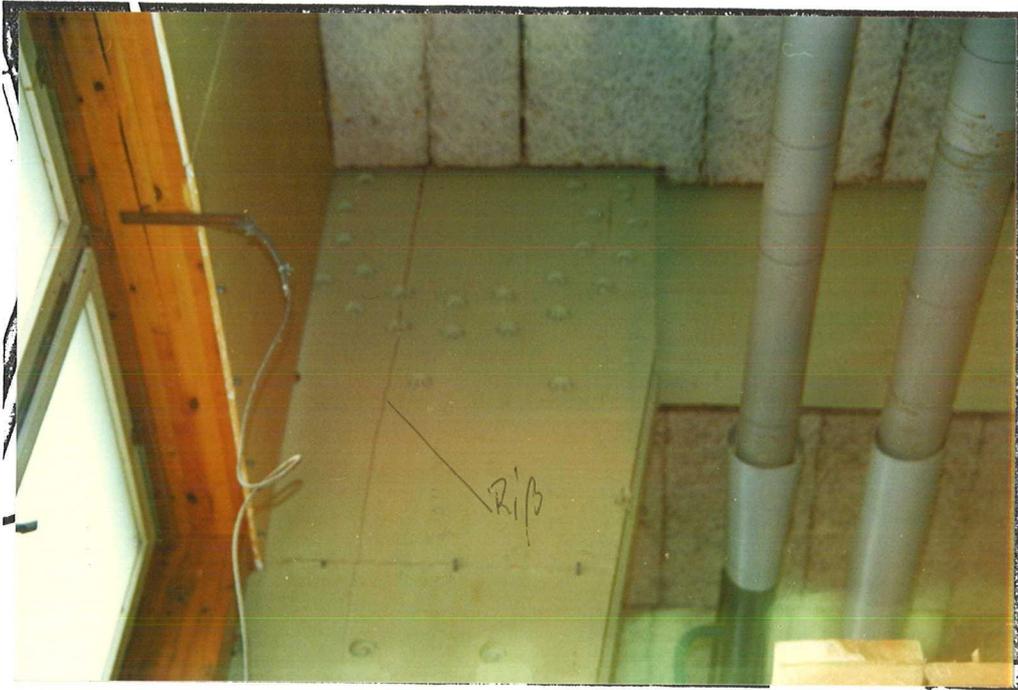


Bild 1: Rahmenecke 1/1/6/3

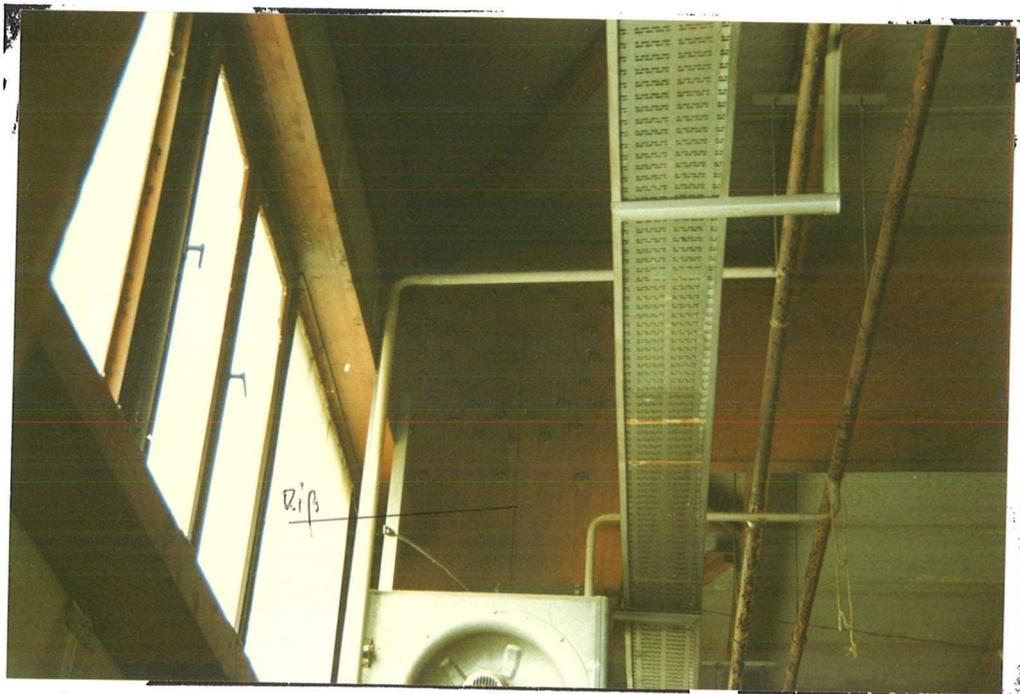


Bild 2: Rahmenecke 1/1/5/4

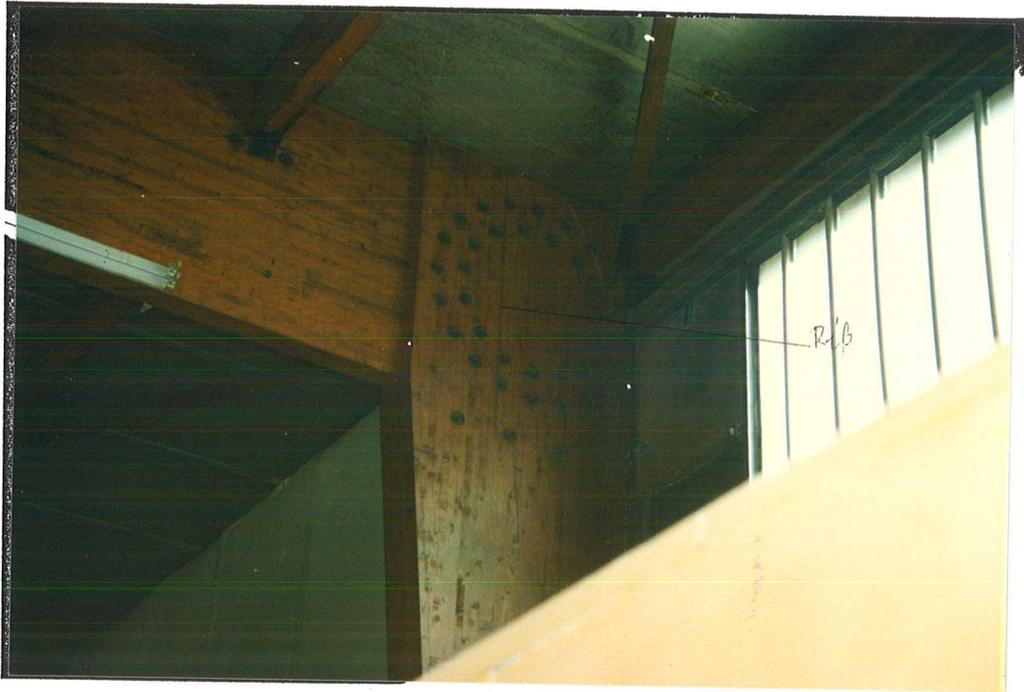


Bild 3: Rahmenecke 2/1/2/4



Bild 4: Rahmenecke 2/1/7/4



Bild 5: Rahmenecke 2/1/6/3

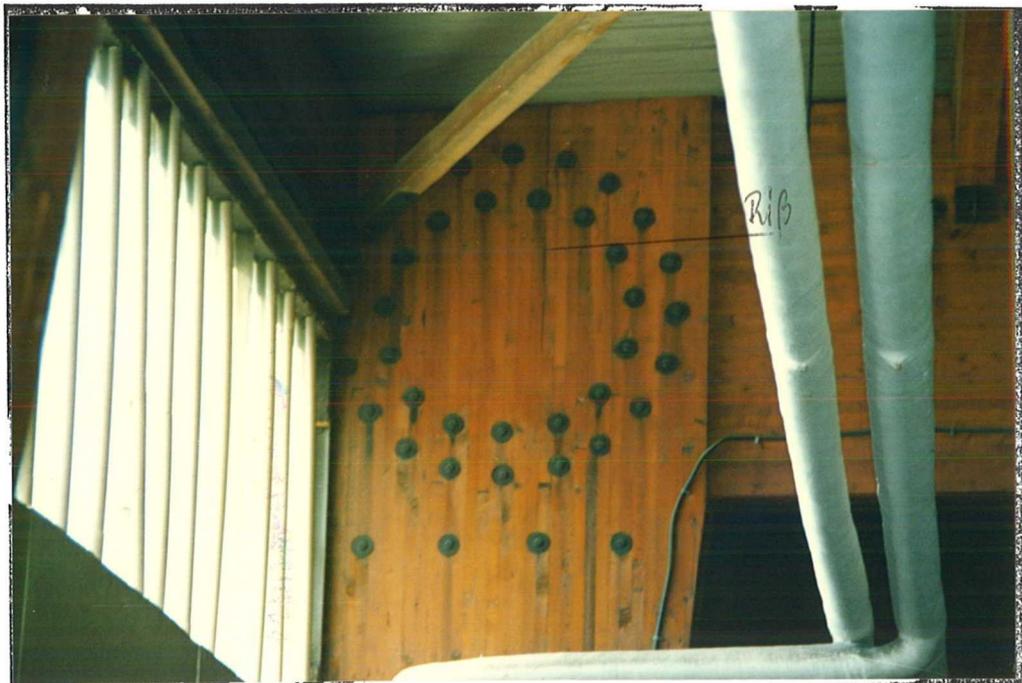


Bild 6: Rahmenecke 2/1/8/3



Bild 7: Ansicht der Lagerhalle 120/2 und 3 sowie 130/2 und 3



Bild 8: Rahmenecke 130/2/4/4



Bild 9: Längsansicht der Lagerhallen 120/1 und 120/2

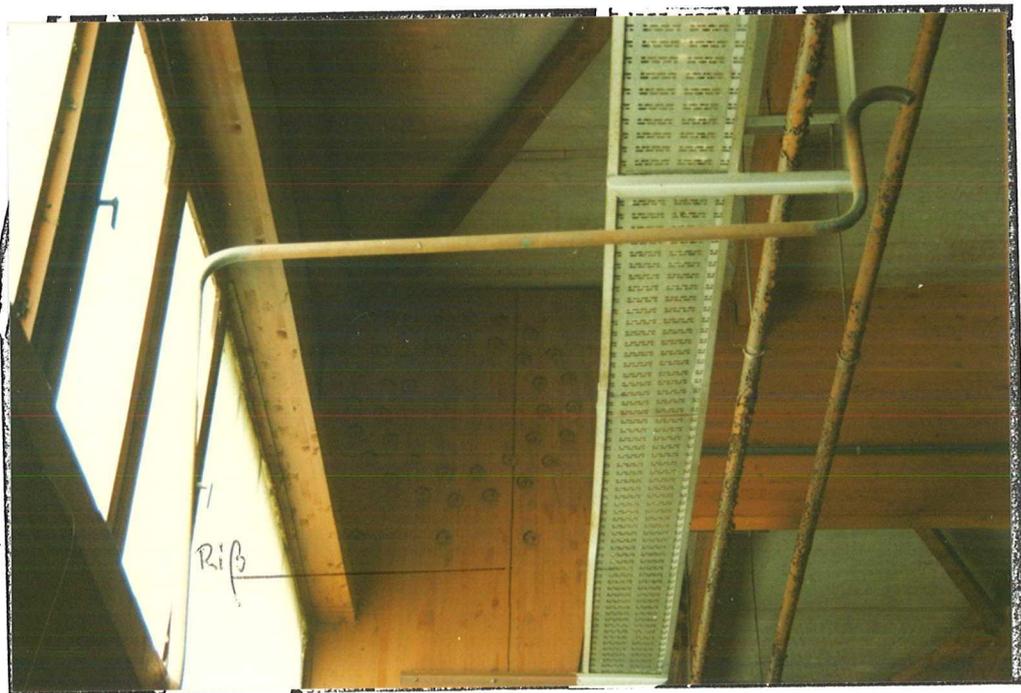


Bild 10: Rahmenecke 130/1/6/4

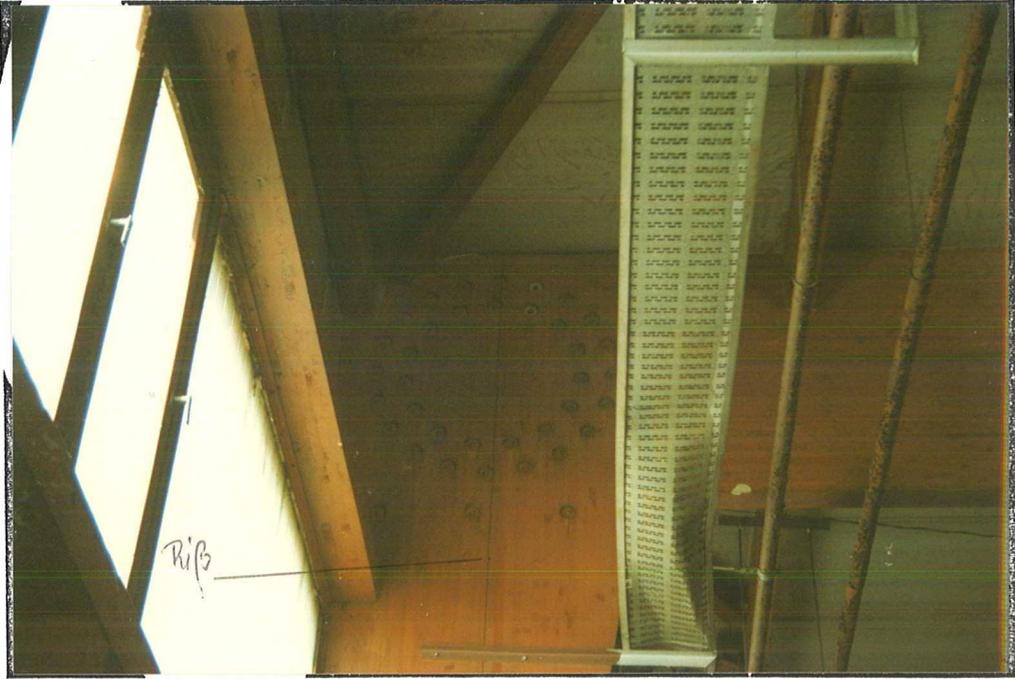


Bild 11: Rahmenecke 130/2/10/3



Bild 12: Rahmenecke 130/4/27/3



Bild 13: Längsansicht der Lagerhalle 130/1 - /2 - /3 - /4



Bild 14: Rahmenecke 130/2/11/4

72631

HFB ENGINEERING GMBH

Entwicklung - Planung - Prüfung - Herstellung

Rapport abrégé sur le projet de recherche n° E 93/4

Elaboration de propositions pour la rénovation dans les nouveaux laenders allemands de constructions de toits et de halls réalisés en bois de construction et bois de planches collées - analyse des défauts et propositions de rénovation pour fermes-cadres à deux articulations en bois de planches collées

Le but du projet de recherche était l'enregistrement systématique des défauts possibles au niveau des angles des fermes-cadres de certains halls de stockage et de fabrication choisis, réalisées en bois de planches collées. Dans l'examen visuel ont été compris 82 fermes-cadres à 328 angles. Les halls à usages multiples ont été construits, en moyenne, d'ici 12 ans. Au cours du dépistage, 156 angles ont été enregistrés présentant des fissures de tailles différentes. Les fissures situées dans la zone médiane des angles ont une largeur < 5 mm, une profondeur < 30 mm jusqu'à 40 mm et une longueur maximale de 1 400 mm. La fissuration est présente tant dans le bois qu'au niveau des joints collés.

Partant des fiches d'enregistrement, les caractéristiques des fissures peuvent être regroupées comme suit :

- * les fissures se concentrent au tiers médian des angles des cadres;
- * les fissures se terminent dans une zone située de 1 200 à 1 350 mm au-dessous du cercle de chevilles extérieur;
- * à la largeur de 4 mm environ la profondeur des fissures doit être supposé égale à 30 à 50 mm, à la largeur > 5 mm celle-ci est continue;
- * les fissures longitudinales sont situées de préférence au niveau des chevilles;
- * dans le cas des halls doubles, les fissures se présentent dans la majorité des cas dans les zones extérieures;

- * dans le cas des halls individuels (n° 1/1) la répartition des fissures est à peu près régulière (10/14);
- * le déroulement des fissures également au niveau des joints collés montre que les surfaces collées sont couvertes de fibres de bois;
- * des défauts de bois apparents (noeuds par exemple) et de mauvais collages n'ont pas été découverts;
- * les fissures résultent évidemment de phénomènes de retrait naturels, les larges fissures très profondes étant certainement réparables.

A l'encontre des craintes du début, où l'on avait supposé que les fissures seraient dues à des sollicitations de traction transversale, les causes dépistées permettent la conclusion que les défauts sont dus principalement à des retraits tangentiels. La diminution de la stabilité des fermes-cadres par suite de déformations surtout au niveau des poteaux ne pouvait pas être mise en évidence. Bien que les fissures soient dues à des retraits, des propositions de rénovation doivent être élaborées au moins pour les largeurs > 2 mm et les profondeurs > 30 mm. Par analogie aux études /5/ et /6/, il est recommandé d'utiliser pour la réparation des fissures la technique de remplissage avec de la résine époxy chargée de cellulose ou celle de la mise en place aux angles des cadres d'attaches en bois par compression de clous. La stabilité des fermes-cadres n'est pas mise en cause.

T 2631

Summary report on research project no. E 93/4

Rehabilitation proposals for roof/hall structures in eastern Germany made of structural timber/board glulam
Damage analysis and rehabilitation proposals for board glulam frame trusses with two hinges

The aim of the project was a systematic assessment of damage to corner regions of board glulam frame trusses in selected warehouses and production buildings. A total of 82 frame trusses and 328 frame corners in multi-purpose halls with an average life of 12 years were inspected. Cracks of different sizes were detected in 156 corner regions. Cracks with widths under 5 mm, depths of less than 30-40 mm and max. lengths of 1,400 mm concentrated in the central regions and extended into glue lines. Evaluation of inspection sheets gave the following characteristics:

- * Cracks concentrate in the central third of frame corners
- * Cracks end 1,200-1,350 mm below the outer dowel circle
- * Crack depth is 30-50 mm for widths of approx. 4 mm and goes right through when the crack width exceeds 5 mm
- * Cracks extend lengthwise mostly in dowel regions
- * In twin halls most cracks are found in external regions
- * Halls standing alone (no. 1/1) show an almost uniform distribution of cracks (10/14)
- * Crack shapes in glue lines indicate that gluing areas are covered with wood fibers
- * No visible defects (knots)/gluing errors have been found
- * Cracks have been caused by natural shrinkage, deep/wide cracks need to be repaired

It had been expected that the cracks resulted from tension perpendicular to the grain but the main cause found was tangential shrinkage. No stability loss from deformation, especially in the column region, was found. Repair is required at least for cracks wider than 2 mm and deeper than 30 mm, and acc. to studies /5/ and /6/ this is best done with cellulose-filled epoxy resin or by pressing butt straps on the frame corner with nails. Frame trusses appeared to be intact from the viewpoint of stability.