

# **Bundyrohre**

**Applikationsbericht**





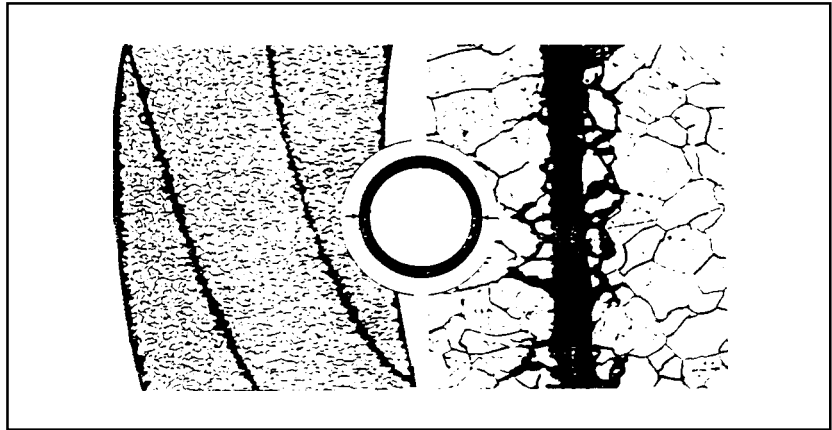
PRÜFTECHNIK AG

EDDYCHEK® ist ein eingetragenes Warenzeichen der PRÜFTECHNIK AG. Irrtümer und Konstruktionsänderungen, insbesondere im Sinne technischer Weiterentwicklung vorbehalten.  
© Copyright 1996 by PRÜFTECHNIK AG. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung der PRÜFTECHNIK AG.

PRÜFTECHNIKAG  
Oskar-Messter-Str. 19-21  
D-85737 Ismaning  
Telefon: 0 89/9 96 16-0  
Telefax: 0 89/96 79 90

## Einführung

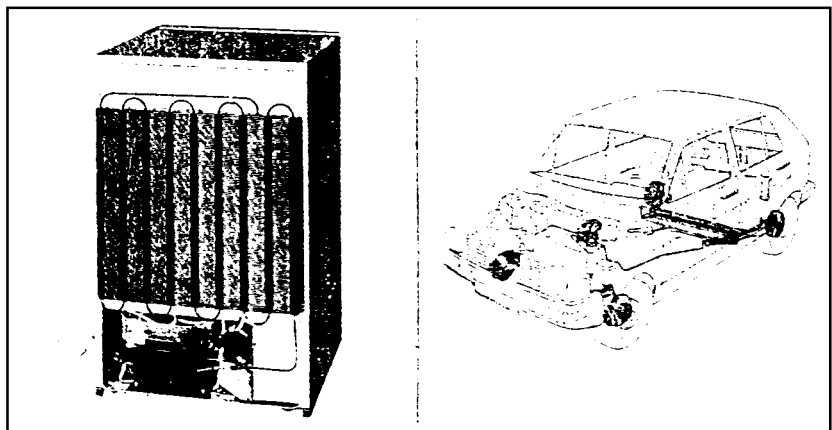
Bundy-Rohre sind doppelwandig gewickelte und verlötete Rohre, die den höchsten Anforderungen genügen.



Die angeschrägten Kanten des Bandes ergeben glatte Verbindungen und verhindern innere und äußere Wulstbildung.

Das Kupfer verbindet das Stahlband über den gesamten Umfang. Diese Verbindung ist gut geeignet bei Vibrationsbeanspruchung und hohen Drücken.

Aufgrund der Herstellungsart sind die Rohre fast vollkommen dicht und für sehr hohe Drücke (1000 Bar) geeignet. Aus diesen Gründen werden die Rohre hauptsächlich in der Automobilindustrie eingesetzt, sowie beispielsweise in der Kühlschrankindustrie. Anwendung finden sie überall dort, wo die Betriebssicherheit eine wichtige Rolle spielt, wie bei Wärmetauschern für Klimaanlage, bei Öl- und Kraftstoffleitungen und vor allem bei Bremsleitungen.

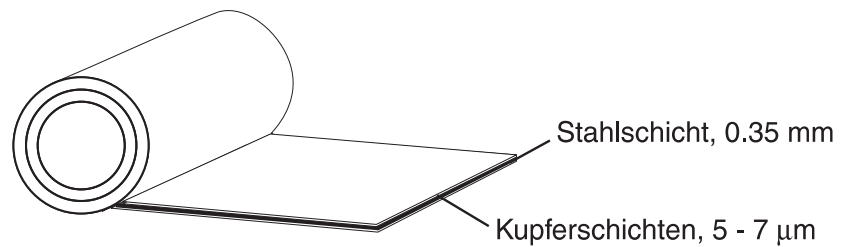


Die weiterverarbeitende Industrie fordert vermehrt eine garantiert gleichbleibende Produktqualität. Dies gilt insbesondere für die Automobilindustrie, die, zum Beispiel in Deutschland, eine Minimierung des „Menschlichen Faktors“ verlangt. Alle Entscheidungen müssen somit automatisch getroffen werden. Dadurch werden hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit des Prüfsystems gestellt, da eine automatische Fehlererkennung und -aussortierung sichergestellt sein muß.

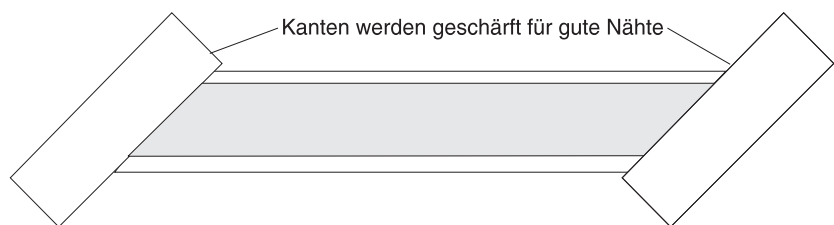
Die Automatisierung bedeutet für den Betreiber zusätzlich eine Personaleinsparung und Lohnkostenreduzierung.

## Herstellung

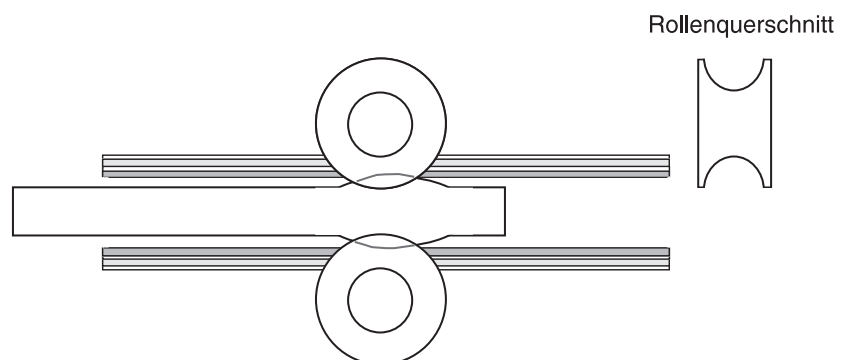
Das Ausgangsmaterial ist ein mit reinem Kupfer (99,99%) überzogenes Stahlband, mit einer Stärke von 0,35 mm. Die Kupferschicht hat eine Dicke von etwa 5 - 7  $\mu\text{m}$ .



Das Band wird in der Produktionslinie gereinigt und geölt. Die Kanten werden mit Hilfe zweier Druckrollen geschärft, um gut anliegende Innen- und Außennähte zu erreichen.

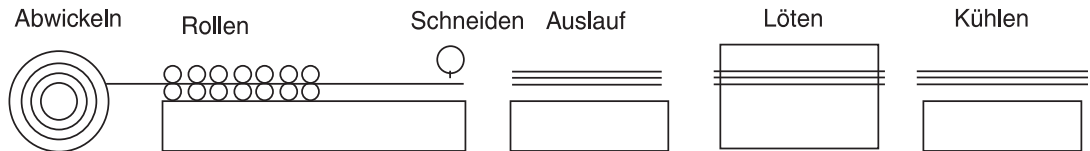


Die Einförmigkeit der Rohre erfolgt in mehreren Rollgerüsten. Das letzte Gerüst bestimmt den endgültigen Durchmesser und die Rundheit des Rohrs. An dieser Stelle befindet sich im Inneren des Rohrs ein Schwimmer, dessen beide Köpfe die Rohrwand gegen die letzten beiden Rollenpaare drückt. Die Position des Schwimmers bestimmt die Wickeldichte des Rohrs. Bei kleinen Durchmessern korreliert diese direkt mit der Qualität bzw. mit der Anzahl an Hohlstellen im Rohr.



Um die Welligkeit auszugleichen, die durch die mechanische Bearbeitung des Bandes entsteht, wird die Rollengeschwindigkeit so geregelt, daß das Rohr kontinuierlich gezogen wird. Der Streckungsfaktor beträgt hierbei etwa 1,04 - 1,08.

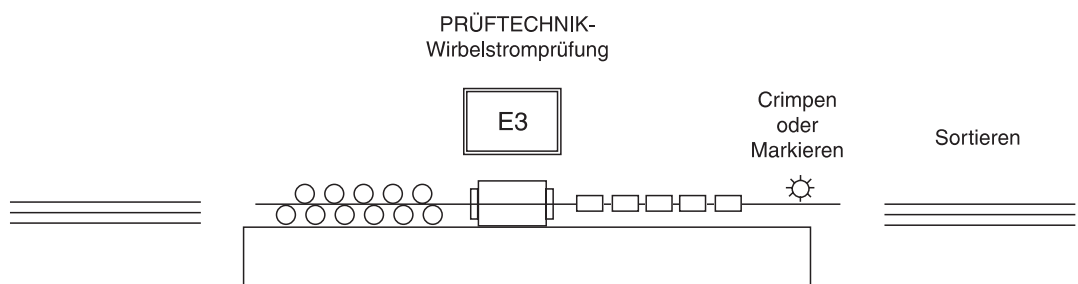
Die gewickelten Rohre werden lagenweise (30 - 40 Stück) durch einen Lötöfen gefahren und dort bei einer Temperatur von etwa 1090°C verlötet (Kupfer schmilzt bei 1078°C). Die niedrige Durchlaufgeschwindigkeit und eine exakte Temperaturführung ergeben homogen verlötete Rohre. Anschließend wird das Rohr in der Kühlzone mit Luft abgekühlt.



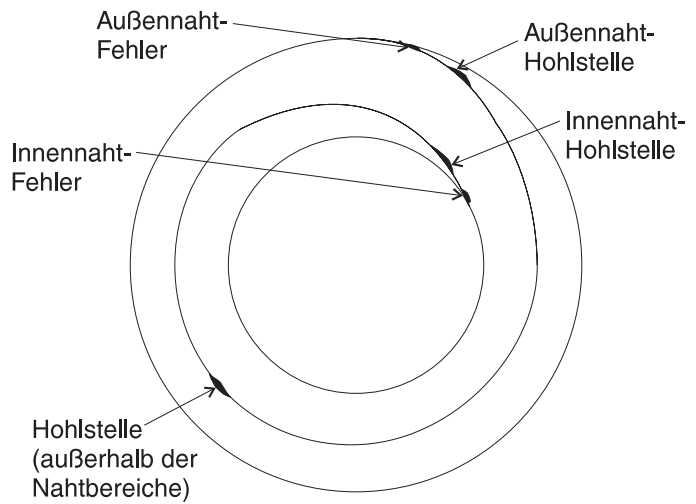
### Qualitätskontrolle nach dem Verlöten

Die Rohre werden nach dem Verlöten mit dem EDDYCHEK 3 geprüft und in bis zu vier Klassen sortiert. Die Prüfspule befindet sich hierfür zwischen dem horizontalen und dem vertikalen Richtwerk, um eine zuverlässige und störungsfreie Prüfung sicherzustellen.

Zusätzlich werden von den Enden des Rohrs Proben für zerstörende Quetsch- und Aufweitprüfungen genommen.



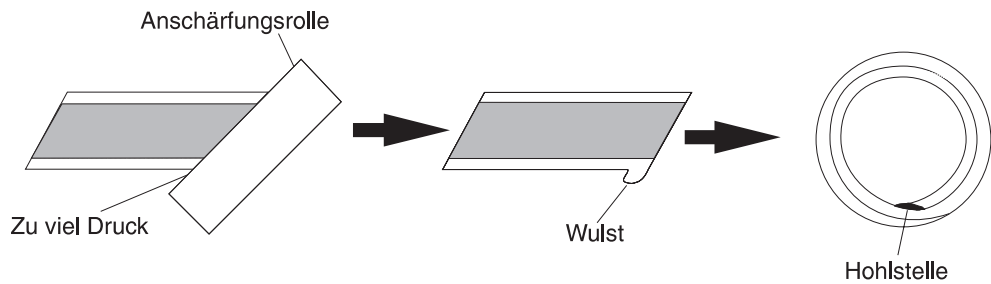
# Typische Fehler



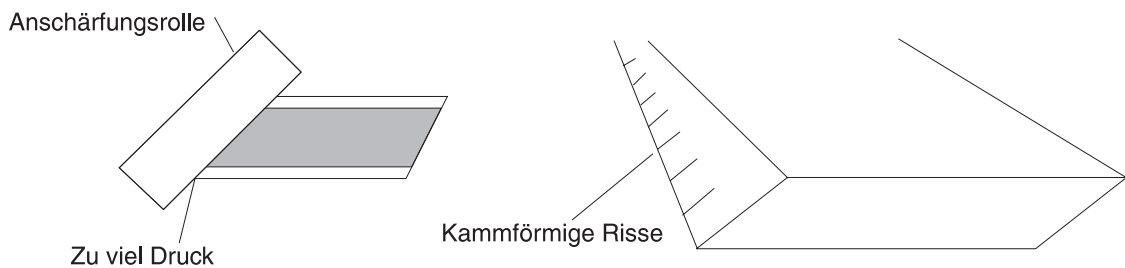
## Fehler durch falsche Anschärfung

### • Kaltverformung

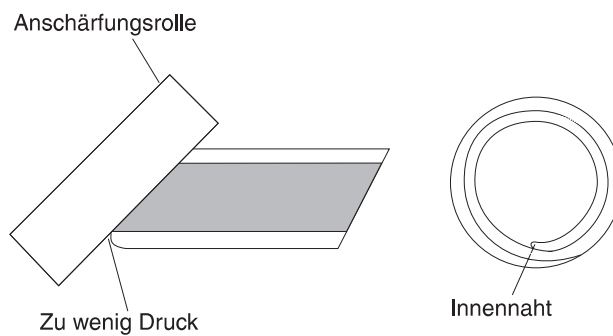
Es kann ein Wulst entstehen, der nach der Einförmung zu Hohlstellen führt.



### • Kammförmige Risse



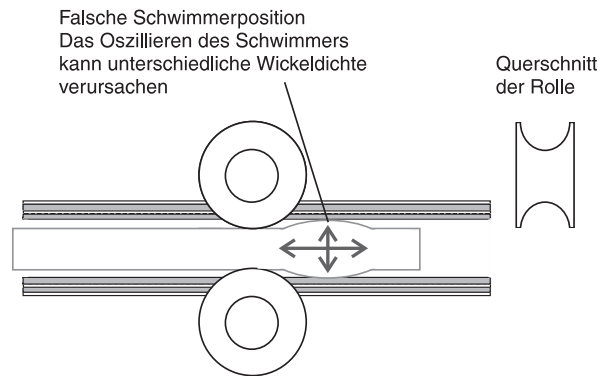
### • Stumpfe Außennaht



- **Falsche Schwimmerposition**

Wenn der Schwimmer zu weit hinten angeordnet wird, ist die Wickeldichte zu gering, wodurch sich Hohlstellen bilden können.

Sitzt der Schwimmer zu weit vorne, so beginnt dieser zu oszillieren, da der Anpressdruck zu hoch ist. Dies führt zu einer schwankenden Wickeldichte.



### Fehler, die im Lötöfen entstehen

- **Kupferbatzen**

Das Kupfer ist geschmolzen und hat sich konzentriert (Batzenbildung).



- **Verlaufenes Kupfer**

Ähnlich wie bei den Kupferbatzen ist das Kupfer geschmolzen und die Oberfläche uneben geworden.



## **Auswirkungen verschiedener Fehlertypen**

Hohlstellen außerhalb der Nahtbereich führen nicht zur Undichtigkeit des Rohrs, da selbst gut gewickelte, ungelötete Rohre dicht sind. Sie bewirken aber Fehler an den Bördeln, so daß Rohrverbindungen nicht mehr dicht sind.

Alle Fehler innerhalb der Nahtbereich (Innen und Außen) sind kritisch und führen zu einer verminderten Berstbelastbarkeit des Rohres.

Verlaufenes Kupfer oder Kupferbatzen stellen keine wirkliche Beschädigung des Rohrs dar. Sie werden in einem Ziehstein abgehobelt. Große Verunreinigungen können hierbei jedoch zu einer Beschädigung der gegenüberliegenden Seite führen.

Während Anzeigen durch Kupferbatzen gut durch die Sektorauswertung unterdrückt werden können, führen großflächig verlaufene Kupferansammlungen immer zu einem gewissen Pseudoausschuß, da deren Anzeigerichtungen variieren und z.T. in den Bereich der Außennahtfehler fallen.

## **Prüfeinstellungen**

Die Wirbelstromprüfung erfolgt offline nach dem Verlöten. Die Prüfgeschwindigkeit ist etwa 4 m/s und die Länge der Prüflinge beträgt meist 32 Meter. Die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Rohrenden variiert um bis zu 20°C, was für die Einstellung des Absolutkanals berücksichtigt werden muß.

Da die Rohre ferritisch sind ist eine magnetische Sättigung notwendig. Das Prüfjoch mit einer Rundspule befindet sich zwischen zwei Richtwerken, die einen möglichst vibrationsarmen und somit störungsfreien Ablauf garantieren sollen.

Nach der Prüfung werden die Fehler mechanisch markiert (gecrimpt), so daß die markierten Stellen auch nach der Kunststoffbeschichtung erkannt und aussortiert werden können.



Die Rohre werden in bis zu 4 Sortierklassen eingeteilt und sortiert.

Gut: Keine oder nur wenige kleinste Fehler (KFZ-Qualität)

A: ACC-Fehlerdichte überschritten oder nur wenige kleine Fehler (ALO)

B: Wenige größere Fehler (AHI), aber Teile des Rohrs können noch verwendet werden

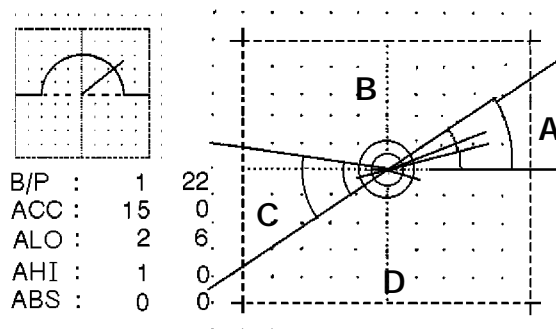
Ausschuß: Ein Absolutfehler oder so viele AHI/ALO, daß das Rohr nicht mehr verwendet werden kann

## Alarmmasken

Für die Prüfung wird der Differenzkanal und zusätzlich der Absolutkanal, für lange, ungelötete Bereiche, verwendet.

Die Alarmmaske ist in vier separate Sektoren unterteilt. In zwei dieser Sektoren wird sehr empfindlich bewertet, die anderen beiden sind für weniger relevante Fehler vorgesehen.

- A für Kupferbatzen
- B Außennahtfehler, unverlötetes Rohr, Hohlstellen (außen verlaufenes Kupfer)
- C Rußpartikel
- D Innennahtfehler, unverlötetes Rohr (innen verlaufenes Kupfer)

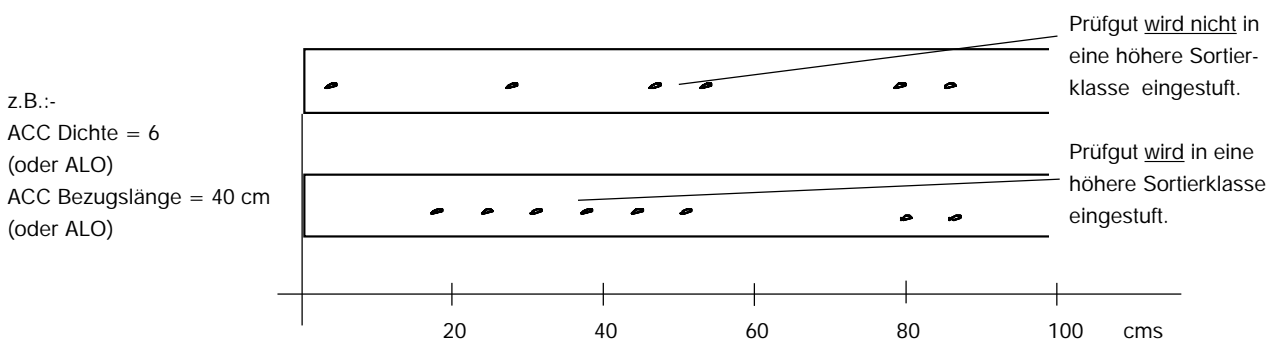


## Fehlerdichte

Zusätzlich zur Ermittlung der Fehlerzahl führt der EDDYCHECK 3 auch eine Fehlerdichtebewertung in zweierlei Form durch.

### Reine Fehlerdichtebewertung

Innerhalb einer einstellbaren Referenzlänge darf nur eine festlegbare Anzahl von ACC- und ALO-Fehlern auftreten. Bei einer Überschreitung der Fehlerdichte für die ACC-Fehler erfolgt eine Sortierung des Rohres in die Klasse A. Wird der Grenzwert an ALO-Fehlern überschritten, so wird das entsprechende Rohr als Schrott sortiert.



### Mindestgutlängen- und Gesamtgutlängenbewertung

Für die Fehlerklasse AHI ist eine eigene Fehlerdichtebewertung implementiert. Zwischen zwei Fehlern AHI muß ein bestimmter Abstand die Mindestgutlänge sein. Die Summe aus den Mindestgutlängen wird als Gesamtgutlänge bezeichnet. Es erfolgt dann eine Sortierung nach Schrott, wenn die Gesamtgutlänge unterschritten ist.

Die Gründe für die komplizierte Art der Bewertung sind wirtschaftlicher Natur. Die Rohrlänge bei dieser Applikation beträgt 32 m. Eine Heraustrennung der fehlerfreien Stücke zwischen den AHI-Fehlern ist sinnvoll, da bei der anschließenden Weiterverarbeitung diese Kurzlängen eingesetzt werden können.



## Fehlerlage-Protokoll

Das Fehlerlage-Protokoll liefert die Darstellung der Fehlerverteilung auf den Prüflingen einer Lage.

```
DEFECT-LOCATION REPORT:  Inspect. 2      (3200/475)      26.05.93, 14:56      Page 1
                        EDDYCHECK3 Rev 2.4-0018E

Batch completed 26.05.93, 14:56

Sorting-Class | S0 (Good) | S1 (- A -) | S2 (- B -) | S3 (Scrap) || Sum= |
BATCH: 1      | 25 / 83% | 2 / 7% | 2 / 7% | 1 / 3% || 30 |
Length / [m] | 814 / 83% | 65 / 7% | 64 / 7% | 32 / 3% || 975 |

Part-Number, Coil, Sort-Class [ Alarms: ABS=#, AHI=*, ALO=o ] Length / cm
25  A s1|-----o-----o-----|3259
15  A s2|-----*---o---*ooc-o---o-o---o-----|3158
8   A s3|-----#####*o-----|3215
7   A s1|-----o-o-----|3255
4   A s2|-----o-o-o-o-*-----*---c*---*o---*o*-----|3247
```

## Beispiel

Der Prüfling mit der Teilenummer 8 hat eine Länge von 3215 cm und wurde mit dem Kanal A geprüft. Zahl der Fehler:

- 10 Segmente mit Absolutfehler (#)
- 1 Segment mit Fehlerart AHI (\*)
- 1 Segment mit Fehlerart ALO (o).

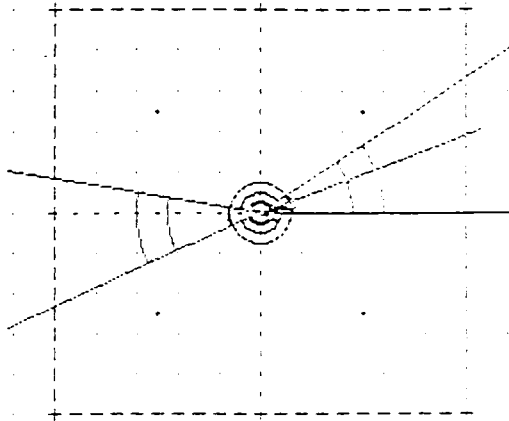
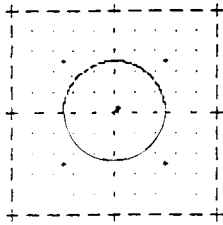
Das ergibt die Sortierklasse 3, Schrott.

Die Fehlerlage wird durch die Position der Zeichen innerhalb der Zeile festgelegt.

**Bildschirmausdruck**

Der Bildschirmausdruck ist sehr nützlich bei der Erstellung eines Fehlerkatalogs.

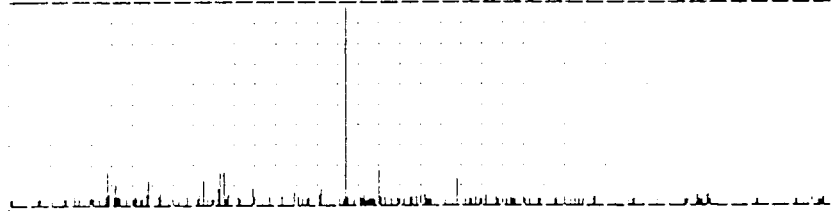
E2 L: 3195 v 3870



B/P: 2 7  
 ACC: 0 0  
 AL0: 0 0  
 AHI: 0 8  
 ABS: 0 0

EXIT  
  
 PRINT  
 SYS-ERRS  
  
 PRINT  
 SCREEN  
  
 LOC-REP.  
 actual

16



LOC-REP.  
 last  
  
 PRINT  
 SPC-REP.

COIL A : STORAGE Display, -- B -- 26.05.99, 15:04

WITHOUT ENCODER , Line-Speed mm/sec : 4000

INPUTS (TRUE) Line\_Forward [NK0]: LOW Abs\_Balance [NK1]: LOW  
 Mat\_Feed [NK6]: LOW Sort\_Arrive [NK5]: LOW

**GLOBAL PARAMETERS**

Low-Pass Filter No. : 9 DV-Storage-Displ. Span cm : 0  
 R/t-Display Resol. cm/bar : 8 R/t-Marker Threshold % : 12

**COIL PARAMETERS**

Differential Gain Lo dB : 20 Differential Phase Lo Deg : 95  
 Differential Gain Hi dB : 0 Differential Phase Hi Deg : 0  
 Different. HP-Filter No. : 8 Different.Coil Width %mm : 500  
 Absolute Gain dB : 20 Absolute Phase Deg : 135  
 Absolute Alarm Level % : 25 Absol. Alarm Sector Deg : 180  
 Absolute HP-Filter No. : 3

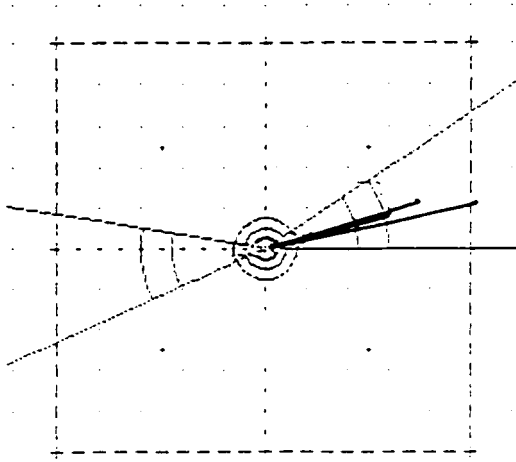
FREQUENCY : f\_Lo = 10.0 KHz , f\_Hi = 1E7 KHz (FR-FF29)

**REPORT PARAMETERS**

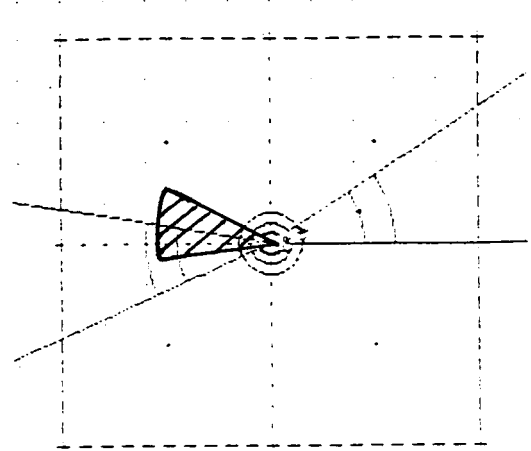
Size A 0...9999 : 3200 Operator No. 0...9999 : 2  
 Size B 0...9999 : 475

# Fehlerkatalog

## Kupferbatzen, verlaufenes Kupfer



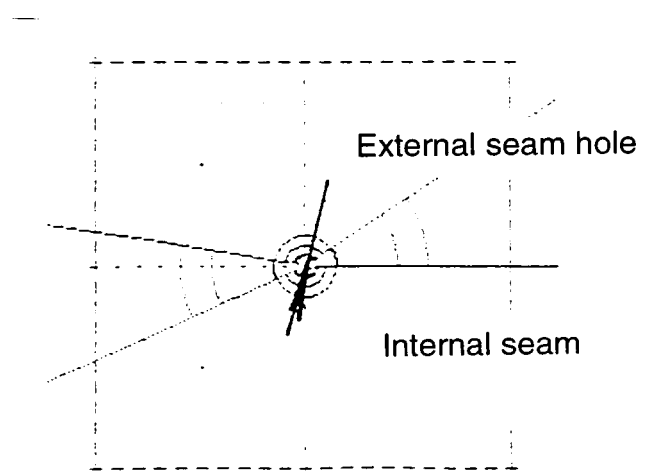
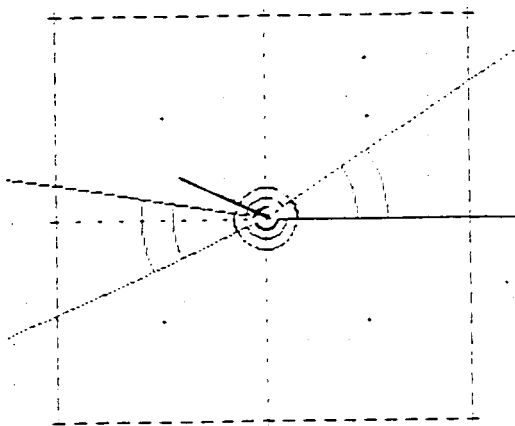
Kupferbatzen



außen verlaufenes Kupfer

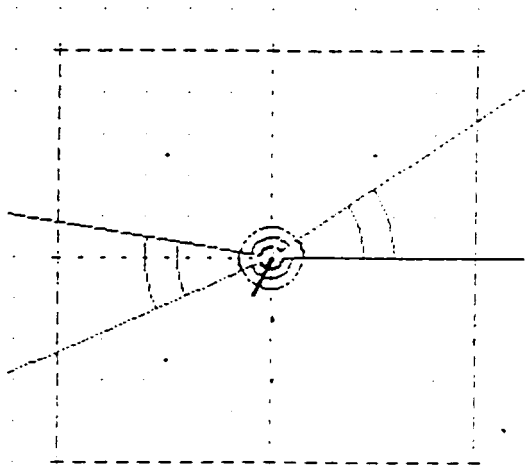
## Außennahtfehler (Hohlstellen)

### Hohlstelle in der Außennaht

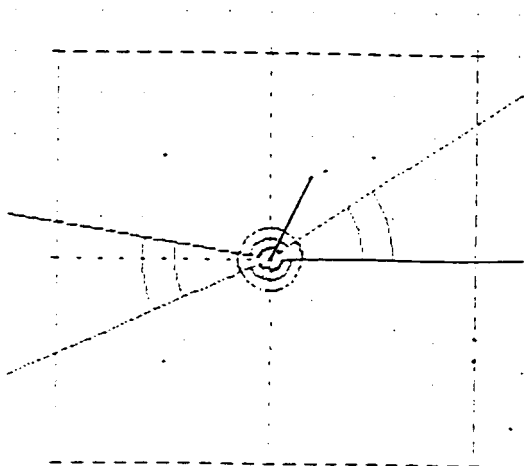


treten häufig zusammen auf  
Grund: Kantenvorbereitung

**Innennahtfehler**

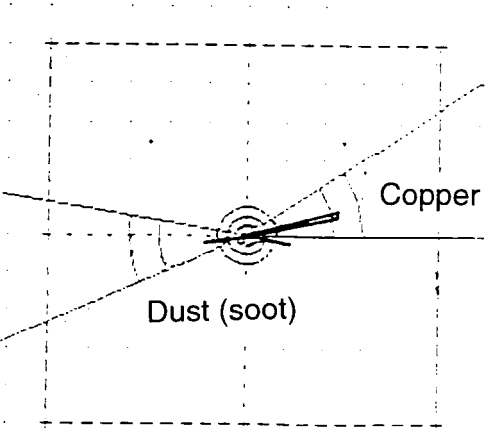


Innennahtfehler



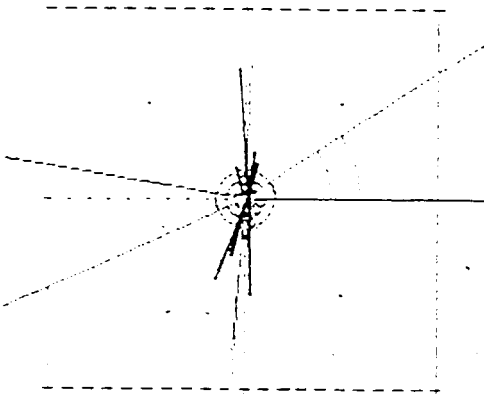
Innennaht-Hohlstelle

**Andere Fehler**

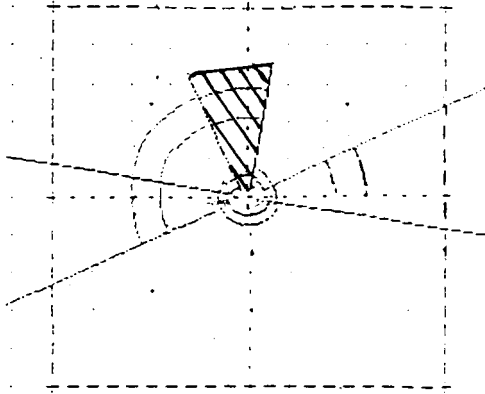


Dust (soot)

Copper spots



Unbrazed tube  
unverlotetes Rohr



Hohlstellen außerhalb  
der Nahtbereich