



# Schlussbericht der Eidgenössischen Flugunfall-Untersuchungskommission

## über den Unfall

des Flugzeuges Fairchild Swearingen SA-227 AC HB-LNB

Crossair AG

vom 8. Januar 1982

auf dem Flughafen Zürich

## RESUME

L'avion Swearingen SA-227, HB-LNB, assurant le vol de ligne Crossair LX 597 Nuremberg-Zurich, atterrit à 2053 (heure locale) sur la piste 14 de l'aéroport de Zurich, recouverte de 3 à 4 cm de neige sèche.

Environ trois secondes après avoir touché le sol, l'appareil commence à dévier lentement vers la gauche. Les corrections (gouvernail de direction à droite, inversion totale de poussée à droite) tentées par le commandant ne permettent pas d'empêcher que l'avion s'arrête à une soixante de mètres au-delà du bord de la piste.

### Cause

L'accident est dû à une défectuosité dans le système de commande de la roue de proue, plus précisément à une mauvaise position de la soupape de sélection du mode de service. Ce défaut résulte de l'un des éléments ci-après ou de la conjonction de ceux-ci:

- Construction défectueuse
- Défaut de fabrication
- Fluide hydraulique pollué.

Die Voruntersuchung wurde von Ernst Guggisberg geleitet und mit Zustellung des Untersuchungsberichtes vom 27. Dezember 1982 an den Kommissionspräsidenten am 24. Januar 1983 abgeschlossen.

DIE RECHTLICHE WÜRDIGUNG DES UNFALLGESCHEHENS IST NICHT GEGENSTAND DER UNTERSUCHUNG UND DER UNTERSUCHUNGSBERICHTE (ARTIKEL 2 ABSATZ 2 VERORDNUNG ÜBER DIE FLUGUNFALLUNTERSUCHUNGEN VOM 20. AUGUST 1980)

**LUFTFAHRZEUG** Fairchild Swearingen SA-227 AC HB-LNB

**HALTER** ) Crossair AG, 8058 Zürich-Flughafen

**EIGENTUEMER**

**PILOT (Kdt)** Schwedischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1948

**AUSWEIS** Führerausweis für Berufspiloten 1. Klasse

**FLUGSTUNDEN**

	<b>INSGESAMT</b> 5300	<b>WÄHREND DER LETZTEN 90 TAGE</b> 272
	<b>MIT DEM UNFALLMUSTER</b> 1000	<b>WÄHREND DER LETZTEN 90 TAGE</b> 272

**ORT** Flughafen Zürich

**KOORDINATEN** --- **HOEHE ü/M** 432 m

**DATUM UND ZEIT** 8. Januar 1982 um 2052 Uhr Lokalzeit (GMT+1)

**BETRIEBSART** Linienflug

**FLUGPHASE** Landung

**UNFALLART** Ausbrechen

**PERSONENSCHADEN**

	<b>BESATZUNG</b>	<b>FLUGGÄSTE</b>	<b>DRITTPERSONEN</b>
<b>TÖDLICH VERLETZT</b>	-	-	-
<b>ERHEBLICH VERLETZT</b>	-	-	-
<b>LEICHT ODER NICHT VERLETZT</b>	2	13	

**SCHADEN AM LUFTFAHRZEUG** Bugfahrwerk, Rumpfvorderteil, Propeller beschädigt

**SACHSCHADEN DRITTER** eine Pistenlampe

PILOT (Copi)

Schweizerbürger, Jahrgang 1955

AUSWEIS

Führerausweis für Berufspiloten

FLUGSTUNDEN

INSGESAMT 1350	WÄHREND DER LETZTEN 90 TAGE 133
MIT DEM UNFALLMUSTER 1100	WÄHREND DER LETZTEN 90 TAGE 133

	BESATZUNG	FLUGGÄSTE	DRITTPERSONEN
TÖDLICH VERLETZT			
ERHEBLICH VERLETZT			
LEICHT ODER NICHT VERLETZT			

## FLUGVERLAUF (Beilage 1)

- Das Flugzeug Swearingen SA-227 AC HB-LNB, Linienflug Crossair LX 597 von Nürnberg nach Zürich, landete um 2053 Uhr \*) auf der mit 3 - 4 cm trockenem Schnee bedeckten Piste 14 des Flughafens Zürich.
- Der Instrumentenanflug und das Aufsetzen des Flugzeuges verliefen gemäss Aussagen der Besatzung routinemässig und wurden durch den Kommandanten ausgeführt.
- Nach Aussagen der Besatzung (es stehen keine Flugdatenschreiberaufzeichnungen zur Verfügung) begann das Flugzeug ca drei Sekunden nach dem Aufsetzen des Bugfahrwerkes langsam nach links auszubrechen. Der Kommandant versuchte, diese Tendenz zu korrigieren, indem er nebst Seitenruder rechts am rechten Triebwerk volle Schubumkehr (reverse) gab. Diese Korrekturmassnahmen konnten aber nicht verhindern, dass das Flugzeug ca 1650 m nach der Landeschwelle der Piste 14 den linken Pistenrand überrollte. Nach einer weiteren Rollstrecke von ca 60 m in der aufgeweichten, verschneiten Wiese kam das Flugzeug, ca 24 m (linkes Hauptfahrwerk) vom linken Pistenrand entfernt und ca 70° von der Pistenachse nach links abgedreht, beschädigt zum Stillstand. Es brach kein Feuer aus.

## BEFUNDE

- Die Piloten besaßen gültige Führerausweise und waren berechtigt, den vorgesehenen Flug durchzuführen.
- Dem Untersuchungsleiter sind keine für das Unfallgeschehen relevanten gesundheitlichen Störungen bekannt geworden.
- Das Flugzeug war zum Verkehr zugelassen und wies beim Unfall lediglich 67 Betriebsstunden auf. Gewicht und Schwerpunkt befanden sich im zulässigen Bereich.
- Der Flugdatenschreiber funktionierte infolge Störung im Bandtransportsystem nicht; daher steht keine Aufzeichnung zur Verfügung.
- Für den Start in Nürnberg benutzte die Besatzung entgegen dem Bulletin SB-A32-032 vom 3. Juni 1981 die Bugfahrwerksteuerung.
- Für die Landung in Zürich war die Bugfahrwerksteuerung auf "Caster mode" gestellt.
- Ca drei Sekunden nach dem Aufsetzen brach das Flugzeug nach links aus.
- Die Landung erfolgte normal.
- Das Bugfahrwerk war nach dem Unfall ca 45° nach links ausgeleckt.

---

\*) Alle Zeiten sind Lokalzeit (GMT+1)

- Der elektrische Teil der Bugfahrwerksteuerung wies keine Mängel auf.
- Im hydraulischen Teil der Bugfahrwerksteuerung wurden diverse Mängel gefunden:

Die beiden Feinfilter im Servoventil (Servo valve) waren verunreinigt, ebenso die beiden Betätigungszyylinder.

Beim linken Betätigungszyylinder fehlte auf der Lauffläche ein Stück Oxidschicht (Beilage 3). Dieses löste sich ab (gemäss Gutachten der Gruppe für Rüstungsdienste GRD, chemisch-technische Materialuntersuchung - Beilage 4), weil:

"Der Defekt am vorliegenden Zylinder ist auf eine qualitativ schlechte Oxidschicht (Hartoxidschicht) zurückzuführen. Schlecht ist die Schicht, weil der Grundwerkstoff aus der hochfesten Legierung 7075 entweder

- a) vor der Oberflächenbehandlung korrodiert oder verbeizt war, oder
- b) der Teil einer Revision, d.h. Zweitoxidierung unterzogen wurde (Ablösen der alten Oxidschicht).

Trifft Fall b) zu, so ist bei der vorliegenden Legierung erfahrungsgemäss mit grosser Wahrscheinlichkeit mit unkontrollierbaren Beizvorgängen zu rechnen, was feine Oberflächen nachhaltig zerstören kann. Eine anodische Oxidation führt dann meistens zu qualitativ sehr schlechten Oxidschichten.

Der Defekt ist nicht auf einen übermässigen Verschleiss durch den Kolben oder eine Korrosion durch das Hydrauliköl zurückzuführen."

An sämtlichen Querbohrungen der Schieberventilhülse (Spool valve) waren verschiedene grosse Brauen vorhanden (Beilage 5).

#### - Wetter am Unfallort und zur Unfallzeit

Wolken/Wetter:	5/8 St, Basis 1200 ft/G und 7/8 St, Basis 1500 ft/G, leichter Eisregen (bis ca 1930 Uhr MEZ Schneefall)
Sicht:	3000 m
Wind:	340/04 Knoten
Temp./Tpkt.:	m07 <sup>o</sup> /m07 <sup>o</sup>
Luftdruck:	1014 mbar QNH
Gefahren:	Piste mit trockenem Schnee bedeckt (3 cm um 2020 Uhr MEZ), Bremskoeffizient schwach.

#### - Pistenzustand

Um 2117 Uhr war die Piste 14 mit 37 bis 39 mm trockenem Schnee und losen Eiskörnern bedeckt. Die Reibungskoeffizienten auf Piste 14 betragen 0,1 - 0,3  $\mu$ .

## BEURTEILUNG

### 1. Technisches

- Das Bugfahrwerk wurde bei der Landung nach links ausgelenkt. Die Ursache für das Auslenken des Bugfahrwerkes ist im elektrischen und/oder im hydraulischen Teil des Systems zu suchen. Da das elektrische System in Ordnung arbeitete, muss der Grund für das Auslenken im hydraulischen Teil liegen.

- Das hydraulische System arbeitet in zwei Betriebsarten, nämlich im:

- "Steering mode" (Beilage 2), d.h. die Bugfahrwerksteuerung ist in Betrieb, und das Bugfahrwerk wird entsprechend den Seitensteuerpedalausschlägen nachgeführt, oder im:

- "Caster Mode", d.h. das Bugfahrwerk ist frei und wird lediglich gedämpft (Jimmy-Dämpfer). Diese Betriebsart war von der Besatzung für die Landung in Zürich gewählt worden.

- Die Betriebsarten "Steering" und "Caster" werden durch ein Betriebsartenventil (Spool valve) eingestellt.

Beim Betriebsartenventil handelt es sich um ein Kolbenschieberventil. Der Kolbenschieber wird mittels Hydraulikdruck in die Stellung "Steering" verschoben und dort gehalten. In die Stellung "Caster" wird der Kolbenschieber lediglich durch eine vorgespannte Druckfeder gebracht.

- Für das fehlerhafte Funktionieren des Bugfahrwerksteuerungs-hydrauliksystems ist höchstwahrscheinlich das Betriebsartenventil verantwortlich. Der Kolbenschieber hätte sich demnach im Unfallzeitpunkt in einer Zwischenstellung befunden (zwischen Stellung "Steering" und "Caster").

- Wann konnte es im Betriebsartenventil zu dieser Zwischenstellung des Kolbenschiebers kommen (zwischen "Steering" und "Caster Mode")?

In Nürnberg wurde die Bugfahrwerksteuerung für das Auflinieren und den Start verwendet. Beim Abschalten der Bugfahrwerksteuerung sollte der Kolbenschieber im Betriebsartenventil mittels vorgespannter Druckfeder vom "Steering mode" in den "Caster mode" verschoben werden. Diese Verschiebung erfolgte möglicherweise nur zum Teil, indem der Kolbenschieber infolge einer Hemmung, die grösser war als die zur Verfügung stehende Federkraft, sich nicht vollständig in die Stellung "Caster mode" verschieben konnte.

- Warum kam es im Betriebsartenventil zu dieser Hemmung des Kolbenschiebers?

Es gibt verschiedene Faktoren, die einzeln oder in Kombination dafür verantwortlich sind, nämlich:

.. Das Bugfahrwerkhydrauliksystem war stark verunreinigt.

Diese Verunreinigung stammt von der Montage her und kann,

da dieser Schmutz mit dem Hydrauliköl zirkuliert, den Kolbenschieber bei seiner Verschiebung hemmen.

- .. An der Ventilhülse, in der sich der Kolbenschieber befindet, wurden bei allen Querbohrungen verschieden grosse Brauen festgestellt, die von der Bearbeitung herrühren und nicht entfernt worden waren. Bei solchen Brauen besteht die Gefahr, dass sie sich abtrennen und den nur von einer Feder bewegten Kolbenschieber in einer Zwischenposition temporär festhalten können.
- .. Am linken der beiden Betätigungszyylinder, deren Innenwandung mit einer ca  $20\mu$  m starken Oxidschicht überzogen ist, fehlt an einer Stelle (Beilage 3) die Oxidschicht.

Gemäss Gutachten GRD (Beilage 4):

"Beim festgestellten Oxidschichtdefekt handelt es sich um einen auf Korrosion oder Verbeizung des Al-Werkstoffs 7075 zurückzuführenden Fehler ...."

Die Oxidschicht ist ca  $20\mu$  stark, hart und spröde, so dass beim Ablösen der Oxidschicht die verhältnismässig kleinen Teilchen mit dem Hydrauliköl zirkulieren und eine Hemmung des Kolbenschiebers im Spool valve begünstigen können.

- Die Oberflächengüte (Rauheit) für Ventile wie das Betriebsartenventil sollten  $8\mu$  in. RA = Mittenrauhwert, das einem metrischen Wert von  $0,2\mu$  m gleichkommt, aufweisen.

Der Kolbenschieber wies einen Durchschnittswert von  $0,2\mu$  m auf, welches dem maximal zulässigen Wert gleichkommt.

Die Bohrung wies einen durchschnittlichen Wert von  $0,36\mu$  m auf. Diese Oberflächengüte liegt ausserhalb des zulässigen Wertes und begünstigt bei einem verschmutzten Hydrauliksystem eine Hemmung des Kolbenschiebers (die Längsrillen wurden nicht gemessen - Beilage 6).

- Einbauspiel des Kolbenschiebers:

Das durchschnittliche Spiel zwischen Kolbenschieber und Bohrung beträgt  $8\mu$  m. Das Spiel von  $8\mu$  m liegt über dem normalen Wert von ca  $5\mu$ . Je grösser das Spiel, desto grösser die Gefahr, dass Schmutz zwischen Schieber und Gehäuse gerät und eine Hemmung des Kolbenschiebers begünstigen kann.

- Wenn man nebst den aufgeführten Mängeln das Detail der Rücklaufleitungsverschraubung am Betriebsartenventil (Spool valve) betrachtet (Beilage 7), lässt die Ausführung (Finish) des Bugfahrwerksteuerungshydrauliksystems im allgemeinen zu wünschen übrig.
- Das Betriebsartenventil wurde vom Hersteller nach dem Unfall modifiziert. Die Modifikation, die noch mehrere Verbesserungen, z.B. einen zusätzlichen Filter im Hydraulikvorlauf usw., enthält, darf als befriedigend bezeichnet werden.



## 2. Operationelles

- Gemäss Service-Bulletin SB A32-032 vom 3. Juni 1981 limitierte der Hersteller die Bugfahrwerksteuerung wie folgt:
  1. **The restriction of use of the steering system to speeds below 10 knots is effective upon receipt of this bulletin.**
  2. **The test procedure to determine the system is operating properly must be performed before every take-off after receipt of the bulletin.**
- In Nürnberg verwendete die Besatzung entgegen dem Service-Bulletin SB A32-032 die Bugfahrwerksteuerung für den line-up und take-off. Während dem Anflug und der Landung in Zürich war die Bugfahrwerksteuerung vorschriftsgemäss ausgeschaltet.
- Dem Hersteller war das Problem seit längerer Zeit bekannt. Es dauerte aber mehr als ein Jahr, bis den Flugbetrieben eine Modifikation zur Verfügung gestellt wurde. Eine solche Zeitspanne steht zum Aufwand dieser Modifikation in keinem Verhältnis.
- Es ist verständlich, dass die Besatzungen, insbesondere während der europäischen Winteroperation, die Bugfahrwerksteuerung für den Start entgegen dem Bulletin verwendeten. Auch wenn das Flugzeug ohne Bugfahrwerksteuerung zertifiziert wurde, scheint es wenig sinnvoll, die Verwendung der Bugfahrwerksteuerung mittels Bulletin für eine so lange Zeit einzuschränken. Bei Start und Landung auf den oft schmalen Pisten einer Regionaloperation bei Seitenwind und/oder bei schlechtem Pistenzustand stellt die Bugfahrwerksteuerung ein unerlässliches Hilfsmittel für den sicheren Betrieb dar.
- Das vom Hersteller herausgegebene Bulletin SB A32-032 wurde vom Bundesamt für Zivilluftfahrt am 25. Januar 1982 aufgehoben mit der Bedingung, dass die "Temporary Instruction No 1/82-AFM SA-227 AC/SA-226 TC" eingehalten wird.

Begründung: Bei Nichtverwenden der Bugfahrwerksteuerung, insbesondere bei der Winteroperation (take-off), ist im täglichen Einsatz auf schmalen Pisten mit Seitenwind und/oder schlechtem Pistenzustand das Risiko grösser als bei deren Verwendung unter Einhaltung der "Temporary Instruction".

## URSACHE

Der Unfall ist zurückzuführen auf eine Störung im Bugfahrwerk-system, d.h. eine durch

- mangelhafte Konstruktion oder/und
- Fabrikationsmängel oder/und
- Verunreinigungen im Hydrauliksystem

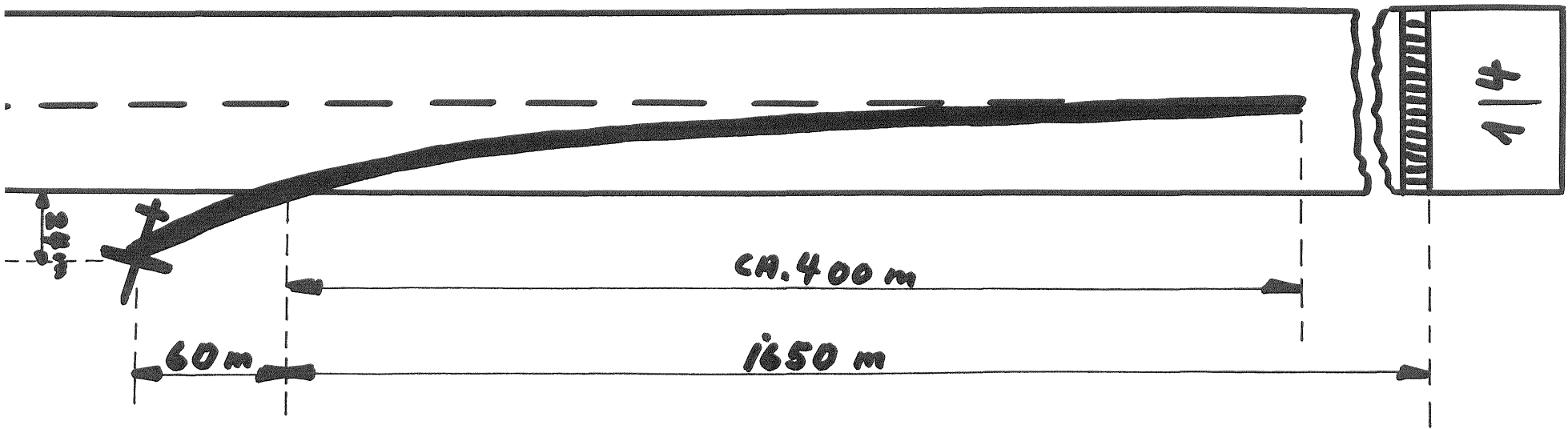
bewirkte unkorrekte Stellung des Betriebsartenventils.

Zürich-Flughafen, 27. Mai 1983

sig. Dr. Ch. Ott  
sig. J.-P. Weibel  
sig. Ch. Lanfranchi  
sig. M. Marazza

# BEILAGE 1

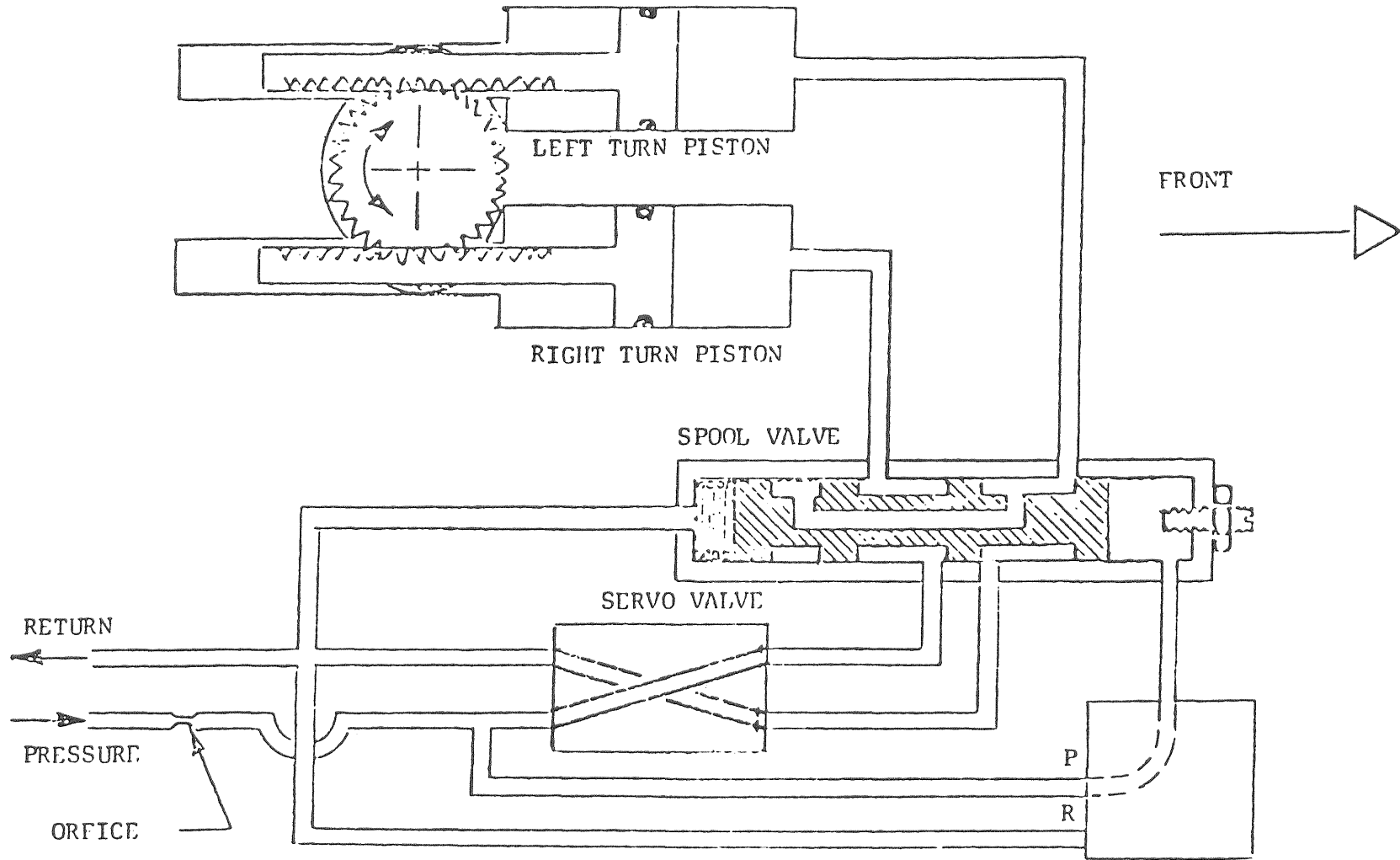
SPURENVERLAUF



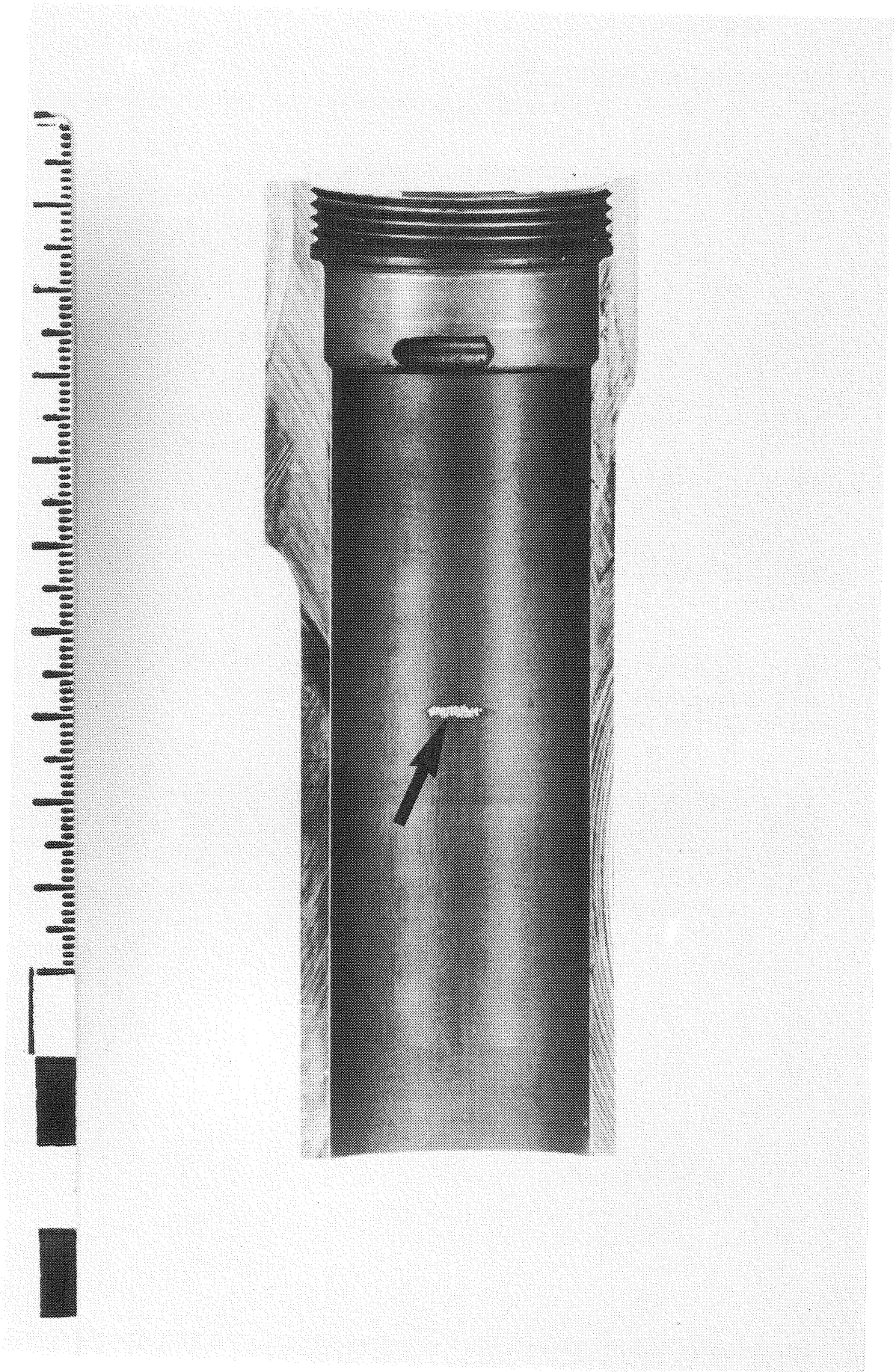
SYSTEM SCHEMATIC

STEERING MODE

RIGHT TURN



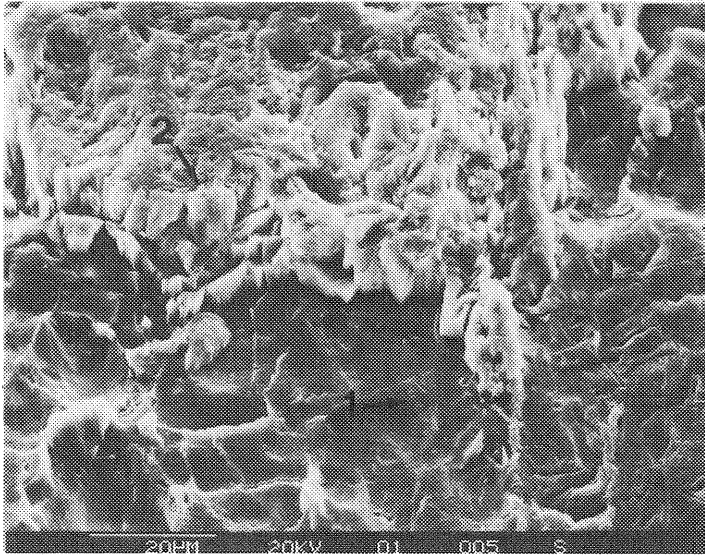
## LINKER BETAETIGUNGSZYLINDER



➔ = FEHLEN DER OXYDSCHICHT

## Untersuchung der Oxidschicht

Bei der Fehlerstelle ist die Oxidschicht bis auf den Grundwerkstoff abgelöst (Foto 30756).



REM-Aufnahme

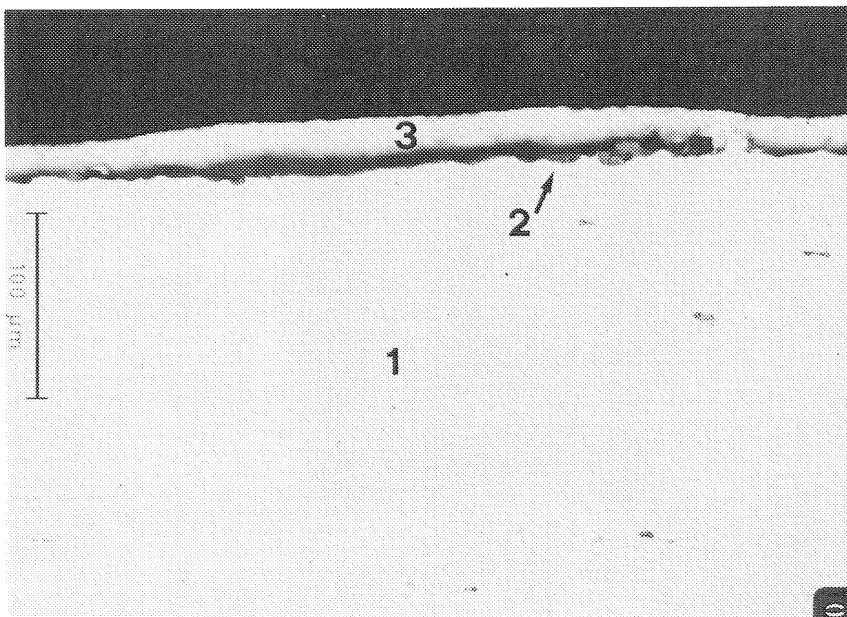
Rand Fehlerzone

1 = Grundwerkstoff blank

2 = Oxidschicht

30756

Im Längsschliff (Foto 30757) durch diese Zone sieht man deutlich, dass nur noch vereinzelte Reste der einst vorhandenen Oxidschicht sichtbar sind. Die Oxidschichtdicke beträgt 20  $\mu\text{m}$ .



Mikrolängsschliff  
durch Fehler

1 = Grundwerkstoff

2 = Oxidschichtreste  
(grau)

3 = Maskierung  
(Präparationshilfe)

←→  
Bewegungsrichtung des  
Kolbens

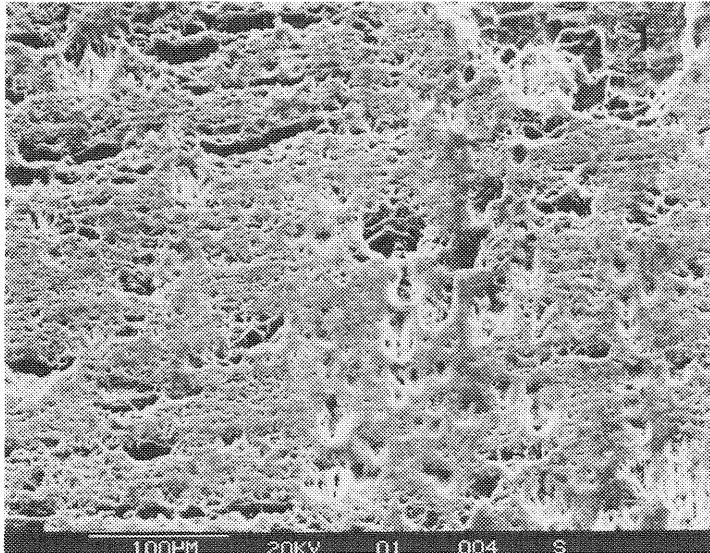
30757

250 : 1

Die Schicht ist an dieser Stelle abgesplittert, da sie von zahlreichen Fehlerstellen (Inhomogenitäten) durchsetzt ist.

# BEILAGE 4

Untersucht man die angeblich intakte Oxidschicht im Bereich des Fehlers, so stellt man fest, dass auch diese von sehr vielen kleinen Fehlerstellen (Löchern) durchsetzt ist.



REM-Aufnahme

Oxidschicht

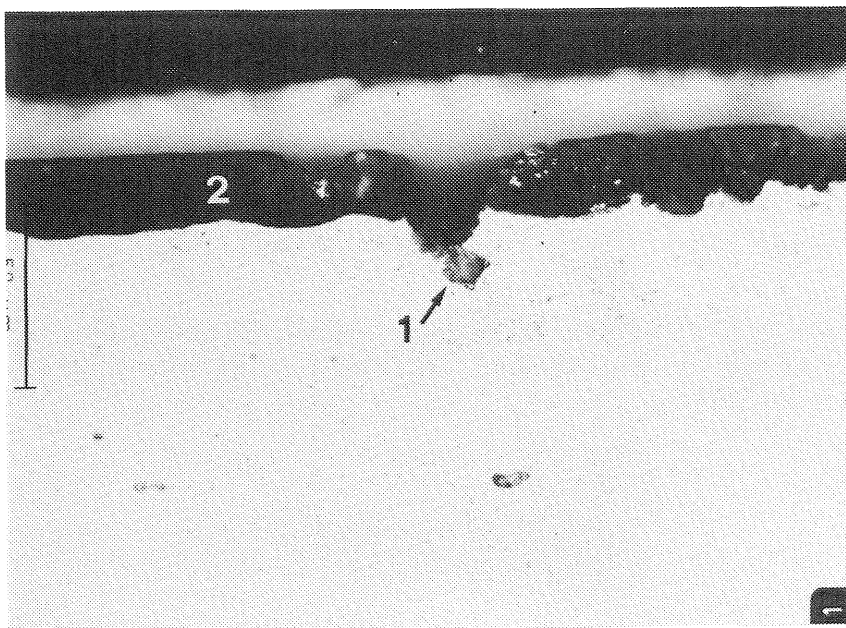
1 = Hauptfehler

↑  
↓  
Bewegungsrichtung des  
Kolbens

30755

200 : 1

Bei diesen Fehlern handelt es sich um längsorientierte Grübchen, Löcher, bzw. Schichtunterbrüche, wie sie normalerweise in einer qualitativ guten Schicht nicht vorkommen.



Mikrolängsschliff  
durch fehlerhafte  
Oxidschicht

1 = Loch im Grundwerk-  
stoff

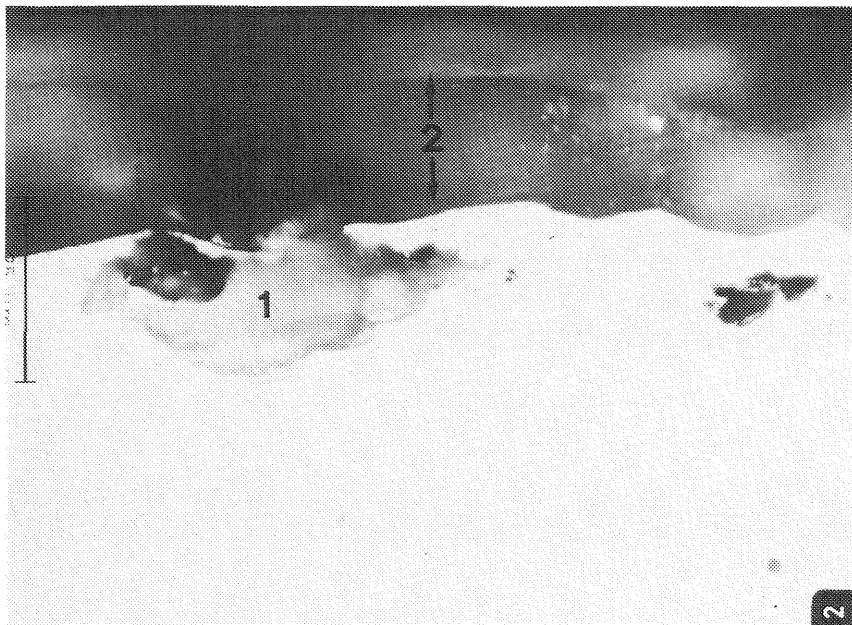
2 = Oxidschicht

Schichtdicke ca. 20  $\mu\text{m}$

30758

500 : 1

Im Mikrolängsschliff sind diese Fehler deutlich ersichtlich. Ueber einer im Grundmaterial liegenden Vertiefung ist ein Schichtunterbruch vorhanden.



Mikrolängsschliff  
durch Fehler im  
Grundwerkstoff

1 = Fehler

2 = Oxidschicht

30759

1000 : 1

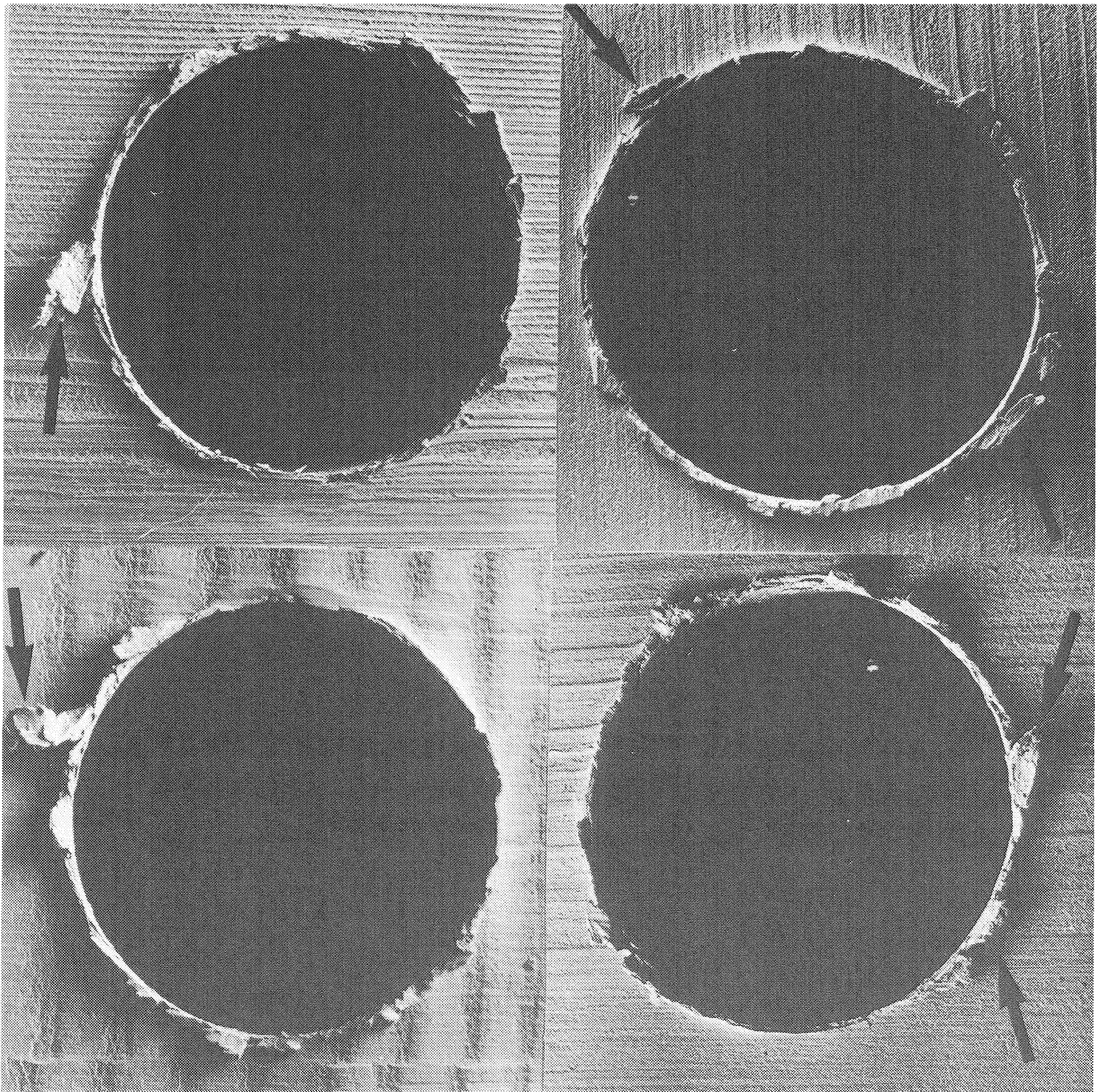
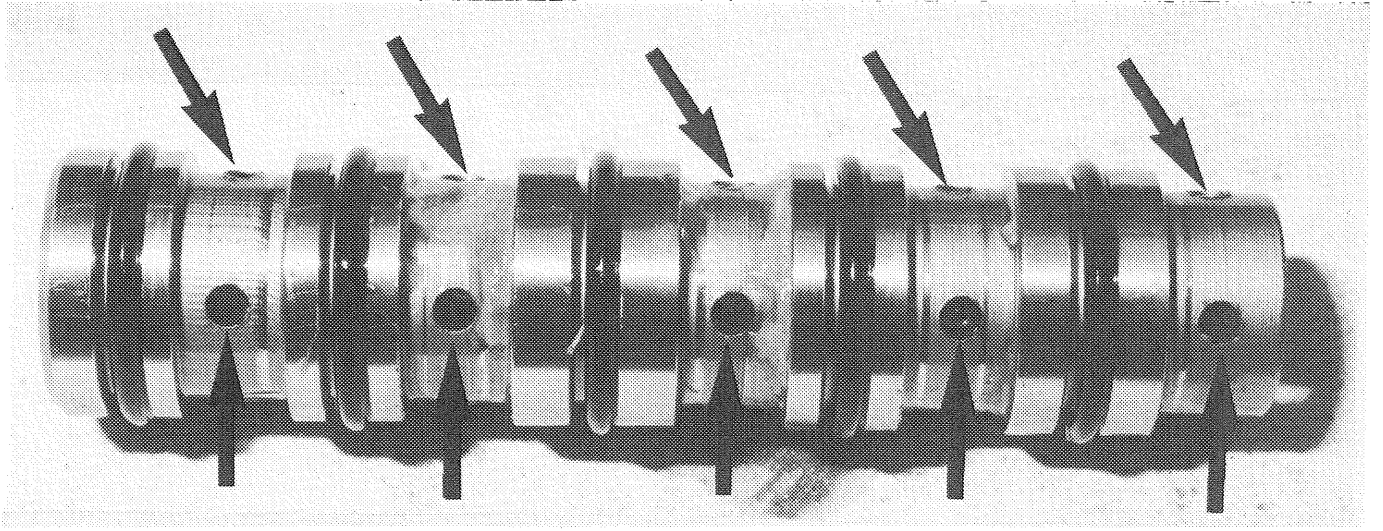
Dass diese Fehler bereits vor der anodischen Oxidation vorhanden waren, beweist die Aufnahme 30759.

Auch in den Fehlerstellen (Kavernen) im Grundwerkstoff ist Oxidschicht vorhanden.

Um die Herkunft der Fehlerstellen im Grundwerkstoff zu ermitteln, wurde die oxidierte Kolbenlauffläche mit der restlichen Innenfläche, welche chromatiert ist, verglichen.

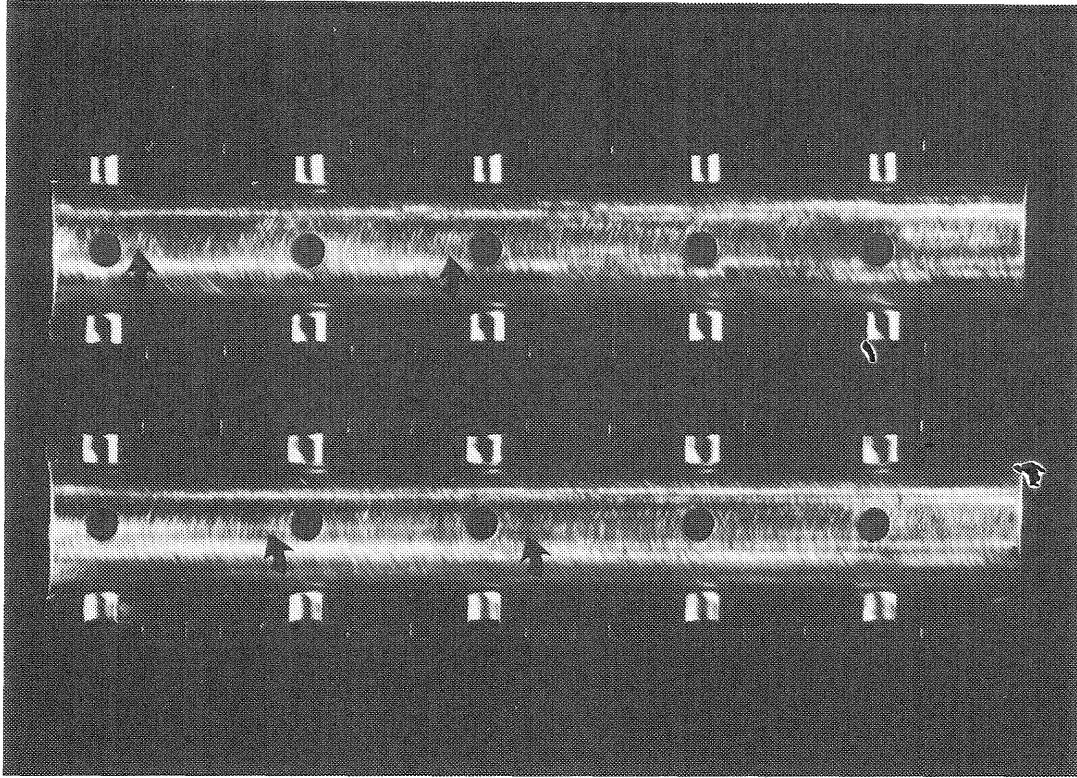


## BRAUEN AN DER SCHIEBERVENTILHUELSE

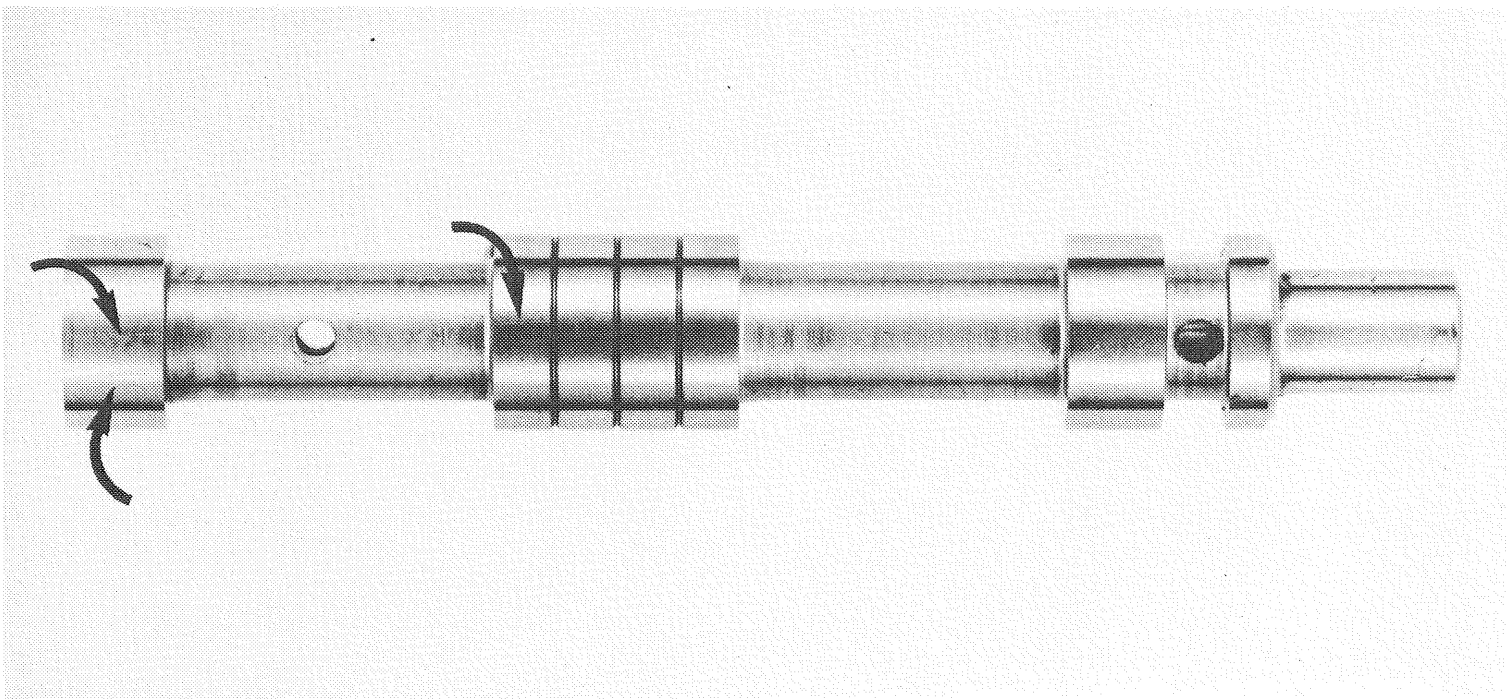


↪ = LAENGRILLEN

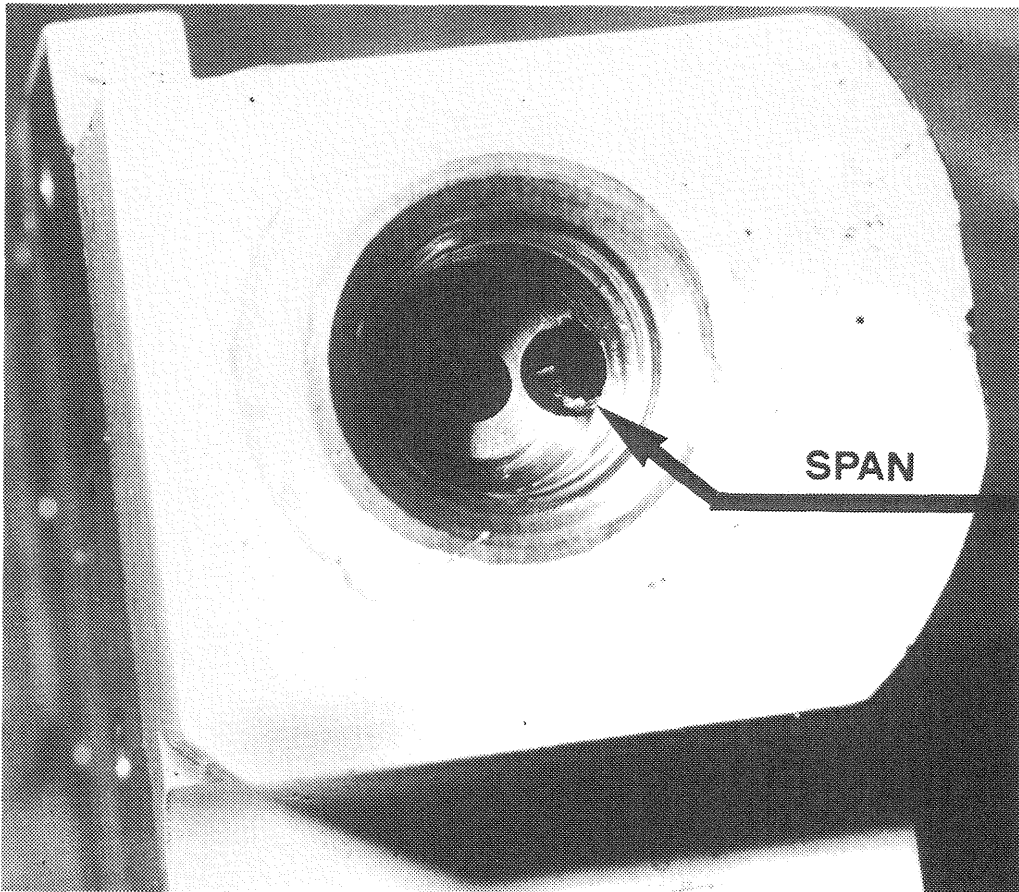
SCHIEBERVENTILHUELSE



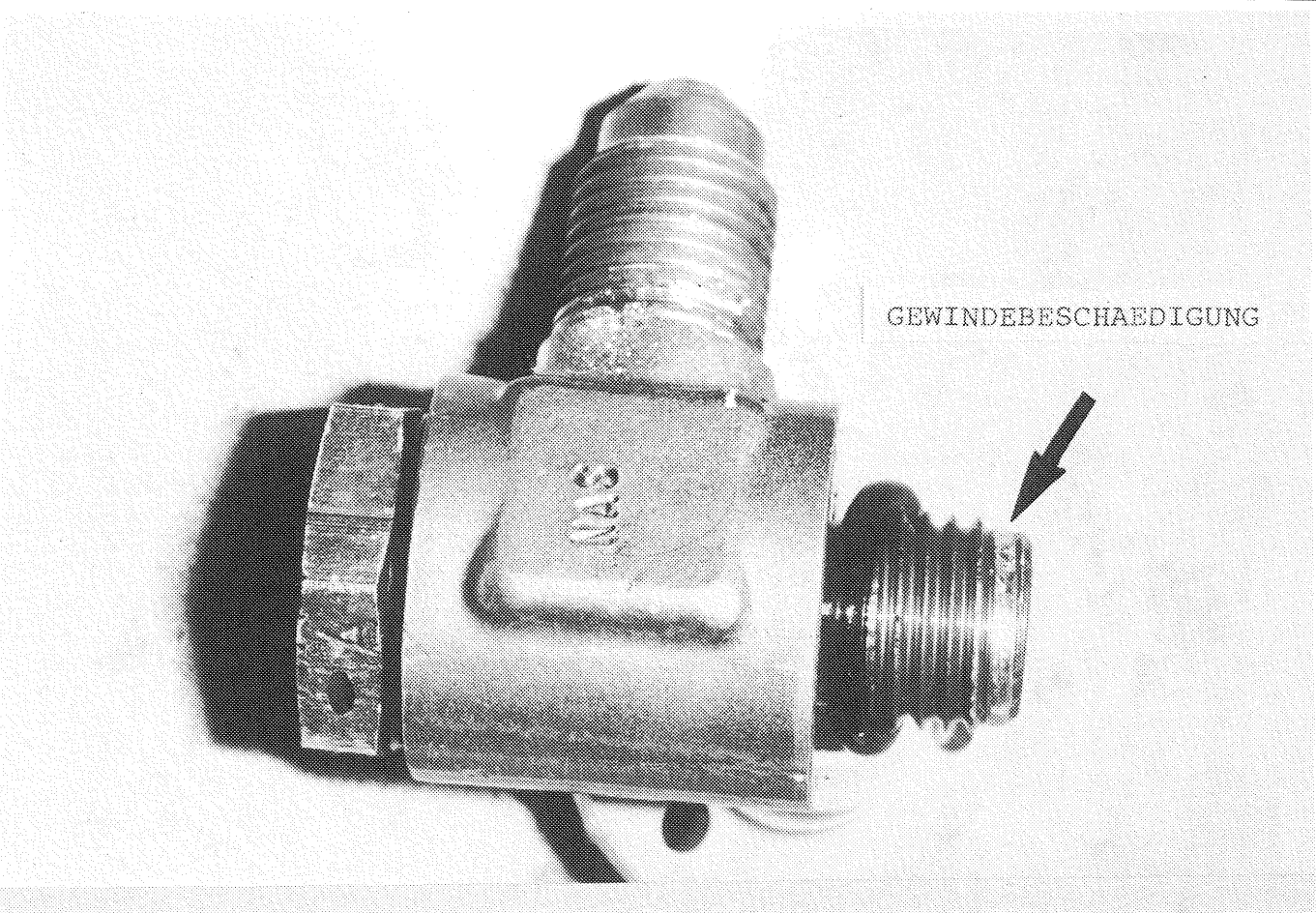
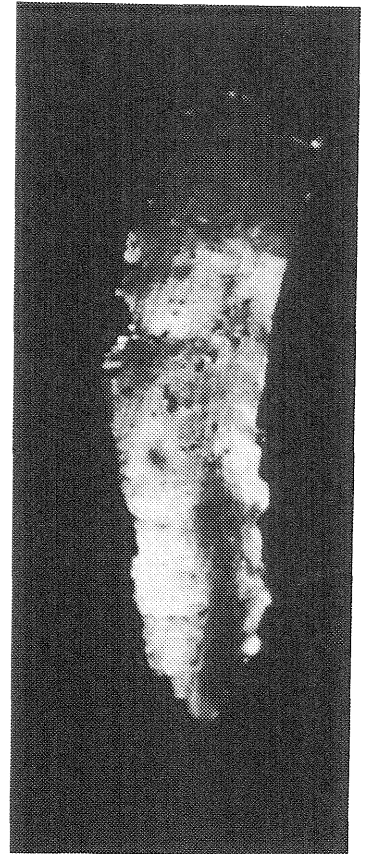
SCHIEBERKOLBEN



## RUECKLAUFLEITUNGSVERSCHRAUBUNG



SPAN



GEWINDEBESCHAEDIGUNG