

AMMONIAKWERK MERSEBURG  
Gesellschaft mit beschränkter Haftung  
Materialprüfung Me 175

Wy/Bgl.

Trags-Nr. 58, 80/2660 (44)

3/10 02 Leuna Werke, den 26.1.45Ke

3979-30/4.02 7/7

114

U n t e r s u c h u n g

001836

der

durch Bombensplitter beschädigten Zwischen-  
abstreiferflasche Nr. 1, Me 334, Reg.Nr. 1917.

Abmessung: 700/856 Ø; 4600 mm lang

Probedruck: 350 atü

Hersteller: Preß- und Walzwerk Reisholz.

Aufgabe:

In der Frage der Wiederinbetriebnahme der in Bild 1 der Anlage 2 gezeigten Abstreiferflasche standen zunächst zwei Anschauungen gegenüber: Die eine neigte dazu, die Flasche durch nur kaltes Nachschweißen an den Einschlagstellen, und zwar ohne die Flasche auszubauen, möglichst rasch wieder betriebsfähig zu machen. Die andere Anschauung hielt die Wirkung der Einschläge für bedenklicher; es sollte die Flasche ausgedient werden oder es sollte mindestens eine eingehendere Untersuchung einer endgültigen Entscheidung vorangehen.

Der Betrieb war mit einer genaueren Untersuchung einverstanden. Da eine Befahrung der Flasche unmöglich war, Mesothoraufnahmen ergebnislos verlaufen waren und genügend Zeit zur Herstellung der an sich erforderlichen zahlreichen Schliffe nicht zur Verfügung stand, wurde zunächst verabredet, an einigen charakteristischen Stellen Verformungsmessungen durchzuführen.

Kurzes Ergebnis:

Die erste informatorische Verformungsmessung auf der Außenseite mit Hilfe eines Setzdehnungsmessers ergab für die Umgebung zweier benachbarter Einschläge bei 325 atü zum Teil sehr erhebliche Dehnungen; die Verteilung der Verformungen ließ auf Trennungen im Werkstoff schließen, die äußerlich nicht zu erkennen waren. Bemerkenswert war, daß während der Drucksteigerung in zeitlichen Abständen immer wieder ein metallisches Knacken in der Flasche selbst zu hören war.

Dieses Ergebnis ließ es erwünscht erscheinen, die Messung zu wiederholen und noch auf andere Stellen auszudehnen. Bei einer vorausgehenden Wasserdruckprobe, die der Betrieb zur Prüfung der Anschlüsse und Leitungen auf Dichtigkeit vorgesehen hatte, brach aber schon vor Erreichung des Probedruckes (350 atü) bei 315 atü die Flasche mit kurzem Knall in 4 Teile auseinander. (Siehe Bild 2, Anlage 2).

Die Untersuchung der Bruchstücke ergab zahlreiche feine Anrisse in unmittelbarer Nähe der Einschläge auf der Außenseite. Bei einem Einschlag in Bodennähe wurde eine starke Materialtrennung innerhalb der Wand nächst der Innenseite, parallel zur Oberfläche, festgestellt.

Der frühzeitige Bruch beim zweiten Unterdruckgehen ist auf den durch die zahlreichen Einschläge erzeugten Eigenspannungszustand und auf die Materialtrennungen, die im Augenblick des Einschlages entstanden sind, und die sich bei der ersten Wasserdruckprobe erweitert hatten, zurückzuführen (metallisches Knacken).

Die mechanischen Eigenschaften des Flaschenmaterials waren durchaus normal, wie sie bei solchen Flaschen zu erwarten waren, so daß die schweren Schäden, die die Flasche durch die Splittereinschläge erfahren hat, nicht als außergewöhnlich, begründet durch schlechte Materialeigenschaften, angesehen werden können.

Ergebnisse:

Geräten mit Splitterschäden müssen die Einschlagstellen gründlich untersucht werden. (Schleifen, Polieren, Ätzen, Klangprobe durch Abtasten, Röntgen- oder Mesothoraufnahmen). Bevor die Möglichkeit und die Art der Reparatur erörtert werden kann, muss man einen Überblick über die Menge der Beschädigung des rissigen Materials gewonnen haben.

Der rissige und durch die starken Materialverdrängungen mit Wasser behaftete Apparat vor Abschluss der Untersuchung einer Wasserprüfung unterworfen werden.

Die Entwicklung von Anrissen an den Einschlagstellen ist nach den bisherigen Untersuchungen gewohnten Anschauungen von den Materialeigenschaften und der Form des getroffenen Stückes abhängig. Hohe Streckgrenze, geringe Zähigkeit und steife Form begünstigen die Entstehung von Rissen. Bei dem in der Regel dickwandigen und härteren Material der Hochdruckapparate ist die Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Rissen sehr groß.

Durch Abarbeiten der Schadensstellen oder andere Maßnahmen müssen zunächst alle Anrisse beseitigt werden, ehe man über die Art der Reparatur schlüssig werden kann und vor allem darüber, ob man auf jede weitere Reparatur verzichten kann.

Durch Abarbeiten der Schadensstellen zur Beseitigung der Risse wird zwar mit diesen der wesentlichste Fehler beseitigt, nicht aber die Eigenspannungen. Spannungsfreiglühen bleibt vor allem bei härterem Material zweckmäßig. Nur bei geringfügigen Schäden sollte man darauf verzichten. Bei der Beurteilung der Bedeutung einer Schadensstelle darf man sich durch die Geringfügigkeit des äußeren Eindruckes nicht täuschen lassen, s. Stelle Z der untersuchten Flasche.

Ergibt die Untersuchung die Notwendigkeit einer Reparatur, so wird diese in der Regel durch Schweißen auszuführen sein. Dabei ist darauf zu achten, daß das härtere Material der Hochdruckgefäße und ihre Dickwandigkeit eine sorgfältige Vorwärmung notwendig machen, wenn man schwere Schäden vermeiden will. Hat ein Apparat viele Splittereinschläge erhalten und vor allem, wenn diese sich an einer Stelle zusammendrängen, wird die Anwärmung beim Schweißen nicht immer ausreichen, sondern man wird ein Spannungsfreiglühen vorausschicken müssen. Nach dem Schweißen wird man nur selten auf ein Spannungsfreiglühen verzichten können.

Die inneren Schäden an der vorliegenden Flasche waren, wenn auch die Flasche äußerlich nur einen wenig verletzten Eindruck machte, so schwer, daß eine Reparatur kaum auszuführen gewesen wäre.

Anlagen:

1 ausführlicher Bericht	{ Anlage 1 }
5 Bildtafeln	{ " 2-6 }
1 Tabelle	{ " 7 }

*W. J. J. J. J. J.*  
*Meyer*

Verteiler:

Herrn Dir. Dr. Sauer	1-fach
Herrn Dir. Dr. Strombeck	1-fach
Hydrierung	2-fach
Hochdruck	2-fach
Hauptwerkstätte	2-fach
Techn. Eigenüberwachung	1-fach
I.G. Ludwigshafen	2-fach
Akten	6-fach

*Arbeitsabteilung - Robinson* 1-fach 11/12/45

Ausführlicher Bericht.I. Die Verformungsmessung und ihre Auswertung.

Die zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit der Flasche festgelegte Verformungsmessung wurde mit einem Mohr'schen Setzdehnungsmesser (Meßpunkte: eingedöbberte 2mm Stahlkugeln; Meßstrecke: 20 mm) an der in Bild 1, Anlage 2 abgegrenzten Stelle y bei einem Wasserdruck von 325 atü durchgeführt. In Bild 3, Anlage 3 ist die Stelle noch einmal groß dargestellt. Die Größe der gemessenen Dehnungen ist im Spannungsmaß  $\xi \times E$  kg/mm<sup>2</sup> den einzelnen Meßstrecken beigeschrieben. Es ergaben sich Werte der Dehnung, die wesentlich höher waren, als der rechnerischen Spannung,  $\xi \times E = 10$  kg/mm<sup>2</sup>, entspricht, so an einer Stelle 30 kg/mm<sup>2</sup>. In einem Fall wurde aber auch der anormal kleine Wert von 4 kg/mm<sup>2</sup> festgestellt. Die nach oben bzw. unten abweichenden Werte wurden vorhandenen Rissen zugeschrieben.

An der gemessenen Stelle y wurden durch Abhobeln von 2 mm von außen die beim Einschlagen des Splitters entstandenen Risse unmittelbar unter der Außenoberfläche sichtbar. (Siehe Bild 4, Anlage 3) An der obersten Meßstrecke, an der 30 kg/mm<sup>2</sup> gemessen werden waren, laufen zwei Risse innerhalb der Meßstrecke annähernd senkrecht zu ihr.

Auf der untersten Meßstrecke wurde der anormal niedrige Wert von 4 kg/mm<sup>2</sup> dadurch gemessen, daß der Kraftfluß durch einen seitlich außerhalb der Meßstrecke gelegenen Riss abgelenkt worden war.

Anormal hohe Meßwerte können nicht nur von Rissen, sondern auch von der Handwirkung der Einschlagstelle (reine Formwirkung) und von der Wandstärkenverschwächung im Einschlaggrund herrühren. Bei dem Meßwert 26 der zweiten Meßstrecke von oben im Einschlaggrund ist die Erhöhung nur der Wandstärkenschwächung zuzuschreiben. Risse, die die Meßwerte hätten erhöhen können, konnten innerhalb der Meßstrecke beim Abhobeln nicht festgestellt werden.

Es liegt im Wesen der Verformungsmessung, daß sie je nach der Lage der Meßstrecken nur einen mehr oder weniger guten Anhalt dafür gibt, ob Anrisse vorhanden sind. Im allgemeinen dürfte es empfehlenswerter sein, an Stelle der Verformungsmessung in der Umgebung und im Grund der Splittereinschläge Risse durch Ausschleifen dem Auge sichtbar zu machen, um so den Grad ihrer Schädlichkeit leichter beurteilen zu können. Das Weiterschleifen bis zu ihrem Verschwinden oder andere Maßnahmen, die für die Wiederverwendung solcher Behälter notwendig sind, bleiben davon unberührt. Die Verformungsmessung sollte Sonderfällen vorbehalten bleiben, vor allem aber der Messung der Spannungserhöhung als Folge der Gestaltänderung der Wand dienen.

II. Die Untersuchung der Bruchstücke der geborstenen Flasche.

Eine Ansicht der zwei Hauptbruchstücke der geborstenen Flasche ist in Bild 2 der Anlage 2 wiedergegeben. Der erste Eindruck war der, daß der kurze verformungslose und vorzeitige Bruch inneren Spannungen und den in den Bruchflächen sichtbaren Anrissen zuzuschreiben war. Anrisse und innere Spannungen sind durch die Materialverdrängungen beim Aufschlagen der Splitter entstanden. Die hierdurch bedingte weitgehende Beeinflussung der Bruchstruktur geht aus dem Bild 5, Anlage 4 hervor.

Die beiden Einschläge der gemessenen Stelle y liegen außerhalb der beim Abpressen entstandenen Bruchflächen. Aber auch bei ihnen sind zahlreiche Risse an den Einschlagrändern und im Einschlaggrund festgestellt worden, wie aus den Hobelschnitten (Bilder 4, 7 u. 8 der Anlage 3 und 5) hervorgeht. Die Risse an den Einschlagstellen sind mit Sicherheit in der Hauptsache alle schon beim Splitteraufschlag entstanden. Ein Teil von ihnen wird durch die beiden Wasserdruckproben noch etwas weiter gerissen sein. Von diesem Weiterreißen dürfte das beim Unterdruckgehen beobachtete metallische Knacken hergerührt haben.

Die Einschlagstelle x hat einen Anriss von besonderer Tiefe, wie er in der Bruchfläche (siehe Bild 6, Anlage 4) deutlich zu erkennen ist. Von dieser Stelle ist beim Bersten der Flasche der Bruch offenbar ausgegangen. Bild 6 zeigt, ebenso wie Bild 5, Anlage 4, die Beeinflussung der Bruchstruktur durch die Einschläge

als Folge der Anrisse und des Eigenspannungsfeldes, das in seiner Ausdehnung ein Materialvolumen von der mehrfachen Größe des Einschlages selbst erfaßt. Als ein Riß, der durch diesen großflächigen Eigenspannungszustand entstanden ist, ist auch der in dem Hobelschnitt, Bild 7 der Anlage 5 besonders gekennzeichnete zu bewerten. Dieser Riß war äußerlich nicht sichtbar und ist erst in den Hobelschnitten zum Vorschein gekommen.

Ein weiteres Beispiel für Anrisse in einem Splittereinschlag ist im Bild 9, Anlage 6 gegeben. Die Wahrscheinlichkeit, daß in Einschlagstellen Anrisse vorhanden sind, ist so groß, daß vor Wiederinbetriebnahme eines Hochdruckgefäßes alle Einschlagstellen auf Anrisse untersucht werden müssen.

Die Einwirkung der Einschläge auf die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes gehen aus der Anlage 7 hervor. Es handelt sich um einen Werkstoff von etwa  $28 \text{ kg/mm}^2$  Streckgrenze,  $50 \text{ kg/mm}^2$  Festigkeit und  $3-9 \text{ mkg/cm}^2$  Kerbzähigkeit je nach Entnahmerichtung und Entnahmezona. Die chemische Zusammensetzung ist der Anlage 7 beigeschrieben. Die Eigenschaften sind als durchaus normal zu bezeichnen, sodaß die schweren Schäden, die gerade diese Flasche erlitten hat, nicht auf Besonderheiten in den Eigenschaften zurückgeführt werden können. Durch die Splitter ist unter dem Einschlag der Werkstoff stark kalt verformt; das ist an der Erhöhung der Streckgrenze auf über  $30 \text{ kg/mm}^2$  und vor allem aus dem Absinken der Kerbzähigkeit unter den Wert  $1 \text{ mkg/cm}^2$  zu erkennen. Der Umfang der Zone besonders starker Kaltverfestigung ist sehr gut an Bild 10, Anlage 6 zu erkennen; sie hebt sich aus der nur gehobelten Schnittfläche ohne Anwendung von Ätzmitteln deutlich hervor.

Dieser Schliff (Bild 10, Anlage 6) ist an der Stelle z (siehe Bild 1, Anlage 2) in unmittelbarer Bodennähe entnommen worden. Dem flächenmäßig wohl großen Einschlag war aber wegen seiner geringen Tiefe und seiner Lage in Bodennähe bei der ersten äußeren Besichtigung zunächst keine besondere Bedeutung beigemessen worden. Nach dem Bruch der Flasche zeigte sich jedoch im Innern eine beulenartige Erhebung, die an der nicht zerstörten Flasche nicht zu finden gewesen wäre. Der Querschliff ließ neben starken Rissen senkrecht zum Einschlag eine starke parallele Trennung in der Nähe der inneren Oberfläche erkennen. Es handelt sich hier um die durch elastische Stoßwirkung abgetrennte innere Materialschicht. Diese Trennung ist nicht, wie aus einem Schwefeldruck nachgewiesen werden konnte, etwa in einer stark geseigerten Zone erfolgt, sondern in durchaus gesundem Material. Die Abtrennung an der inneren Wand durch die elastische Stoßwirkung ist bei dem an sich weichen Werkstoff in dem vorliegenden Fall durch die Formsteifigkeit der getroffenen Stelle in der Nähe des Bodens begünstigt worden. Die Materialtrennung unter der sichtbaren Beule ließ sich durch Abklopfen gut erkennen. Diese Methode, die hier erst nach dem Bruch der Flasche anwendbar war, ist für befahrbare Apparate zu empfehlen.

Der schwere Fehler in der Nähe des Bodens, der äußerlich sehr unscheinbar aussah und deswegen an der nicht zerstörten Flasche leicht übersehen werden konnte, bedeutete eine große Gefährdung der Flasche. Er weist nachdrücklich darauf hin, daß durch Splitter beschädigte Hochdruckapparate vor ihrer Wiederverwendung sehr sorgfältig untersucht werden müssen.

# AMMONIAKWERK MERSEBURG

Gesellschaft mit beschränkter Haftung

Materialprüfung Me 175

Auftr. Nr. 5880/2660(44)

001840

Anlage Nr. 2

## Bild 1

Ansicht der unteren Hälfte der Abstreiferflasche mit Splittereinschlägen.



— Stelle „y“ (Verformungsmessung)

— spätere Bruchlinie (siehe Bild 2)

— Einschlagstelle „x“

— Lage des Querschliffes „z“  
(siehe Bild 10)

x0,05 Neg: 29233

## Bild 2

Ansicht der beiden Hauptteile der bei 315 atü Wasserdruck geborstenen Flasche.



— Stelle „y“

— Hauptbruchlinie (siehe Bild 1)

— Einschlagstelle „x“

L 1191 4318-10-0-474 Dm A4 x0,03 Neg: 29296

# AMMONIAKWERK MERSEBURG

Gesellschaft mit beschränkter Haftung

Materialprüfung Me 175

001841

Auftr. Nr. 5880/2660(44)

Anlage Nr. 3

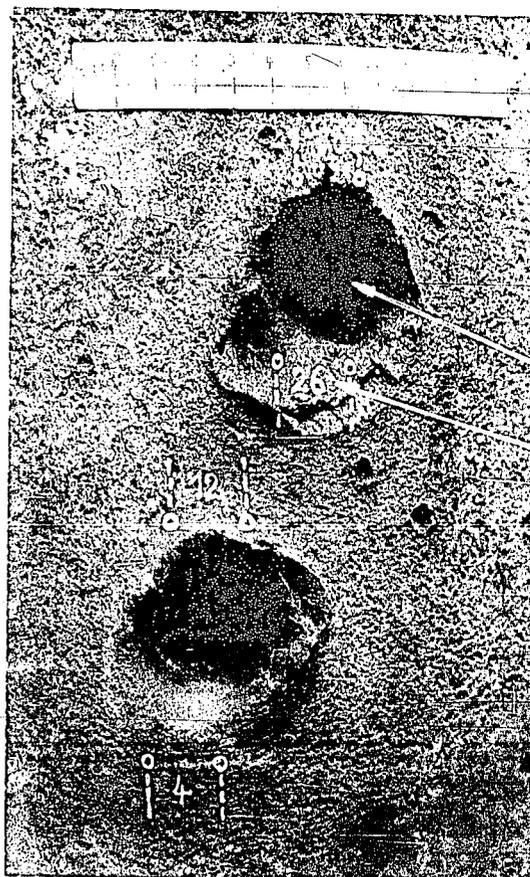


Bild 3

Ansicht der Meßstelle „y“ (siehe Bild 1)

mit eingetragenen Meßergebnissen

$$\underline{\xi_{ta} \cdot E \text{ in kg/mm}^2}$$

für 325 atü (rechn. Sollwert 10)

28 mm tief

17 mm tief

x 0,6 Neg. 29235

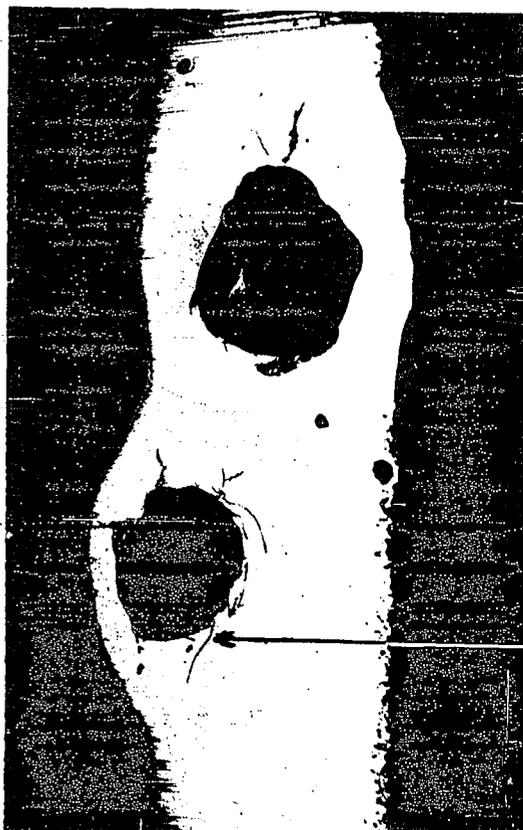


Bild 4

Stelle „y“ 2 mm tief

abgehobelt (siehe Bild 3),

Dieser Riß hat den Kraftfluß  
an der mit  $\xi_{ta} \cdot E = 4$  gemessenen  
Meßstrecke gestört.

x 0,6 Neg. 29313

# AMMONIAKWERK MERSEBURG

Gesellschaft mit beschränkter Haftung  
Materialprüfung Me 175

001842

Auftr. Nr. 58,80/2660(44)

Anlage Nr. 4

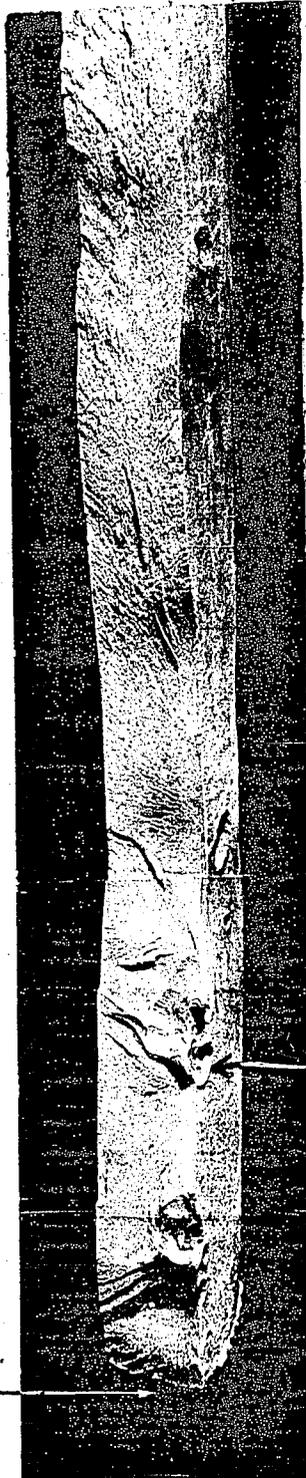


Bild 5

Ansicht des unteren Teiles der Hauptbruchfläche (siehe Bild 2) mit Einflußzonen der Einschläge.

Bild 6

Vergrößerte Ansicht der Stelle „x“ Bild 2 im Bruchquerschnitt. (Gegenstück zu Bild 5)



Einschlagstelle „x“

x 0,45 Neg. 292,94

x 0,15  
Neg.  
29325

hier schließt sich der Boden an.

Der sich dunkel abhebende Anriß ist beim Auftreffen des Splitters entstanden und bildete offenbar den Ausgangspunkt des Bruches beim Abpressen der Flasche

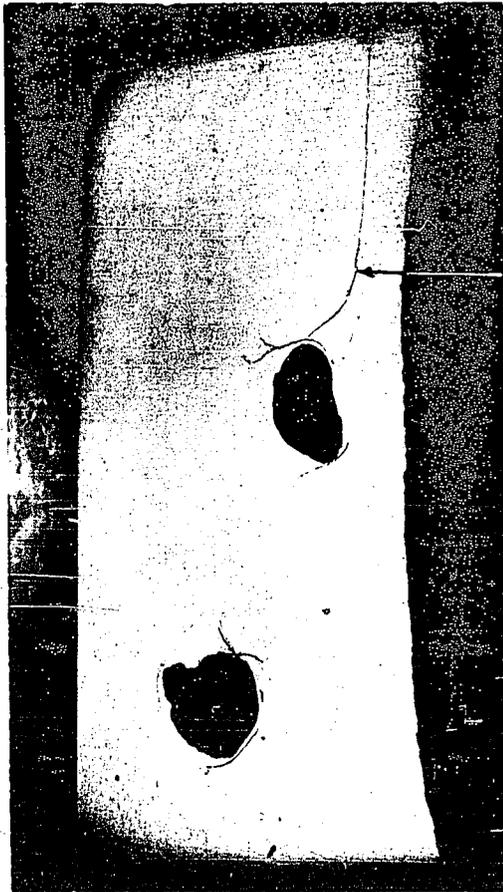
# AMMONIAKWERK MERSEBURG

Gesellschaft mit beschränkter Haftung  
Materialprüfung Me 175

001843

Auftr. Nr. 58,80/2660(44)

Anlage Nr. 5



X0,45 Neg:29319

## Bild 7

Stelle „y“, 20 mm tief abgehobelt.  
(siehe Bild 3 u. 4)

Dem großflächigen Eigenspannungszustand zuzuschreibender Riß, der offenbar erst durch die Wasserdruckprobe ausgelöst wurde.

Die Risse an den Einschlagrändern sind beim Auftreffen der Splitter entstanden.



X0,65 Neg:29324

## Bild 8

Stelle „y“, 28 mm tief abgehobelt.  
(siehe Bild 3, 4 u. 7)

Die Hobelfläche liegt etwa 1 mm unter dem Grund des oberen Einschlages, und zeigt in dieser Schicht noch vorhandene Risse unter dem Einschlaggrund.

Dem großflächigen Eigenspannungszustand zuzuschreibende Risse, d.h. bei der Wasserdruckprobe entstanden.

# AMMONIAKWERK MERSEBURG

Gesellschaft mit beschränkter Haftung

Materialprüfung Me 175

001844

Auftr. Nr. 58,80/2660(44)

Anlage Nr. 6

Bild 9

Ansicht eines verhältnismäßig  
flachen Einschlages mit Anrissen.



Diese Strecke des Risses ist schon beim Einschlag entstanden. Durch die Wasserdruckprobe ist er weitergerissen.

x 0,5

Neg:20291

Bild 10

Ansicht des Schliffes  
quer zur Flächenachse an  
der Stelle „z“ (siehe Bild 1)



Weitgehende Materialtrennung durch die elastische Fortpflanzung der Stoßenergie.

x 0,5

Neg:29293

Sichtbare dunkle Zone besonders starker Kaltverformung unter der Einschlagstelle mit zahlreichen Rissen

Festigkeitswerte

001845

aus dem beim Wasserdruckversuch bei 315 atü gesprengten ZwischenabstreiferReg. Nr. 1917 aus Me 334.

Entnahmerichtung	Entnahmestelle	Streck- grenze kg/mm <sup>2</sup>	Festigk. kg/mm <sup>2</sup>	Dehng. %(5d)	Kentr. %	Kerbz. mkg/cm <sup>2</sup>
Längs zur Abscheider- achse.	<u>Unter einer Ein- schlagstelle.</u>					
	Außenseite d.Wand unmittelbar unter dem Einschlag	30,6	56,8	14,0	46,7	0,6
	Innenseite der Wand	26,1	48,6	32,6	53,8	6,8
	<u>An unbeschädig- ter Stelle</u>					
	Außenseite d.Wand	27,5	53,4	30,0	53,1	4,5
	Innenseite der Wand	27,5	48,7	32,5	53,1	9,3
Quer zur Abscheider- achse.	<u>Unter einer Ein- schlagstelle.</u>					
	Außenseite d.Wand unmittelbar unter dem Einschlag.	33,9	51,4	13,0	42,2	0,8
	Innenseite der Wand	26,5	48,5	28,3	43,0	5,2
	<u>An unbeschädig- ter Stelle</u>					
	Außenseite d.Wand	28,7	53,9	23,5	44,5	3,0
	Innenseite der Wand	27,2	48,8	14,8	50,3	5,2

Chemische Zusammensetzung: 0,31% C; 0,024 % P; 0,028 S; 0,70% Si; 0,81 % Mn