

# METALLOGRAPHISCHER NACHWEIS DER ANLASSSPRÖDIGKEIT BEI NIEDRIG LEGIERTEN STÄHLEN

Mit 10 Abbildungen

Von DIPL.-ING. RICHARD WERNER und  
DIPL.-ING. LUDWIG BERNHART, Leoben

Unter Anlaßsprödigkeit versteht man bekanntlich die Erscheinung, daß verschiedene Stähle — insbesondere legierte, und hier wiederum besonders die Mn- und CrNi-legierten Stähle — bei einer langsamen Abkühlung nach dem Anlassen spröde werden, also eine geringe Zähigkeit, wie sie z. B. im Kerbschlagversuch ermittelt wird, aufweisen. Das heißt, werden zwei Proben eines zur Anlaßsprödigkeit neigenden Stahles nach dem Härten z. B. bei 650° C angelassen und wird die eine Probe anschließend von dieser Temperatur rasch in Öl oder Wasser abgeschreckt und die andere langsam im Ofen abgekühlt, so wird die rasch abgekühlte Probe trotz einer meistens etwas höheren Härte und Festigkeit eine größere Kerbschlagzähigkeit als die langsam abgekühlte Probe zeigen.

Es ist nicht die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, auf alle Einzelheiten, die damit zusammenhängen, einzugehen; es soll aber zwecks besseren Verständnisses der späteren Ausführungen kurz in einzelnen Punkten das Wesentliche an Hand des Schrifttums (1, 2, 3) festgehalten werden:

1. Die Anlaßsprödigkeit wird deutlich nur bei vergüteten (gehärteten und anschließend angelassenen) Stählen beobachtet.

2. Für das Auftreten der Anlaßsprödigkeit ist das längere Verweilen auf kritischen Temperaturen, die für die üblichen Stähle und bei den üblichen Zeiten zwischen 450—600° C liegen, ausschlaggebend, wobei es belanglos ist, ob dieses Verweilen während der langsamen Abkühlung stattgefunden hat, oder ob dem zunächst von z. B. 650° C rasch abgekühlten Stahl durch ein neuerliches Anlassen auf kritische Temperaturen Gelegenheit zum Verweilen bei diesen Temperaturen gegeben wurde.

3. Mn und P vergrößern die Neigung zur Anlaßsprödigkeit, Mo und W verringern diese Neigung, indem diese letzten die kritischen Temperaturen zu höheren, über den üblichen Anlaßtemperaturen liegenden Bereichen zu verschieben scheinen. Zwei Stähle gleicher chemischer Zusammensetzung können verschieden stark zur Anlaßsprödigkeit neigen, je nach ihrer Er-schmelzungsart und sonstigen Herstellung.

4. Außer der Kerbzähigkeit wird keine andere Materialeigenschaft durch die Anlaßsprödigkeit ungünstig beeinflußt.

Zur Klärung dieser Tatsachen sind eine Reihe von verschiedenen Theorien aufgestellt worden, und zwar:

a) Ausscheidungstheorien: Es wird angenommen, daß unterhalb des Ac<sub>1</sub>-Punktes (Perlitumwandlung) eine temperaturabhängige Löslichkeit für verschiedene Elemente, wie z. B. C, N, P usw., besteht — wie dies auch durch Versuche bereits festgelegt wurde — und daß diese Elemente beim Anlassen

auf Temperaturen, die höher als die kritischen liegen, in Lösung gehen. Wird nun von hier ab rasch abgekühlt, so bleiben sie gelöst, während sie hingegen bei einer langsamen Abkühlung Zeit zur Ausscheidung finden und so die Sprödigkeit verursachen. Über die Art der Ausscheidung (ob es Karbide, Nitride oder Phosphide sind) bestehen die verschiedensten Auffassungen.

b) Umwandlungstheorien: Es wird angenommen, daß der Stahl unterhalb von  $A_{c1}$  noch eine Umwandlung mitmacht. Über die Art dieser Umwandlung bestehen wieder die verschiedensten Auffassungen; es werden sowohl kristallographische Umlagerungen im Fe-Gitter wie auch in den Karbiden angeführt. Auch ein Zerfall des Restaustenits zu Martensit bei langsamer Abkühlung nach dem Anlassen wird als möglich angenommen.

So genau man auch die Wirkungen, die durch die Anlaßsprödigkeit verursacht werden, an Hand der Kerbschlagversuche untersuchte, war es bisher nicht möglich, im Gefügebild eindeutige Unterschiede zwischen dem anlaßspröden und anlaßzähen Zustand festzustellen.

Es fehlte an diesbezüglichen Versuchen nicht. Schon die ersten Forscher auf dem Gebiet der Anlaßsprödigkeit, wie DICKENSON (5), MAURER und HOHAGE (6), fanden, daß in anlaßspröden Stählen, und zwar in Cr-Ni-Stählen, durch eine alkoholische Pikrinsäure-Ätzung die Korngrenzen viel leichter entwickelt werden als in denselben Stählen im zähen Zustand. Nach I. H. ANDREW und H. A. DICKIE (7) soll eine Ätzung mit Natriumpikrat die stärkere Ausscheidung der Karbide an den Korngrenzen im anlaßspröden Zustande sichtbar machen. Desgleichen finden E. L. REED und A. HURLICH (8) nach Ätzung mit dem „Murakami-Ätzmittel“ im anlaßspröden Zustand einzelne Karbide an den Korngrenzen. K. YOKOAMA (9) konnte dagegen trotz größter Bemühungen keine Ausscheidung an den Korngrenzen der anlaßspröden Stähle, die analog zu den Ausscheidungsvorgängen bei den Nichteisenmetallen wären, finden. R. S. ARCHER (10) entwickelte eine Ätztechnik für die Bestimmung der Anlaßsprödigkeit bei Cr-Ni-Stählen, die darauf beruhte, daß bei Stählen im anlaßspröden Zustand nach 5 bis 25 Minuten langem Ätzen mit 4%iger Pikrinsäure in Alkohol die Korngrenzen viel deutlicher zum Vorschein kamen als im zähen Zustand. Allerdings zweifelt J. A. MATHEWS (11) den Erfolg der Ätzung an, da er bei eigenen Versuchen auf diese Art keine Unterschiede feststellen konnte. Einen eindeutigen Erfolg erzielten auf diesem Gebiet J. COHEN, A. HURLICH und A. JACOBSON (12). Sie entwickelten ein Ätzmittel auf folgender Basis:

50 g Pikrinsäure  
250 ccm Äthyläther  
10 ccm Zephiranchlorid (12,8% wäßrige Lösung)  
240 ccm destilliertes Wasser.

An 5 verschiedenen Baustählen mit C-Gehalten zwischen 0,21 und 0,38%, die mit Mn, Cr und Ni legiert und mit und ohne Mo- und Al-Zusatz erschmolzen waren, konnten die oben angeführten Verfasser zeigen, daß dieses

Ätzmittel die Anlaßsprödigkeit aufdeckt, indem es in anlaßspröden Stählen die Korngrenzen entwickelt, die beim kurzen nachträglichen Polieren nicht mehr verschwinden, während der zähe Stahl, wenn er nun tatsächlich nicht versprödet ist, keinerlei Korngrenzen aufweist. Als ausschlaggebend für das Wirken des Ätzmittels nennen sie das Zephiranchlorid (eine Mischung von Äthyl-dimethylbenzylammoniumchloriden), ein Oberflächen-Aktivierungsmittel, das die Ätzzeit auf wenige Minuten (5 bis 15 Minuten) verkürzt, wogegen das Ätzmittel ohne Zephiranchlorid erst nach 20 bis 30 Stunden wirken soll. Andere Oberflächen-Aktivierungsmittel zeigten sich als weniger geeignet.

Der erste Verfasser hat, bevor ihm die Untersuchung von COHEN und Mitarbeiter bekannt wurde, im Zusammenhang mit einer anderen Untersuchung, in der die austenitische Korngröße in gehärteten, bzw. angelassenen Stählen zu bestimmen war (ausführlicher wird hierüber noch an anderer Stelle berichtet werden), die Beobachtung gemacht, daß diese Korngrenzen nicht in allen Stählen und nicht in allen Behandlungszuständen gleich stark zum Vorschein kommen. Es zeigte sich vielmehr, daß diese Korngrenzen beim Ätzen mit bestimmten Ätzmitteln in legierten angelassenen Stählen leichter entwickelt werden und daß sie bei Stählen, die nach dem Anlassen langsam abkühlten, also absichtlich „anlaßspröde“ gemacht wurden, besonders deutlich zum Vorschein gelangen.

Eine neu aufgestellte Versuchsreihe sollte diesen auffallenden Zusammenhang zwischen Anlaßsprödigkeit und Gefügebild genauer klären. Zunächst handelte es sich darum, ein Ätzmittel zu entwickeln, das — einfach im Gebrauch — schnell eine Unterscheidung von anlaßsprödem und zähem Zustand gestatten würde. Die diesbezüglichen Versuche wurden an dem unlegierten Stahl „J“, der keine Neigung zur Anlaßsprödigkeit aufweist, und dem auf Anlaßsprödigkeit empfindlichen Stahl „E“ der Zahlentafel 2 ausgeführt. Von der Voraussetzung ausgehend, daß es bei Korngrenzenätzung auf die Sichtbarmachung von geringen Potentialunterschieden zwischen Korninnerem und Korngrenze ankommt, erschien es zweckmäßig, für das Ätzmittel ein Lösungsmittel mit einer möglichst niedrigen Dielektrizitätskonstante, also niedrigen Ionisierungskraft, zu wählen, damit es milde wirkt und die feinen Unterschiede deutlich zum Ausdruck bringt. Andererseits könnte unter Umständen auch ein schroffwirkendes Mittel bei kurzer Ätzzeit Erfolg versprechen. Als Ätzsäure wurde nach allen bisherigen Erfahrungen die Pikrinsäure hauptsächlich verwendet, da sie den meisten Erfolg bezüglich Korngrenzenätzung versprach. Nur zum Vergleich wurde auch noch Salpetersäure herangezogen. Zur Zeit der Aufnahme der vorliegenden Arbeit war die Veröffentlichung von COHEN, HURLICH und JACOBSON (12) nicht bekannt und es wurden daher Versuche mit Ätzmitteln, die einen Oberflächen-Aktivierungsstoff enthalten, nur zusätzlich am Schlusse der Arbeit durchgeführt. Die Ätzzeiten betrugen immer 5 Sekunden bis 24 Stunden.

Im allgemeinen wurden die in Zahlentafel 1 angeführten Ätzmittel ausprobiert. Über den erzielten Erfolg im einzelnen sind in dieser Zahlentafel

entsprechende Bemerkungen eingetragen. Wie daraus zu entnehmen ist, wurden die Korngrenzen durch die Ätzmittel 5 und 6 (gesättigte Pikrinsäure in Xylol mit Äthylalkoholzusatz), weiters 16 und 17 (gesättigte Pikrinsäure in Äthyläther mit und ohne Zephirolzusatz), 14 (gesättigte Pikrinsäure Wasser) und 13 (gesättigte Pikrinsäure in Glyzerin) entwickelt, und zwar mit immer schlechterem Erfolg in der angegebenen Reihenfolge. Es wurden immer nur Korngrenzen im anlaßspröden Zustand und niemals in der Probe, die auf größte Zähigkeit wärmebehandelt wurde, beobachtet. Bei dem unlegierten Stahl „J“ konnte nach langsamer Abkühlung auch nach einer Ätzung, die sich über 24 Stunden erstreckte, kein Korngrenzenangriff festgestellt werden, außer in einigen gesteigerten Zonen der Probe. Neben dem Xylolätzmittel war bei der Beurteilung der Anlaßsprödigkeit auch das Ätherätzmittel erfolgreich. Das Arbeiten mit diesem letztgenannten ist aber wegen der raschen Verflüchtigung des Äthers sehr umständlich, auch scheint die Schlifffläche einen sehr ungleichmäßigen Ätzangriff hierbei zu erleiden, beides Mängel, die bei der Anwendung des Xylolätzmittels nicht auftreten. Außerdem ist auch die Beschaffungsmöglichkeit von Xylol einfacher als die von Äther. Ein besonders günstiger Einfluß von oberflächenaktiven Stoffen im Ätzmittel konnte in eigenen Versuchen nicht festgestellt werden.

Es wurde daher folgende Lösung als die geeignetste für die Ätzung „auf Anlaßsprödigkeit“ gewählt:

50 g     Pikrinsäure,  
400 ccm Xylol,  
50 ccm Äthylalkohol  
(unmittelbar vor dem Ätzen zugesetzt).

Bei der Herstellung des Ätzmittels geht man zweckmäßigerweise so vor, daß man die gesättigte Xylol-Pikrinsäure entweder von dem ungelösten Teil an Pikrinsäure abfiltriert oder mit Wasser ausschüttelt, wobei dann die sich bildende obere Schicht verlässlich gesättigte Pikrinsäure-Xylol, die untere Pikrinsäure-Wasser enthält. Zum Ätzen kann in diesem zweiten Falle selbstverständlich nur die obere Schicht verwendet werden, wobei man darauf achten muß, daß kein Wasser in die Ätzschale gelangt und so einen ungleichmäßigen und allgemein zu starken Ätzangriff hervorruft. Die Ätzzeit kann für alle Stähle einheitlich mit 30 Minuten gewählt werden.

Es soll hier vielleicht gleich noch auf einige praktische Handgriffe bei der Verwendung des Xylolätzmittels hingewiesen werden. Während des Ätzens bildet sich ein dunkler Niederschlag, der teils an der Probe haften bleibt, teils zum Boden der Ätzschale sinkt. Es muß daher die Probe in die Ätzflüssigkeit hineingehängt werden, damit sie mit dem Bodenniederschlag nicht in Berührung kommt, denn sonst wird der Ätzangriff sehr ungleichmäßig. Nach dem Ätzen muß der Schliff sorgfältig mit Alkohol (der sich bildende Niederschlag ist in Wasser unlöslich) rasch abgewaschen werden. Von dem geschickten Abwaschen des Schliffes ist zum großen Teil der Erfolg der Ätzung und die Klarheit des zu beobachtenden Ätzbildes abhängig.

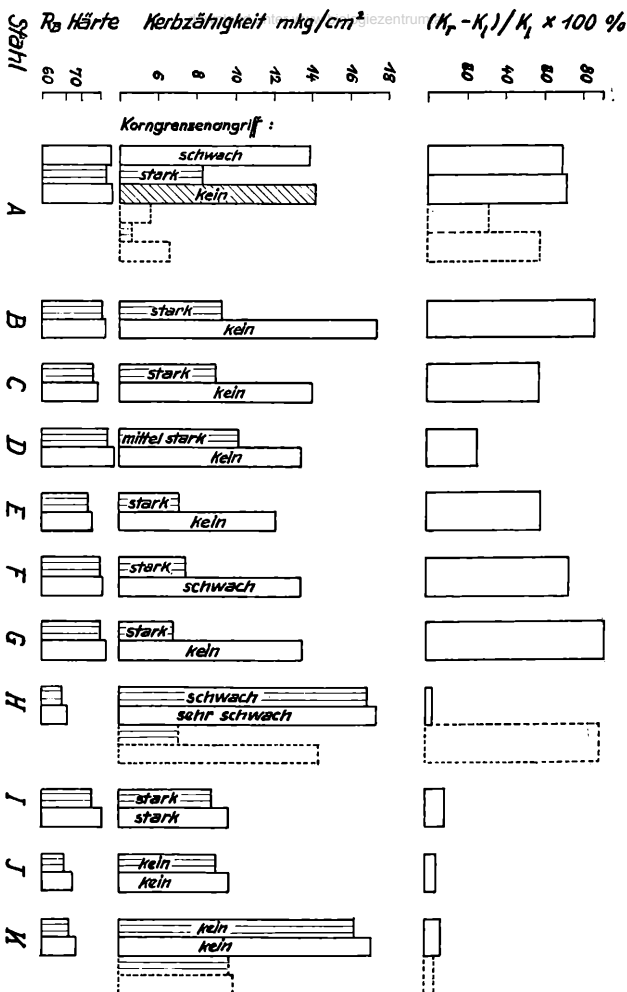
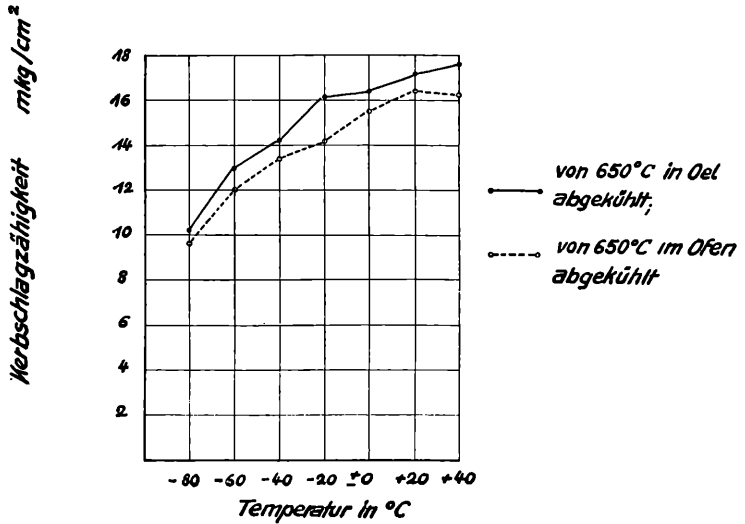


Abb. 1. Kerbschlagzähigkeit, Härte und Erfolg der Ätzung an den untersuchten Stählen A bis K.



Stahl » D «

Stahl » H «

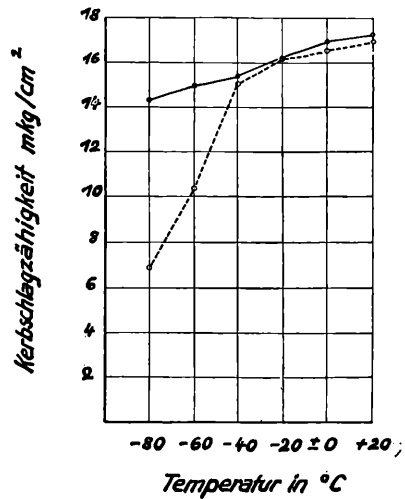
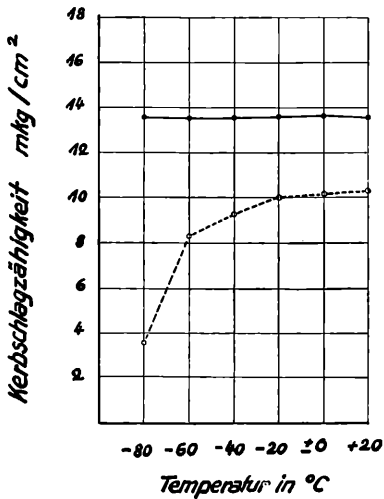
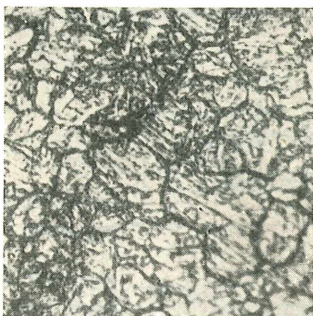


Abb. 2. Temperatur-Zähigkeits-Kurven der Stähle D, H und K.

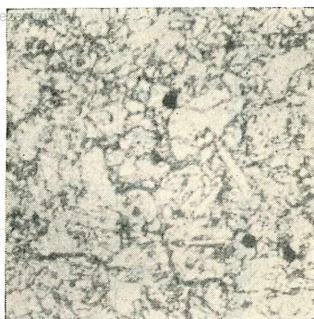


*a*

*Ofenabkühlung.*

+ 20° C 8,3 mkg/qcm

— 80° C 4,2 mkg/qcm

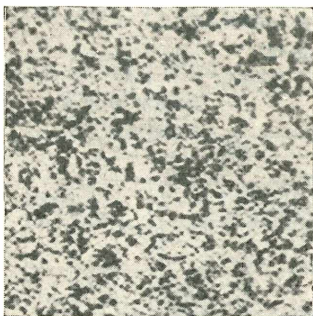


*b*

*Ölabkühlung.*

+ 20° C 13,9 mkg/qcm

— 80° C 5,5 mkg/qcm



*c*

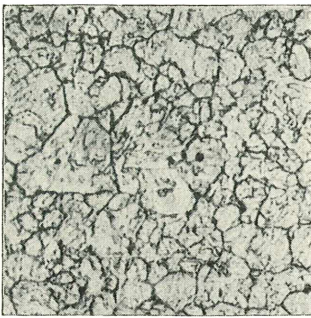
*Wasserabkühlung.*

+ 20° C 14,3 mkg/qcm

— 80° C 6,7 mkg/qcm

*Abb. 3. Stahl „A“ (0,34 % C, 1,26 % Mn, 1,22 % Si). Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure. Abbildungsmaßstab 550 1.*

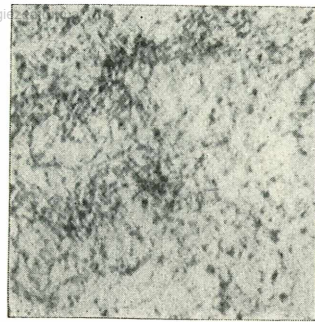
Die Wirkung des Xylolätzmittels sollte nun auf breiterer Basis, insbesondere im Zusammenhang mit den Kerbschlagwerten der einzelnen Proben untersucht werden. Für die Untersuchung wurden die in Zahlentafel 2 angeführten Stähle herangezogen. Es wurde jeweils das Ätzbild im „anlaßspröden“, das ist von 650° C Anlaßtemperatur im Ofen langsam (etwa 40° C/h) abgekühlten, und im „anlaßzäh“, das ist von 650° C Anlaßtemperatur in Öl abgeschreckten Zustand betrachtet. Parallel erfolgte die Prüfung der Kerbschlagzähigkeit der Proben, und zwar bei + 20° C und in einigen Zweifelsfällen auch noch bei — 80° C, bzw. es wurden in diesen Fällen die Temperatur-Kerbzähigkeits-Kurven aufgenommen.



a

*Ofenabkühlung.*

+ 20° C 9,0 mkg/qcm



b

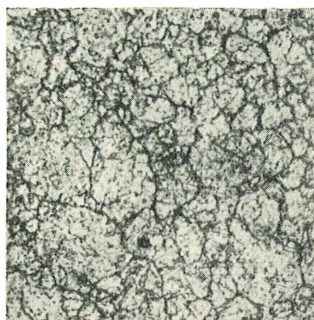
*Ölabkühlung.*

+ 20° C 14,1 mkg/qcm

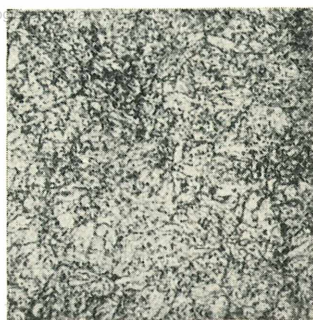
*Abb. 4. Stahl „C“ (0,32% C, 0,54% Mn, 3,54% Ni, 0,84% Cr).  
Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure. Abbildungsmaßstab 550:1.*

An Abb. 1 sind die Kerbschlagzähigkeiten sämtlicher untersuchten Stähle als Mittelwerte aus je 3 Versuchen nebst Angaben über den Erfolg der Ätzung zusammengestellt. In Abb. 2 sind die Temperaturzähigkeitskurven dargestellt. Eine Auswahl der Ätzbilder nach Ätzung mit Xylol-Pikrinsäure (es wurden absichtlich gute und schlechte Gefügebilder ausgewählt) und in einzelnen Fällen auch noch zum Vergleich nach Ätzung mit alkoholischer Pikrinsäure sind in den Abb. 3 und den folgenden wiedergegeben.

Man kann zusammenfassend feststellen: Das vorgeschlagene Xylolätzmittel gestattet in der Tat die Unterscheidung zwischen Stählen im anlaßspröden und anlaßzäh Zustand. Es entwickelt neben dem üblichen Sekundärgefüge in den anlaßspröden Stählen auch noch die Korngrenzen. Wichtig ist es, festzuhalten, daß dieser Korngrenzenangriff in allen untersuchten Fällen bei den Proben, die sich als anlaßspröde erweisen, zumindestens viel stärker ist als in den zähnen Proben. Dagegen zeigen Stähle, die zur Anlaßsprödigkeit nicht neigen, auch bei langer Ätzdauer keine Korngrenzen. Eine Ausnahme bildet der Stahl „I“ (Abb. 6), der sowohl nach rascher, wie auch langsamer Abkühlung von der Anlaßtemperatur Korngrenzen aufweist, die allerdings viel leichter durch ein neuerliches Polieren der Probe zum Verschwinden gebracht werden als bei den anderen, als anlaßspröde erkannten Stählen. Bei dem Stahl „I“ zeigte es sich aber schon bei der Ätzung mit Salpetersäure, daß er nicht vollständig gehärtet ist, sondern Perlit aufweist, und es waren schon bei der Ätzung mit Salpetersäure schwache Korngrenzen erkennbar. Es ist klar, daß diese Ausbildung des Sekundärgefüges auch bei der Xylolätzung zum Vorschein kommt. Durch eine vorherige Ätzung mit Salpetersäure und ein nachträgliches Abpolieren



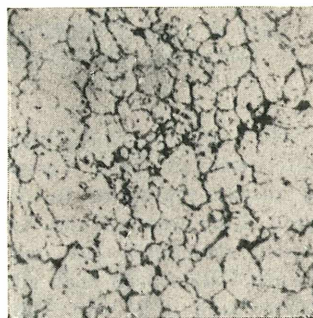
*a* Ofenabkühlung.  
Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure.  
+ 20° C 9,4 mg/qcm



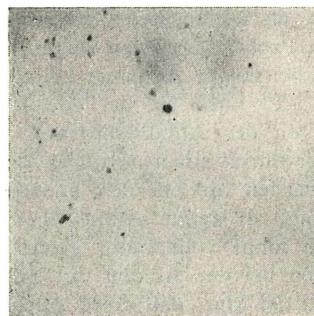
*b* Ölabbkühlung.  
Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure.  
+ 20° C 17,5 mg/qcm



*c* Ofenabkühlung.  
Geätzt mit Alkohol-  
Pikrinsäure.  
+ 20° C 9,4 mg/qcm

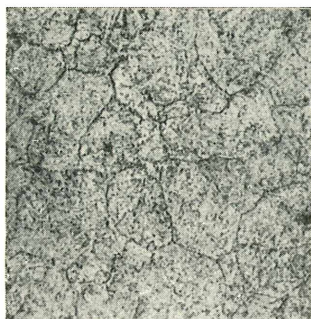


*d* Ofenabkühlung.  
Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure,  
dann poliert.



*e* Ölabbkühlung.  
Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure,  
dann poliert.

*Abb. 5. Stahl „B“ (0,32 % C,  
0,60 % Mn, 2,40 % Cr). Ab-  
bildungsmaßstab 550:1.*



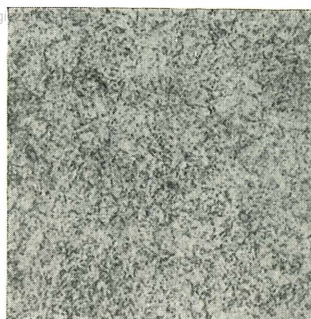
*a*

*Ofenabkühlung.*

*Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure.*

*+ 20° C 10,3 mkg/qcm*

*— 80° C 3,6 mkg/qcm*



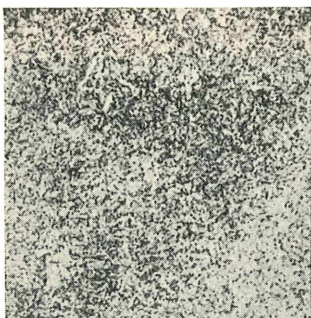
*b*

*Ölabkühlung.*

*Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure.*

*+ 20° C 13,4 mkg/qcm*

*— 80° C 13,6 mkg/qcm*



*c*

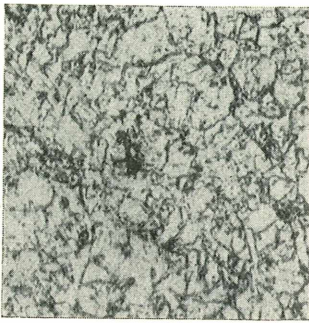
*Ofenabkühlung.*

*Geätzt mit Alkohol-*

*Pikrinsäure.*

*Abb. 6. Stahl „D“ (0,54 % C,  
0,95 % Mn, 0,28 % Ni, 1,07 %  
Cr, 0,12 % V). Abbildungs-  
maßstab 550:1.*

der mit Xylol geätzten Proben kann man sich vor Irrtümern bei der Anwendung des Xylol-Pikrinsäure-Ätzmittels schützen. Das Xylolätzmittel ist sehr empfindlich und zeigt die geringsten Spuren von Anlaßsprödigkeit an. Bei den Stählen „D“ und „H“ kann die Anlaßsprödigkeit mittels der Kerbschlagprobe nur bei Durchführung der Erprobung bei tiefen Temperaturen festgestellt werden. Das Ätzbild zeigt in beiden Fällen eine Anlaßsprödigkeit an und dies bei Verwendung bei Raumtemperatur. Auch bei dem Stahl „A“ kann bei der ölabgeschreckten Probe durch das Ätzmittel ein Rest der Anlaßsprödigkeit festgestellt werden, die durch ein schrofferes Abschreckmittel, hier Wasser, auch noch zum Verschwinden gebracht werden kann.



a

*Ofenabkühlung.*

+ 20° C 17,1 mkg/qcm  
— 80° C 7,3 mkg/qcm



b

*Ölabkühlung.*

+ 20° C 17,5 mkg/qcm  
— 80° C 14,6 mkg/qcm

*Abb. 7. Stahl „H“ (0,40% C, 0,90% Mn, 0,90% Si).  
Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure. Abbildungsmaßstab 550:1.*



a

*Ölabkühlung.*

*Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure.*



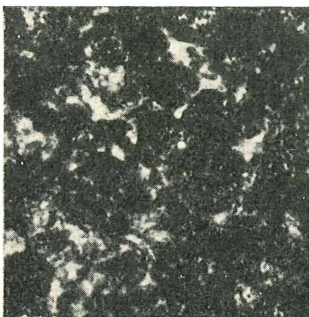
b

*Ölabkühlung.*

*Geätzt mit Alkohol-  
Pikrinsäure*

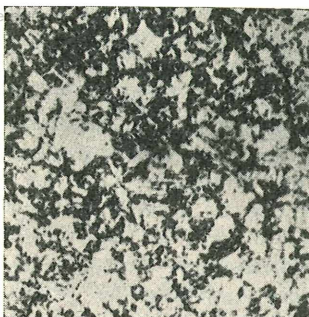
*Abb. 8. Stahl „I“ (0,57% C, 0,50% Mn). Abbildungsmaßstab 550:1.*

Und hier liegt vielleicht die Brauchbarkeit des vorgeschlagenen Ätzmittels; es gestattet, rasch und einfach festzustellen, ob in einem gehärteten Stahl „Anlaßsprödigkeit“ vorliegt und ob durch eine entsprechende Wärmebehandlung eine Verbesserung der Kerbschlagwerte zu erwarten ist. Das Ätzmittel wird also bei Entwicklungsarbeiten und bei der Prüfung von



a

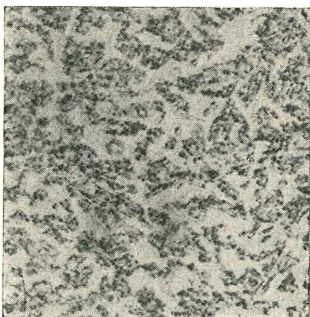
*Ofenabkühlung.*  
+ 20° C 9,2 mkg/qcm



b

*Ölabkühlung.*  
+ 20° C 9,7 mkg/qcm

*Abb. 9. Stahl „J“ (0,39% C, 0,40% Mn).  
Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure. Abbildungsmaßstab 550:1.*



a

*Ofenabkühlung.*  
+ 20° C 16,3 mkg/qcm  
— 80° C 9,7 mkg/qcm



b

*Ölabkühlung.*  
+ 20° C 17,4 mkg/qcm  
— 80° C 10,1 mkg/qcm

*Abb. 10. Stahl „K“ (0,30% C, 0,60% Mn, 1,40% Cr, 1,0% Al).  
Geätzt mit Xylol-Pikrinsäure. Abbildungsmaßstab 550:1.*

Fehlerursachen Anwendung finden. Für den Abnahmeversuch und für die zahlenmäßige Festlegung der Neigung zur Anlaßsprödigkeit wird weiterhin der Kerbschlagversuch ausschlaggebend sein. Aus der Dicke der Korngrenzen im Ätzbild auf die vorliegende Größe der Anlaßsprödigkeit zu schließen, ist nur schwer möglich.



# Die in der Untersuchung verwendeten Ätzmittel

|     | Ätzmittel                                                                                        | Korngrenzenentwicklung<br>im anlaßspröden Zustand                                  |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Alkoholische 3% ige Salpetersäure                                                                | Keine Korngrenzen                                                                  |
|     | Alkoholische 4% ige Pikrinsäure                                                                  | Keine Korngrenzen                                                                  |
| 3.  | Gesättigte Pikrinsäure in Xylol                                                                  | Überhaupt kein Ätzangriff in<br>brauchbaren Zeiten                                 |
| 4.  | 2 Teile 3. + 1 Teil Äthylalkohol                                                                 | Korngrenzen sichtbar; Ätzan-<br>griff im Korninnern auch stark                     |
|     | 4 Teile 3. + 1 Teil Äthylalkohol                                                                 | Korngrenzen gut; Ätzangriff im<br>Korninnern mäßig                                 |
| 6.  | 8 Teile 3. + 1 Teil Äthylalkohol<br>unmittelbar vor dem Ätzen zu-<br>gesetzt                     | Korngrenzen sehr gut; Ätzangriff<br>im Korninnern mäßig                            |
|     | Wie 6., aber Alkohol 24 Stunden<br>vor der Ätzung zugesetzt                                      | Korngrenzen e t w a s schlechter<br>als bei 6., im Korninnern gleich               |
| 8.  | 8 Teile Benzol-Pikrinsäure, ge-<br>sättigt + 1 Teil Äthylalkohol                                 | Keine Korngrenzen; Martensit-<br>struktur im angelassenen Zustand<br>besonders gut |
| 9.  | 4 Teile Benzol-Pikrinsäure +<br>1 Teil Äthylalkohol                                              | Wie bei 8.                                                                         |
| 10. | Goerens-Ätzmittel (20 g Eisen-<br>chlorid, 40 ccm Wasser, 60 ccm<br>Äthylalkohol)                | Keine Korngrenzen                                                                  |
| 11. | Vilella-Ätzmittel (1 g Pikrin-<br>säure, 5 ccm Salzsäure, konzen-<br>triert, 95 ccm Alkohol)     | Keine Korngrenzen                                                                  |
| 12. | Gesättigte Pikrinsäure in Essig-<br>säurehydrid (mit und ohne Zu-<br>satz von Alkohol und Xylol) | Keine Korngrenzen                                                                  |
| 13. | Gesättigte Pikrinsäure in<br>Glyzerin                                                            | Schwache Korngrenzen                                                               |
| 14. | Gesättigte Pikrinsäure in Wasser                                                                 | Schwache Korngrenzen; un-<br>gleichmäßiger starker allge-<br>meiner Ätzangriff     |
| 15. | Salpetersäure in Xylol (mit und<br>ohne Alkoholzusatz)                                           | Keine Korngrenzen                                                                  |
| 16. | Gesättigte Pikrinsäure in Äther                                                                  | Korngrenzen angeätzt; Schliff<br>leicht überätzt und ungleichmäßig<br>angegriffen  |
| 17. | Gesättigte Pikrinsäure in Äther<br>+ Zephirol                                                    | Wie 16.                                                                            |

## Die für die Untersuchung herangezogenen Stähle

| Stahl | Chemische Zusammensetzung in % |      |       |   |   |      |      |    |      |     |      |
|-------|--------------------------------|------|-------|---|---|------|------|----|------|-----|------|
|       | C                              | Mn   | Si    | S | P | Ni   | Cr   | Mo | V    | Al  | Cu   |
| A     | 0,34                           | 1,26 | 1,22  | — | — | —    | —    | —  | —    | —   | 0,17 |
| B     | 0,32                           | 0,60 | n. b. | — | — | —    | 2,40 | —  | 0,15 | —   | —    |
| C     | 0,32                           | 0,54 | n. b. | — | — | 3,54 | 0,84 | —  | —    | —   | —    |
| D     | 0,54                           | 0,95 | 0,25  | — | — | 0,28 | 1,07 | —  | 0,12 | —   | —    |
| E     | 0,35                           | 1,75 | n. b. | — | — | —    | —    | —  | —    | —   | —    |
| F     | 0,40                           | 1,20 | 0,70  | — | — | —    | 0,10 | —  | —    | —   | —    |
| G     | 0,42                           | 1,70 | n. b. | — | — | —    | —    | —  | 0,10 | —   | —    |
| H     | 0,40                           | 0,90 | 0,90  | — | — | —    | —    | —  | —    | —   | —    |
| I     | 0,57                           | 0,50 | n. b. | — | — | —    | —    | —  | —    | —   | —    |
| J     | 0,39                           | 0,40 | n. b. | — | — | —    | —    | —  | —    | —   | —    |
| K     | 0,30                           | 0,60 | n. b. | — | — | —    | 1,40 | —  | —    | 1,0 | —    |

## Literatur

1. *Houdremont E. und Schrader H.*, Arch. Eisenhüttenw. **7** (1933/34): 49—59.
2. *Bennek H.*, Arch. Eisenhüttenw. **9** (1935/36): 147—154.
3. *Hollomon I. H.*, Trans. Amer. Soc. Metals **36** (1946): 473.
4. *Pellini W. S. und Queneau B. R.*, Trans. Amer. Soc. Metals **39** (1947): 139—161.
5. *Dickenson I. H.*, Journ. of the West Scotland Ir. and Steel Inst. **26** (1918/19): 110—125; vgl. Stahl und Eisen **41** (1921): 515 und 1347.
6. *Maurer E. und Hohage H.*, Mitt. Kais. Wilh.-Inst. Eisenforsch. **2** (1921): 91.
7. *Andrew J. H. und Dickie H. A.*, Journ. Iron and Steel Inst. **114** (1926): 359—395.
8. *Reed E. L. und Hurlich A.*, Unveröffentlichte Arbeit; vgl. Trans. Amer. Soc. Metals **39** (1947): 135.
9. *Yokoyama*, Trans. Inst. Metals (1937): 43.
10. *Archer R. S.*, Amer. Inst. Mining and Metallurgical Engineers **62** (1920): 754—760.
11. *Mathews I. A.*, Diskussion zu 10.
12. *Cohen J. B., Hurlich A. und Jacobson M.*, Trans. Amer. Soc. Metals **39** (1947): 109—138.
13. *McLean D. und Norhcott L.*, Journ. Iron and Steel Inst. **158** (1948): 169—177.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik](#)

Jahr/Year: 1948

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Werner Richard, Bernhart Ludwig

Artikel/Article: [Metallographischer Nachweis der Anlasssprödigkeit bei niedrig legierten Stählen. 330-344](#)