



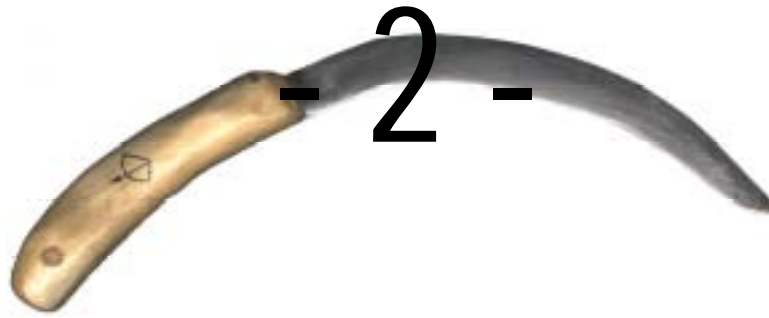
Schmiedestahl

Diese kleine Broschüre erzählt nichts über das Schmieden. Wie man die Hämmer führt, kann man schlecht in einem Buch erklären. Man muss es selbst probieren und sich zeigen lassen.

Diese Seiten erklären, wie man das Eisen oder den Stahl beim Schmieden so behandelt, dass er nach dem Schmieden keine Risse hat. Dass er gut gehärtet ist und trotzdem nicht bricht. Diese Seiten zeigen häufige Fehler beim Erhitzen und Abschrecken des Stahls auf.

Inhalt:

Was ist eigentlich Stahl?	2
... und was ist nun Eisen?	2
Wie erkenne ich Stahl?	3
... und wo finde ich solchen Stahl?	3
Temperatur und Hitze, einiges über das Erwärmen von Stahl	3
Wie erkenne ich Temperaturen?	3
Maximale Temperatur beim Schmieden	4
Sicherer Temperaturbereich	5
Das Erwärmen	5
Das Härten	6
Erwärmen, Abschrecken	6
Langsames, schnelles, teilweises Abschrecken	7
Anlassen	8
Anlassfarben	8
Fehler beim Härten	9
Abspann	10



Was ist eigentlich Stahl?

Stahl ist ein Gemisch aus Eisen und Kohlenstoff.

Kohlenstoff kommt häufig auch im Alltag vor, zum Beispiel bestehen Schmiedekoks und Holzkohle nahezu vollständig aus Kohlenstoff. Deshalb die schwarze Farbe.

Die älteren Stähle bestehen nur aus Eisen und Kohlenstoff. Modernere Stähle bekommen oft noch andere Metalle zugemischt, wie Chrom, Nickel, Molybdän, Kobalt und andere. Ein Gemisch von einem Metall mit anderen Stoffen heißt übrigens Legierung.

Wir arbeiten nur mit den älteren Kohlenstoffstählen (also dem Eisen-Kohlenstoff-Gemisch), weil sich dieser am besten mit einfachen Mitteln schmieden und härten lässt.

Eisen kann bis zu 6 % Kohlenstoff aufnehmen (Das heißt, auf 1 Kilogramm Eisen 60 Gramm Kohlenstoff; das ist eine volle Hand Holzkohle!). Je mehr Kohlenstoff im Stahl ist, um so härter ist er. Aber nur bis maximal 1,5 % Kohlenstoff kann er noch geschmiedet werden. Darüber ist er zu hart und außerdem spröde; er bricht.

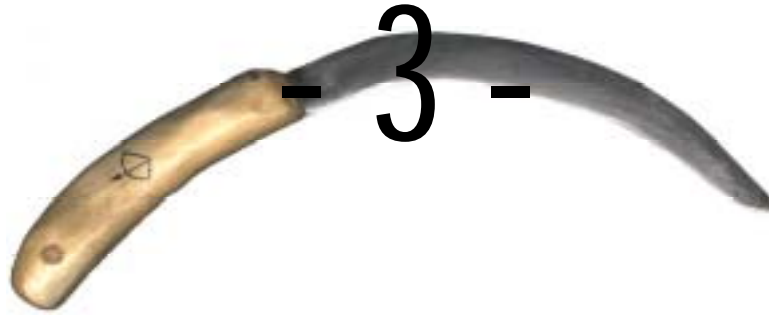
Stahl wird sehr hart, wenn man ihn erst bis zur Glut erhitzt und dann sehr schnell abkühlt (abschreckt). Andererseits sollte man Stahl auch nicht weit über 1000 Grad erhitzen, weil er sonst "ausglüht". Ein zu hoch erhitzter (und wieder abgekühlter) Stahl ist spröde wie Glas und völlig unbrauchbar.

. . . und was ist nun Eisen?

Im Alltag wird inzwischen alles als Stahl bezeichnet, das überwiegend Eisen enthält. Vermutlich, weil Stahl teurer und fester klingt. Der Begriff Eisen taucht kaum noch auf. Manchmal findet man noch ältere Geschäfte mit der Bezeichnung "Eisen", wie "Eisen-Fäustel" oder "Eisenwaren und Siedlerbedarf".

Reines Eisen ohne oder mit höchstens 0,3 % Kohlenstoff kann nicht gehärtet werden. Das liegt daran, dass der Kohlenstoff nicht einfach im Eisen drin ist (wie die Nüsse in der Schokolade). Die Atome des Kohlenstoffs verbinden sich mit denen des Eisens. Durch diese Verbindung entsteht die Härte. Bei sehr wenig Kohlenstoff im Eisen entstehen zu wenige der harten Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen. Dieser "Stahl" ist dann fast so weich wie reines Eisen.

Fast reines Eisen hat den Vorteil, dass man es in der Schmiede bis 1300 Grad erhitzen darf. Die Gefahr, durch Überhitzung das Werkstück zu zerstören, ist gering. Auch wird es beim Erhitzen viel weicher und lässt sich deshalb sehr leicht schmieden. Eisen ist deutlich weicher als Stahl. Aber als Türbeschläge (Scharniere), Winkel zum Verbinden von Holzbalken oder für Kerzenständer und andere Gegenstände ist es hart genug. Nur für Werkzeuge (also Messer, Beile, Meißel, Hämmer und so was) ist es nicht geeignet.



Wie erkenne ich Stahl?

Der Kohlenstoffstahl hat gegenüber modernen, hochlegierten Stählen mehrere typische Eigenschaften: Er rostet ziemlich schnell, polierte Flächen laufen innerhalb weniger Tage grau an. Hält man einen Magneten an Stahl, bleibt dieser auch nach dem Entfernen weiter magnetisch (geht bei Hitze wieder weg). Bei einer Schleifprobe mit einer (trockenen) Schleifscheibe (zum Beispiel auf der Bohrmaschine) läuft er schnell blau an, wenn man an einer Kante schleift. Bei den legierten Edelstählen dauert das wesentlich länger.

... und wo finde ich solchen Stahl?

Kleinere Stücke finden sich auf jedem Trödelmarkt oder Schrottplatz für wenig oder gar kein Geld. Du kannst alte Meißel, Feilen, Wagenfedern von Kutschen (auch einige Autos hatten solche Blattfedern) nehmen. Auf dem Trödelmarkt suche ich immer die verrosteten, abgenutzten älteren Werkzeuge heraus. Damit arbeiten kann man sowieso nicht mehr, deshalb bekomme ich ein Dutzend alte Feilen oder ähnliches für im Schnitt 4 bis 6 Euro. Als sich rumsprach, dass wir auf dem PANAMA solche Feilen benötigen, räumten einige Leute ihren Keller auf und brachten uns solch altes Werkzeug als Geschenk an.

Temperatur und Hitze, einiges über das Erwärmen von Stahl

Wie erkenne ich Temperaturen?











Ein Hinweis auf die Temperatur ist der schwarze Zunder, der sich im Feuer auf dem Stahl bildet. Der Zunder ist verbranntes Eisen. Er bildet sich als dickere Schicht ab 500 Grad und bleibt bis 900 Grad fast unverändert, nur die Dicke nimmt bis 750 Grad noch zu. Erst ab 900 Grad fällt die Schicht leicht ab und bildet sich wieder neu. Also kann man 900 Grad und höhere Temperaturen daran erkennen.

Wesentlich genauer kann man an der Farbe des glühenden Stahls im Feuer die Temperatur erkennen. Allerdings sollte keine direkte Sonne auf das Schmiedestück fallen, denn dann wirkt die Glut viel dunkler, als sie eigentlich ist. Auch zu wenig Licht ist nicht so gut: Der Stahl scheint dann heller, als er eigentlich ist. Am besten ist schattiges Tageslicht.



**Die
aus den Glühfarben:**

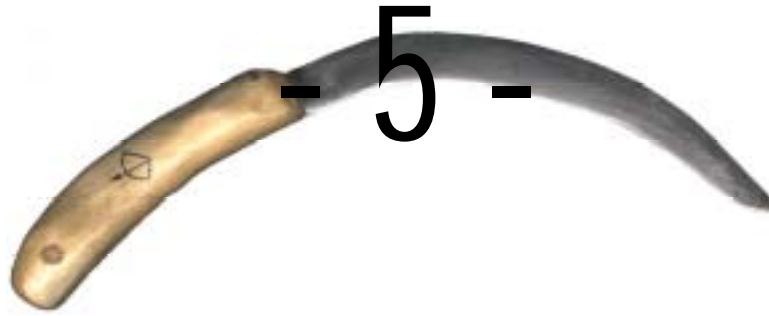
Temperatur

520 bis 580		Schwarz
580 bis 650		Braunrot
650 bis 750		Dunkelrot
750 bis 780		Dunkelkirschrot
780 bis 800		Kirschrot
800 bis 830		Hellkirschrot
830 bis 880		Hellrot
880 bis 1050		Gelbrot
1050 bis 1150		Dunkelgelb
1150 bis 1250		Hellgelb

Maximale Temperatur beim Schmieden

Wenn Eisen bis 1300 Grad, aber Stahl nur etwas über 1000 Grad erhitzt werden darf, liegt die Vermutung nahe, dass das mit dem Kohlenstoff im Eisen zusammenhängt. Das ist wirklich so. Deshalb folgt hier eine etwas genauere Darstellung der Temperaturen. Allerdings wissen wir meistens nicht, wie viel Kohlenstoff im Eisen ist.

0 bis 0,3 % Kohlenstoff	maximal	1300	Grad	(glüht in der Schmiede weiß)
0,3 bis 0,6 % Kohlenstoff	maximal	1200	Grad	(glüht hellgelb)
0,7 bis 1,0 % Kohlenstoff	maximal	1100	Grad	(glüht gelb)
1,0 bis 1,5 % Kohlenstoff	maximal	1050	Grad	(glüht hellgelbrot)



Sicherer Temperaturbereich

Bei Stahl ist man auf der sicheren Seite, wenn er nicht völlig gelb glüht, sondern immer noch einen Hauch Rot enthält. Er ist gerade so warm genug bei 723 Grad. Da glüht er in einem Kirschrot.

Wenn er also hellrotgelb aus der Schmiede herausgenommen wird, kann man so lange darauf hämmern, bis er nur noch in einem dunkleren Kirschrot glüht. Dann wieder ab in die Schmiede!

Bei Eisen ist es ganz unkompliziert: Es kann bis fast zur Weißglut erhitzt und selbst noch bearbeitet werden, wenn es nicht mehr glüht. Dann braucht man aber deutlich mehr Kraft. Dünne Stellen sollten allerdings auch bei Eisen weder weißglühend noch zu kalt geschmiedet werden. Dann könnten doch Risse entstehen.

Das Erwärmen

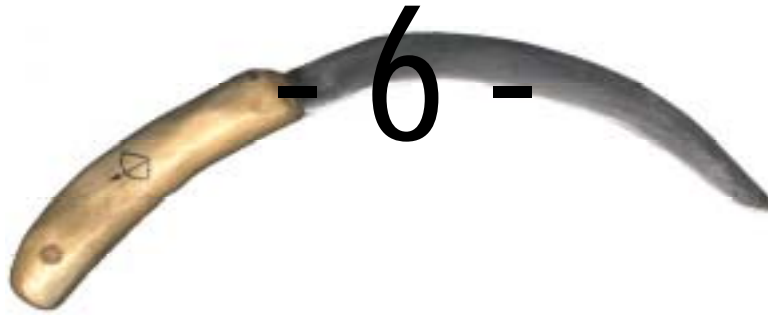
Eigentlich ganz einfach: rein in die Schmiede und fertig. Leider kann hier ein bisschen ganz schön schiefehen.

Der Koks sollte nach dem Anzünden ein paar Minuten brennen, damit alle Verunreinigungen (vor allem Schwefel) auch verbrannt werden. Gerade Schwefel macht Stahl spröde, wenn er in der Hitze mit dem Eisen reagiert (für die Chemiker: es entsteht Schwefeleisen, genauer Eisensulfid. Gibt's auch als natürliches Mineral: Katzensgold oder Pyrit).

Bei den folgenden Punkten kann der Stahl "entkohlt" werden. Er verliert an Kohlenstoff und damit an Härte. Zuerst findet das in den Randschichten des Stahls statt – bei einem Messer wäre dann gerade die dünne Schneide zu weich.

- Das Schmiedestück aus dem Kalten heraus nie schnell erwärmen. Immer erst an den Rand des Feuers legen und nach einigen Minuten dann tiefer ins Feuer.
- Schmiedestücke so schnell wie möglich fertigstellen. Je länger sie im Feuer bleiben müssen (oder je öfter sie wieder rein müssen), desto schlechter.
- Schmiedestück "auf einen Ritt" fertigstellen. Nicht zwischenzeitlich Pause machen und es dann erneut vom kalten Zustand her erhitzen.

Weiterhin kann man den Stahl überhitzen. Zu hohe Temperaturen in der Glut führen zu grobkörnigem, sprödem Stahl. Kommt Luft dazu, entkohlt der Stahl schnell und wird zu weich oder er verbrennt.



Stahl kann auch verbrennen. Bei über 1200 Grad dringt Sauerstoff aus der Luft tief in den Stahl ein und verbrennt ihn innerlich teilweise. Er ist dann völlig unbrauchbar und zerbricht sowohl kalt als auch warm leicht. Zum Verbrennen braucht er viel Luft. Man sollte also immer aufpassen, dass sowohl die Luft von oben als auch die vom Gebläse unten nicht direkt an das Schmiedestück kommt.

Das Härten

Hast Du etwas aus Stahl geschmiedet, kannst Du es härten. Dazu erwärmst Du es wie beim Schmieden und schreckst es dann in Wasser ab. Man erhitzt beim Härten besonders vorsichtig, weil das Schmiedestück ja schon fertig ist. Es stecken unter Umständen einige Stunden Arbeit drin. Deshalb auch hierzu ein paar Hinweise.

Erwärmen

Die maximale Höhe der Temperatur beim Erwärmen hängt auch vom Kohlenstoff im Eisen ab. Glücklicherweise aber bei weitem nicht so extrem wie beim Schmieden. Bei Feilen mit einem recht hohen Kohleanteil sollte das Stück gerade mal bis zum Dunkelrot/Kirschrot erhitzt werden (ca. 780 Grad). Beim typischen Schmiedestahl (Wagenfedern von Kutschwagen) liegt der Kohlenstoffanteil niedriger. Hier kann bis zum helleren Kirschrot erhitzt werden (830 Grad).

Abschrecken

Ist der Stahl nun erhitzt, schreckt man ihn ab. Am einfachsten geht dies mit Wasser. Es ist überall da, und vor allem hat man kein Problem mit der "Müllentsorgung". Man kann es einfach wegkippen oder Blumen damit gießen. Und es kostet nichts. Vor allem bei dicken Stücken (auch bei ungleichmäßiger Erwärmung) kann es dabei zu Rissen kommen, weil der Stahl unterschiedlich schnell abkühlt.

- Das Schmiedestück sollte ein bisschen im Wasser bewegt werden, damit es gleichmäßiger abkühlt.



Langsames Abschrecken

Gibt man dem Wasser Seife zu oder erwärmt es, passiert das Abschrecken weniger schnell. Man kann damit auch kohlenstoffreiche Stähle und dicke Schmiedestücke sicherer härten. (erheblich mildere Abschreckmittel: Öl, Glyzerin, Talg)

Schnelles Abschrecken

Setzt man hingegen Kochsalz hinzu oder nimmt kaltes Wasser, kühlt der Stahl deutlich schneller aus. Dies ist geeignet für kohlenstoffarme Stähle, aber auch für dünnere Werkstücke, bei denen die Gefahr von Rissen gering ist (andere kräftige Abschreckmittel: Wasser mit Säure).

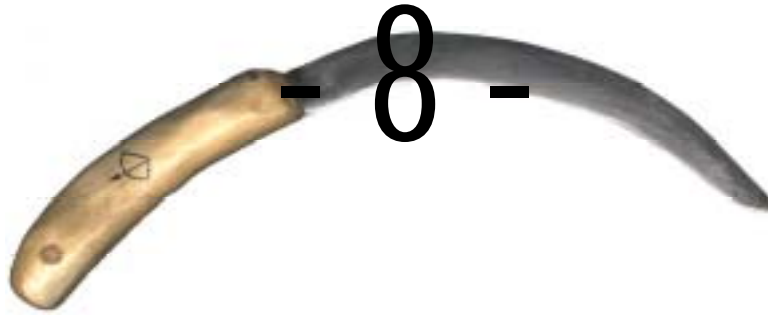
Teilweises Abschrecken

Generell braucht man nur die Stellen zu härten, die im Gebrauch tatsächlich hart sein müssen, beim Messer also vor allem die Schneide. Gehärtete Stellen sind zum einen so hart, dass man kaum ein Loch bohren, daran feilen oder sägen kann. Gehärtete Stähle sind auch spröder; sie brechen leichter. Beim Messer wäre es also durchaus gut, wenn nur die Schneide gehärtet ist. Dann bricht das Messer nicht so leicht, und man kann mit einem guten Bohrer noch Löcher in den Schaft bohren, um einen Griff zu befestigen.



Hier eine Stechahle für Lederarbeiten nach dem Schmieden und Härten, aus einer alten Feile gemacht. Deutlich ist der dunklere Zunder der Spitze zu sehen, die bis etwa zur Bildmitte gehärtet ist. Natürlich muss die Ahle noch geschliffen und poliert werden (Abbildung auf dem Bildschirm etwa doppelte Originalgröße).

Zum teilweisen Abschrecken taucht man nur die Stelle ins Wasser, die gehärtet werden soll. Auch ist es möglich, Bereiche mit Ton abzudecken, die nicht gehärtet werden sollen. Der Ton wird vorsichtig überm Schmeldefeuer getrocknet. Anschließend wird das Schmiedestück erwärmt und abgeschreckt.



Anlassen

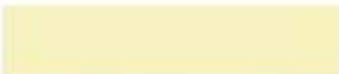
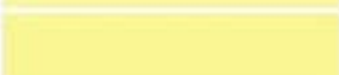







Der abgeschreckte Stahl hat die sogenannte "Vollhärte". Er ist extrem hart, aber fast so spröde wie Glas. Es gibt nur wenige Anwendungen für eine solche Härte (zum Beispiel der Feuerstahl zum Feuerschlagen mittels Feuerstein). Ein komplett so gehärtetes Messer zerbricht, wenn man es auf einen Stein fallen lässt.

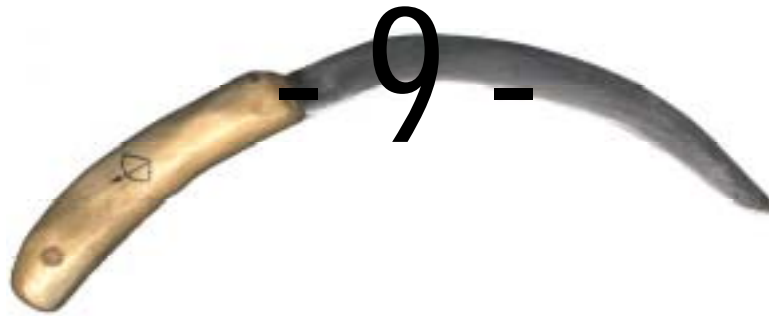
Durch ein nochmaliges Erwärmen wird der Stahl wieder elastischer, verliert aber auch an Härte. Trotzdem ist der Stahl immer noch hart genug für alle Anwendungen. Die Temperaturen des Anlassens bewegen sich zwischen 200 und 310 Grad. Dabei wird der Stahl um so weicher, je höher die Temperatur ist.

Man muss die Temperaturen selbst abschätzen. Stahl läuft in deutlich sichtbaren Farben an, wenn er heiß wird (beim Sägen, Schleifen oder Flexen von Eisen entstehen oft solche blaue Verfärbungen).

Anlassfarben, Temperaturen und Anwendungen

Auch hier wieder eine Farbtabelle. Nur diesmal glüht der Stahl nicht, sondern er färbt sich oberflächlich. Die Farben sind in "echt" wunderschön metallisch schimmernd, das kann man auf dem Papier schlecht darstellen.

210°		Weißgelb	
220°		Hellgelb	<i>extrem harter Stahl</i>
230°		Gelb	
240°		Dunkelgelb	<i>sehr harter Stahl (Meißel für harte Werkstoffe)</i>
250°		Gelbbraun	
260°		Braunrot	<i>harter Stahl (Metallsägen)</i>
270°		Purpurrot	
280°		Violett	<i>harter Stahl (Schraubenzieher, Körner)</i>
290°		Dunkelblau	
300°		Kornblumenblau	<i>elastischer Stahl (Federn, Messer)</i>
310°		Hellblau	<i>weicher Stahl (Beile, Äxte, Sensen)</i>



Weil das Schmiedestück nach dem Abschrecken den Zunder drauf hat, sieht es schwarz aus und ist rau. Um die Anlassfarben zu erkennen, braucht man blankes Metall. Also nimmt man eine Feile (oder Sandpapier) und schleift an einer Stelle den Zunder herunter, bis man genügend Metall blank sieht. Dann erhitzt man das Stück über dem(!), keinesfalls im Schmiedefeuer und passt genau auf, wann es gelb wird. Dann etwas höher halten, damit die Farben langsam entstehen und man es bei der gewünschten Farbe herausnehmen kann. Nun wird es im Wasser endgültig abgekühlt.

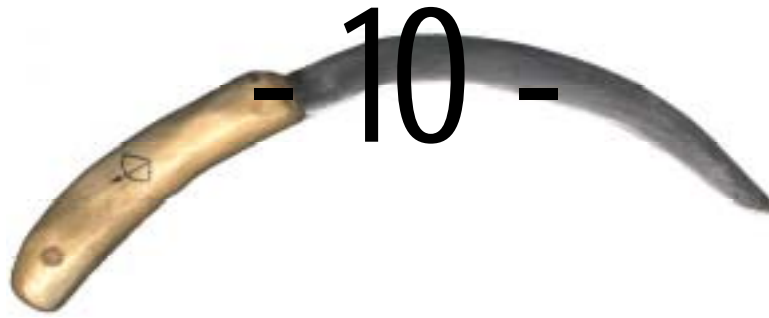
Bei größeren Schmiedestücken, die nur an einer Stelle gehärtet wurden, reicht die Restwärme im nicht abgeschreckten Stahl schon zum Anlassen. Man braucht an der abgeschreckten Stelle nur etwas Metall blank feilen (oder schmirgeln) und warten, bis die gewünschte Farbe ohne nochmaliges Erwärmen erscheint. Dann im Wasser abkühlen. Vorsicht beim Feilen! Der Stahl kann bei teilweise abgeschreckten Stücken an manchen Stellen noch 300 bis 400 Grad haben!

Fehler beim Härten

Beim Härten (Erwärmen + Abschrecken + Anlassen) kann leider das komplette Werkstück zerstört werden. Sollte dies einmal passieren, so kann man in folgender alten Tabelle eines Lehrbuches von 1985 nachschauen. Vielleicht findet sich der Fehler:

Tafel 4.4. Härtefehler

Fehler	Ursachen der Härtefehler beim		
	Erwärmen	Abschrecken	Anlassen
Stahl ist zu weich	Stahl zu niedrig erwärmt oder zu lange erwärmt und entkühlt	Abschreckmittel zu mild, Abschreckzeit zu kurz	zu hoch angelassen
Stahl hat weiche Oberfläche	zu lange erwärmt; Oberfläche ist entkühlt		Oberfläche von außen zu hoch erwärmt (Schweißbrenner)
Stahl hat weiche Flecken	Schwefelaufnahme im Schmiedefeuer	nicht genügend bewegt; Dampfmantel hat sich gebildet	
Stahl ist zu hart		Abschreckmittel zu schroff	zu wenig angelassen
Stahl hat Härterisse	zu hoch erwärmt, verbrannt	Abschreckmittel zu schroff	
Stahl hat sich verzogen	ungleichmäßig erwärmt, vor dem Härten nicht ausgeglüht (Spannungen)	falsches Eintauchen beim Abschrecken	



Folgendes Schmiedestück sollte einmal ein Wiegemesser zum Kräuterhäckseln werden. Es ist aus einer alten Feile geschmiedet. Beim Abschrecken merkte ich schon, wie über die Schmiedezeange ein seltsam knirschendes Geräusch an der Hand ankam. So, als ob der Stahl lebt. Heraus kamen diese vielen kleinen Risse, die hier – leider, leider- gut zu sehen sind.

In der Tabelle kann man sehen, dass entweder zu hohe Erwärmung oder ein zu schnelles (hartes) Abschrecken die Ursache sein können. Nun, beim Erwärmen passe ich bei Stahl immer auf. Aber es war ein kalter Märztag, das Wasser hatte nahe null Grad. Also sollte ich das nächste Mal warmes Wasser, möglichst mit Seife, nehmen.



Die Abbildung hat in etwa Originalgröße.

Abspann

Wenn Du es tatsächlich geschafft hast, dieses Heft zu lesen, bleibt nur noch zu hoffen, dass die Hinweise geholfen haben. Hast Du Hinweise, Vorschläge, Ideen, unverständliche oder zu lange Textstellen zu kritisieren, dann schreibe an die Adresse in der Fußzeile!



Anmerkung der NAGEL-Redaktion:

Diese Broschüre wurde stammt von Stefan Bistrosch, Mitarbeiter auf dem Abenteuerspielplatz „Panama“ in Dresden. Er hat sie uns freundlicherweise für unsere Internetseiten zur Verfügung gestellt. Dafür möchten wir uns herzlich bedanken. Den Leserinnen und Lesern wünschen wir viel Vergnügen und ein angenehmes Lernen. Seit einiger Zeit wurde in etlichen Einrichtungen, die im ABA Fachverband organisiert sind, mit dem Schmieden begonnen; dies vorwiegend auf Abenteuerspielplätzen. Wir würden uns freuen, wenn die Arbeit durch diese Broschüre bereichert werden kann.