

Das Schärfen von Handsägen

Dies ist die erste Fassung meiner Anleitung zum Schärfen von Handsägen. Über zustimmende oder konstruktiv kritische Reaktionen würde ich mich freuen.

Friedrich Kollenrott, im Mai 2007



1 Persönliche Einleitung

Vor den Sägen wollte ich mich drücken, und lange sah es so aus, als würde mir das auch gelingen. Zwar habe ich seit Jahrzehnten in meiner Freizeit Holz bearbeitet und seit den 90er Jahren die Arbeit mit Handwerkzeugen für mich wiederentdeckt, mir auch die Fähigkeit angeeignet, Werkzeuge zu schärfen - aber da ging es um Hobeisen und Stecheisen. Das Schärfen von Handsägen war für mich ein Buch mit sieben Siegeln und erleichtert abgehakt, seit ich japanische Wechselblattsägen hatte. Wie jeder Andere habe ich ihren unglaublich sauberen, leichten Schnitt bestaunt. An Schwalbenschwänze und ähnliche Sägaufgaben hätte ich mich ohne meine Dozukis und ihre Verwandtschaft nie herangetraut! Meine letzten, längst unzumutbar stumpfen europäischen Handsägen habe ich vor ungefähr zehn Jahren weggeworfen, ja, leider.

Man wird älter, und manchmal lernt man dazu. Ich stellte fest, dass die Japansägen mit ihren sehr dünnen und elastischen Blättern nicht in allen Fällen nur Vorteile hatten - Stichwort: Sägen breiter Zapfen in Hartholz - und es ging mir gegen den Strich, Blätter wegzuwerfen nur weil sie stumpf waren¹. So kam es, wie es kommen musste: Ich fing an, mich mit dem Thema „Sägen diesseits von Japan“ zu beschäftigen und begann zu ahnen, was dort alles zu entdecken war. Noch fast zufällig kam ich an meinen ersten schärfbedürftigen Fuchsschwanz, eine überaus stattliche Disston D8. Dann besorgte ich mir Feilen – die Sache nahm ihren Lauf.

Im Januar 2006 habe ich mir eine hölzerne Sägefeilkuppe gebaut und dann nach der Anleitung von Pete Taran² zum erstenmal ernsthaft versucht, eine Handsäge fachgerecht zu schärfen. Es war ein mühsamer Einstieg. Inzwischen fühle ich mich mit der Sache schon gut vertraut und kann feststellen: Schwieriger als das Schärfen von Hobeisen ist das Sägenschärfen eigentlich nicht - es ist nur ganz anders. Natürlich darf ich mich bestenfalls als fortgeschrittenen Anfänger betrachten. Aber es geht weiter, man lernt sein Leben lang. Erst seit einigen Monaten weiß ich, wie gut und präzise man mit einer Spannsäge (die Dinger mochte ich früher überhaupt nicht!) sägen kann – wenn, ja, wenn sie nur gut geschärft ist. Mit den europäischen Sägen ist es nicht anders als mit Hobeln und Stecheisen: So wie gekauft funktionieren die besten brauchbar, viele gar nicht, und wer sie nicht schärfen kann, wird nie erfahren was mit diesen Werkzeugen möglich ist. Kein Wunder, dass die japanischen Sägen, die wirklich in perfekt gebrauchsfähigem Zustand verkauft werden, für die meisten Holzwerker das Maß aller Dinge sind!

Warum ich mit der Anleitung von Taran angefangen habe? Sie wurde mir empfohlen, und sie ist wirklich sehr hilfreich. Gern hätte ich eine umfassendere Darstellung gehabt; so etwas gab es aber nicht, ich musste mir zusammensuchen was ich brauchte. Fast alles was man überhaupt findet, ist in englischer Sprache verfasst, was die Nutzbarkeit hierzulande doch sehr einschränkt. Eher abschreckend ist auch, dass immer wieder die gleichen, häufig fehlerhaften Illustrationen aus der Zeit vor etwa hundert Jahren benutzt werden.

Meine seit einigen Jahren im Netz zu findende Anleitung zum Schärfen von Hobel- und Stecheisen³ ist durchweg positiv aufgenommen worden. Ich habe mich darum nicht ungern überreden lassen, trotz noch sehr begrenzter eigener Erfahrung auch eine Anleitung zum Schärfen von Sägen zu verfassen. Bei der Arbeit daran stieß ich bald auf ein unerwartetes Hindernis: Es erwies sich als schwierig, für die Beschreibung der Zahnformen von Sägen und des Schärfvorganges fachlich korrekte und allgemein anerkannte deutschsprachige Begriffe zu finden. Das überrascht zunächst, ist aber erklärbar: Die Handsäge hat ihre Stellung als ein für die Berufsausübung von Tischlern (Schreibern) vorrangig wichtiges Werkzeug in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts verloren. Damit hat auch das Interesse an dem Fachwissen, das mit diesem Werkzeug verknüpft war, nachgelassen. Vieles ist ganz oder weitgehend in Vergessenheit geraten, insbesondere die Vorteile unterschiedlicher Zahnformen für Längs- und Querschnitte und die Verfahren zu ihrer handwerklichen Herstellung. Was später noch darüber geschrieben wurde - etwa pflichtgemäß in Fachbüchern für die Ausbildung – war keine Weiterentwicklung oder Anpassung an zeitgemäße technische Begriffe mehr. Die heute für Werkzeugschneiden üblichen Begriffe und Definitionen hätten sich durchaus auf die Zähne von Handsägen übertragen lassen. Aber offenbar hatte daran niemand mehr Interesse, die

Darstellung der Sägen und die Angaben zu Zahnformen, Schränkung usw. blieben traditionell - handwerklich. Da werden Ausdrücke benutzt wie „schräg gefeilt“, „auf Stoß gefeilt“, „Schrägschliff“, „Zähne stehen aufrecht und stumpfwinklig“ „Zähne müssen spitzer als ein rechter Winkel sein“ usw. Kaum konkrete Definitionen irgendwelcher Winkel und Abmessungen, keine Zahlenwerte. Wolfgang Jordan hat dazu auf seiner Website „holzwerken.de“ sehr interessantes Material gesammelt⁴.

Diese Beschreibungen scheinen mir dem zu entsprechen, was der Meister seinem Lehrling gesagt hat: „Das nächste Mal feilst Du stärker auf Stoß und schränkst die Zähne weniger!“. Und wenn der es dann richtig gemacht hat, war der Meister zufrieden, andernfalls bekam der Lehrling was hinter die Ohren. Eine Angabe in Grad und Millimeter war da wohl weder üblich noch wurde sie verlangt.

Eine schriftliche Anleitung muss sich mehr Mühe geben. Der Leser hat keinen Meister hinter sich (was offenbar nicht nur Nachteile, sondern auch Vorteile hat); alles was er braucht muss er darum in möglichst eindeutiger und übersichtlicher Form in der Anleitung finden. Natürlich soll ein handwerklicher Vorgang nicht zur Wissenschaft erhoben werden. Aber es muss klare, eindeutig erläuterte Begriffe geben und nachvollziehbare und – meßbare Angaben für Längen- und Winkelmaße.

Im englischsprachigen Raum sind für eine Darstellung der Verhältnisse an Handsägen bessere Voraussetzungen gegeben. Dort hat man diese handwerklichen Traditionen und Verfahrensweisen offenbar besser bewahrt oder früher wiederentdeckt, und die speziellen Kenntnisse zu Handsägen kommen nun als besonderer Tipp von dort zu uns. Darum ist auch, soweit ich das überblicke, die wesentliche aktuelle Literatur zu diesem Thema englisch bzw. amerikanisch. Es fällt besonders auf, dass im Englischen sehr praktische Winkelangaben („rake“ und „flean“) für die Zahnformen von Sägen und den Schärfvorgang gebräuchlich sind. Diese Begriffe werden anscheinend einheitlich gebraucht und verstanden. Im Deutschen gibt es Entsprechendes nicht. Wir dürfen uns aber immerhin darüber freuen, dass bei uns die Zahnteilung einer Säge in eindeutig zeitgemäßerer Form angegeben wird.

Ich habe im Folgenden deutschsprachige Ausdrücke, die verwendbar und gebräuchlich sind, selbstverständlich beibehalten. „rake“ und „flean“ habe ich nach Diskussion mit Wolfgang Jordan sinngemäß ins Deutsche übertragen und die Definition dieser Winkel aus dem Englischen übernommen. So bleibt die inhaltliche Kompatibilität zu den vorherrschenden englischsprachigen Texten erhalten. Die englischen Bezeichnungen gebe ich ebenfalls an, außerdem stelle ich in einer Tabelle (im Anhang) deutsche und englische Begriffe gegenüber.

Für eine korrekte zeichnerische Darstellung der geometrischen Verhältnisse benutzte ich Vorlagen, die mit einem 3D – CAD - Programm erstellt wurden. Für die vorbereitenden Arbeiten dazu danke ich Mathias Pyritz⁵.

2 Wie funktioniert eine Handsäge?

Es gibt viele Werkzeuge für die Holzbearbeitung, zu deren Gebrauch auch gehört, dass man sie schärft. Ob Messer, Stecheisen, Beil, Hobel, Bohrer, Ziehklinge oder Säge - ohne Schärfe ist das Werkzeug im besten Fall ein Wegwerfartikel, oft ist aber ein Gebrauch überhaupt nicht möglich. Funktionsweise und Werkstoffe der Schneiden sind unterschiedlich, und unterschiedlich sind darum auch die Anforderungen an ihre Gestalt und ihren Zustand sowie an das Schärfverfahren. Ein Messer funktioniert anders als ein Hobeisen und muss auch anders geschärft werden, und eine Säge nochmals ganz anders. Wer schärfen will, sollte darum als Erstes wissen, wie das zu schärfende Werkzeug funktioniert und wie darum die Schneide beschaffen sein muss. Das Schärfen ist dann das nächste Thema.

2.1 Die Säge und ihre Zähne

Das Sägeblatt einer Säge ist mit scharfen Zähnen „bezahnt“. Sie trennen das Holz auf, indem sie in beliebige Richtungen eine schmale Schnittfuge, den Sägeschnitt, ausspannen. Sägen gehören zu den traditionellen Werkzeugen zur Holzbearbeitung. Bild 1 entstand 1865, es zeigt zwei nette junge Menschen mit ihrer Säge. Der Zeichner W. Busch wollte offenbar betonen worauf es bei einer Säge ankommt - er hat die Zähne übertrieben groß gezeichnet.



Bild 1: junge Holzwwerker mit Säge (W. Busch 1865). Weder technisch noch politisch ganz korrekt, aber schön!

Schon etwas genauer zeigt Bild 2 den Schneidvorgang. Die im Werkstoff befindlichen Zähne arbeiten gleichzeitig. Jeder Zahn nimmt – mehr schabend als schneidend - einen dünnen Span ab, und dadurch dringen die Zähne in einem flachen Winkel in das Werkstück ein („Bahn der Schneide von Zahn 1“). Der abgetrennte Werkstoff (Sägespäne) sammelt sich in der Zahnlücke vor dem Zahn und fällt heraus, sobald der vorlaufende Zahn aus dem Holz austritt.

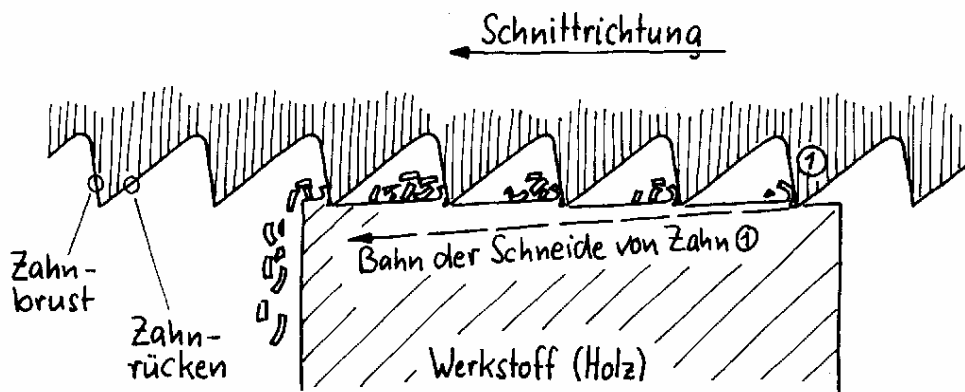


Bild 2: Sägezähne bei der Arbeit

Man sieht:

- Die Schneiden der Zähne müssen scharf genug sein, um Späne abzutrennen
- Die Zahnspitzen mit den Schneiden müssen, damit alle einen gleich dicken Span abheben, genau in einer Linie liegen bzw. gleich hoch sein⁶. Eine ungleiche Höhe der Zähne führt dazu, dass die Spandicke an den Zähnen unterschiedlich wird. In krasseren Fällen nehmen einige oder sogar viele Zähne gar nicht mehr an der Zerspanungsarbeit teil.
- Die Zähne können nur schneiden, solange in der Zahnlücke vor dem Zahn noch Platz für Späne ist. Sobald die Zahnlücke vollgestopft ist, ist Schluss.

Für „Einmannbetrieb“ bestimmte Sägen werden meist so ausgelegt, dass sie vorzugsweise in einer Richtung arbeiten - europäische auf Schub („Stoß“), japanische auf Zug. In dieser Arbeitsrichtung schneiden die Zähne aggressiv und der Kraftbedarf ist groß. Der Rückhub erfolgt mit viel geringerer Kraft, und es wird nur wenig zerspannt. Dieses Verhalten der Säge beruht vor allem auf der Unsymmetrie der Zähne: Die in Arbeitsrichtung am Zahn vorn liegende „Zahnbrust“ steht wie in Bild 2 gezeigt steiler als der Zahnrücken.

Dreieckszähne wie in Bild 2 gezeigt sind die einfachste Zahnform für Sägen. Wenn es um die handwerkliche Bearbeitung von trockenem Holz geht, ist diese Zahnform gut geeignet und leistungsfähig. Ihr besonderer Vorteil ist die einfache Schärffbarkeit von Hand mit einer Dreikantfeile. Nachschärfbare Handsägen haben darum fast immer diese Dreieckszähne, und wir können und werden uns hier auf diese Zahnform beschränken.

2.2 Besonderheiten des Schneidvorganges bei der Säge

Bild 2 soll darstellen, wie eine Säge schneidet. Genauso gut könnte es sich aber um eine Feile handeln, denn die Besonderheit des Sägens ist gar nicht dargestellt. Sie besteht darin, dass die Sägezähne keine breite Fläche, sondern eine schmale Nut schneiden. Jeder Zahn muss einen schmalen Span nicht nur am Grund der Nut, sondern auch an ihren Seiten abtrennen. Wegen der geringen Breite der Nut ist dieses seitliche Abtrennen ein erheblicher Teil der Zerspanungsarbeit.

Auf diesen Vorgang hat die Struktur des Holzes einen großen Einfluss. Es gibt viele Werkstoffe, die vollständig oder annähernd „isotrop“ sind, das heißt sie haben in alle Richtungen gleiche Eigenschaften. Metalle kann man in alle Richtungen gleich gut oder gleich schlecht schneiden. Holz dagegen ist „anisotrop“, weil es parallele Fasern hat. Es lässt sich in Richtung der Fasern durch seine Spaltbarkeit sehr leicht trennen, quer dazu viel mühsamer und dann am besten noch mit einer scharfen Schneide.

Der Zerspanungsvorgang an einem Sägezahn ähnelt dem Hobeln einer sehr schmalen Nut. Wie beim Nuthobeln wird der Span von der Schneide im Grund abgetrennt, durch die Spanfläche (hier: die Zahnbrust) umgelenkt und dabei an der Seite der Nut (hier: des Sägeschnittes) vom stehbleibenden Holz gelöst.

Besonders leicht schneidet ein Sägezahn **in Faserrichtung**, beispielsweise beim längs Auftrennen eines Brettes. Bild 3 zeigt den Vorgang. Der Zahn hat die Form eines Stechbeitels („beitelförmig“) mit genau quer zur Schnittrichtung angeordneter Schneide. Die Säge wird in einem spitzen Winkel zur Brettoberfläche geführt; wer einmal gesägt hat, weiss, so geht's besonders leicht.

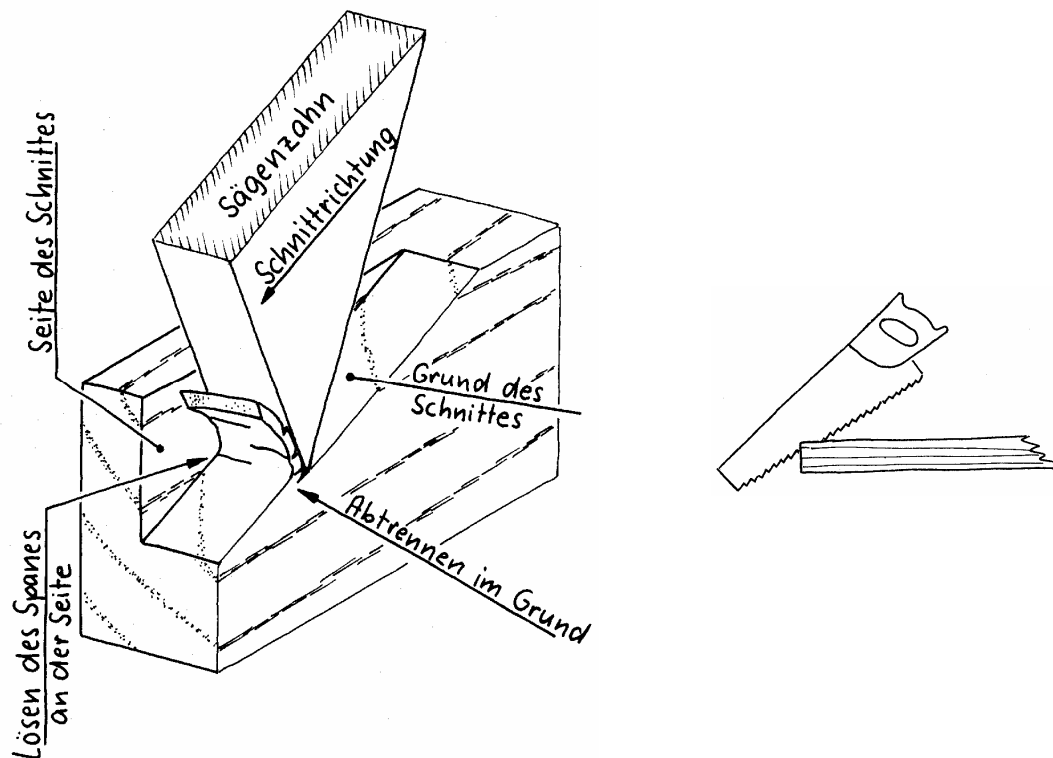


Bild 3: Schneiden eines Sägezahnes in Richtung der Faser (das Holz vor dem Sägeschnitt ist zur Sichtbarmachung entfernt)

Im Grund des Sägeschnittes schneidet der Sägezahn im flachen Winkel durch die Holzfaser. Im entstehenden Span liegen die Fasern schräg, darum zerfällt er in kürzere Stücke und es entstehen keine holzwolleartigen Bandspäne. Das Lösen des Spanes an der Seite des Schnittes ist ein dem Spalten ähnlicher Vorgang, es braucht wenig Kraft und hinterlässt eine relativ glatte Fläche.

Viel widerspenstiger verhält sich das Holz, wenn die gleiche beitelartige Schneide **quer zur Faser** sägt (Bild 4). Zwar lässt sich der Span auch diesmal problemlos im Grunde des Sägeschnittes abtrennen, und weil die Fasern quer in ihm liegen, zerfällt er besonders leicht in krümelige Stückchen. Aber an den Seiten des Spanes müssen die Fasern nun quer durchtrennt werden, um den Span zu lösen.

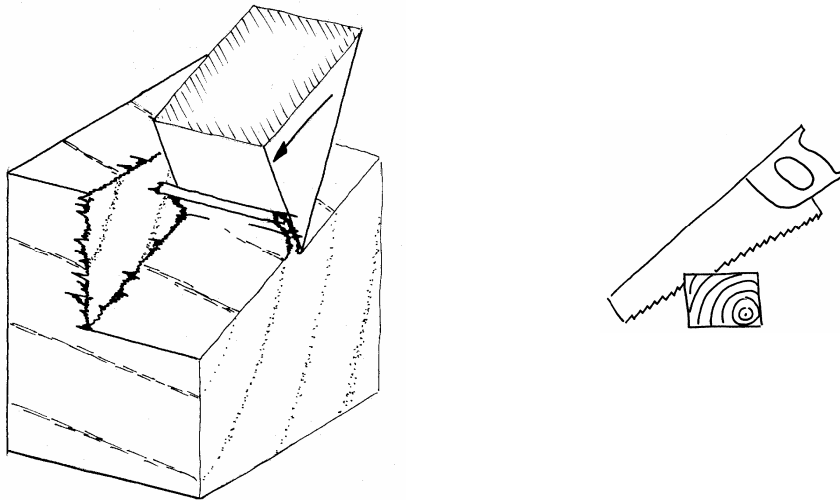


Bild 4: Schneiden eines Sägezahnes mit beiteförmiger Schneide quer zur Faser

Ein beiteförmiger Sägezahn ist dafür aber ungeeignet - seitlich hat er keine Schneide, sondern eine rechtwinklige Kante. Damit kann er die Fasern nicht zerschneiden, sondern nur zerreißen oder zerrupfen. Wenn man so sägt oder auch Nuten hobelt, wird die Oberfläche dort, wo die Zähne aus dem Holz austreten, durch häßliche Risse verunstaltet, und der Sägeschnitt selbst wird rau und unsauber. Der Säger⁷ bemerkt bei einem solchen Sägevorgang quer zur Faser vor allem den großen Kraftbedarf.

Beim Nuthobel wird das Problem des schlechteren Schneidens quer zur Faser gelöst, indem vor dem Eisen zusätzliche „Vorschneider“, also in Hobelrichtung schneidende kleine Messer, die Fasern anritzen – nur minimal tiefer als das nachfolgende Eisen schneidet. Das muss dann nur noch tun, was es gut kann: den Span unten abtrennen und anheben. So entsteht mit wenig Kraftaufwand eine auch an ihren Seiten saubere und glatte Nut.

Es gibt Querschnittssägen, die in ähnlicher Weise mit Gruppen von unterschiedlichen, spezialisierten Zähnen arbeiten. Derartige Sägen dien(t)en zum Fällen und Ablängen von Baumstämmen, sie haben sehr große Zähne und geräumige Zahnlücken. Bei feinen Sägen wäre es aber viel zu aufwändig die Zähne unterschiedlich zu formen. Üblich ist es stattdessen, auch bei Sägen für Querschnitte die Dreieckszahnform beizubehalten. Diese Dreieckszähne werden aber schräg so angeschärft, dass sie seitlich eine Schneide (Keilwinkel deutlich kleiner als 90°) und auch eine angedeutet schwertförmige, wie ein Vorschneider arbeitende seitliche Spitze haben, ganz ähnlich wie ein Anreissmesser. Rechts- und linksschneidende Zähne wechseln sich ab. (Bild 5, rechts). Eine Säge mit derartigen Zähnen schneidet quer zur Faser tatsächlich deutlich leichter und sauberer als eine mit beiteförmigen Längsschnittzähnen.

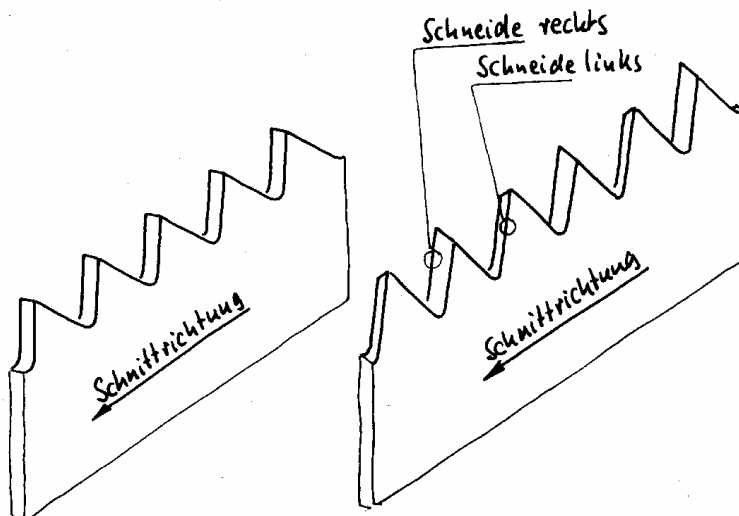


Bild 5: Form der Schneide am Zahn für Längsschnitte (links) und für Querschnitte (rechts)

Also:

Für Schnitte in Faserrichtung (Längsschnitt Ls, Schlitz-, englisch rip-) wird vorzugsweise eine Zahnform mit genau querstehenden beiteförmigen Schneiden eingesetzt, für Schnitte quer zur Faser (Querschnitt Qs, Absetz-, englisch crosscut-) eine Zahnform mit wechselnd schrägen Schneiden und seitlichen Spitzen.

Sogenannte **Mischbezeichnungen** können sowohl für Längs- als auch für Querschnitte eingesetzt werden. Sie haben Zähne, die nur eine leichte Schrägung der Schneiden aufweisen. Ein Kompromiss, wenn man nicht zwei spezialisierte Sägen zur Verfügung haben kann.

Aber Zähne wie in Bild 5 ergeben immer noch keine gut funktionierende Säge!

Das elastische Holz weicht dem Schnittvorgang aus und federt danach eine Winzigkeit zurück. In einer Fuge, die exakt so breit geschnitten wird wie das Sägeblatt dick ist, würde das Blatt darum festklemmen. Der Schnitt muss also breiter sein als die Blattdicke - für handgeführte Sägen sogar deutlich breiter, damit die Sägerichtung durch Verkippen des Blattes im Schnitt korrigiert werden kann.

Handsägen werden darum normalerweise⁸ **geschränkt**: Die Zahnschneiden werden abwechselnd ein wenig nach rechts und links gebogen, so wird der Sägeschnitt breiter als die Dicke des Blattes. Bei hartem, trockenem Holz ist die erforderliche Schränkung gering, ganz ohne geht es aber nicht. Es gibt Sägen, bei denen wird der Freigang zwischen Blatt und Schnittfläche durch ein zum Rücken des Blattes hin dünner geschliffenes Blatt unterstützt. Auch sie kommen aber nicht ganz ohne Schränkung aus.

Damit haben wir jetzt die üblichen Grundformen von Dreieckszähnen für Handsägen zum Schneiden längs und quer zur Faser:

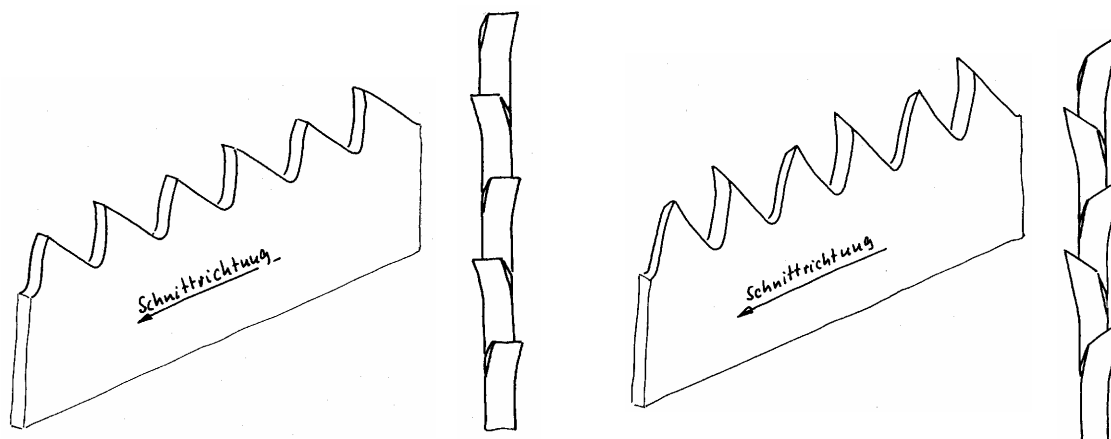


Bild 6: Geschränkte Zähne an Sägen für Längsschnitte (links) und Querschnitte (rechts). Jeweils eine Ansicht des Blattes mit Bezeichnung und rechts daneben stärker vergrößert der Blick von vorn oben auf die Zähne.

3 Jetzt genauer: Geometrie einer Bezeichnung

3.1 Bezeichnung für Längsschnitte („Ls“, in Faserrichtung)

Eine Längsschnittbezeichnung ist (abgesehen von der Schränkung) ein zweidimensionales Gebilde und lässt sich darum besonders einfach beschreiben und darstellen.

a) die Zahnteilung

Das auf den ersten Blick auffälligste Merkmal ist die Größe der Zähne. Sie wird im metrisch geprägten Europa angegeben durch die Zahnteilung **T**, das ist (in mm) die Gesamtlänge eines Zahnes oder der Abstand von Zahnschneide zu Zahnschneide. Zur Ermittlung zählt man zweckmäßig 10 Zähne ab, hält einen Messschieber („Schieblehre“) daneben, liest ab und teilt das Ergebnis durch 10.

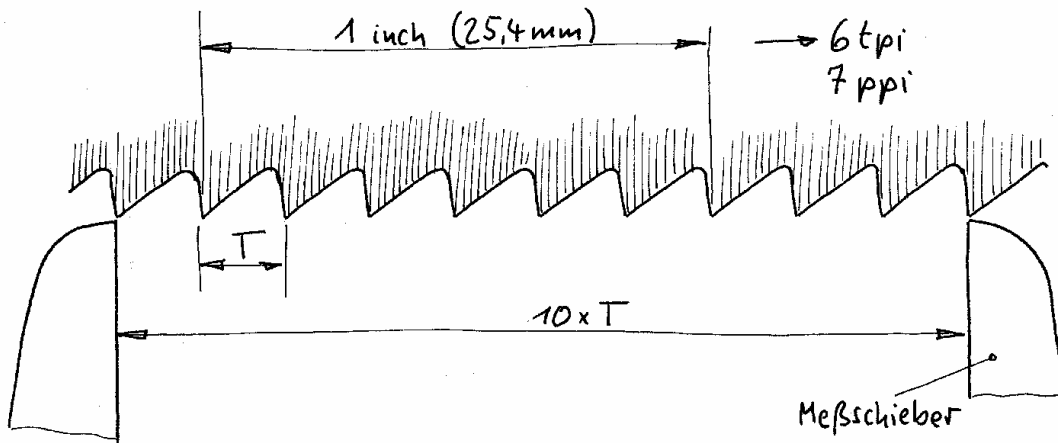


Bild 7: Zahnteilung T, angelsächsische Angaben ppi, tpi

Dort, wo das inch (= „Zoll“ = 25,4 mm) noch Maß aller Dinge ist, also vor allem in den USA, wird die Zahnteilung angegeben in **tpi** (teeth per inch, also: Zähne pro inch) oder in **ppi** (points per inch, also: Zahnspitzen pro inch). Wie Bild 7 zeigt, wird über eine Distanz von 1 inch die Zahl der Teilungen gezählt (das ergibt tpi) oder die Zahl der Zahnspitzen (ppi), wobei man dann kurioserweise die Zahnspitze am Ende der inch - Strecke mitzählt - muss wohl ein alter Indianerbrauch sein. Es gilt darum immer: $ppi = tpi + 1$. Ist also beispielsweise angegeben: 7 ppi, dann heißt das: 6 tpi und die Zahnteilung T beträgt $25,4 : 6 = 4,23$ mm.

Handsägen für die Verarbeitung von trockenem Holz haben Zahnteilungen im Bereich von etwa 1 mm bis 6 mm. Tendenziell setzt man bei Längsschnittsägen gröbere Zahnungen (mit größerer Zahnteilung) ein, bei Querschnittsägen feinere.

b) Winkelangaben am Zahn

Die Geometrie der Zähne ist wesentlich davon bestimmt und eingeschränkt, dass die Sägefeile (eine Dreikantfeile mit leicht gerundeten Kanten) den Querschnitt eines gleichseitigen Dreieckes mit $3 \times 60^\circ$ Innenwinkel hat. Beim Schärfen werden Zahnrückens des einen und Zahnbrust des nächsten Zahnes gemeinsam gefeilt (Bild 8), der 60° - Winkel bildet sich also in der Zahnluke ab.

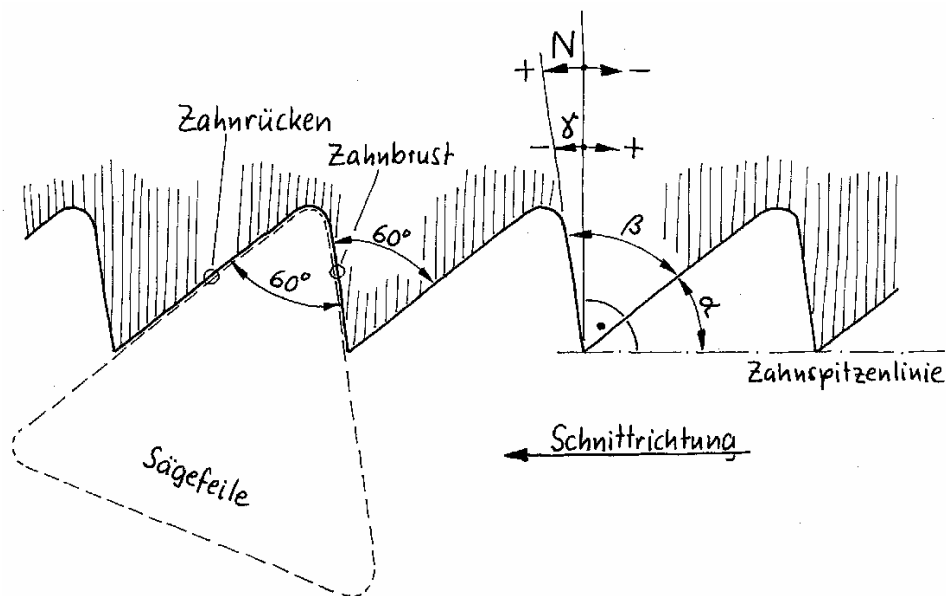


Bild 8: Zahngeometrie (hier: Längsschnittzähne): α = Freiwinkel, β = Keilwinkel (hier: immer 60°), γ = Spanwinkel, N = Neigung (engl.: rake)

Weil Zahnrückens und Zahnbrust aller Zähne jeweils parallel sind, sind der Zahnlukenwinkel und der Keilwinkel β am Zahn Stufenwinkel im Sinne der Schulgeometrie und gleichgroß; **darum haben auch**

die Zähne einer so gefeilten Bezeichnung immer einen Keilwinkel von $\beta = 60^\circ$. Damit werden die geometrischen Verhältnisse an den Zähnen sehr einfach.

Die genormte Bezeichnung der „Winkel an der Werkzeugschneide“ mit den griechischen Buchstaben α (alpha), β (beta), γ (gamma) ist in Bild 8 eingetragen zum Wiedererkennen für alle, die das mal gelernt haben. Diese Bezeichnungen sind bei Handsägen aber nicht gebräuchlich; wir werden sie deshalb auch im Folgenden nicht mehr benutzen.

Für das Schneidverhalten einer Handsäge ist entscheidend, wie „steil“ die Zahnbrust steht. Diese Winkellage wird im Englischen als **rake** bezeichnet, und ich übersetze das mit **Neigung**, Kurzzeichen **N**. Das ist (s. Bild 8) der Winkel der Zahnbrust gegenüber einer Senkrechten auf der Zahnspitzenlinie.

Die in Bild 8 gezeichneten Zähne haben eine Neigung $N = 10^\circ$ (positiv!)

Eine Neigung $N = 30^\circ$ findet man bei symmetrischen Zähnen. Die üblichen unsymmetrischen Zähne mit steiler Zahnbrust (N kleiner als 30°) werden traditionell als „auf Stoß gefeilt“ bezeichnet. Einen Neigung von nur wenigen Grad oder sogar Null ergibt einen aggressiven, schnellen Schnitt. Mit einer negativen Neigung („stark auf Stoß“) erhält man besonders aggressiv schneidende „Haifischzähne“; die kommen bei Maschinensägen häufig vor, bei Handsägen für trockenes Holz kaum.

Um den Zusammenhang zwischen der Zahngeometrie und dem Schärfvorgang zu zeigen, wird jetzt in Bild 9 das Sägeblatt in **die beim Schärfen übliche Lage** gebracht, also mit den Zähnen nach oben. Außerdem wird über die zu schärfende Bezeichnung und die Feile ein rechtwinkliges Koordinatensystem gelegt. Darauf könnte man bei Längsschnittzähnen verzichten, bei der anschließend behandelten Querschnittbezeichnung aber ist es wirklich hilfreich um die Verhältnisse eindeutig benennen zu können - deswegen fange ich schon hier, wo es noch übersichtlich ist, damit an.

Also: Das Blatt ist eingespannt mit den Zähnen nach oben, die waagrecht liegende Zahnspitzenlinie der Bezeichnung ist die x- Achse, quer dazu ist die y- und senkrecht die z- Achse. x- und y- Achse spannen eine waagerechte Ebene auf, das Sägeblatt selbst liegt in der x-z- Ebene.

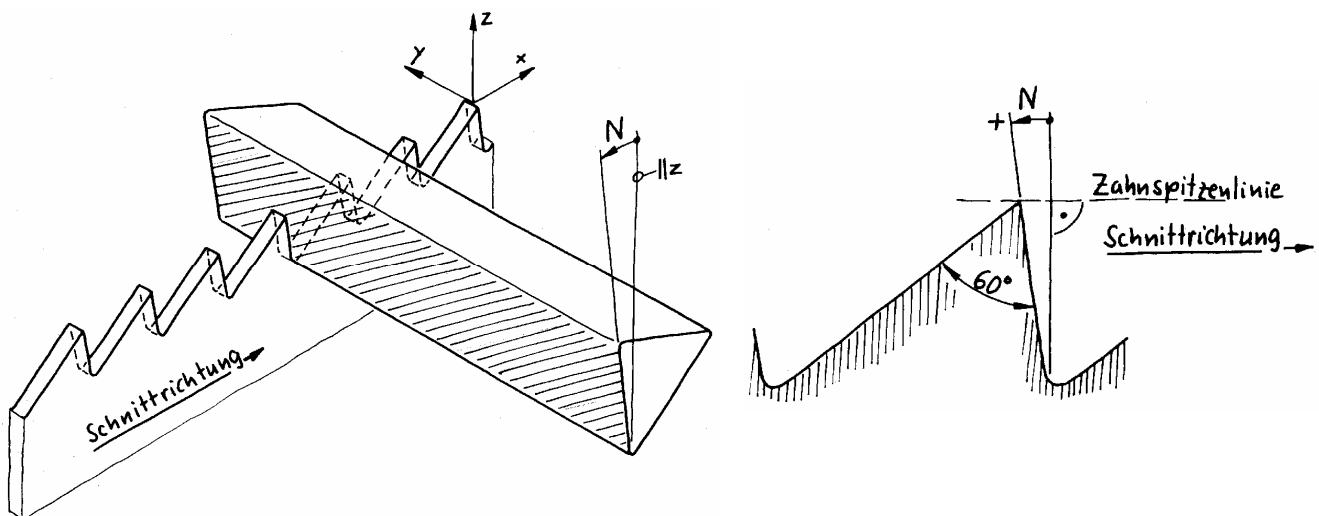


Bild 9: Längsschnittbezeichnung (ungeschränkt!) und erzeugende Dreikantfeile mit Koordinatensystem. z : räumlich parallel zur z- Achse

Die Feile wird so geführt, dass ihre Längsachse in Richtung der y- Achse liegt und somit auch lotrecht zur Fläche des Sägeblattes. Wenn die Zahnbrust senkrecht stehen soll ($N = 0$), dann muss die in Bild 9 schraffierte Fläche der Feile, von der die Zahnbrust bearbeitet wird, genauso senkrecht stehen. Soll die Zahnbrust etwas geneigt sein (Neigung meist positiv wie auch in den Bildern 8 und 9 gezeigt) dann wird die Feile entsprechend um ihre eigene Achse gedreht. Die Neigung N an der Feile ist identisch mit der am Zahn.

Die Geometrie einer einfachen Längsschnittbezahnung mit 60°-Dreieckszähnen wird über **zwei** Größen definiert (ausgehend von der Position des Sägeblattes wie in Bild 9 gezeigt):

- **Zahnteilung T**
- **Neigung N:** Winkellage der die Zahnbrust bearbeitenden Feilenfläche, relativ zur Senkrechten

Die Neigung N ist bei Längsschnittzähnen an der Seite des Zahnes sichtbar (Bild 9, rechts)

c) Schränkung

Ich definiere die Schränkung – das wird nicht überall einheitlich gehandhabt – als die Differenz zwischen Breite s_z der Bezahnung an den Zahnspitzen – das entspricht der Breite des Sägeschnittes und Dicke s des Blattes (s. Bild 12). Der Schränkung bekommt als Kurzzeichen das Y, weil es wie der Schnitt durch eine geschränkte Säge aussieht.

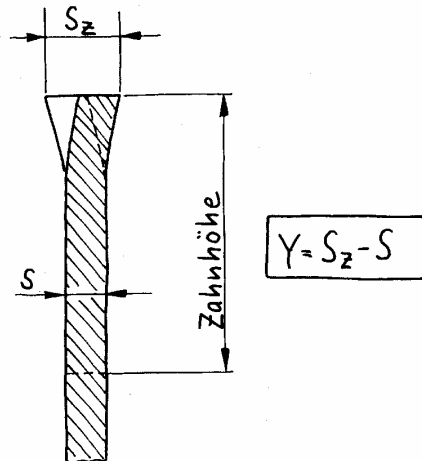


Bild 10: Definition der Schränkung Y

3.2 Bezahnung für Querschnitte („Qs“, quer zur Faserrichtung)

Die Querschnittbezahnung ist etwas komplizierter, weil sie ein dreidimensionales Gebilde ist.

a) Zahnteilung und Schränkung

Die Zahnteilung und die Schränkung aller Bezahnungen wird in gleicher Weise definiert oder geprüft, da gibt es keinen Unterschied zwischen Längs- und Querschnittbezahnungen.

b) Winkelangaben am Zahn

Vorgegeben ist auch hier der 60°-Winkel der Feile. Und auch hier bildet er sich in der Zahnluke ab.

Die **Neigung N** ist weiterhin der Winkel der die Zahnbrust erzeugenden Feilenfläche **gegenüber der Senkrechten**.

Die Feile wird auch hier waagrecht (in der x-y- Ebene) gehalten. Um die besondere Form der Querschnittszähne mit ihren seitlichen Spitzen und Schneiden (vergl. Bild 5 und 6) zu erzeugen, wird die Feile schräg zur y- Achse bzw. um die z- Achse geschwenkt geführt.

Der Winkel zwischen Längsachse der Feile und der y- Achse wird im Englischen meist als **fleam** bezeichnet. Das ist kaum direkt übersetzbar, ich bezeichne den Winkel als **Schrägung**, Kurzzeichen **S**.

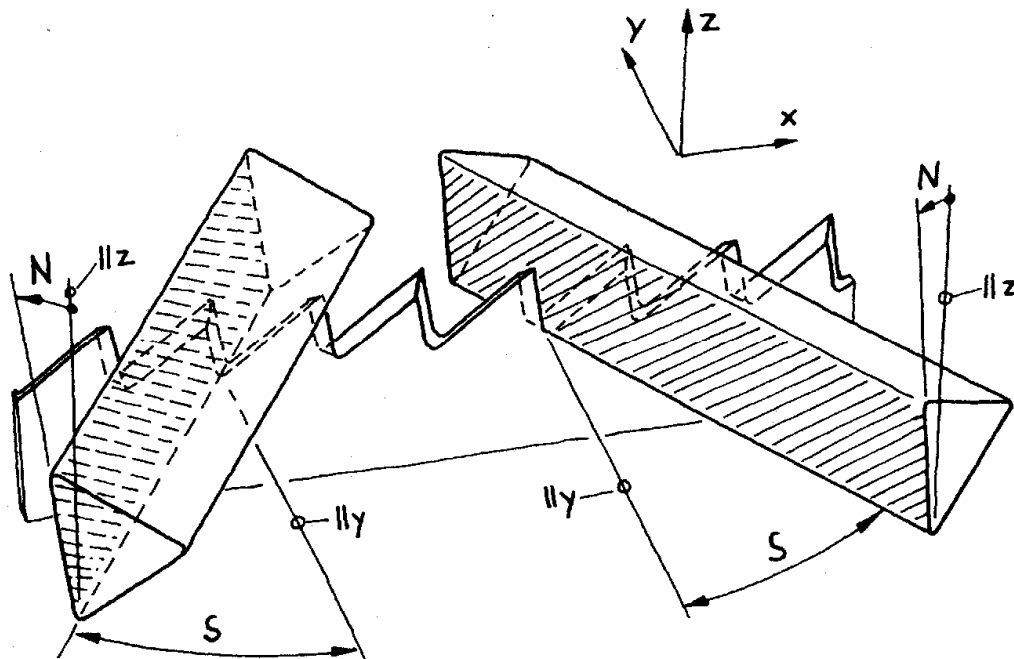


Bild 11: Querschnittbezeichnung Qs (ungeschränkt!) und erzeugende Dreikantfeile in den beiden von Zahnlucke zu Zahnlucke wechselnden Positionen

Die Schrägung wechselt von Zahnlucke zu Zahnlucke ihre Richtung bei jeweils gleichem Betrag.

Die Geometrie einer Querschnittbezeichnung, erzeugt mit einer 60°- Dreikantfeile, wird über **drei** Größen definiert (ausgehend von der Position des Sägeblattes wie in Bild 11 gezeigt):

- **Zahnteilung T**
- **Neigung N:** Winkellage der die Zahnbrust bearbeitenden Feilenfläche, relativ zur Senkrechten
- **Schrägung S:** Winkel, um den die waagrecht geführte Feile gegenüber dem Lot auf das Sägeblatt eingeschwenkt ist.

4 Allgemeines zum Schärfen mit der Feile

4.1 Welche Sägen sind überhaupt schärfbar?

Die Blätter klassischer Handsägen wurden und werden aus Bandstahl (Stahlblech) hergestellt, der durch Vergüten, also Härten und Anlassen, wärmebehandelt und heute meist durch Kaltwalzen verfestigt ist. Dieser Stahl darf einerseits nicht zu weich sein - die Säge soll eine brauchbare Standzeit bis zum Stumpfwerden durch Verschleiss aufweisen. Andererseits darf er nicht zu hart und spröde sein, damit die Säge noch mit einer Feile geschärft und ohne Bruchgefahr durch Verbiegen der Zähne geschränkt werden kann. Diese Sägen werden auch als „durchgehärtet“ bezeichnet; gemeint ist dass das ganze Blatt die gleiche mäßige Härte aufweist.

Moderne Fertigungsverfahren haben uns „zahnspitzengehärtete“ Sägen beschert. Bei denen sind die Spitzen der Zähne erheblich härter als der Rest des Blattes und damit besonders verschleissfest. Wegen des weicheren Zahnfußes sind die Zähne trotzdem nicht bruchempfindlich. Der Nachteil: Die harten Zahnspitzen machen ein Nachfeilen unmöglich, die Sägeblätter sind also Wegwerfartikel. Die Zahnspitzenhärtung ist nichts Exklusives, sondern auch bei Billigsägen gebräuchlich und dort erkennbar an den blau angelautenen Zahnspitzen⁹. Hochwertige Sägen, deren Zahnspitzen lasergehärtet¹⁰ sind – dazu gehören die japanischen Wechselblattsägen - zeigen nicht die typischen Anlaufarben, sind aber ebenfalls zu hart, um mit einer Feile nachgeschärft zu werden. Im Zweifelsfall zeigt eine Feilprobe, ob eine Säge nachschärfbar ist.

Das Nachschärfen kann aber auch praktisch unmöglich sein, wenn die Zahnteilung zu fein ist. Diese Grenze ist individuell und vor allem durch das Sehvermögen gegeben. Von mir selbst kann ich berichten, dass meine bisher feinste selbstgeschärfte Säge eine Zahnteilung von 1,6 mm (17 ppi) hat. Das ist mehr als ausreichend auch für kleine Zinkenverbindungen und ähnliche feine Arbeiten.

Vielleicht habe ich damit noch nicht endgültig meine Grenze erreicht, aber ich gehe davon aus, dass beispielsweise eine Feinsäge mit 1,2 mm Teilung für mich unschärfbar bleibt. Wenn man das oder noch Feineres haben muss, ist es keine Feigheit sich eine Wechselblatt- Dozuki zuzulegen.

4.2 Woran erkennt man, ob eine Säge scharf oder stumpf ist?

Bei Hobeisen gibt es beispielsweise den beliebten Rasiertest. Wie prüft man die Schärfe bei Sägen?

Ich kenne auch nur die eine verschiedentlich in der Literatur beschriebene Methode: Man macht mit dem Handballen ganz leicht und vorsichtig eine Rollbewegung über die Zähne. Scharfe Zähne krallen sich schon bei leichter Berührung spürbar in der Haut fest. Stumpfe nicht so deutlich.

Sehr stumpfe Sägezähne sind an ihrer Spitze nicht mehr scharfkantig, oft blankgerieben. In diesem Zustand ist eine Säge aber schon lange kein brauchbares Werkzeug mehr und hätte längst geschärft werden müssen. Mit einer stumpfen Säge sägt man nicht nur langsam und mühsam, sondern auch ungenau!

4.3 Gebrauchsqualität handgefeilter Sägen

Wenn man sich unter einer Lupe die Bezeichnung eines japanischen Wechselblattes ansieht, ist man beeindruckt und fast erschrocken von der Präzision, mit der diese Zähnchen bearbeitet sind. Zahn für Zahn exakt gleich, scharfkantig, gratfrei – einfach perfekt. Es erscheint ganz unmöglich, mit einer Feile eine vergleichbar gute Säge herzustellen.

Das ist **ein Missverständnis und ein Trugschluss!** Die makellose Erscheinung der Zähne japanischer Wechselblattsägen ist keineswegs zwingende Voraussetzung für deren gute Funktion. Sie ergibt sich vielmehr aus der Produktionsweise: Die Zähne werden mit automatischen Profilschleifmaschinen bearbeitet, und so sehen automatisch geschliffene Zähne eben aus.

Als Nonplusultra im Bereich der Handsägen gelten „handgefertigte“ japanische Sägen. Wunderbare Werkzeuge, in der Tat, leider fast unerschwinglich und darum hier auch nur am Rande erwähnt. Diese Sägen haben keine Wechselblätter und kommen nicht aus dem Schleifautomaten. Sie sind „durchgehärtet“ (s. **Kap. 4.1**) und dazu geeignet und bestimmt, mit der Feile nachgeschärft zu werden. Augenscheinlich sind sie eher gröber gefertigt als die geschliffenen Wechselblätter. Aber sie schneiden noch besser! Die leichte Ungleichmäßigkeit handgefeilter Sägen ist nämlich sogar vorteilhaft, sie verhindert ein „Rattern“ im Schnitt¹¹. Dagegen verschafft die perfekte geschliffene Oberfläche ihrer Zähne den Wechselblattsägen offenbar keinen entscheidenden Vorsprung.

Diese Gegenüberstellung von Wechselblattsägen und nachschärfbaren Sägen - in beiden Fällen: japanischer Bauart - zeigt: „Handgefeilt“ ist bei Sägen nicht grundsätzlich ein Nachteil gegenüber maschineller Präzision!

Japanische Sägen haben verglichen mit europäischen tendenziell deutlich dünnere Blätter und feinere Zahnteilungen. Außerdem ist dort bei Querschnittsägen, unabhängig von der Qualitätsklasse, eine sehr leistungsfähige trapezförmige Zahnform gebräuchlich. Für diese hochentwickelten und verfeinerten Sägen gibt es in Japan Spezialisten, die das Schärfen beherrschen und professionell betreiben.

Europäische Sägen sind dafür gedacht und geeignet, vom Anwender auch selbst geschärft zu werden. Sie müssen daher die Schwierigkeiten vermeiden, die sich aus extrem feinen Zahnteilungen oder komplizierten Zahnformen ergeben. Trotzdem sind sie den japanischen Sägen nicht grundsätzlich unterlegen. Sie haben ihre spezifischen Stärken und Schwächen, so wie die japanischen Sägen auch

Wenn man nachschärfbare Sägen europäischen Typs mit den konkurrierenden japanischen Wechselblattsägen vergleicht, kann man feststellen:

- Gut geschärfte Sägen europäischen Typs sind japanischen Wechselblattsägen bei allen gängigen Arbeiten bis hin zum Sägen auch feinerer Zinkenverbindungen in der Summe ihrer Eigenschaften mindestens gleichwertig.

- Die besondere Stärke europäischer Sägen mit ihren dickeren oder gespannten Blättern ist die Fähigkeit, auch in stärkeren Querschnitten problemlos gerade und ebene Schnitte zu machen, daneben ist ihre Robustheit hervorzuheben.
- Die Vorteilen japanischer Sägen sind die feinen, sehr glatten Sägeschnitte, der geringe Kraftbedarf und die Tatsache, dass man diese Sägen wirklich gebrauchsfertig kaufen kann und sich um das Schärfen nicht kümmern muss.

Zu den Vorteilen selbstgeschärfter Sägen zähle ich auch, dass der selbst schärfende Anwender die Zahngeometrie selbst wählen und auch entsprechend seinen Vorstellungen ändern kann. Gekaufte Sägen geben da oft Rätsel auf. Wie kommen die Anbieter von Spannsägen darauf, dass Querschnittblätter grundsätzlich mit 3, Längsschnittblätter ebenso ausschließlich mit 5 mm Teilung benötigt werden? Wissen die nicht, wie gut ein Blatt mit 3 mm Teilung, auf Längsschnitt gefeilt, zum Sägen von Zapfen und Zinken geeignet ist? Oder: Warum herrscht bei den Wechselblattdozukis die Querschnittbezahnung vor und ist eine Längsschnittbezahnung oft gar nicht erhältlich? Soll vor dem Anwender verheimlicht werden, dass er beispielsweise seine Schwalbenschwänze mit einer echten Längsschnittsäge mindestens doppelt so schnell sägen könnte?

5 Der Schärfvorgang

Hier geht es noch nicht um die praktische Durchführung (die folgt in **Kapitel 7**), sondern um Prinzip und Logik des Ablaufes. Weggelassen ist der Vorgang des Schränkens.

5.1 Schärfvorgang am Beispiel einer geometrisch korrekten Längsschnittbezahnung

Die Längsschnittbezahnung ist das einfacher darzustellende Beispiel und gut zur Erläuterung des prinzipiellen Vorgehens geeignet; in Prinzip geht man bei einer Querschnittbezahnung in gleicher Weise vor.

Geometrisch korrekt heißt:

- Die Zahnspitzen liegen in einer Linie
- Die Zahnteilung ist gleichmäßig
- Die Winkel an den Zähnen sind gleichmäßig (und bekannt!)

Bild 12.1 zeigt eine solche Bezahnung, sie soll nachgeschärft werden.

Beim manuellen Schärfen wird die Feile in eine vorhandene Zahnücke gelegt und diese dann tiefer gefeilt („ausgefellt“). Mit einer kleinen selbstgemachten Winkellehre (s. **Kap. 6.5**) ist es kein Problem, dabei die korrekte Neigung **N** der Zahnbrust beizubehalten.

Die einfachste (und wohl beliebteste) Methode, eine Bezahnung „wieder scharfzumachen“, besteht darin, einfach jede Zahnücke um den gleichen Betrag tiefer zu feilen – also einen Feilenstrich in jeder Zahnücke oder wenn nötig zwei (aber dann auch zwei in jeder Zahnücke). Die Zähne sind dann scharf. Aber je öfter man das wiederholt, desto ungleichmäßiger wird die Höhe der Zahnspitzen!

Für eine gute Funktion der Säge müssen aber die Zahnspitzen entlang einer Geraden liegen (s. Bild 2). Bei der maschinellen Herstellung von Sägen ist das überhaupt kein Problem: Das Werkzeug (Schneidstempel, Fräser, Schleifscheibe) schneidet in exakt gleichen Abständen Zahnücken von exakt gleicher Form und Tiefe. Dabei entsteht die gerade Zahnspitzenlinie automatisch.

Beim manuellen Schärfen einer Säge mit der Feile sind die Bedingungen ganz anders. Das, was die Maschine des Sägenherstellers hat - eine genaue Teileinrichtung und eine ebenso exakte Tiefenbegrenzung – hat der Schärfen nicht. Er kann nur die Feile in eine vorhandene Lücke legen und bei Einhaltung der Neigung **N**, also der Winkel am Zahn:

- tiefer oder weniger tief feilen und so die Weite der Zahnücke variieren
- durch seitlichen Druck die ganze Zahnücke nach rechts oder links verschieben.

Damit verändert er auch die Höhe der Zahnspitzen rechts und links der Lücke. Aber er kann nicht erkennen, ob die Zahnspitzen richtig auf der Zahnspitzenlinie liegen, denn wo ist die? Ohne eine Referenz (eine für den Feiler sichtbare oder fühlbare Marke, die ihm anzeigt, wohin die Zahnspitzen sollen) ist es völlig unmöglich, eine gerade Zahnspitzenlinie beizubehalten oder sogar gezielt herzustellen!

Die **Referenz** zur Herstellung einer geraden Zahnspitzenlinie schafft man durch das **Abrichten der Zähne**. Das Abrichten ist darum notwendiger Bestandteil eines gründlichen und fachgerechten Schärfens.

a) Abrichten der Zähne (Herstellen einer geraden Zahnspitzenlinie)

Bild 12.2: Die zu schärfende Bezaugung wird „abgerichtet“, indem die Zahnspitzen mit einer Flachfeile ohne Heft überfeilt werden. Dabei entsteht eine gerade Zahnkopflinie (nicht Zahnspitzenlinie, denn spitz sind die Zähne nun nicht mehr!). Es wird gefeilt, bis alle Zähne eine kleine, aber deutlich sichtbare Fläche am Kopf haben, normalerweise erheblich kleiner als in Bild 12.2 dargestellt. Bild 25 zeigt beispielhaft wie es wirklich aussieht. Diese Flächen bilden eine Linie, die unsere neue Zahnspitzenlinie werden soll. Weil die Bezaugung geometrisch korrekt war, sind nach dem Abrichten die Zahnlücken gleichweit (nach Augenmaß, das reicht!) und die Kopfflächen von einigermaßen gleichmäßiger Breite.

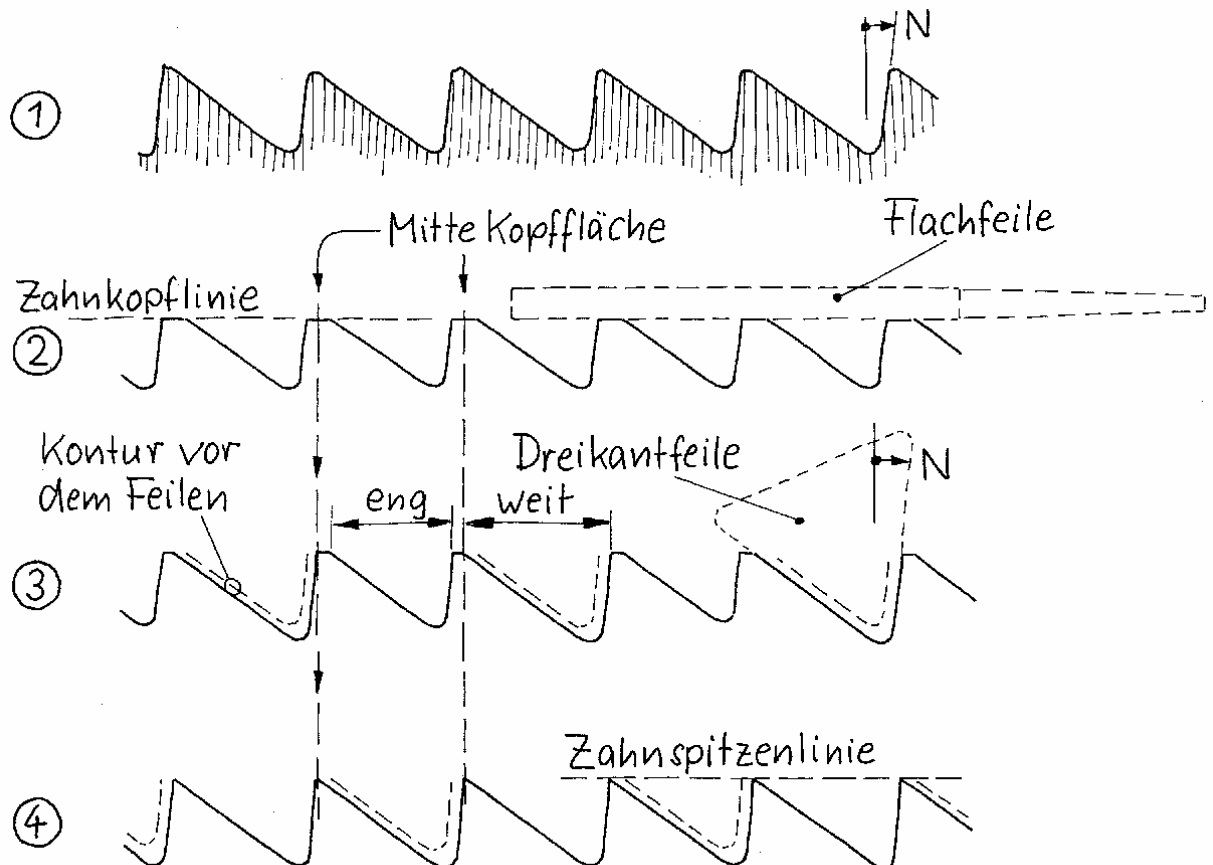


Bild 12: Abrichten und Ausfeilen der Zähne 1: stumpfe Zähne 2: Abrichten 3: Ausfeilen jeder zweiten Zahnlücke 4: Ausfeilen der anderen Zahnlücken

b) Ausfeilen der Zahnlücken

Jetzt werden die Zahnlücken mit der dreikantigen Sägefeile solange tiefer gefeilt, bis aus den Flächen an den Zahnköpfen wieder Spitzen geworden sind. Dabei ist zu beachten:

- Die Winkel am Zahn (Neigung N , s. Bild 12.3) müssen eingehalten werden.
- Es wird zunächst jede zweite Zahnlücke ausgefeilt, dann wird die Säge umgedreht und die verbliebenen Lücken werden gefeilt. Das erscheint bei Sägen mit Querschnitt- Bezaugung einleuchtend, empfiehlt sich aber auch bei Längsschnitt- Sägen (s. **Kap. 7.1**).
- Es muss in dem Moment mit dem Feilen aufgehört werden, in dem die Zahnkopfflächen gerade verschwinden. Wer danach noch weiterfeilt, feilt blind - er weiss nicht mehr wo die Zahnspitze ist!
- Die Zahnteilung, also der Abstand von Zahnspitze zu Zahnspitze, soll am Ende einigermaßen gleichmäßig sein. Sichtbare Unterschiede in der Teilung sollen beim Schärfen tendenziell kleiner werden, keinesfalls immer größer.

Bild 12.3: Beim **ersten Durchgang** wird also wie oben beschrieben jede zweite Zahnücke soweit tiefer gefeilt, dass von den Kopfflächen nur die halbe Breite übrig ist. Jetzt sieht man abwechselnd eine weitere (und tiefere) Zahnücke und eine engere, flachere.

Bild 12.4: Beim **zweiten Durchgang** werden die dazwischenliegenden Zahnücken soweit tiefer gefeilt, dass die Kopfflächen gerade verschwinden. Jetzt sind die Zähne spitz, und die Zahnücken wieder (ungefähr) gleich weit. Fertig!

5.2 In- Form- Bringen und Schärfe einer geometrisch vermurksten Bezahnung

(Auch hier: Das Schränken ist weggelassen)

Es ist eine reizvolle Sache, alte Sägen wieder in einen guten Gebrauchszustand zu bringen. Lohnend ist das, wenn der Zustand so ist, dass die Säge hinterher wieder gut funktionieren kann. Das Sägeblatt

- darf dunkel angelaufen sein, das ist überhaupt kein Problem
- sollte höchstens leicht angerostet sein; viele tiefe oder großflächige Rostnarben an den Zähnen beeinträchtigen die Funktion
- soll gerade sein. Ein verbogenes Sägeblatt ist vor dem Schärfe geradezubiegen. Schlimmer ist ein Knick (kann man aber auf einem Amboss vorsichtig wieder heraushämmern), noch übler eine Verwölbung (entstanden durch ungeeignete Versuche, das Blatt geradezuklopfen). Das ist dann was für Spezialisten - ich kann es nicht.

Die Zähne selbst können noch so krumm und ungleichmäßig sein, die kriegt man hin, und dann winken auch die wirklichen Erfolgserlebnisse. Aus einer Gurke eine tolle Säge zu machen, das ist schon was! Es gibt natürlich auch den Fall, dass eine Verzahnung umgefeilt werden soll, z. B. mit anderen Winkeln oder Längsschnitt statt bisher Querschnitt. Wir gehen mal von einer vermurksten Bezahnung aus, einer, bei der man beim besten Willen nicht mehr erkennen kann welche Geometrie beim letzten Schärfe beabsichtigt war. Da haben dann womöglich mehrere Experten nacheinander plan-, rat- und erfolglos die Feile geschwungen; wer schon alte Sägen hergerichtet hat kennt sowas. Die Zähne müssen vor dem eigentlichen Schärfe erstmal „in Form gebracht“ werden (das englische „shaping“ ist leider mal wieder viel prägnanter). Der gezeigte Ablauf soll ein typisches Beispiel sein, es ist nicht zwingend, so vorzugehen.

Bild 13.1: Eine vermurkste Längsschnittbezahnung (kein ganz extremes Beispiel!)

Der erste Schritt muss unbedingt das Abrichten sein, erst dann kann man überhaupt sehen, wie die Sache steht! Danach sollen alle Zähne eine Kopffläche haben. Wenn ein Zahn fehlt weil er abgebrochen ist, muss nicht gefeilt werden bis auch alle anderen Zähne weg sind - das Fehlen eines oder zweier Zähne beeinträchtigt eine Säge nur wenig.

Wenn an einem Teil des Blattes noch keine Kopfflächen zu sehen sind, an einem anderen Teil aber schon die Zahnücken verschwinden: Erstmal diese Zahnücken behelfsmäßig etwas tiefer feilen, bevor man weiter abrichtet. Eine ganz verschwundene Bezahnung ist mühsamer wieder herzustellen als eine, von der noch kleine Kerben übrig sind!

Bild 13.2: Als nächstes werden Brust und Rücken der Zähne in die korrekte Winkellage gebracht. Dazu wird mit der Feile in korrekter Winkellage solange gefeilt, bis jede Zahnbrust, jeder Zahn Rücken frisch und blank ist. Dabei bemüht man sich, die Weite der so entstehenden Zahnücken einigermaßen zu vergleichmäßigen. Es kann durchaus passieren (und Bild 13.2 zeigt das so), dass einige Kopfflächen ganz verschwinden, das heißt diese Zahnspitzen liegen jetzt schon zu tief. Also wird ein zweites Mal abgerichtet.

Bild 13.3: Jetzt hat man eine Bezahnung mit korrektem Winkel und alle Zähne haben eine Kopffläche, aber die Weite (und Tiefe) der Zahnücken ist sehr ungleichmäßig. Wenn man nun genau so vorgeht wie in Bild 12.3 und 12.4 (Ausfeilen bis eine neue Zahnspitze **in der Mitte** der Kopffläche entstanden ist) dann hätte die fertige Bezahnung eine sehr ungleichmäßige Teilung.

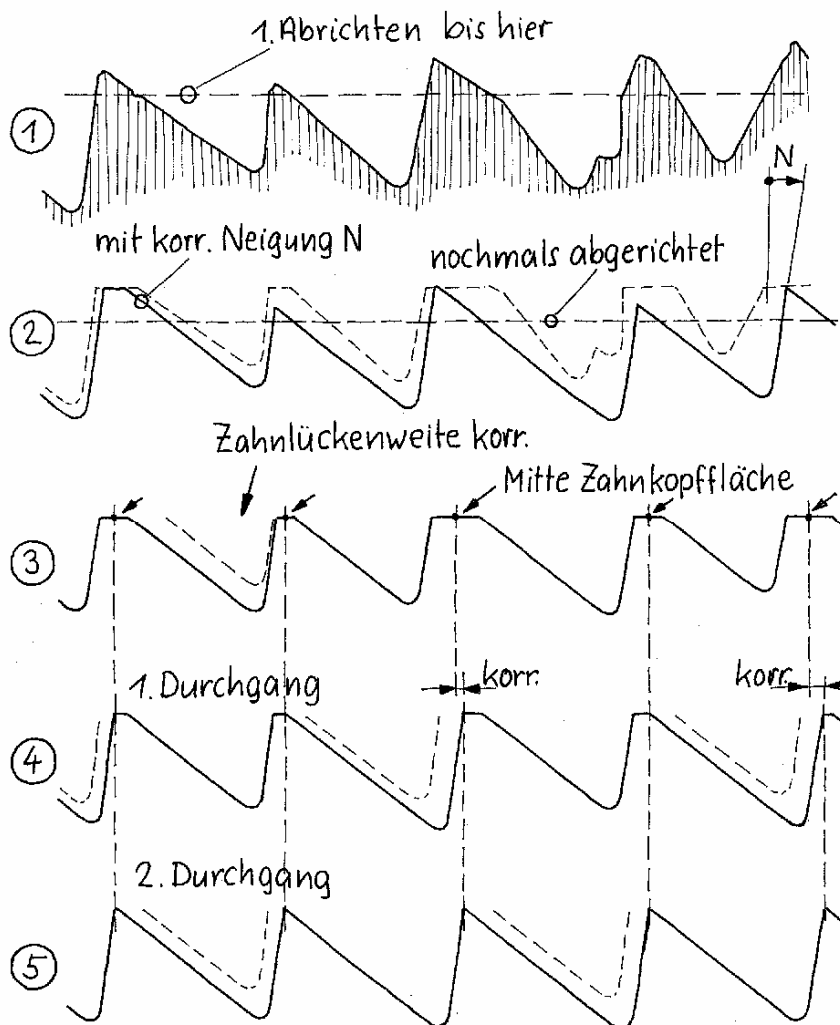


Bild 13; In- Form- Bringen einer Bezzung 1: vorgegebene Bezzung 2: abgerichtet und in richtige Winkel gefeilt, nochmals abgerichtet 3: Weite einer Zahnücke korrigiert 4: Ausfeilen 1. Durchgang, dabei zwei Zahnücken zur Seite verschoben (korr.) 5: Ausfeilen 2. Durchgang

Die Gleichmäßigkeit der Zahnteilung ist eigentlich nur von untergeordneter Bedeutung. Bei extrem ungleichmäßiger Teilung können aber Zähne entstehen, deren Brust nur noch eine sehr geringe Höhe hat und durch den Eckenradius der Sägefeile dann gar nicht mehr geometrisch korrekt ist, außerdem kann eine so kleine Zahnücke nur wenig Späne aufnehmen (vergl. Bild 2). Eine Bezzung mit sehr ungleichmäßiger Zahnteilung erzeugt auch ungleichmäßigere, rauere Schnittflächen. Man sollte sich also immer darum bemühen, dass eine (nach Augenmaß) gleichmäßige Zahnteilung entsteht. Keine Sorge; die geringe Ungleichmäßigkeit, die das besondere Qualitätsmerkmal handgefeilter Bezzungen ist, bleibt!

Darum wird jetzt etwas für die Gleichmäßigkeit der Teilung getan:

Bild 13.3: In einem Zwischenschritt werden deutlich zu enge Zahnücken tiefer gefeilt (hier nur eine und das genügt auch. Es geht nur um die Beseitigung der größten Ausreißer!)

Anschließend wird die Verzahnung geschärft durch Ausfeilen der Zahnücken (ähnlich wie schon in **Kap. 4.1** beschreiben). Also: zuerst jede zweite Zahnücke tiefer feilen, und dann im nächsten Schritt die ausgelassenen Zahnücken bis zum Spitzwerden der Zähne. Auch hierbei kann man wenn nötig noch etwas für die Gleichmäßigkeit der Teilung tun.

Entscheidend ist der erste Durchgang:

Bild 13.4: Im ersten Durchgang werden erkennbar zu enge Zahnücken auf Kosten ihrer Nachbarn vergrößert, indem von den angrenzenden Kopfflächen mehr als die Hälfte weggefeilt wird („korr.“)

Bild 13.5: Im zweiten Durchgang wird ausgefeilt bis die Zähne spitz sind. Fertig!

Dieses Beispiel soll wirklich nur ein Beispiel sein. Es gelingt auch nicht immer, so schön gleichmäßige Zähne zu erzeugen wie in Bild 13.5. Aber eine gut schneidende Säge bekommt man ganz sicher. Und die Zähne werden dann eben beim nächsten Mal gleichmäßiger und hübscher.

6. Was man so braucht

Beim Sägeschärfen von Hand muss

- die Säge abgerichtet und die Zahnluken nachgefeilt werden - dazu braucht man Feilen, nicht zu vergessen die Feilenhefte
- die Säge beim Feilen eingespannt werden - dazu braucht man eine Sägefeilkuppe oder einen provisorischen Ersatz dafür. Ohne festes Einspannen geht es überhaupt nicht!
- die Feile im richtigen Winkel geführt werden- auch dafür gibt es kleine Hilfsmittel, die man selbst herstellt (s. **Kap. 6.4**), zu deren Herstellung sollte man einen einfachen Winkelmesser haben
- die Bezaehlung geschränkt werden, dafür braucht man eine Schränkzange
- der Schärfvorgang visuell beobachtet und überwacht werden. Dafür braucht man erstens eine zweckmäßige Beleuchtung und zweitens eine sehr gute Sehschärfe. Meine ernüchternde persönliche Erfahrung ist: Auch mit einer frisch angepassten Lesebrille kann ich nur relativ grobe Zähne feilen (je nach Tagesform ist irgendwo zwischen 2,5 mm und 2 mm Zahnteilung Schluss), für feinere brauche ich zwingend ein vergrößerndes Hilfsmittel. Ich habe dafür eine Kopflupe, und ich benutze sie inzwischen grundsätzlich. Sicher erklärt sich dieses Problem teilweise auch durch mein Alter - ich bin Jahrgang 47.

6.1

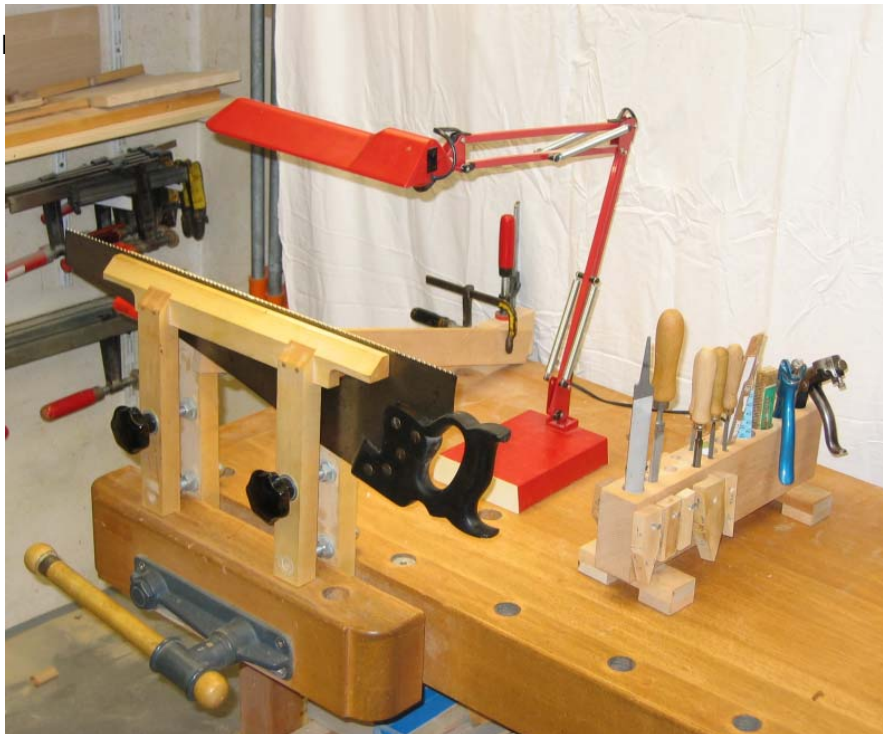


Bild 14: Mein Schärfplatz für Sägen

Sägen halten eine brauchbare Schärfe viel länger als Hobel- und Stecheisen, und das Feilen von Sägen erzeugt erheblich weniger Schmutz als Schleifen und Abziehen mit Wasser oder Öl. Es ist darum nicht unbedingt erforderlich, für die Sägen einen Schärfplatz abseits des Arbeitsplatzes, an dem das Holz bearbeitet wird, zu haben. Ich schärfe die Sägen bisher an der Hobelbank. Meine Sägefeilkuppen lassen sich sehr einfach mit der Vorderzange festspannen und auch ggf. in der Höhe verschieben, und auf die Bankplatte wird eine zusätzliche Lampe gestellt. Die Feilspäne sauge ich von Zeit zu Zeit mit einem Staubsauger weg - alles viel problemloser als vorher befürchtet!

Auf dem Bild 14 ist die größere (hölzerne, selbstgebaute) meiner beiden Sägefeilkuppen in der Vorderzange und ein Fuchsschwanz eingespannt. Die Kuppe ist zur Schwingungsunterdrückung mit einer per Schraubzwingen angeklebten Latte nach hinten abgestützt, das hilft.

Die Feilen, Schränkzangen, Winkellehren und was ich sonst brauche sind in einem kleinen Gestell untergebracht, das auf der Bank steht und zusammen mit den Sägefeilkuppen bei Nichtgebrauch

unter der Hobelbank verschwindet. Die Lampe ist eine alte Schreibtischlampe mit Leuchtstoffröhre, die sich mit ihrem flachen Fuß leicht auf der Bankplatte verschieben lässt.

Das Laken im Hintergrund deckt nur für die Aufnahme die Hobel ab, die dort hängen.

6.2 Sägefeilkuppen

Eine **Sägefeilkuppe** ist ein spezieller Schraubstock, leicht gebaut aber sehr breit. Breit, damit man eine möglichst große Länge am Sägeblatt feilen kann ohne das Blatt neu einspannen zu müssen. Ich habe zwei Sägefeilkuppen: Eine größere selbstgebaute aus Holz für Fuchsschwänze, Spansägenblätter und Ähnliches, 450 mm breit, und eine gusseiserne (240 mm) für kleinere Sägen. Die Arbeitshöhe (Oberkante der Backen der Feilkuppen) beträgt etwa 1,20 m.

Bild 15 zeigt die kleinere mit einer eingespannten Feinsäge, die (auch auf Bild 14 zu sehende) größere liegt daneben.



Bild 15: Sägefeilkuppen

Eine alte Schlosserweisheit lautet: Kurz einspannen! Das gilt vor allem für Teile, die gefeilt werden. Sie sollen möglichst wenig aus den Backen des Schraubstockes vorstehen. So werden die durch das Feilen angeregten Schwingungen unterdrückt. Sie erzeugen nicht nur schaurigen Lärm, sondern bilden sich auch als Rattermarken deutlich auf der gefeilten Oberfläche ab und verschlechtern deren Qualität.

Für die Sägen heisst das: So **niedrig** einspannen, dass das Sägeblatt nicht höher als erforderlich über die Backen der Kuppe hinausragt!

Beim Feilen wird die Feile waagrecht gehalten. Damit dann die Relativlage zum Sägeblatt stimmt, muss dieses genau senkrecht eingespannt werden. Bei meiner kleinen eisernen Kuppe sind die Flächen an den Backen deutlich schief zur Anschraubfläche, ich habe deshalb die Vorderfläche der Holzbohle, an die die Kuppe geschraubt ist, entsprechend angeschrägt (s. Bild 15).

6.3 Feilen

Zum Schärfen braucht man zwei Arten Feilen: Eine Flachfeile mit rechteckigem Querschnitt („flachstumpf“) zum Abrichten und die dreikantigen Sägefeilen zum Ausfeilen der Zahnlücken.

Die Feinheit von Feilen wird mit der Hieb - Nummer angegeben (gängiger Bereich: 0 bis 5). Dabei kommt die Bezeichnung Hieb vom Herstellvorgang, die Zähne werden in den Rohling „gehauen“. Je größer die Hieb - Nummer, desto feiner die Feile. Sägefeilen haben i. allg. Hieb 2, das ist „halbschlicht“, in normalem Deutsch: mittelfein. Bei gleicher Hieb - Nummer haben lange Feilen eine gröbere Zahnteilung (weniger Zähne pro cm) als kürzere. So ist das, man ahnt dass die Geschichte der Feile bis tief ins Mittelalter zurückgeht....

Über die **Flachfeile** ist nicht viel zu sagen. Ich benutze zur Zeit eine (ohne Angel) 200 mm lange Feile mit Hieb 2, die erscheint mir etwas zu grob. Hieb 4 habe ich probiert, ist mir zu fein. Bei Ersatzbedarf werde ich mir eine Feile mit Hieb 3 besorgen. Die Flachfeile wird ohne Heft benutzt.

Die **Sägefeilen** sind Dreikantfeilen, Hieb 2, mit der üblichen spitzen Angel. Ihre Besonderheit verglichen mit normalen Dreikantfeilen ist, dass die Ecken stärker gerundet sind. Durch den so erzeugten gerundeten Grund der Zahnücke soll die Bruchempfindlichkeit der Zähne reduziert werden.



Bild 16: Sägefeilen unterschiedlicher Größe mit und ohne Heft

Es gibt die Sägefeilen in verschiedenen Längen und Breiten. Die Feile sollte so gewählt werden, dass sie etwas breiter als die doppelte Länge des Zahnrückens ist. Das heißt dann: Bei Benutzung einer Ecke der Feile werden die angrenzenden Flächen höchstens bis zu ihrer Mitte benutzt und abgestumpft. Wenn man zur nächsten Ecke wechselt, hat man also wieder eine völlig frische, scharfe Feile.

Andererseits sollte die Feile aber nicht breiter als erforderlich sein. Eine zu breite Feile behindert die Sicht, sie hat meist weil sie auch länger ist einen größeren Hieb und außerdem einen größeren Eckenradius, dadurch wird dann die Zahnücke flacher und hat weniger Raum für die Sägespäne.

Wenn man Sägefeilen kaufen will, trifft man auf merkwürdige Bezeichnungen: Schmal, extraschmal, doppelt extraschmal.... Netterweise wird meist zusätzlich die Breite in mm angegeben.

Faustregel für die richtige Feile: Feilenbreite = 2 bis 3 • Zahnteilung

Wer Sägen mit deutlich unterschiedlicher Teilung hat (das bleibt nicht aus) braucht auch verschieden breite Sägefeilen. Ein kleiner Vorrat ist nützlich; Sägefeilen leben nicht sehr lange (s. **Kap. 7.5**).

Zur Feile gehört ein „Heft“ - so heißt der Feilengriff. Ich benutze nur hölzerne, die aus Plastik sind mir zuwider. Noch schlimmer als ein Plastikheft ist gar keins: Wer eine Feile mit dünner, spitzer Angel ohne Heft benutzt ist ein Pfuscher, so kann er sie nicht sicher führen und wenn er sich an der Angel verletzt geschieht es ihm recht. Die Feilen werden mit der Angel in das Heft geschlagen. Manchmal ist die Bohrung im Heft zu groß. Kein Problem: Aufbohren, Dübel oder Rundstab einleimen, mit kleinerem Durchmesser neu bohren.

6.4 Winkellehren

Bei einer Ls- Bezeichnung ist die Neigung N, bei einer Qs- Bezeichnung sind Neigung N und Schrägung S durch Halten und Führen der Feile im entsprechenden Winkel herzustellen (vergl. Bild 9 und 11). Die gewählten Winkel müssen einigermaßen genau eingehalten und konstant gehalten werden, wie das folgende, ziemlich willkürlich gewählte Beispiel verdeutlichen soll:

Wenn von zwei Sägen mit Ls- Bezeichnung die eine eine Neigung N von 0°, die andere 6° hat, dann verhalten sich beide Sägen ganz deutlich unterschiedlich. Die 0°- Säge schneidet erheblich aggressiver und schneller, ist aber schwieriger zu starten. Damit man die eine oder die andere Charakteristik der Säge durch entsprechende Wahl der Neigung gezielt herzustellen kann, muss die beim Schärfen auftretende Winkelabweichung erheblich kleiner sein als die oben genannte Differenz von 6°. Ob man 1 oder 2 oder 3 Grad Abweichung für noch akzeptabel hält, ist unwichtig, weil man es sowieso nicht messen kann. Klar ist aber – und darum geht es mir - : Die Feile muß erheblich präziser

ausgerichtet und geführt werden, als das einfach nur nach Augenmaß möglich wäre. Man braucht zusätzliche Hilfsmittel, um die Genauigkeit zu verbessern.

Ich benutze selbstgebaute hölzerne **Winkellehren**, die ich mir bei Taran abgeguckt und nach meinen Vorstellungen noch modifiziert habe. Bei anderen amerikanischen Autoren sieht man Ähnliches.

a) Winkellehre für Längsschnittbezahnungen

Die Winkellehre (Bild 17) ist ein quaderförmiges Hartholzklötzchen. Es hat eine durchgehende Bohrung, genau parallel bzw. rechtwinklig zu den Flächen, in die die Feile in der richtigen Winkellage einschlagen wird (beim ersten Mal: unter Zuhilfenahme des Winkelmessers, und dabei das Klötzchen in einen Schraubstock gespannt damit es nicht spaltet). Dabei bilden sich drei Kerben, durch die die richtige Winkelposition jederzeit mit guter Genauigkeit wiedergefunden wird. Ich beschrifte die Lehre mit dem Neigungswinkel **N**, außerdem ist zur Orientierung die Zahnform und die Schnittrichtung der Sägezähne aufgezeichnet, und obendrauf steht die Breite der Feile.

Die Bohrung soll (bezogen auf die Höhe des Klötzchens) nicht mittig, sondern ziemlich weit nach unten angebracht sein; so kollidiert es trotz kurzen Einspannens des Sägeblattes nicht mit den Backen der Sägefeilklupe. Ihr Durchmesser ist groß genug, um sicherzustellen dass die Feile gut geführt ist, aber nicht so groß, dass ein erheblicher Teil ihrer Länge in der Bohrung verschwindet. Beispiel: Die in Bild 17 gezeigte Lehre ist für eine 9 mm breite Feile, die Bohrung hat 6 mm Durchmesser.

Für das Ausfeilen im 1. Durchgang (jede 2. Zahnücke) wird das Blatt beispielsweise mit Schnittrichtung nach links eingespannt. Dann wird es umgedreht (Schnittrichtung nach rechts) und die übrigen Zahnücken ausgefeilt. Für diese beiden Durchgänge brauche ich zwei verschiedene Lehren mit spiegelsymmetrischer Winkelposition der Feile. Bild 17 links zeigt sie. Es ist die Vorder- und Rückseite des gleichen Klötzchens.



Bild 17 links: Winkellehre für Ls (Längsschnitt) – bezahnungen, rechts: Feile mit Lehre (und aufgeklebter Libelle)

Die Feile wird mit Hilfe der Lehre zur Bezahnung ausgerichtet, indem

Erstens: die Vorderseite der Lehre zu Beginn des Feilenstriches an die Zähne angelegt wird.

Zweitens: die obere Fläche der Lehre waagrecht gehalten wird. Dazu wird auf Parallelität der Oberkante der Lehre zur Zahnsitzenlinie geachtet. Noch besser: Das Blatt wird so eingespannt, dass die Winkellehre gerade über die Backen des Feilklobens passt, dann richtet sie sich von selbst aus. Außerdem muss noch sichergestellt werden, dass man nicht aufwärts oder abwärts feilt. Es ist üblich, die Feile nach Augenmaß waagrecht zu führen. Das kann ich nicht gut, weil ich mit der Kopflupe arbeite, die das räumliche Sehen deutlich beeinträchtigt. Darum klemme ich mit einer Drahtspange eine Wasserwaagenlibelle auf die Winkellehre (Bild 17 rechts). Damit ist dann die waagerechte Lage der oberen Fläche der Lehre wirklich kontrollierbar.

Wie bekommt man die Feile wieder heraus? **Nicht** durch Wackeln und Ziehen (dünne Feilen brechen dabei schnell ab!). Ich stecke einen dicken Nagel mit abgefeilter Spitze vom hinten in die durchgehende Bohrung und schlage mit dem Hammer die Feile heraus.

b) Winkellehre für Querschnittbezeichnungen

Für Querschnittbezeichnungen wird die Feile zusätzlich eingeschwenkt um den Winkel **S** (vergl. Bild 11). Auch dieser Winkel muß so gut wie möglich konstant gehalten werden. Dazu ist die Vorderseite der Lehre um den Winkel **S** abgeschragt. Die Feile wird im Schrägungswinkel ausgerichtet, indem die Winkellehre vor dem Feilenstrich an die Säge angelegt wird.

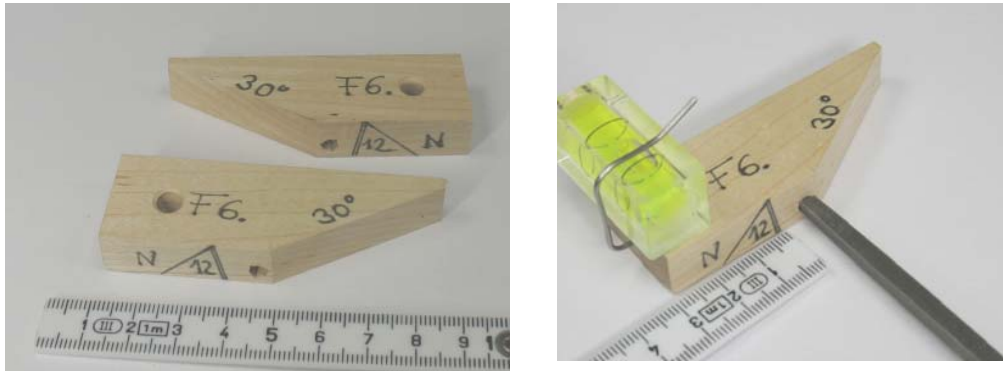


Bild 18 Winkellehre für Qs (Querschnitt) - bezeichnungen

Bild 19 zeigt, wie mit Hilfe einer solchen Lehre die Feile korrekt zur Bezeichnung ausgerichtet wird: Hier ist es ein „älteres“ Modell, noch deutlich klobiger, mit den Schrägen an beiden Seiten. Die Libelle ist abgenommen.



Bild 19: Ausrichten der Feile an einer Qs- Bezeichnung mit Winkellehre (Libelle abgenommen)

6.5 SchränkHzange

Zum Schränken habe ich zwei SchränkHzangen: eine alte, qualitativ deutlich bessere, Stanley 42X und eine neue Somax. Beide arbeiten nach dem „Plunger- Prinzip“: Beim Zusammendrücken der Zange wird zunächst das Blatt von einem zylindrischen Stempel (dem „Plunger“) eingeklemmt. Dann kommt aus diesem Stempel ein viel kleinerer rechteckiger Stempel heraus, der den Zahn gegen einen „Amboss“ mit einer entsprechend abgeschrägte Fläche biegt. Der Betrag der Schränkung wird gewählt durch Verstellen des Ambosses (Verschieben bei der Stanley, Verdrehen bei der Somax); so wird die Höhe der Biegestelle am Zahn variiert. Für gleichmäßige Schränkung an allen Zähnen wird die SchränkHzange auf die Zahnspitzen aufgesetzt, die darum beim Schränken noch nicht fertig geschärft sein sollten. Den Vorgang zeigt Bild 24.



Bild 20: Schränkzangen. links: Stanley 42X, rechts: Somax

6.6 Kopflupe oder Lupenbrille

Ich benutze eine Kopflupe, mit der ich sehr gut sehe. Das ist ein einfaches Gerät mit einer Vergrößerungslinse pro Auge, in einem Gestell gehalten (s. Bild 21). Angegebene Vergrößerung ist 2x. Für ganz feine Zähne habe ich auch einen Einsatz mit 3-facher Vergrößerung. Da stört zwar der sehr kleine Arbeitsabstand, aber vielleicht gewöhne ich mich daran noch. Ich habe auch mal eine Lupenbrille ausprobiert. Da ist an einem Brillengestell vor jedem Auge ein kleines galileisches Fernrohr, wie ein Operngucker, angeordnet. Diese Dinger sind in der Medizin verbreitet und verleihen dem Träger ein sehr bedeutendes Aussehen. Eindruck: Eher schlechter durch sehr enges Blickfeld, angenehm der größere Arbeitsabstand. Vor allem: sehr teuer.

6.7 Winkelmesser

Einen kleinen Winkelmesser sollte man haben (ist wirklich besser als ein Geo- Dreieck). Die übliche, preiswerte und auch wirklich zweckmäßige und ausreichende Bauform zeigt Bild 21.

6.8 Messschraube

Es ist zwar nicht unbedingt erforderlich, aber sehr nützlich eine Messschraube („Mikrometer“) zu haben. Wozu nützlich? Feine Sägen haben meist sehr kleine Schränkungen - beispielsweise zwei Zehntel Millimeter. Nur wenn man das messen kann, kann man die Schränkzange auch so einstellen, dass man genau die Schränkung erhält die man haben will (an den Schränkzangen ist keine Skala an der man den Betrag der Schränkung ablesen könnte). Man misst die Battdicke unterhalb der Zähne und dann über die Zahnspitzen, die Differenz ist die Schränkung. Das geht mit der Messschraube aber aber nur bei feinen Zahnteilungen (es müssen mindestens 3 Zahnspitzen auf die Meßfläche passen, deren Durchmesser 8mm beträgt). Bei groben Teilungen messe ich über die Zahnspitzen mit einem Messschieber („Schieblehre“).

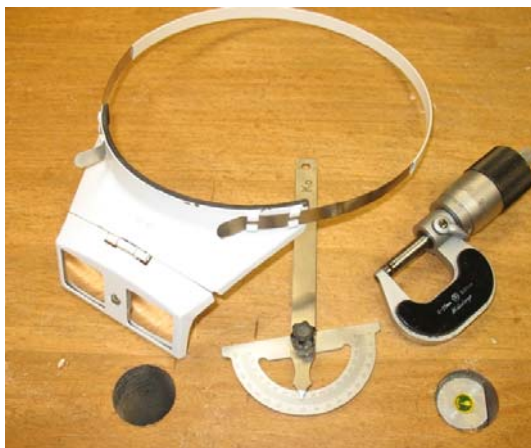


Bild 21: Kopflupe, Winkelmesser, Messschraube

7. Schärfen

7.1 In welcher Richtung wird gefeilt?

Hier kommt jetzt die Erklärung, warum ich grundsätzlich (auch bei Längsschnittbezahnungen) zuerst jede zweite Zahnlücke ausfeile, dann nach Umdrehen der Säge die verbliebenen.

Zahnbrust und Zahnrücken werden gemeinsam ausgefeilt. Dabei sollen glatte und feine Flächen entstehen, und zwar vor allem an der Zahnbrust (weil das die „Spanfläche“ ist, über die der Span gleiten muss). Glatt und fein wird eine gefeilte Fläche, wenn

- die Feile einen feinen Hieb hat und scharf (also: frisch!) ist. Sägefeilen haben Hieb 2, daran ist nichts zu ändern und das genügt auch, und für Schärfe ist durch rechtzeitigen Austausch zu sorgen.
- beim Feilen keine Schwingungen auftreten. Ein beim Feilen „zu lang“ eingespanntes Werkstück neigt zu schauriger Geräuschbildung, erzeugt von Schwingungen die dann auch als Rattermarken am Werkstück wiederzufinden sind.

Beim Feilen von Sägen soll man sich grundsätzlich bemühen, so niedrig einzuspannen wie möglich. Trotzdem bleibt eine Schwingungsneigung der Zähne selbst, die ja frei stehen. Diese Neigung zu unerwünschten Schwingungen wird durch die Schränkung beeinflusst: Wenn wir uns eine geschränkte Bezahnung (der Übersichtlichkeit halber eine Ls- Bezahnung, aber die Begründung gilt für Qs- Bezahnungen in gleicher Weise) ansehen, dann hat die Feile Kontakt mit zwei Zähnen. Von denen ist einer (vom Schärfer aus betrachtet) nach hinten, also in Richtung der Feilbewegung, gebogen (geschränkt), der andere nach vorn, also der Feilbewegung entgegen. Der nach hinten gebogene Zahn kann der Reibung mit der Feile durch Vergrößerung seiner Biegung ausweichen, das ergibt einen weichen, wenig zu Schwingungen neigenden Reibkontakt zwischen Zahn und Feile („ziehende Reibung“). Der nach vorn, der Feilbewegung entgegen, gebogene Zahn richtet sich durch die Reibung steiler auf und verstärkt so den Kontakt mit der Feile, dieser Reibkontakt neigt viel stärker zu Schwingungen („stoßende Reibung“).

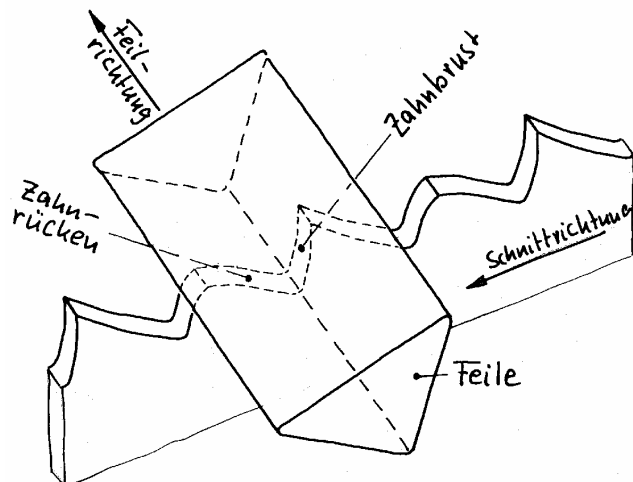


Bild 22: Feilrichtung

Ich feile darum so, dass an der Zahnbrust, die besonders glatt und ratterfrei sein soll, die Feilrichtung mit der Richtung der Biegung (Schränkung) übereinstimmt. Das trifft, weil man immer von einer Seite aus feilt, für jede zweite Zahnlücke zu. Diese Lücken werden also zuerst ausgefeilt, dann die Säge umgedreht und die verbliebenen Lücken gefeilt. Die „richtigen“ Lücken findet man bei Ls- Zähnen durch genaues Hinsehen auf die Schränkung. Bei Qs- Zähnen ist es einfacher: „Richtig“ sind die Lücken, die man schräg in Arbeitsrichtung der Säge feilt – also bei auf Stoß arbeitenden Sägen vom Griff weg.

Regel: Gefeilt wird immer in Richtung der Schränkung, und zwar bezogen auf die Zahnbrust

Diese Begründung habe ich sinngemäß übernommen von Taran, sie ist technisch gesehen plausibel und ich habe den Eindruck, dass sie von der praktischen Erfahrung bestätigt wird. Außerdem gehe ich davon aus, dass ein Feilen der Lücken abwechselnd von beiden Seiten (auch bei Ls-Bezahnungen)

- für gute Symmetrie der Verzahnung sorgt (beidseitige Gratbildung, symmetrische Anordnung individueller geometrischer Abweichungen)
- eine gleichmäßigere Teilung erzeugt (man kann nicht einen Fehler beim Feilen immer weiter vor sich herschieben und dabei größer werden lassen bis es dann gar nicht mehr geht).

Es aber nicht zwingend erforderlich, in dieser Weise zu arbeiten.

7.2 Es geht los: Abrichten (s. auch: Kap. 5.1a)

Wir gehen davon aus, dass eine Säge geschärft werden soll, die in einem ordentlichen Zustand ist. Hinweise, was bei einer „Gurke“ zu tun ist, bevor sie dann wirklich geschärft werden kann: s. Kap. 5.2)

Zum Abrichten wird die Säge in der Feilklupe eingespannt (jetzt möglichst hoch, s. Bild 23). Mit einer Flachfeile werden die Zahnköpfe ganz leicht überfeilt. Dabei braucht man keine Führung, es genügt, nach Augenmaß darauf zu achten, dass die Feile waagrecht (in der x-y- Ebene, vergl. Bild 9) gehalten wird. Es wird solange gefeilt, bis jeder Zahn eine ganz kleine Fläche am Kopf hat.



Bild 23: Abrichten einer Säge

Wichtig ist, dass man diese Kopfflächen nachher beim Ausfeilen der Zahnlücken gut sehen kann. Um die Sichtbarkeit zu verbessern, mache ich sie blank. Dazu ziehe ich kurze Feinsägen anschließend mit den Köpfen über einen Bankstein (den 800er, den ich auch zum Hobeisenschärfen benutze), oder gehe bei langen Sägen nach der Feile mit einer mit feinem Schleifpapier beklebten Leiste über die Zahnköpfe. Zuletzt ziehe ich die Bezeichnung an einer in die stationäre Bohrmaschine eingespannten feinen rotierenden Messingdrahtbürste vorbei.

Jetzt haben alle Zähne **eine kleine, blanke Fläche am Kopf, die gratfrei und sauber ist**. So soll es sein (Bild 25).

7.3 Schränken (oder auch nicht)

Beim Nachschärfen einer Säge wird von den Zähnen am Kopf etwas weggefeilt, also wird die Schränkung geringer. Das kann erwünscht sein (in neu gekauften Zustand sind Sägen meist zu stark geschränkt!). Soll die Schränkung erhalten bleiben oder sogar vergrößert werden, dann ist jetzt der richtige Moment für die Schränkzange. Denn die wird (bei den üblichen Bauarten) auf die Zahnspitzen gesetzt und könnte sie beschädigen, wenn sie gerade neu spitzgefeilt sind. Einer frisch abgerichteten, noch nicht ausgefeilten Säge tut das nichts.

Die Schränkung sollte nie größer sein als erforderlich. Eine zu große Schränkung ergibt einen rauen Schnitt und man muss mehr Holz zerspanen, das Sägen wird also mühsamer. Andererseits führt eine zu kleine Schränkung dazu, dass die Säge im Schnitt festklemmt. Bei hartem, trockenem Holz genügt eine ganz kleine Schränkung, weiches Holz braucht eine größere. Ist das Holz feucht (z.B. im Garten, hoffentlich nicht in der Werkstatt!), dann muss die Schränkung besonders groß sein. Zu beachten ist auch die Steuerbarkeit der Säge: Eine sehr knapp geschränkte Säge hat kaum Spiel im Schnitt und kann kaum nachgesteuert werden. Da muss der Schnitt von Anfang an korrekt sitzen. Je geübter also der Säger, desto weniger Schränkung braucht er zu diesem Zweck.

Zum Schränken wird die Säge (hoch) eingespannt. Mit der Schränkzange werden die Zähne gebogen. Erst jede zweite in die eine Richtung, dann (nach Umdrehen der Säge) die dazwischenliegenden in die andere. Dabei wird nicht etwa der ganze Zahn verbogen, sondern nur seine Spitze.



Bild 24: Schränkzange auf die Bezeichnung gesetzt

Eine zu große Schränkung lässt sich reduzieren (oder sogar vollständig beseitigen) mit Hilfe einer Flach- oder Kombizange oder (besser) mit einem Hammer auf dem Amboss oder einer ähnlichen geeigneten Unterlage. Anschließend wird neu geschränkt. Möglichst nicht in die (gegenüber der ursprünglich vorhandenen Schränkung) entgegengesetzte Richtung, das kann zu Bruch führen. Bei Qs- Bezeichnungen ist die Richtung der Schränkung an den Zähnen eindeutig, bei Ls- Bezeichnungen: Richtung der Schränkung vor dem Flachklopfen markieren.

Eine korrekte Schränkung für die Arbeit mit trockenem Holz beträgt etwa 2 bis 5 Zehntel mm. Ich habe für alle meine selbstgeschärften Sägen ein Datenblatt, in das ich neben anderen Daten auch die Schränkung (so, wie als gut befunden) eintrage. Um diese Schränkung herzustellen, schränke ich (mit der auf eher zu wenig Schränkung eingestellten Schränkzange) 4 oder 5 nebeneinanderliegende Zähne und messe nach. Ist die Schränkung noch zu klein, wird die Einstellung an der Zange korrigiert; ist sie korrekt, wird die ganze Säge so geschränkt.

Es ist beim Schränken sorgfältig darauf zu achten, dass der kleine Stempel, der den Zahn biegt, zentrisch auf den Zahn gesetzt wird. Der Zahn soll sauber gebogen werden, nicht lädiert oder zermatscht!

Nach dem Schränken (im abgerichteten Zustand) sind die vorher in einer Ebene liegenden Flächen an den Zahnköpfen leicht auseinander gekippt. Bei Längsschnittzähnen hat das zur Folge, dass auch bei exakter Führung der Feile die Kopffläche kein schmales Rechteck, sondern schief ist. Mich irritiert das, ich habe dann den Eindruck dass ich die Feile nicht korrekt führe. Darum gehe ich (bei Ls- Bezeichnungen) nach dem Schränken noch einmal kurz mit der Sandpapierfeile oder dem Schleifstein über die Zahnköpfe .

7.4 Ausfeilen

Jetzt werden die Zähne wieder spitzgefeilt. Das Prinzip ist in **Kap. 5.1b** erläutert. Wichtig ist jetzt, dass die Kopfflächen an den Zähnen wirklich ganz deutlich sichtbar sind.

Es gibt alle möglichen Tricks, die Sichtbarkeit der kleinen Kopfflächen zu verbessern. Schwärzen des Zahnes durch Berußen, Mattspray.... Ich habe Einiges ausprobiert. Derzeitiger Stand: Ich mache die Kopfflächen richtig blank und sauber (s. **Kap. 7.2**). Dann stelle ich die Lampe wie auf Bild 14 zu sehen hinter das zu schärfende Sägeblatt, die Leuchtstoffröhre parallel zu Zahnspitzenlinie und so, dass aus meiner Position beim Feilen sich in den Kopfflächen „spiegelt“. Brust- und Rückenflächen der Zähne haben eine völlig andere Winkellage, darum spiegelt sie Lampe sich dort nicht. Wenn die sonstige Werkstattbeleuchtung teilweise ausgeschaltet wird, sind die Kopfflächen sehr hell und kontrastreich sichtbar (Bild 25). Durch die gestreckte Lampenform habe ich gleiche Beleuchtungsverhältnisse über eine große Länge des Sägeblattes, eine punktförmige Leuchte ist weniger günstig.

Erst wenn die Lampe so ausgerichtet ist, dass die Kopfflächen deutlich und kontrastreich zu sehen sind, fange ich an!

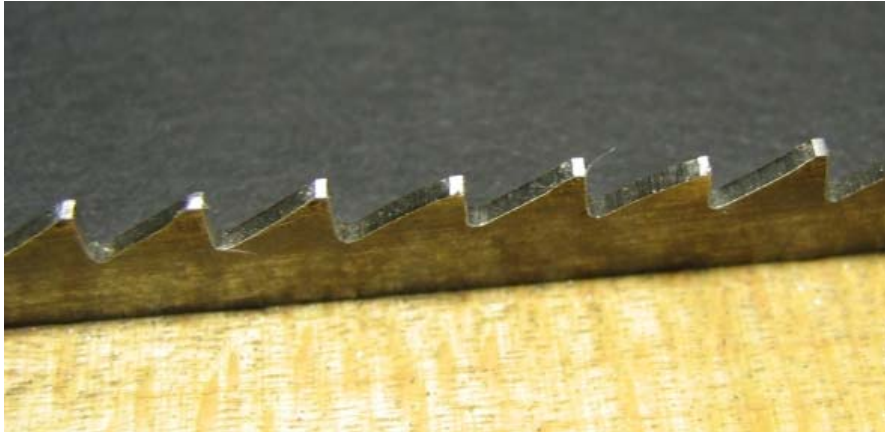


Bild 25: Zähne einer Längsschnittverzahnung mit Kopfflächen vor dem Ausfeilen (im hölzernen Sägefeilkloben, die hintere Backe ist zur besseren Sichtbarkeit im Foto durch dunkles Papier abgedeckt)

Ich beginne (wenn ich vor der Feilkuppe stehe) links und arbeite nach rechts. Wenn das Sägeblatt länger ist als die Feilkuppe oder wenn die Sichtbarkeit der Zahnkopfflächen nicht auf ganzer Länge gleich gut ist, wird die Kuppe zwischendurch gelöst, die Säge verschoben und wieder festgespannt.



Bild 26: Ausfeilen

Es liegt immer ein Filzstift greifbar. Damit markiere ich die letzte gefeilte Zahnücke, wenn ich eine Pause machen will.

Ein Problem, das ich so nicht erwartet habe: Man täuscht sich schnell bei der doch einfachen Aufgabe, abzuschätzen, ob schon ungefähr die Hälfte der ursprünglichen Kopfflächenbreite weggefeilt ist. Ich neige eher dazu, im ersten Durchgang zu wenig wegzufeilen, im zweiten Durchgang werden dann die Zahnücken bis zum Spitzwerden der Zähne zu weit bzw. zu tief, das Ergebnis ist eine Säge bei der sich tiefere und flachere Zahnücken abwechseln. Das ist nicht schlimm, ärgert mich aber doch....

Bei **Längsschnittbezahnungen** (Bild 27 links) ist es eigentlich einfach. Man sieht sich an, wie breit die Kopfflächen rechts und links der Lücke sind, macht einen Feilenstrich bei dem man etwas in Richtung der breiteren Zahnkopffläche drückt, sieht das Ergebnis, macht evtl noch einen Strich

(wobei man wieder so stark und in die Richtung drückt wie es zweckmäßig erscheint) und sollte dann das in

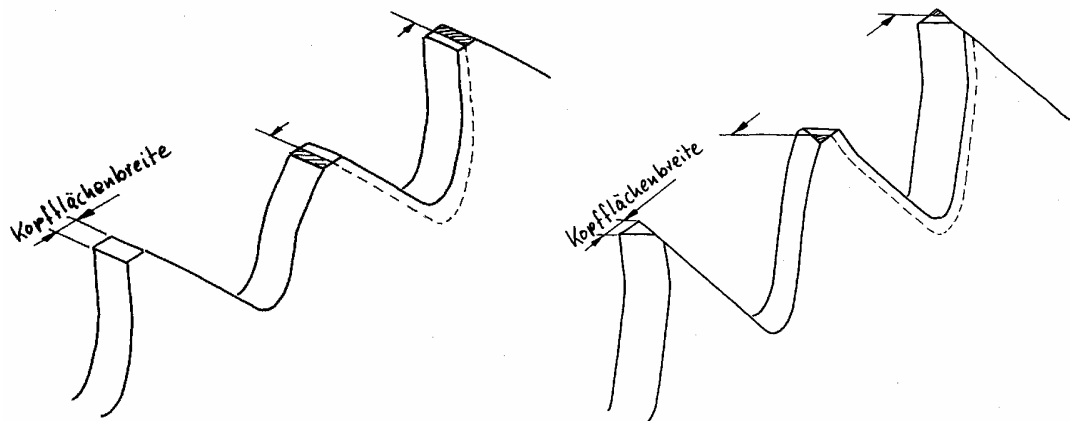


Bild 27: „Halbe Kopfflächenbreite“ bei Zähnen von Ls- Sägen (links) und Qs- Sägen (rechts)

der rechten Zahnücke angedeutete Ergebnis haben (die stehengebliebenen Restflächen sind schraffiert): Die Breite (und die Fläche) beider Kopfflächen ist **ungefähr** halbiert. Das geht mit etwas Übung alles ganz schnell und ohne dass man darüber nachdenken müsste.

Wenn die Kopffläche von Ls- Zähnen nicht rechteckig, sondern irgendwie trapez- oder dreieckförmig ist, liegt entweder die Kopffläche selbst schief oder die Feile wurde nicht korrekt geführt. Kleine Abweichungen sind nicht tragisch, das bessert sich auch mit zunehmender Übung.

Bei **Querschnittbezahnungen** (Bild 27 rechts) ist die Zahnkopffläche dreiecks- oder (wenn sie sehr groß ist) trapezförmig. Auch hier soll die **Breite** der Zahnkopffläche halbiert werden. Das bedeutet aber bei einer dreieckigen Fläche: **Die Flächengröße beträgt nur noch ein Viertel!** Es soll also nur eine winzige Restfläche stehenbleiben. Man muss sich geradezu zwingen, im ersten Durchgang soviel wegzufeilen.

Für den **zweiten Durchgang** wird die Säge umgespannt. Wenn also beim ersten Durchgang beispielsweise der Griff rechts war, ist er jetzt links. Die Sägefeile wird in der Winkellehre ungesteckt (Ls- Bezahnungen) oder bei Qs- Bezahnungen in die andere Lehre des Pärchens gesteckt. Und dann wieder von links nach rechts, in jeder zweiten Lücke.

Auch jetzt: Kopfflächen ansehen, ein Feilenstrich bei dem die Feile so stark und in die Richtung gedrückt wird, dass beide Kopfflächen entsprechend ihrer Größe angegriffen werden. Überprüfen, noch ein Strich und dann sollte im Idealfall an beiden Zahnspitzen noch eine winzige, kaum sichtbare Fläche sein.

Und jetzt hat man zwei Möglichkeiten

- a) Diese winzige Kopffläche bleibt. Das ist anfangs sicher der einfachere Weg, man ist auf der sicheren Seite und das Ergebnis sind durchaus gut schneidende Zähne.
- b) Mit einem federleichten Feilenstrich noch einmal durch die Lücke. Dann sind beide Flächen weg, die Zähne sind spitz und die Spitzen befinden sich höchstens um ein winziges Maß unterhalb der vorherigen Zahnkopflinie. Schöner sind die Zähne dann. Ob besser? Da bin ich nicht ganz sicher.

Ich habe anfangs Methode **a)** bevorzugt und bemühe mich jetzt zu **b)** zu wechseln.

Noch ein Hinweis: Wenn man beim zweiten Durchgang den Eindruck hat: Jetzt sind die Zähne immer noch nicht spitz, aber die Zahnücke ist schon zu weit: Aufhören, Flächen am Zahnkopf lassen, weiter zur übernächsten Zahnücke. Und wenn man dann durch ist: Säge umdrehen und noch einmal von der anderen Seite fertigfeilen, wo es nötig ist.

7.5 Wie lange hält eine Feile?

Das hängt wie bei vielen Dingen davon ab, wie man sie behandelt. Um die Feilen zu schonen, sollte man

- nur vorwärts feilen, also die Feile beim Rückhub anheben!
- Beim Feilen die ganze Länge der Feile benutzen
- mit gleichmäßigem Druck feilen, also die Feile nie locker über den Stahl rutschen lassen, sie muss schneiden!
- Schwingungen (als Geräusche wahrnehmbar) durch niedriges, festes Einspannen des Sägeblatte soweit wie möglich eliminieren.

Die Feile hat drei Ecken, die nacheinander genutzt werden. Eine der Flächen hat eine Herstellermarke, dort fange ich an und nutze die Ecken im Uhrzeigersinn (von der Angel aus gesehen).

Eine frische Feile ist mattgrau. Schon nach kurzer Benutzung sind die Köpfe der Feilenzähne blank, dann lässt auch die Schärfe schon nach. Allmählich wird die gefeilte Oberfläche immer unsauberer, irgendwann bröckeln auch die Feilenzähne an den Ecken aus. Wenn eine Feilenecke so schlecht geworden ist, dass ich sie für den eigentlichen Schärfvorgang (das Ausfeilen) nicht mehr nutzen will, schleife ich am Schleifbock in der Nähe der Angel eine Kerbe in die Ecke. Da die Reihenfolge festliegt, weiss ich welche Ecke als Nächste zu benutzen ist.

Zum Umfeilen oder In - Form - Bringen kann eine verschlissene Feilenecke noch einige Zeit weiterbenutzt werden. Zum Schärfen (Ausfeilen) braucht man aber eine scharfe Feile, weil die gefeilte Oberfläche glatt und sauber werden soll.

Mit einer Feilenecke sind ein oder zwei normale Sägen schärfbar. Sägefeilen sind nicht sonderlich kostspielig, der eigentliche Aufwand für das Sägeschärfen ist der Zeitaufwand. Es ist darum nicht sinnvoll, durch übermäßig lange gebrauchte verschlissene Feilen das Ergebnis zu verschlechtern und sich das Schärfen zu erschweren.

7.6 Abziehen

Die ausgefeilte Bezaugung ist jetzt gebrauchsfertig. Es gibt aber noch einen zweifellos qualitätssteigernden Arbeitsgang, das seitliche Abziehen (englisch: „stoning“). Dabei wird

- der Grat entfernt, den die Feile hinterlassen hat
- die Schränkung vergleichmäßig und wenn nötig reduziert

Man legt die Säge bzw. das Sägeblatt auf den Tisch und „wischt“ mit einem feinen Schleifstein oder einem relativ groben Abziehstein seitlich über die Zahnspitzen wobei der Stein flach auf dem Blatt liegt. Der Vorgang wird auf der anderen Seite des Blattes wiederholt. Damit wird an den infolge der Schränkung seitlich vorstehenden Zahnspitzen der Grat entfernt, außerdem werden einzelne weiter vorstehende Zähne stärker angegriffen und so die Schränkung gleichmäßiger. Durch intensiveres Abziehen wird die Schränkung insgesamt reduziert, ggf. auch einseitig um eine schiefziehende Säge zu korrigieren (s. **Kap. 7.7**).

Ich ziehe auf beiden Seiten im Normalfall ganz leicht ab; es genügt, wenn alle Zahnspitzen seitlich winzige blanke Spitzen haben (eine Lupe zeigt das sehr schön).

7.7 Testen der Säge

Jetzt gilt es: Die Säge wird getestet. Klar ist: Sie wird, weil frisch geschärft, auf jeden Fall gut und aggressiv schneiden.

Worauf kommt es dann an? Die Säge soll

- geradeaus laufen
- richtig (also nicht zu viel und nicht zu wenig) geschränkt sein
- eine (gemessen an den Randbedingungen, also: Längs- oder Querschnitt, grobe oder feine Zahnteilung, Art des Holzes) saubere Schnittfläche erzeugen.

Beim Testen einer frisch geschärften Säge kann es ungewohnt schwierig sein, diese zu starten, weil sie gleich aggressiv schneiden will und entsprechend „hakt“. Auf jeden Fall startet man die Säge an ihrer Spitze, dort ist bei einer Säge mit gerader Zahnspitzenlinie die ins Holz hinein wirkende Kraftkomponente am kleinsten, der Kraftbedarf für den Start entsprechend geringer.

a) Der Geradeauslauf und ggf. die Korrektur der Säge

Eine perfekte Säge läuft, korrekt angesetzt, auch ohne Nachsteuern sauber am Riss weiter.

An einem Probestück wird ein Riss angezeichnet. Die Säge wird angesetzt und dann wird **sehr sorgfältig** am Riss entlang gesägt, bis zu einer Tiefe von wenigen Zentimetern. Und nun: Weitersägen - und zwar nicht mit schräg angesetzter Säge (wie in den Bildern 3 und 4 gezeigt), sondern mit der Zahnschneidlinie lotrecht in das Holz. Dabei die Säge laufen lassen, und in keine Richtung zwingen!

Eine korrekt gefeilte und geschränkte Säge läuft weiter geradeaus. Wenn die Säge einen Bogen beschreibt muss sie korrigiert werden. Normalerweise ist der Grund eine unsymmetrische Schränkung. Die Säge läuft zu der Seite, an der die Zahnschneidspitzen seitlich stärker gegenüber dem Blatt vorstehen. Korrigiert wird durch nochmaliges Abziehen der Säge an dieser Seite (vergl. **Kap. 7.6**).

b) Bewertung der Schränkung

Wenn eine Säge vorwiegend zum Sägen von Hartholz vorgesehen ist, dann wird sie auch in Hartholz getestet. Wird sie auch oder vor allem in Weichholz eingesetzt, dann sollte sie auch in Weichholz getestet werden, weil das elastischere Weichholz eine größere Schränkung erfordert.

Wenn die Säge im Schnitt reibt (spürbar nicht nur Kraft für den eigentlichen Schneidvorgang braucht) oder sogar festklemmt, ist die Schränkung zu klein. Das sollte man an einem relativ dicken Holzstück testen. Es kommt aber auch vor, dass sich ein Sägeschnitt infolge Spannungen im Holz sehr stark zusammenzieht (verengt). Wenn es dann klemmt, kann die Säge nichts dafür.

Die Steuerbarkeit ist eine Sache, die in hohem Maße vom individuellen Geschick des Sägers (und übrigens auch von der Breite des Blattes) abhängt (vergl. auch **Kap. 7.3**). Die Frage dabei ist: Kann ich mit der Säge die Fehler, die ich beim Ansetzen des Schnittes mache, aussteuern? Oder passiert es mir oft, dass mich die Säge weiter in die falsche Richtung zwingt? Im zweiten Fall sollte man die Schränkung vergrößern.

c) Güte der Schnittfläche

Eine gut geschärfte Säge soll eine (relativ) glatte Schnittfläche mit möglichst wenig Ausrissen (dort wo die Säge aus dem Holz austritt) erzeugen. Dies ist übrigens das Kriterium, bei dem die japanischen Wechselblattsägen der selbstgefeilten Konkurrenz eindeutig überlegen sind und bleiben werden.

Wie glatt eine Schnittfläche sein kann, das hängt davon ab, ob es sich um einen Längs- oder Querschnitt handelt, welches Holz gesägt wird, wie grob oder fein die Säge ist. Die tatsächliche Güte des Schnittes wird sowohl durch die gewählte Zahngeometrie (Neigung, Schrägung) beeinflusst als auch dadurch, wie gut und sauber geschärft wurde.

Es ist wohl kaum möglich, hier Regeln aufzustellen; man entwickelt aber schnell ein Gefühl dafür, was in Ordnung ist und was nicht. Ich zeige abschließend als Beispiel einen Probeschnitt, den ich mit einem frisch geschärften, recht grob bezahnten Fuchsschwanz in weichem Holz gemacht habe. (das Ergebnis ist für eine so grobe Säge sehr ordentlich).



Bild 28: Probeschnitt

Daten dazu:

- Holz : Fichte, 35 mm dick
- Schnittrichtung: Längsschnitt
- Säge: Diston D8, Längsschnitt, 6 ppi (T = 5,1 mm)
- Bezeichnung: Neigung 4°, Schrägung Null, Schränkung 0,5 mm

7. Wahl von Neigung, Schrägung, Schränkung

Hier habe ich mangels Langzeiterfahrung noch eindeutige Defizite. Ich habe mich anfangs in amerikanischen Veröffentlichungen umgesehen. Autoren sind beispielsweise Taran, Smalser und Hanson. Einigermmaßen übereinstimmend empfehlen sie

- für Ls- Sägen eine Neigung von wenigen Grad (Taran schreibt: 0 bis 8°
- für Qs- Sägen Neigung 12 bis 15°, Schrägung etwa 15 bis 25°.

Meine Ls- Sägen:

Ich habe mich an die Empfehlungen gehalten und Ls- Bezeichnungen erst einmal einheitlich mit 4° Neigung gefeilt, das ergab einen schon recht aggressiven Schnitt.

Mein letztes Experiment dazu: Ein Spannsägeblatt mit 2,5 mm Teilung (aus 5 mm umgefeilt), Ls- Bezeichnung mit 0° Neigung. Eine hervorragende Säge für Zinken und kleine Zapfen. Präzise und erstaunlich schnell.

Meine Qs- Sägen:

Da habe ich etwas mehr herumprobiert (experimentiert möchte ich nicht sagen, eine vergleichende Bewertung hat nicht stattgefunden weil das Ganze auch überlagert war von schnell verbesserten Fähigkeiten beim Schärfen). So habe ich momentan Sägen mit 12 und 15° Neigung, 25 und 30° Schrägung, ziemlich bunt gemischt. Die 30° Schrägung soll einen ausrissfreieren Schnitt ergeben.

Ich habe dazu nur ein einziges wirkliches Experiment gemacht: Eine Rückensäge mit 15° Neigung und 45° Schrägung. Die Zähne sahen merkwürdig aus, schälten sich mehr durchs Holz als sie schnitten, brauchten viel Druck. Ich habe dann umgefeilt auf N= 12°, S= 40°. Immer noch eine extreme Auslegung. Im Gebrauch nicht sehr angenehm weil man sie stark herunterdrücken muss, aber wirklich sehr wenig Ausrisse. So ist sie nicht geblieben.

Schränkung meiner Sägen:

Meine Sägen sind durchweg sehr schwach geschränkt. Die kleinsten Feinsägen haben etwa $Y = 0.15$ bis 0,2 mm (Definition s. Bild 10), die mittelgroßen Rückensägen und die Spannsägen etwa $Y = 0,2$ bis 0,3 mm. Meine größte selbstgeschärfte Säge, eine Disston D8 mit 6 ppi und Ls- Bezeichnung (das ist die, mit der mal alles anfing) hat eine Schränkung $Y = 0,5$ mm.

Anhang:

a) Terminologie (Kurzzeichen). Fett: gewählt (wenn mehrere deutschsprachige Ausdrücke zur Wahl)

Deutsch	Englisch	Bemerkung
Abrichten	to joint	Bild 12, Bild 23
Abziehen	stoning	(seitlich!) Kap. 7.6
bogenförmig	breasted	(Zahnspitzenlinie)
in Form bringen	to shape	Kap. 5.2
Längsschnitt- (Ls) Schlitz-	rip	(Zahnform!) Bild 5, Bild 6
Neigung (N) „auf Stoß“ „stark auf Stoß“	rake	Bild 9, Bild 11
Querschnitt (Qs) Absetz-	crosscut (cc)	(Zahnform!) Bild 5, Bild 6
Sägefeilkuppe	saw vise	Bild 14, Bild 15
Schrägung S Schrägschliffwinkel	fleam bevel	Bild 9, Bild 11
Schränkung (Y)	set	Bild 10
Schränkzange	saw set	Kap. 6.6
Zahnteilung T	teeth per inch (tpi) points per inch (ppi)	Bild 7

b) Endnoten:

¹ Wobei ich hier keinen falsche Eindruck erwecken will: Japanische Wechselblattsägen bleiben lange scharf!

² <http://www.vintagesaws.com/library/primer/sharp.html>

³ Friedrich Kollenrott: Das Schärfen von Hobeisen und Stecheisen

<http://www.woodworking.de/schaerfprojekt/schaerf2.html>

⁴ Wolfgang Jordan: Sägezahnformen http://www.holzwerken.de/techniken/saege_zahnform.phtml

⁵ Mathias Pyritz: Geometrie von Sägezähnen, die durch ein 60 Grad- Werkzeug hergestellt werden. Studienprojekt an der FH LuH, Lemgo 2006

⁶ Bei Sägen mit bogenförmiger Zahnspitzenlinie kommt es darauf an, dass die einzelnen Zähne nicht gegenüber diesem Bogen vorstehen.

⁷ Dieser Text tut hier und auch sonst so, als ginge es nur um Männer: „Der“ Säger, „Jeder“, usw. Dabei ist sicher: Frauen können es genauso. Eine sprachliche Form, die Männer und Frauen einschließt, aber noch kurz und sprachlich erträglich ist, habe ich aber noch nicht gefunden. Ich bitte um Nachsicht.

⁸ Es gibt auch Sägen ohne Schränkung. Sie werden beispielsweise eingesetzt, um Dübel bündig abzusägen, ohne dass der Rest der Fläche verkratzt wird. Tiefe Schnitte sind damit nicht möglich.

⁹ Meist sind solche Sägen in kläglicher Qualität gefertigt, verbessern durch Nachschärfen kann man sie nicht - ein Trauerspiel.

¹⁰ Beim Laserhärten wird die Zahnschneidkante durch einen Laserstrahl punktförmig erhitzt. Die Wärme fließt sehr schnell wieder ab, so kommt es zu der für den Härtevorgang notwendigen, bei traditionellen Verfahren durch ein Abschrecken in Wasser oder Öl herbeigeführten schnellen Abkühlung des erhitzten Stahles.

¹¹ Es gibt auch anderer Werkzeuge, bei denen eine ungleiche Teilung als vorteilhaft gilt und sogar gezielt hergestellt wird: beispielsweise Reibahlen und (bessere) Krauskopfsenker.