

DIE RÄUMFLANKEN DES EULER-ZAHNES.

Von Dr. Herbert Schmied.

(Forstliche Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn.)

Die Eulersche Zahnform ist in ihrer Wirkungsweise, vor allem was die Schrägstellung der vom Zahngrund senkrecht aufsteigenden Räumflanken zur Schnittebene betrifft, nicht leicht verständlich. Auch Darstellungen dieses sog. EHZ (Eulerschen Hochleistungs-Zahnes) bzw. Erörterungen seiner Vorteile in neuer Zeit sind nicht erschöpfend genug gehalten, so daß Unklarheiten bestehen. Die allgemeine Kenntnis der Funktion dieser scharfsinnigen Zahnkonstruktion ist aber wegen ihrer Verbindung von hoher Schnittleistung mit leichtem Gang und verhältnismäßig einfacher Instandhaltung wünschenswert.

Des besseren Verständnisses wegen sei die Arbeitsweise der wichtigsten Zahntypen für Zugsägen, nämlich des Hobel-, Dreieck- und M-Zahnes, von welchem letzterem der Euler-Zahn eine grundlegend verbesserte Form darstellt, vorangestellt. Dabei beschränken wir uns auf die vom Deutschen Normenausschuß in DIN Vornorm 6462 Blatt 2 festgelegten Formen.

Die Wirkungsweise jeder Zugsäge bzw. ihrer Zähne soll bekanntlich drei Aufgaben gerecht werden: sie soll die querlaufende Holzfaser zu beiden Seiten der Schnittfuge einschneiden, das an den Seiten durchtrennte Fasernstück vom Schnittfugengrund ablösen und die abgelösten Späne aus der Schnittfuge herausbefördern. Lediglich die Hobelzahn-säge entspricht wirklich dieser Dreiteilung der Arbeit; ihre vorstehenden Schneidezähne sind nur zum Vorschneiden links und rechts ausgebildet und haben auch nur zu schneiden, der mehr oder weniger M-förmige Hobelzahn hobelt mit seiner senkrecht zur Schnittichtung stehenden Kante den seitlich abgetrennten Holzstreifen vom Grunde ab und die Räumflanke des Hobelzahnes befördert die groben „Holznudeln“ aus der

Schnittfuge ins Freie. Die Schärffkante der Schneidezähne (Verschneidungslinie der Schneideflanken) soll mit Rücksicht auf die alleinige Schneidaufgabe der Schneidezähne einen möglichst kleinen Winkel zur Blattebene bilden, d. h., möglichst steil vom Schnittfugengrund emporstehen. Da nun einem größeren Spitzenwinkel des Schneidezahnes bzw. einer flacheren Lage der Schneidekante zum Schnittfugengrund ein größerer Winkel der Schärffkante zur Blattebene, d. h. eine flachere Stellung zum Schnittfugengrund entspricht und umgekehrt, so sind der für die Schnittwirkung günstigen flachen Lage der

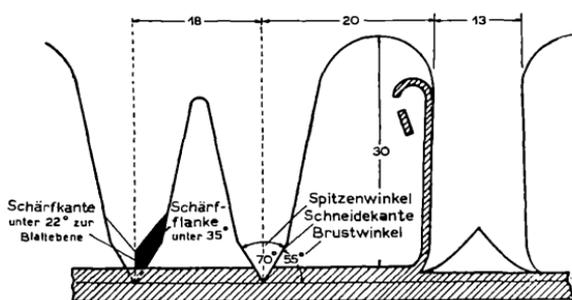


Abb. 1.

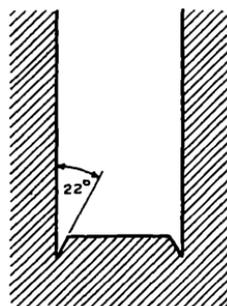


Abb. 2

Schneidekante zum Schnittfugengrund bei den Schneidezähnen ziemlich enge Grenzen gesetzt. Der mit 70° genormte Spitzenwinkel der Schneidezähne, dem die zunächst auffallend steile Lage der Schneidekante zum Schnittfugengrund von 55° entspricht, dürfte kaum überschritten werden, nicht nur, weil mit Vergrößerung des Spitzenwinkels das Eindringen erschwert und die Reibung der Zahnfläche erhöht wird, sondern auch, weil bei dem nicht mehr schwächer zu haltenden Schärffwinkel von 35° der Schärffkantenwinkel immerhin 22° zur Blattebene bzw. 68° zum Schnittfugengrund beträgt. Die Schärffkante kann bei den Schneidezähnen der Hobelsäge allerdings abgenommen werden, wodurch der Zahn flacher, einer zweiseitig geschliffenen Messerklinge ähnlich wird. Dadurch wird verhütet, daß die Schärffkante sich am Abheben der Späne vom Schnittfugengrund beteiligt, unnötige Arbeit mit Zerkleinern der Späne geleistet und die Reibung zu groß wird.

Bei Zugsägen mit symmetrischen Dreieckzähnen kann natürlich ein Zahn von der Form eines gleichschenkeligen

Dreieckes den drei genannten Anforderungen nicht gerecht werden. Für die Erzielung einer günstigen Schnittwirkung haben die Schneidekanten des Dreieckzahnes einen zu großen Brust- bzw. Rückenwinkel, d. h. eine zu steile Lage gegen den Schnittfugengrund (71° gegenüber $30\text{--}40^\circ$ bei den M-Zähnen und 55° bei den Schneidezähnen der Hobelsäge ¹⁾ und sind unter zu wenig spitzem Winkel geschärft (60° für Weich- und 75° für Hartholz gegenüber 35° für Weich- und Hartholz bei den Schneidezähnen der Hobelsäge und 35° für Weich- und 40° für Hartholz bei den M-Zähnen); die Schärffkante darf, um ihre spanablösende Wirkung zu erhalten, selbstverständlich nicht

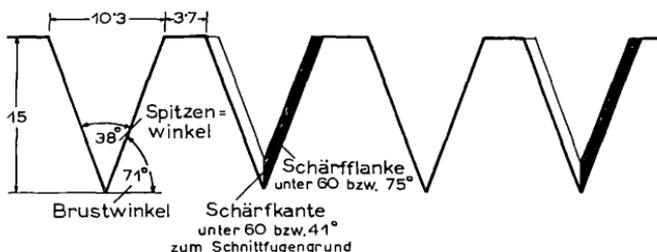


Abb. 3

abgenommen werden wie bei der Hobelsäge. Für die Funktion als Räumflanke hat erstens die Schneideflanke, die, wie erwähnt, für eine günstige Schnittwirkung zu steil zum Schnittfugengrund steht, umgekehrt einen zu kleinen Brustwinkel, wodurch die Schubwirkung beeinträchtigt wird, ein Nachziehen der Späne erfolgt und ihrer Zusammenballung Vorschub geleistet wird. Bei der Ausführung für Weichholz liegt die Grundablösungskante mit ihrer 60° igen Aufwärtsrichtung vom Schnittfugengrund zum Ablösen der Späne von diesem zu wenig flach und für die Funktion als Räumflanke steht die Schneideflanke unter ihrem Schärffwinkel von der Senkrechten zur Schnittebene zu stark abweichend, so daß infolge der zu schrägen Stellung der Räumflanke zur Schnittebene die Späne gegen die gegenüberliegende Wand der Schnittfuge gedrängt werden und die Reibung vergrößert wird. Bei den Zähnen für Weichholz ist die Schnitt-, die Ablöse- und die Räumfähigkeit infolge

¹⁾ Siehe 24 und 26.

der gegenseitigen Rücksichtnahme auf die dreierlei Funktionen eines Gebildes in etwa gleichem Maße in Mitleidenschaft gezogen. Bei der Hartholz säge würden die Lage der Grundablösungskante mit 39° gegen den Schnittfugengrund und die geringere Schrägstellung der Räumflanken zur Schnittebene immerhin günstige Komponenten für die Abhebe- und Räumfähigkeit bedeuten, dagegen kann von einer Schneidefähigkeit überhaupt kaum mehr gesprochen werden, da es sich bei einem derart großen Schärfwinkel nur mehr um eine fräsende Wirkung handelt. Die Dreieckzähne vermögen also keiner der geforderten Funktionen nahezukommen, sie zerreißen lediglich

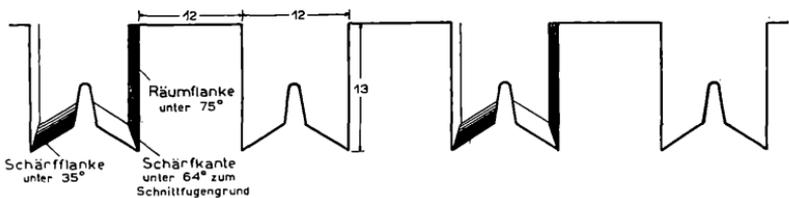


Abb. 4

die Holzfaser in der Schnittfuge, weshalb der Schnitt vom Herausreißen der Fasern aus den verbleibenden Stirnflächen rauh ist.

Der Fortschritt der *M-Zahnung*¹⁾ liegt darin, daß die Schneidekanten unter kleinerem Winkel ($30\text{—}40^\circ$) gegen den Schnittfugengrund geneigt sind, also in günstigerer Lage zu schneiden vermögen als die Dreieckzähne und daß eine senkrecht zum Schnittfugengrund stehende Räumflanke zum Vorwärtsschieben bzw. Ausstoßen der Späne vorhanden ist; es sind also bereits zwei verschiedenartige Gebilde („Organe“), u. zw. für die Schneide- und Räumarbeit am Zahn vorgesehen, für das Ablösen des Spanes vom Grund allerdings noch keines, dieses bleibt in kaum günstigerer Weise als beim Dreieckzahn der Schärfkante überlassen. Bei den *M-Zähnen* liegen bekanntlich die Schneideflanken beider Zahnhälften nach der gleichen Seite, was zur Folge hat, daß die Arbeitsvorgänge des Ein-

¹⁾ Hier wird nur der in der DINORM angegebene gekehrte *M-Zahn* oder *Gerson-Zahn* behandelt.

schneidens, des Ablösens und des Ausstreifens der Späne nicht unmittelbar aufeinander folgen, sondern dem Schnitt der Schneidekante erst die Schärfkante und Räumflanke des übernächsten Zahnes nacharbeiten und jeder Schneidekante eine Räumflanke und Ablösungskante unmittelbar vorausgehen. Die Arbeit der Schneidekante ist daher so gut wie ausgeschaltet, diese findet kaum etwas zu schneiden, denn die Räumflanke räumt nicht nur bzw. die Schärfkante hebt nicht nur die Holzfaserteile ab, die die weit vorhergehende Schneidekante vorgeschritten hat, sondern infolge des weiten Abstandes und der geringen Schneidegelegenheit der vorausgegangenen Schneidekante ritzt die scharfe Spitze des Schärfkantenwinkels entgegen den den Organen des Zahnes zugedachten Aufgaben auch zugleich seitlich die querliegenden Holzfasern. Da nämlich die vertikalen Räumflanken bei den gekehlten M-Zähnen zur

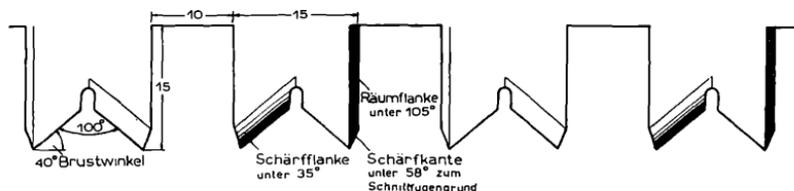


Abb. 5

Schnittebene nicht genau senkrecht, sondern um etwa 15° gedreht („zugeschärft“) sind und die Schrägflächen auf der gleichen Seite liegen wie die Schneideflanken, entsteht ein spitzer Winkel zwischen den Vertikalebene durch die Räumflanke und die Schneidekante, die Schärfkante steht unter spitzem Winkel (26° bei 35° igem Schärfwinkel, bei 15° Zugschärfung der Räumflanke und 50° igem Spitzenwinkel) zur Blattebene nach aufwärts. Auf die Abweichung der Räumflankenstellung von der senkrechten Stellung auf die Schnittebene kommen wir noch zurück.

Die genannten Nachteile des M-Zahnes vermeidet die Eulersche Konstruktion. Bei Euler ist jede Zahnhälfte nach der anderen Seite geschränkt, ebenso liegt die Schneideflanke jeder Zahnhälfte nach der anderen Seite, selbstverständlich stets auf der Innenseite der nach außen geschränkten Zahnhälfte, und die Schneideflanken liegen bei den aufeinanderfolgenden Zähnen spiegelbildlich. Im deutschen Reichspatent

Nr. 675.437 (ausgegeben 1939) lautet Patentanspruch 1: „Sägeblatt mit zugeschärften M-Zähnen, dadurch gekennzeichnet, daß die Kopffläche jedes M-Zahnes bis zur Zahnmitte auf der einen Seite und dann wechselnd auf der anderen Seite zugeschärft ist und daß jeder einzelne Zahn eine spiegelbildliche Anordnung der Schärfflächen des folgenden Zahnes aufweist.“ Der Anshärfwinkel der Schneide (Winkel zwischen vertikaler Ebene durch die Schneidekante und Ebene der Schneideflanke) wird so klein gehalten, als es mit Rücksicht auf die Schnitthaltigkeit der Säge bzw. Qualität des Stahles zulässig ist *). Der Winkel, den die Schneidekanten (der Hälften eines Zahnes oder der spiegelbildlich zueinander liegenden Hälften benachbarter Zähne), auf die durch das Sägeblatt

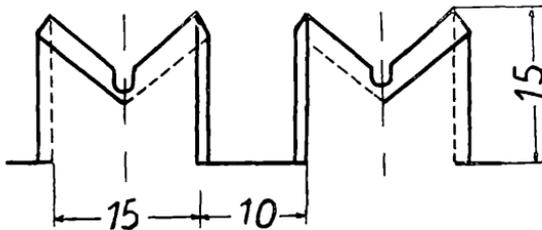


Abb. 6

gelegte Ebene projiziert, miteinander bilden, geht aus den Zeichnungen bzw. Erläuterungen der Patentschrift, des Normenblattes und des Iffa nicht hervor. Die Abbildung auf dem Normenblatt bringt nur Relativzahlen für die Höhe und Basis des Zahnes und der Lücken. Im allgemeinen wird der Winkel der Schneidekanten mit 100° genommen, auf den auch die Winkellehre für den Eulerzahn von Schulz ¹⁾ festgelegt ist. Hufnagl-Puzyr geben den Winkel der Schneidekanten zueinander mit etwa 120° an. Einem 100° igen Winkel der Schneidekanten zueinander bzw. einem Spitzenwinkel von 50° entspricht ein Brustwinkel (Neigung der Schneidekanten gegen den

*) $35\text{--}40^\circ$ nach I f f a, „Die Pflege der Waldsäge“, Eberswalde 1944, S. 40. Etwa 40° nach H u f n a g l - P u z y r, „Grundbegriffe aus Forstbenutzung“, Wien 1947.

¹⁾ In g o L a m p, „Werkzeugkunde für die Waldarbeit im Gebirge“, 2. Aufl., Graz, 1949, S. 31. Katalog 1950 von L i p o w s k y Wien, Katalog 1950 von Z i m m e r Wien.

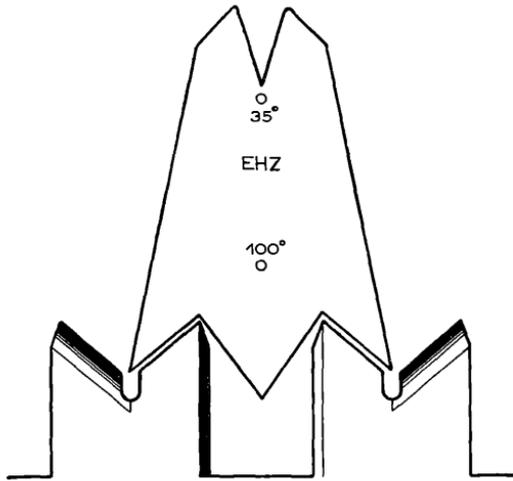


Abb. 7

Schnittfugenrund) von 40° , einem 120° igen ein solcher von 30° .

Das von Euler ursprünglich empfohlene, in der Patentschrift festgehaltene Voreilen der Räumflanke bzw. der Grundablösungskante und die damit verbundene Verbreiterung der Zahnlücken nach oben, um die Schärfkante einem keilförmigen schräggestellten Hobeisen mehr anzugleichen und um den



Abb. 8

Zahnlückenraum zur leichteren Aufnahme der Späne zu vergrößern, ist wegen zu schwieriger Instandhaltung nicht zur Ausführung gekommen ¹⁾.

Bei der Eulerschen Zahnform folgt auf jede Schneidekante unmittelbar eine Räumflanke mit Schärfkante, selbstverständlich auf jeder Schrankseite für sich; die der Schneidekante folgende Schärfkante (Grundablösungskante) der nächsten Zahnhälfte, die vom Schnittfugenrund schräg nach oben ansteigt, löst den seitlich durchschnittenen Span in schräger

¹⁾ Forstarchiv 1940, S. 18.

Stellung zur Schnittfugenbasis auf dem Schrank entsprechende Reichweite vom Grunde ab. Der Schnittfugenboden steigt dem Winkel der Schärfkanten entsprechend von beiden Seiten an und seine symmetrisch liegenden Ablösestreifen reichen, sich aber fortwährend übergreifend, über die Mitte der Schnittfugenbreite, solange die Summe der beiderseitigen Schrankweiten kleiner ist als die Blattstärke. Wenn die beiderseitige Schrankweite der Blattstärke entspricht, erreichen die Schärfkanten der rechts- und linksseitigen Zahnhälften gerade noch die Mitte des Fugengrundes. Da die Räumflanken und damit die Schärfkanten nicht in einer zur Schnittebene senkrechten, sondern schräg stehenden Vertikalfäche liegen, erfolgt das Ausstoßen der Späne vorwiegend nach einer bestimmten Seite hin.

Die Schrägstellung der Räumflanke kann derart sein, daß die Räumflanke und Schärfkante mit der Schneidekante (Winkel zwischen der Vertikalebene durch die Schneidekante und der Ebene der Räumflanke) einen stumpfen oder einen spitzen Horizontalwinkel bildet. Wird ein stumpfer Winkel gebildet, so sind die sich in einer Zahnücke gegenüberstehenden Räumflanken von der entgegengesetzten Seite, bei Bildung eines spitzen Winkels von der gleichen Seite sichtbar wie die an sie angrenzenden Schneideflanken.

Bei Bildung eines stumpfen Horizontalwinkels zwischen Schneide- und Schärfkante bzw. Räumflanke wird diese mit Bezug auf ihre Lage zur zugehörigen Schneideflanke als hinterschnitten bezeichnet. Lamp¹⁾ spricht in diesem Fall von „Hinterschliff“, im entgegengesetzten von „Vorderschliff“.

Je stumpfer der Horizontalwinkel zwischen Schneidekante und Räumflanke ist (Hinterschliff), einen desto größeren Winkel bildet die Schärfkante zur Blattebene, desto flacher liegt also die Grundablösungskante und desto weniger sind die beiden von den Rändern gegen bzw. über die Mitte des Schnittfugengrundes ansteigenden Abhebungsflächen geneigt. Bei zu starker Annäherung der Grundablösungskante an die Waagrechte würde aber die Zahnspitze zu stumpf werden und die Schnittwirkung zu gering bzw. das Eindringen der Spitze in die Tiefe zu sehr behindert werden. Bei Stellung der Schärfkante zur

1) „Werkzeugkunde für die Waldarbeit im Gebirge“, S. 30.

Schneidekante in spitzem Winkel (Vorderschliff) wird eine scharfe Zahnschneidkante gebildet und die Schnittwirkung gefördert, aber die Wirkung der Spanabhebung verringert bzw. infolge der Verbreiterung der steiler gestellten Abziehstreifen mehr Kraft verbraucht. Bei der Wahl des Ausmaßes der Schrägstellung der Räumflanken hat man also ein Kompromiß zu wählen zwischen Schneide- und Ablösewirkung.

Die flachere oder steilere Lage der Schärf- oder Grundablösungskante zur Blattebene hängt nicht nur von der Schrägstellung der Räumflanke und dem Schärfwinkel des Zahnes ab, sondern auch vom Brustwinkel der Schneidekante bzw. Spitzwinkel der Zahnhälfte. Einem kleineren Brustwinkel der Schneidekante entspricht eine flachere Lage der Grundablösungskante zum Schnittfugenrand und umgekehrt.

Außerdem bewirkt die Schrägstellung der Räumflanke, daß die abgelösten Spanteile vorwiegend nach der Seite hinausgedrängt werden, nach der die schräge gestellten Räumflanken weisen; bei stumpfem Winkel der Schneide- zur Schärfkante (Hinterschliff) fallen die abgelösten Spanteile auf der Seite heraus, auf der von der unmittelbar vorhergehenden Schneidenspitze eingeschnitten worden war; die links vorgeschrittenen und abgelösten Spanteile fallen nach links und umgekehrt heraus. Bei Vorderschliff erfolgt das Herausfallen in entgegengesetztem Sinne.

Die Arbeitsweise des Euler-Zahnes wird also durch die verschiedene Räumflankenstellung, Hinterschneidung oder Vorderschliff, folgendermaßen beeinflusst: an der Außenseite des unmittelbar vorangegangenen Einschnittes, des Schnittfugenrandes, dringt die Zahnschneidkante (Zusammentreffen der Schneidekante mit der Schärfkante und der äußeren Räumflankenkante) am tiefsten ein und die Schärfkante löst den Span ab, den die zur Schnittebene schräggestellte Räumflanke senkrecht zu ihrer Fläche aus der Zahnluke hinausschiebt. Bei Hinterschliff hebt die flacher liegende und in der Schnitttrichtung schräg nach vorwärts gerichtete Ablösungskante in kräftigem Hobelstoß den Span ab und die nach außen gekehrte Räumflanke schiebt ihn gegen den zugehörigen Schnittfugenrand, auf dessen Seite die Späne beim Austreten der Säge vorwiegend herabfallen. Bei Vorderschliff dagegen zieht die steiler liegende und schräg nach rückwärts gerichtete Ablösungskante

einigermaßen einer Ziehklinge ähnlich den Span auf breiterer Fläche unter größerem Arbeitsaufwand ab und die nach innen weisende Räumflanke schiebt ihn gegen die gegenüberliegende Schnittfugenseite, auf der dann zum größeren Teil analog wie vor die Späne beim Austreten der Säge herabfallen.

In der Literatur sind die Angaben über die Stellung der Räumflanken nicht klar herausgearbeitet und zum Teil widerspruchsvoll. Die Patentansprüche Eulers erstrecken sich auf beide Fälle. Patentanspruch 2 lautet: „Sägeblatt mit zugeschärften M-Zähnen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Zahnücke bildenden Zahnflanken mit ihren anschließenden Kopfflächenhälfen auf der gleichen Seite geschärft sind“; Patentanspruch 3: „Sägeblatt mit zugeschärften M-Zähnen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Zahnücke bildenden Zahnflanken und die Grundfläche dieser Zahnücke auf der einen Seite, die anschließenden Kopfflächenhälfen auf der anderen Seite geschärft sind“. In DIN Vornorm 6492 Blatt 2 ist nur von „Räumflanken hinterschnitten“ gesprochen und auch die Figur nur hinterschnitten dargestellt. Stentzel¹⁾ schildert bei seiner ersten Erwähnung des Euler-Zahnes diesen, ohne es ausdrücklich zu betonen, nur als hinterschnitten, ebenso ist der Euler-Zahn in „Die Pflege der Waldarbeitersäge“, Iffa 1944, hinterschnitten dargestellt, wobei allerdings der Unterschied der Lage der Räumflanken, u. zw. beim Gerson-Zahn auf der gleichen Seite und beim Euler-Zahn auf der entgegengesetzten Seite wie die zugehörigen Schneideflanken nur in der bildlichen Darstellung zum Ausdruck kommt, während den textlichen Ausführungen beide Möglichkeiten entnommen werden können. Jedenfalls ist die Verschiedenartigkeit der Lagerung der Räumflanken zu den Schneideflanken nach rückwärts oder vorne nicht scharf genug auseinander gehalten; so wird vom Gerson- und Euler-Zahn gesagt: „Beiden gemeinsam die rechtwinklig zum Zahngrund steil aufsteigenden stumpfen Räumflanken, die einen Schärfwinkel von 75 bis 80° aufweisen. Und“ folgt das Schärfen der Räumflanke von gleicher oder entgegengesetzter Seite wie die zugehörige Schneideflanke²⁾. Stentzel erwähnt immerhin bereits als Folge der Lage

¹⁾ Forstarchiv 1940, S. 18.

²⁾ Iffa, „Die Pflege der Waldarbeitersäge“ 1944, S. 40, 45.

der Räumflanken auf der entgegengesetzten Seite, als sich die angrenzenden Schneideflanken befinden, daß die Grundablösungskante etwas flacher gestellt ist und dadurch besser arbeitet.

L a m p ¹⁾ zieht, ohne auf die nähere Begründung einzugehen, den Vorderschliff vor. F e n z l ²⁾ bezeichnet die Stellung der Räumflanken, bei der sich zwischen Schneide- und Schärfkante ein spitzer Winkel ergibt, als nicht brauchbar und läßt nur die Hinterschneidung gelten, weil die Bildung einer scharfen Zahns Spitze das Ziel verhindert, daß der Span möglichst schaufelförmig vom Schnittfugengrunde abgehoben werden soll. S i n g e r ³⁾ erwähnt Eulers Patent 1 und 2 (von der entgegengesetzten bzw. von der gleichen Seite wie die zugehörige Schneideflanke im Hartholzwinkel von 75° angeschärft) und sagt: „Patent II geht leichter, leistet noch mehr als Patent I und wurde daher schon vom Erfinder besonders empfohlen“. Die im Handel befindlichen Euler-Sägen sind teilweise mit Hinterschneidung, teilweise mit Vorderschliff ausgeführt.

Über das Ausmaß der Schrägstellung der Räumflanken ist in der Patentschrift und in DIN-Vornorm nichts vermerkt. Im allgemeinen wird die Abweichung von der Senkrechtstellung zur Schnittebene mit 15° angenommen, was mit der vorstehenden Angabe des Iffa, die sich scheinbar auf beide Arten der Räumflankenstellung bezieht, annähernd übereinstimmt. Die Wahl des richtigen Winkels muß, wie erwähnt, dem Kompromiß zwischen Schnitt-, Ablöse- und Räumwirkung Rechnung tragen. Die Beziehungen der gegenständlichen Winkel zueinander sind durch die Gleichung

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\sin \omega}{\cos \varepsilon \cdot \cot \alpha - \sin \varepsilon \cdot \cos \omega}$$

gegeben, wobei ψ den Winkel der Schärfkante zur Blattebene, ε den Winkel der Abweichung der Räumflankenstellung von der Senkrechtstellung auf die Schnittebene, α den Schärfwinkel und ω den Spitzenwinkel des Zahnes bedeuten. In Abb. 9 sind die verschiedenen Räumflankenstellungen entspre-

¹⁾ „Werkzeugkunde für die Waldarbeit im Gebirge“, S. 30.

²⁾ Der EHZ, „Das wirtschaftliche Sägewerk“, Oktober 1949.

³⁾ „Der Eulerzahn, eine vergessene Zahnform?“ Forstarchiv 1950, S. 99.

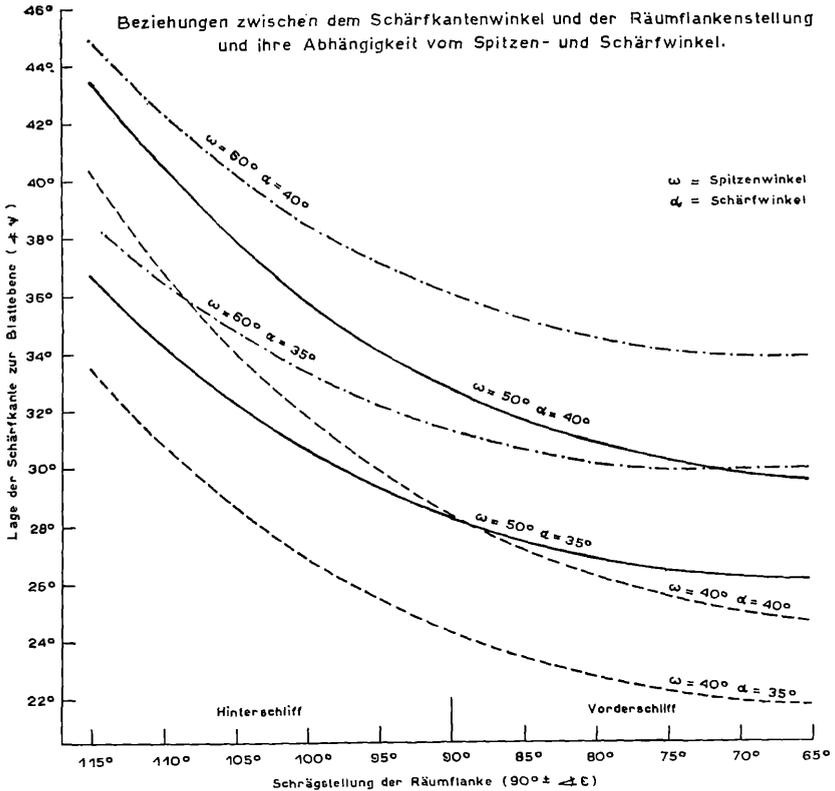


Abb. 9

chenden Schärfkantenwinkel für drei verschiedene Spitzenwinkel ($\omega = 40^\circ, 50^\circ$ und 60°) und für zwei verschiedene Schärfwinkel ($\alpha = 35^\circ$ und 40°) dargestellt. Einer Vergrößerung des Hinterschliffwinkels entspricht eine progressive Vergrößerung des Schärfkantenwinkels zur Blattebene d. h. eine ebensolche Flacherstellung der Grundablösungskante, einer Vergrößerung des negativen Winkels ε d. i. einer Verstärkung des Vorderschliffes eine fallende Abnahme der Winkel der Schärfkante zur Blattebene d. h. ein immer langsames Steilerwerden der Grundablösungskante. Einem größeren Spitzenwinkel entspricht ein größerer Winkel der Schärfkante oder Grundablösungskante zur Blattebene

bzw. eine flachere Lage zum Schnittfugengrund und umgekehrt. Die *Kurve* der Schärfkantenwinkel bei verschiedenen Räumflankenstellungen wird mit Steigen des Spitzenwinkels bei den höheren Werten *flacher*, die Unterschiede in der Zu- bzw. Abnahme der Schärfkantenwinkel werden kleiner, weniger merkbar in der Richtung der Zunahme des Hinterschliffes, deutlicher in der Richtung der Zunahme des Vorderschliffes, wo die Werte schließlich nahezu gleich bleiben und in den weiteren praktisch belanglosen Extremfällen wieder ansteigen würden. Die Veränderungen in der Lage der Grundablösungskante mit der Veränderung der Räumflankenstellung sind also bei Vorderschliff wesentlich kleiner als bei Hinterschliff, um so kleiner, je größer der Spitzenwinkel ist. Der Einfluß des Schärfwinkels α ist bedeutender als der des Spitzenwinkels. Mit seiner Vergrößerung steigen die Werte des Schärfkantenwinkels, u. zw. wieder zunehmend mit Zunahme des Hinterschliffes und fallend mit Zunahme des Vorderschliffes, die Kurven der Schärfwinkel divergieren in der Richtung des zunehmenden Hinter- und konvergieren in der Richtung des zunehmenden Vorderschliffes.

Die folgende Tabelle enthält die komplementären Winkelwerte zu jenen im Graphikon, weil für die Lage der Grundablösungskante die Neigung gegen den Schnittfugengrund unmittelbarer charakterisierend ist als ihre Lage zur Blattebene.

Demnach beträgt bei Zugrundelegung der üblichen Winkelgrößen des Eulerzahnes (Spitzenwinkel 50° , Schärfwinkel 35° und Schrägstellung der Räumflanken 15°) der Winkel der Grundablösungskante zum Schnittfugengrund bei Hinterschliff 58° , bei Vorderschliff 64° . Die Lage der Grundablösungskante ist also bei Hinterschliff nicht besser als beim Dreieckszahn, kaum weniger steil als beim Weichholzzahn (60°) und noch wesentlich ungünstiger als beim Hartholzzahn (39°). Die Spanabhebung erfolgt nur insofern besser als beim Dreieckszahn, als die Räumflanke senkrecht zum Schnittfugengrund steht und nicht wie bei jenem einer Ziehklinge gleich vorgeeignet ist. Der Vorgang der Spanablösung auf so steil liegender und daher breiter Abhebefläche bedeutet jedenfalls den wunden Punkt der Eulerschen wie jeder M-Zahnkonstruktion, während die Schneide- und Räumfähigkeit sehr günstig sind.

Beziehungen zwischen dem Winkel der Grundablösungskante zum Schnittfugenrund und der Räumflankenstellung in Abhängigkeit vom Spitzen- und Schärfwinkel.

Räumflankenstellung zur		Winkel der Grundablösungskante zum Schnittfugenrund Spitzenwinkel ω					
		40°		50°		60°	
Senkrechtstellung $\angle \varepsilon$	Blattebene	Schärfwinkel α					
		35°	40°	35°	40°	35°	40°
+ 25°	115°	56° 30'	49° 36'	53° 10'	46° 33'	51° 22'	45° 06'
+ 20°	110°	59° 12'	53° 09'	55° 42'	49° 24'	53° 32'	47° 37'
+ 15°	105°	61° 24'	56° 00'	57° 41'	52° 06'	55° 24'	49° 43'
10°	100°	63° 12'	58° 18'	59° 24'	54° 12'	56° 42'	51° 33'
5°	95°	64° 36'	60° 10'	60° 44'	55° 54'	57° 54'	52° 52'
± 0°	90°	65° 48'	61° 40'	61° 48'	57° 16'	58° 46'	54° 60'
- 5°	85°	66° 42'	62° 52'	62° 37'	58° 22'	59° 24'	54° 52'
- 10°	80°	67° 18'	63° 48'	63° 13'	59° 12'	59° 54'	55° 30'
- 15°	75°	67° 48'	64° 31'	63° 39'	59° 46'	60° 09'	55° 57'
- 20°	70°	68° 12'	65° 03'	63° 53'	60° 15'	60° 14'	56° 09'
- 25°	65°	68° 18'	65° 24'	63° 56'	60° 29'	60° 06'	56° 10'

Die notwendige Flacherstellung der Grundablösungskante kann erfolgen durch stärkeren Hinterschliff, durch Vergrößerung des Spitzenwinkels und Vergrößerung des Schärfwinkels. Am unbedenklichsten ist die Begünstigung der Ablösefähigkeit über den Spitzenwinkel, dessen Vergrößerung von 50° auf 60° eine Flacherstellung der Grundablösungskante, allerdings nur um etwa 2 $\frac{1}{4}$ ° (bei Hinterschliff), ergibt. Eine Weitertriebung des Hinterschliffes birgt zwar die Gefahr einer Beeinträchtigung der Räumfähigkeit in sich, immerhin dürfte eine Schrägerstellung der Räumflanken zur Blattebene bis etwa 110° mit guter Räumfähigkeit noch vereinbar sein, wodurch zur Verbesserung der Lage der Grundablösungskante rund 2° beige-steuert werden. Und schließlich dürfte die Wahl des Schärfwinkels mit etwa 40°, der bei Hartholz ohnehin in dieser Stärke notwendig ist, selbst mit Inkaufnahme einer geringen Einbuße an der sehr hohen Schneidefähigkeit gerechtfertigt sein; eine Erhöhung des Schärfwinkels bringt bedeutend mehr als jene des Spitzenwinkels oder des Winkels der Räum-

flankenstellung ein, etwa $5\frac{1}{2}^\circ$ Durch die vereinte Wirkung der Erhöhung der drei Faktoren kann eine Senkung der Grundablösungskante auf etwa 48° erreicht werden. Die zwecks Erzielung günstigerer Räumfähigkeit in Ansatz gebrachten Größen des Spitzen- und Schärfwinkels decken sich mit den früher erwähnten Angaben von H u f n a g l - P u z y r.

Ob und inwieweit der Schneidefähigkeit größere Bedeutung zukommt als den beiden anderen Erfordernissen einer entsprechenden Zahnform, worauf die hohe Leistungsfähigkeit des Gersonzahnes (bei allerdings schwerem Gang) und der Vorderschliffausführung des Eulerschen Zahnes hinweisen würden, oder ob man die für arbeitssparenden Ablösevorgang noch immer zu steile Lage der Grundablösungskante weiter herabdrücken könnte, ohne die Eindringfähigkeit der Zahnspitze und die Räumfähigkeit zu sehr zu beeinträchtigen, bzw. die Feststellung, wo das günstigste Kompromiß zwischen den vier Winkeln des Zahnes liegt, darüber könnten nur systematische Versuche Aufschluß geben.

Auch der Eulerzahn als eine Art des M-Zahnes muß mit dessen allgemeinem Fehler, daß an einer Zahnart für die drei erforderlichen Funktionen nur zwei Organe entsprechend geformt werden können, also die Arbeitsteilung nicht weit genug durchgeführt werden kann, behaftet sein. Jedenfalls aber ist durch das scharfsinnige Durchdenken aller Einzelheiten der M-Zahntyp von Euler derart erschöpfend verbessert worden, daß seine Konstruktion innerhalb der Gruppe der M-Zähne eine der Vollkommenheit nahegebrachte Form darstellt, die wegen ihrer der Hobelsäge nahekommenden Leistung bei wesentlich leichterem Instandhaltung zu viel allgemeinerer Verwendung geeignet wäre als dies heute der Fall ist.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Möglichkeiten der Räumflankenstellung beim Eulerzahn sind in der Literatur nicht klar genug behandelt und über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Stellungen herrschen Widersprüche. Es wurde deshalb die gegenseitige Abhängigkeit zwischen Schärfkantenwinkel, Schärfwinkel, Spitzenwinkel und Räumflankenstellung darzustellen und die Auswirkung der Räumflankenstellung auf die Schneidefähigkeit, Spanablösung vom Grunde und das Auswerfen der Späne klarzulegen versucht.

(Der vorstehende Aufsatz betrifft die Fluryschen Systemnummern 32.23 und 33.11.)