

Was ist beim „Gewinden“ zu beachten?

Grundsätzlich ist die richtige Auswahl des Werkzeuges und damit die „Geometrie des Gewindefertigungswerkzeuges“ und die daraus resultierenden Einflüsse in Ihren praktischen Auswirkungen / auf das zu bearbeitende Material wesentlich.

Darüberhinaus spielen die Schnittgeschwindigkeit und die Schmier-Kühlung eine wesentliche Rolle, um die „Geschmeidigkeit“ des Spanflusses und die Güte des Gewindes einschließlich der Lehrenhaltigkeit positiv zu beeinflussen.

Da neben der Technik, die optimale Fertigungsergebnisse garantieren muß, auch noch die Wirtschaftlichkeit oder die Dokumentation der Produktion eine wesentliche Rolle spielen, haben wir uns zum Ziel gesetzt, die komplexen Themen in dieser Arbeit aufzugreifen und die Zusammenhänge darzulegen.

1. Inhaltsverzeichnis veröffentlichter Themen

1.	Inhaltsverzeichnis veröffentlichter Themen.....	1
2.	Technik.....	3
3.	Gewindearten und -verfahren.....	3
3.1.	Die Werkzeugtechnik im Detail.....	3
3.1.2.	Gewindearten Innengewinde & Außengewinde.....	3
3.2.	Gewindearten.....	4
3.3.	Gewindeverfahren.....	4
3.4.	Innengewinde.....	5
3.5.	Außengewinde.....	6
4.	Grundsätzliches zur Werkzeuggeometrie.....	7
4.1.	Aktuelle Themen.....	7
4.2.	Geplante Themen.....	7
5.	Begriffe der Schneidengeometrie.....	8
5.1.	Grafische Darstellung & Begriffe.....	8
5.2.	Der Anschnitt.....	9
5.3.	Bauformen B und C.....	10
5.4.	Bauformen D und E.....	11
5.5.	Zusammenfassung:.....	11
5.6.	Der Zahn.....	12
5.7.	Der Hinterschliff.....	13
5.8.	Die Gewinde-Nuten.....	14
6.	Grundsätzliches zum Gewindeformen auch Gewinde-furchen oder -drücken genannt.....	15
6.1.	Verfahrensmerkmale.....	15
6.2.	Voraussetzungen.....	15
6.3.	Vorteile.....	15
6.4.	Zu beachten.....	15
6.5.	Prinzip des Gewindefurchens.....	16
6.6.	Vergleich / Unterschied.....	16
6.6.2.	Vorteile Gewindeformer.....	17
6.7.	Polygonform und Ausbildung der geformten Gewindeflanken / -Stege.....	18

Informationen & praktische Anwendungs-Tipps

6.8.	Auswirkungen & Einflüsse der Toleranzen des Vorbohrkerndurchmessers.	19
6.9.	Auswirkungen der Vorbohrdurchmesser.....	20
6.10.	Grataufwurf beim Gewindeformen	21
6.11.	Gewindequalität eines geformten Gewindes.....	22
7.	Oberflächenbehandlungen / Oberflächenbeschichtungen	23
7.1.	Ziele der Oberflächenbehandlung.....	23
7.2.	Verfahren der Oberflächenbehandlungen & -beschichtungen	24
7.3.	Physikalische Eigenschaften der Hartstoffschichten.....	26
8.	Schmierkühlmittel.....	27
8.1.	PVD – Pyhsical Vapor Deposition.....	27
8.2.	Übersicht der verschiedenen Standardöle in Abhängigkeit zum Werkstoff.	27
9.	Probleme der Gewindeherstellung.....	28
10.	Das Drehmoment	29

Geplante Themen

Grundsätzliches zum Schmieren und Kühlen

- Minimalmengenschmierung

Einflüsse von Beschichtungen

Vorteile beim Gewindeformen

Das Drehmoment

tip



Sollte Sie ein spezielles Thema sehr interessieren, lassen Sie es uns wissen und senden Sie ein Email an <mailto:wissenswertes@microtap.de>

Hier können Sie sich auch für den Email-Verteiler für die InfoBriefe eintragen und erhalten dann automatisch die neusten Veröffentlichungen.

Stand September 2006

2. Technik

Die erste Erkenntnis: Es gibt keine grundsätzlichen & allgemeingültigen Formeln um beispielsweise das richtige Werkzeug und/oder die optimale Schnittgeschwindigkeit pauschal festlegen zu können. Nur die Erfahrung und spezifische Prozessuntersuchung ermöglichen die Festlegung der Fertigungsparameter sowie der Werkzeuge für den optimalen Fertigungseinsatz.

3. Gewindearten und -verfahren

3.1. Die Werkzeugtechnik im Detail

3.1.2. Gewindearten Innengewinde & Außengewinde

Befestigungsgewinde	Festsitzgewinde / Schraube – Mutter
Bewegungsgewinde	Leitspindel / Lenkgetriebe / Justiergewinde
Transportgewinde	Extruder / Schnecken

Bauformen

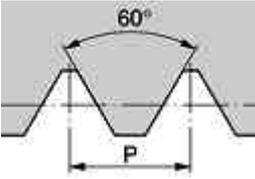
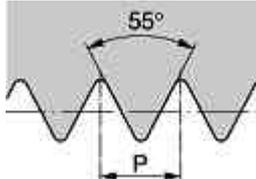
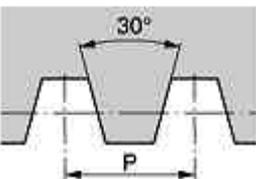
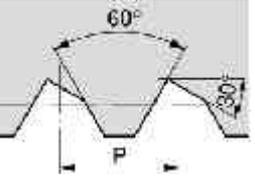
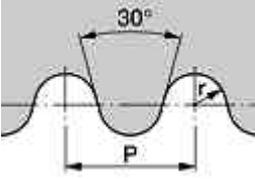
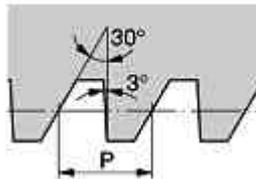
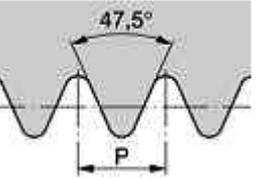
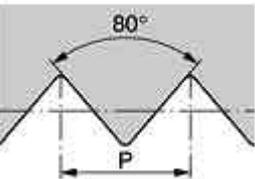
Kernlochformen / Bolzenform

Grundformen

Geometrie

- Form und Richtung der Spannuten
- Anschnitt
- Spanwinkel
- Freiwinkel

3.2. Gewindearten

M, MF, UNF/UNC	Whw. Whw-R (G),BSF	Trapez (DIN 103)	Self-Lock
			
Rund (DIN 405)	Sägen (DIN 513)	BA	Pg (DIN 40430)
			

3.3. Gewindevverfahren

- Gewindebohren / -schneiden
- Gewindeformen / -furchen / -drücken
- Gewindefräsen
- Gewindestrehlen
- Gewindewirbeln
- Gewindewalzen

3.4. Innengewinde

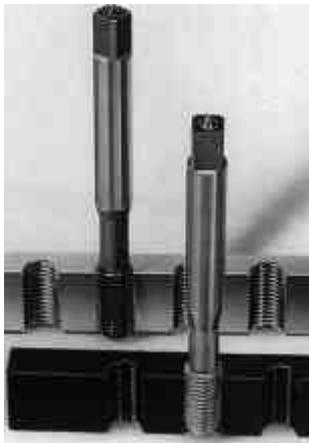
Gewinde-bohren / -schneiden



Verfahrens-merkmale

- Spanendes Verfahren
- Kontinuierlicher Schnitt
- Innenbearbeitung
- Materialabtrag durch stufen-förmiges Aufeinanderfolgen der Schneiden
=> „rotatorisches Räumverfahren“
- Geeignet für Werkstoffe mit HSS-E bis ca. 40 HRC mit Hartmetall bis ca. 60 HRC
- Schneidstoff meist HSS-E, aber auch Hartmetall

Gewinde-formen



- Spanloses Verfahren
- Stufenförmiger Umformprozess
- Innenbearbeitung
- Erzeugung der Gewindegkontur durch Verdrängung des Materials
- Geeignet für Werkstoffe mit einer Festigkeit bis ca. 1200 N/mm² und einer Bruchdehnung von min. 8%
- „Schneidstoff“ meist HSS-E, aber auch Hartmetall

Gewinde-fräsen



- Spanendes Verfahren
- Unterbrochener Schnitt
- Innen-und Außenbearbeitung
- Materialabtrag durch „räumlichen Komma-Span“
- Geeignet für Werkstoffe mit Hartmetall bis ca. 60 HRC
- Schneidstoff meist Hartmetall, aber auch HSS-E

3.5. Außengewinde

Gewinde-schneiden



Verfahrens-merkmale

- Spanendes Verfahren
- Kontinuierlicher Schnitt
- Außenbearbeitung
- Materialabtrag durch stufen-förmiges Aufeinanderfolgen der Schneiden
=> „rotatorisches Räumverfahren“
- Geeignet für Werkstoffe mit HSS-E bis ca. 1400 N/mm²
Schneidstoff meist HSS-E, aber auch Hartmetall möglich

Gewinde-fräsen



- Spanendes Verfahren
- Unterbrochener Schnitt
- Außen- und Innenbearbeitung
- Materialabtrag durch „räumlichen Komma-Span“
- Geeignet für Werkstoffe mit Hartmetall bis ca. 60 HRC
- Schneidstoff meist Hartmetall, aber auch HSS-E

Gewinde-walzen



- Spanloses Verfahren
- Stufenförmiger Umformprozess
- Außenbearbeitung
- Erzeugung der Gewindegewinde durch Verdrängung des Materials
- Werkstoffe mit einer Festigkeit bis ca. 1200 N/mm² und einer Bruchdehnung von min. 8%
- Walzenwerkstoff aus 1.2379 (auch HSS-E möglich)

4. Grundsätzliches zur Werkzeuggeometrie

4.1. Aktuelle Themen

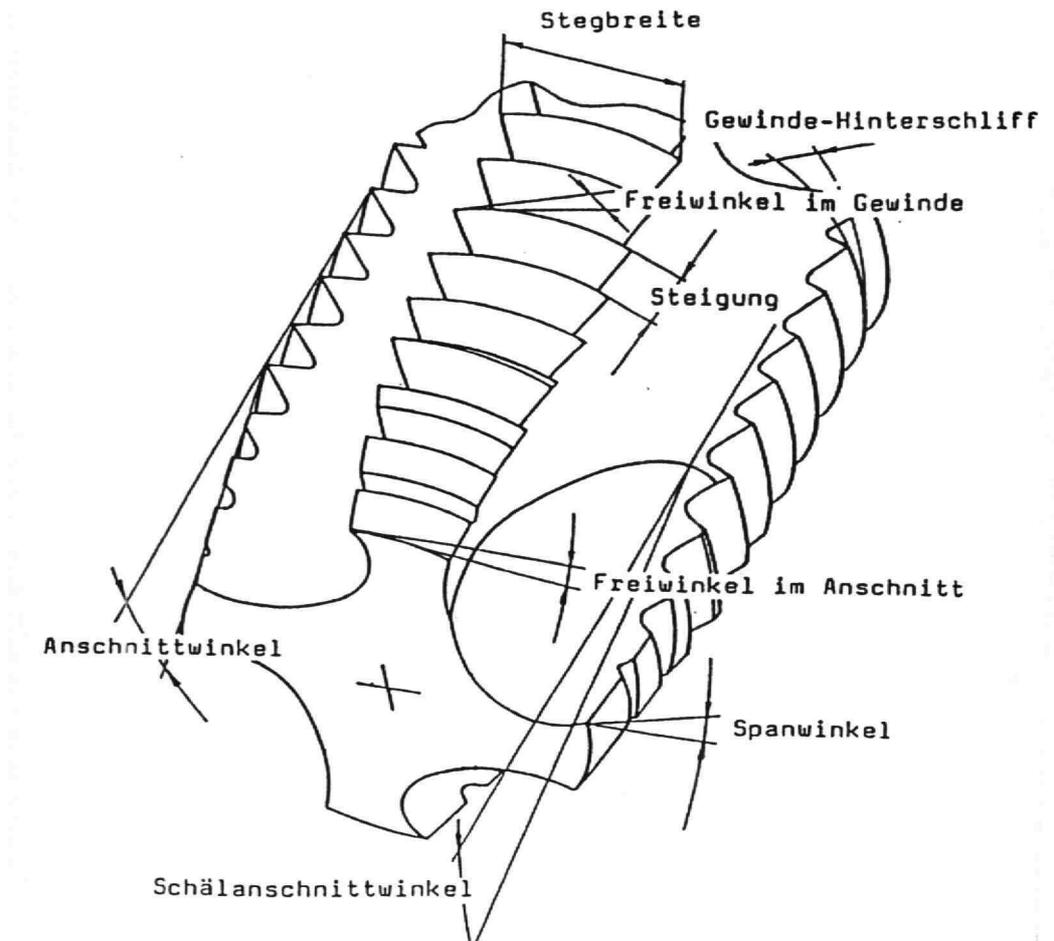
- 1) Begriffe der Schneidengeometrie, grafische Darstellung & Begriffe
- 2) Der Anschnitt / Bauform A
- 3) Bauformen B & C
- 4) Bauformen D & E
- 5) Die Flanken / Zähne der Schneidwerkzeuge
- 6) Der Hinterschliff
- 7) Die Gewinde-Nutenformen

4.2. Geplante Themen

- 8) Der Schälanschnitt
- 9) Die Auswahl des richtigen Gewindebohrers
- 10) Unterschied der Wzg. DG und GL
- 11) Einfluß Material und Bauform der Wzg.
- 12) Einfluß der Festigkeiten & Bruchdehnung von Materialien in der Bearbeitung
und der zu verwendeten Wzg.
- 13) Diplomarbeiten zum Gewindeschneiden & -formen
- 14) Drehmoment

5. Begriffe der Schneidengeometrie

5.1. Grafische Darstellung & Begriffe



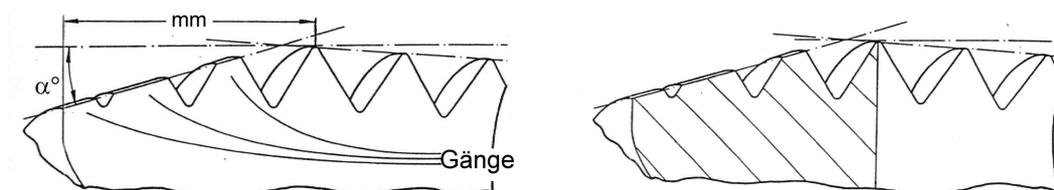
Steigung
An schnittwinkel
Schälanschnittwinkel
Spanwinkel
Freiwinkel im Anschnitt
Freiwinkel im Gewinde
Hinterschliff
Stegbreite

abhängig zur Gewindegröße
Bauform A - E

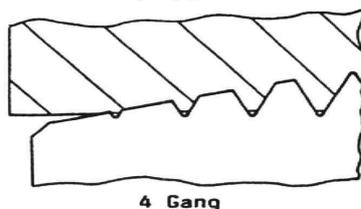
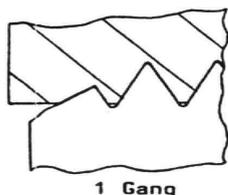
Informationen & praktische Anwendungs-Tipps

5.2. Der Anschnitt

Die Anschnittgeometrie entscheidet für welche Anwendung das Werkzeug geeignet ist und beeinflusst maßgeblich die Standzeit des Gewindewerkzeuges.

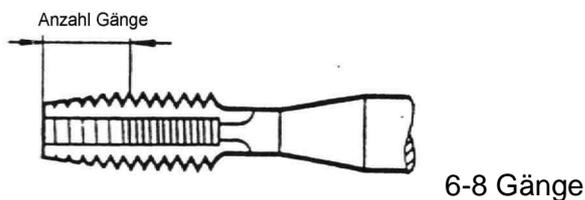


Die Zerspanung wird durch die Anzahl der Anschnittzähne abgetragen und beeinflusst die Lehrenhaltigkeit und die Verteilung/Belastung des Drehmomentes auf des Werkzeug und dessen Lebensdauer/Standzeit. Ein hohes Drehmoment bedeutet auch ein größere Bruchgefahr.



	1 Gang	4 Gang
Drehmoment	gering	groß
Gewindequalität	niedrig	gut
Spanart	dick/stark	dünn/schwach
Last auf Anschnitt	sehr groß	gering

Die Anschnittform und -Länge ist genormt. Nach DIN 2187 unterscheidet man die Bauformen A bis E nach den verschiedenen Anschnitt-Gängen



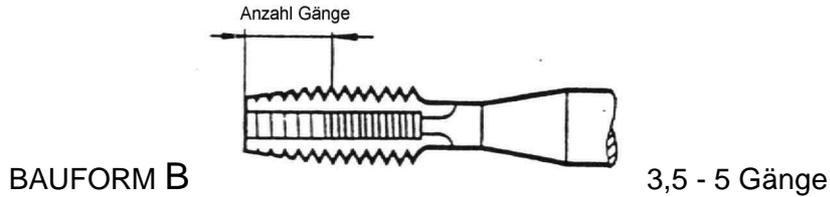
Merkmale	saubere Flankenoberfläche/gute Qualität
Einsatz	hohe Rundlaufgenauigkeit/Fluchtigkeit nötig kurze Durchgangslöcher



Nicht für tiefe Durchgangsbohrungen verwenden.
Geringe Standzeit / Bruchgefahr

Informationen & praktische Anwendungs-Tipps

5.3. Bauformen B und C



Merkmale

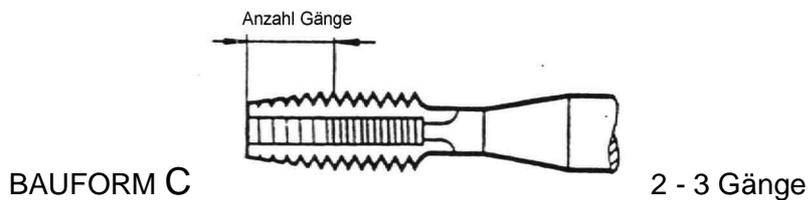
zusätzlicher Schälanschnitt, guter Spanbeförderung
geringe Nutenverstopfung

Einsatz

Standard Durchgangsgewindewerkzeug



Für zähe Werkstoffe
Auch geeignet für tiefgebohrte Grundlöcher



Merkmale

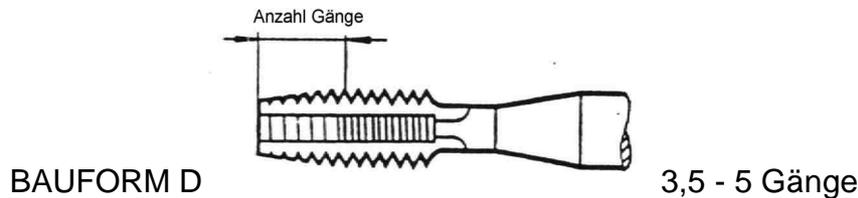
Standard für Grundlochgewinde mit kurzem
Gewindeauslauf

Einsatz

Grundlochgewindewerkzeug



5.4. Bauformen D und E



Merkmale

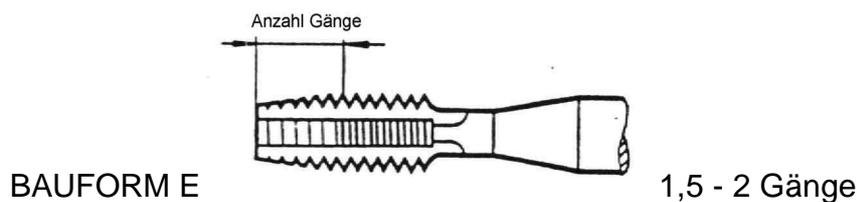
Mittelschneider für Handgewindewerkzeuge

Einsatz

tip



Als Maschinengewindewerkzeug nur als Ausnahme für Durchgang- oder tiefgebohrte Grundgewinde



Merkmale

Nur für kurze Grundlochgewinde

Sehr großes Zerspanvolumen/hohes Drehmoment

Einsatz

Grundlochgewindewerkzeug für sehr zähe Werkstoffe

5.5. Zusammenfassung:

Für Durchgangsgewinde wird allgemein die Bauform B verwendet

Für Grundgewinde wird allgemein die Bauform C verwendet

Für spezielle Anwendungen finden die Bauformen A / D und E Verwendung

tip

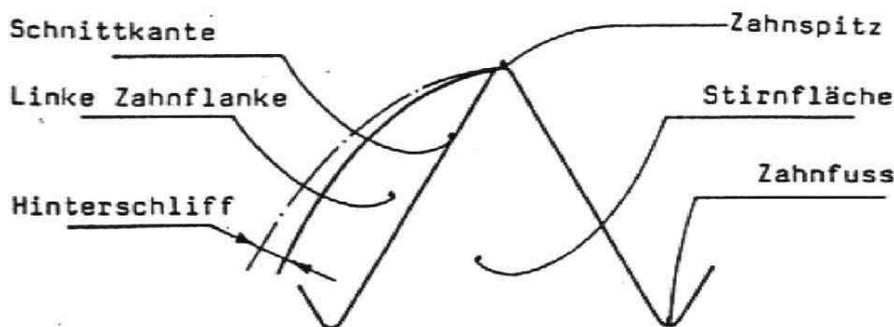


Mit den Gewindefertigungsautomaten von microtap finden Sie wie ein Spezialist selbst heraus, wann diese Werkzeuge einen Vorteil in der Qualität und Lehrenhaltigkeit sowie der Standzeit haben.

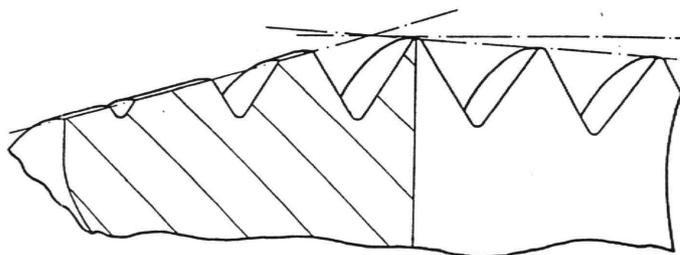
5.6. Der Zahn

Der Zahn eines Gewindewerkzeuges definiert sich durch die Stirnfläche und seinen beiden Zahnflanken.

Die Breite eines Zahn nennt man die Stegbreite.



Grundsätzlich unterscheidet man den Anschnitt „vor“ dem Zahn und „nach“ dem Zahn. Der Zahn vor dem Anschnitt zentriert die Kernbohrung während des Schneidens. Die Zähne nach dem Anschnitt dienen allein zur Führung und verjüngen sich in der Regel gegen den Schaft um unnötige Reibmomente und Spanklemmer zu vermeiden.

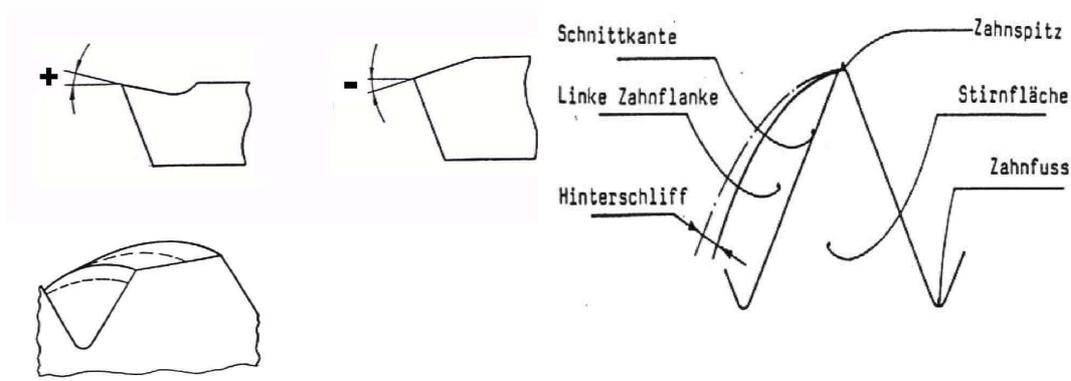


5.7. Der Hinterschliff

Die Raffinesse des Hinterschliffs beim Anschnitt unterscheidet sich grundsätzlich vom Hinterschliff der Zähne im Gewinde, die allein zur Stabilisierung und Führung dienen.

DER HINTERSCHLIFF der Anschnittgeometrie

Spiralgenutete Werkzeuge für Grundlochgewinde haben an der linken Flanke einen starken positiven Schnittwinkel, während die rechte Flanke folgerichtig eine negative Schnittkante aufweisen. Das bedeutet in der PRAXIS oft keine sauberen Oberflächen und geringe Standzeiten.



Für Grundlochgewindewerkzeuge werden die Anschnittzähne hinterschliffen, um eine optimale Spanabfuhr zu ermöglichen.

Die Raffinesse der Werkzeughersteller liegt nur darin, zwei völlig verschiedene Hinterschliffe anzuwenden. Den sogenannten Profilhinterschliff oder den Flankenhinterschliff. Manchmal sogar eine Kombination von beiden Verfahren.

DER HINTERSCHLIFF im Gewinde

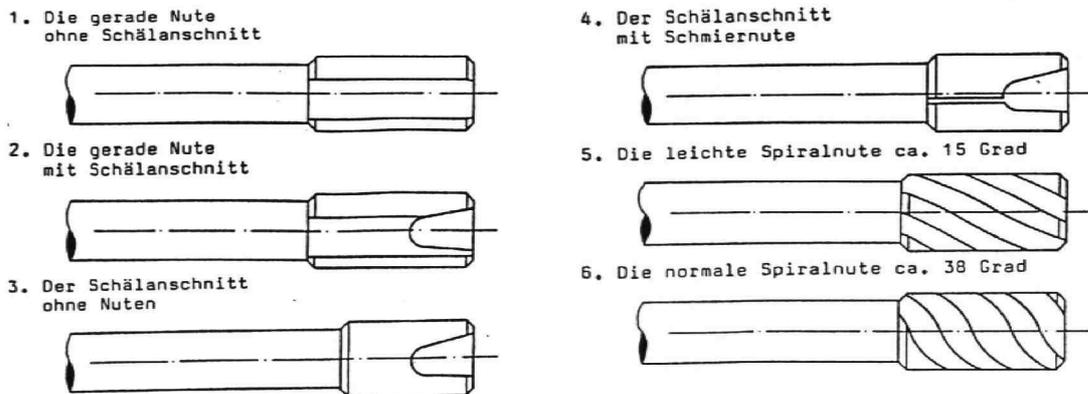
hat die enorm wichtige Aufgabe die Reibung der Führungszähne zu minimieren. Abhängig vom Zahnhinterschliff, die linke wie die rechte Flanke betreffend, sind die speziell ausgeführten/bearbeitenden Werkzeuge für die zu bearbeitenden Werkstoffe und deren Bruchdehnung und Zerspanbarkeit entscheidend.

Man UNTERSCHIEDET im wesentlichen 3 Arten des Hinterschliffes

- Hinterschliff klein Einsatz: Werkstoffe mittelfester Legierungen
- Hinterschliff groß Einsatz: Werkstoffe hochlegiert und hochfest
sowie dünnwandig und mit hoher Bruchdehnung
- Hinterschliff zylindrisch Einsatz: Werkstoffe mit geringer Bruchdehnung
und guten Zerspaneigenschaften sowie
nicht schmierende Werkstoffe

5.8. Die Gewinde-Nuten

Grundsätzlich spricht man von 5 verschiedenen Nutenformen



Dabei werden zwei Nutenarten unterschieden

- 1) **Die Nutenform als Spanabführnut**
- 2) Der Span rollt in der Nut ab. Um den Widerstand der Spanabfuhr zu verringern, werden die Nuten abgerundet. Bei tiefgeschliffenen Nuten werden die Späne gut abgeführt. Der dadurch geringere Seelendurchmesser schwächt das Bruchmoment des Werkzeuges beträchtlich. Viele Hersteller wenden diese Praxis bei Durchgangsgewindewerkzeugen ohne Schälanschnitt an, aber auch bei Grundlochgewindewerkzeugen mit kleinen Spiralnuten bei kleinen Gewindegrößen.

tip Grundlochgewindewerkzeuge mit tiefen Spannuten führen den Span sauber ab und benötigen im Schnitt ein geringeres Schneid-Drehmoment bei besserer Gewindeoberfläche und -güte. Da das Schneidmoment geringer ist, muß das Drehmoment des Antriebes bei einem geringeren Wert begrenzt werden, da das Bruchmoment des Werkzeuges niedriger ist als bei vergleichsweise nicht so tief geschliffenen Spiralnuten.

Die Hauptanwendung dieser Werkzeuge liegt bei Grundlochtiefen $< 2 \times D$

- 3) **Die Nutenform als Kühlmittelkanal bei Umlaufschmierung**
Der Schälanschnitt befördert die Späne nach vorne in die Schneidrichtung. Die Nuten bleiben spanfrei und ermöglichen eine gute Kühlschmierung bei gerade genuteten Nuten mit Schälanschnitt.

Die Nutenanzahl bei Grundlochgewindewerkzeugen beeinflusst die Güte des Gewindes. Muß bis zum Grund geschnitten werden, wird ein kurzer Anschnitt gewählt. Vermehrt man die Schnittkanten, wird die Spandicke verringert und der Spanabfluß erleichtert. Unter Verwendung der richtigen Schnittgeschwindigkeit und Schierkühlung, können Spanklemmer vermieden werden.

6. Grundsätzliches zum Gewinde-formen auch Gewinde-furchen oder -drücken genannt

6.1. Verfahrensmerkmale

- Spanloses Verfahren
- Stufenförmiger Umformprozess
- Innenbearbeitung
- Erzeugung der Gewindekontur durch Verdrängung des Materials
- „Schneidstoff“ meist HSS-E, aber auch Hartmetall

6.2. Voraussetzungen

- Werkstoffe mit einer Festigkeit bis ca. 1200 N/mm² und einer Bruchdehnung von min. 8%
- Bei der Bearbeitung mit Zwandvorschub / Leitpatrone ist in der Regel ein axiales Ausgleichsfutter erforderlich

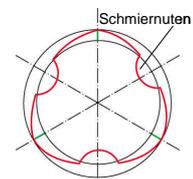
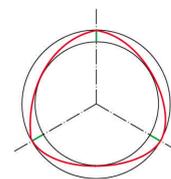
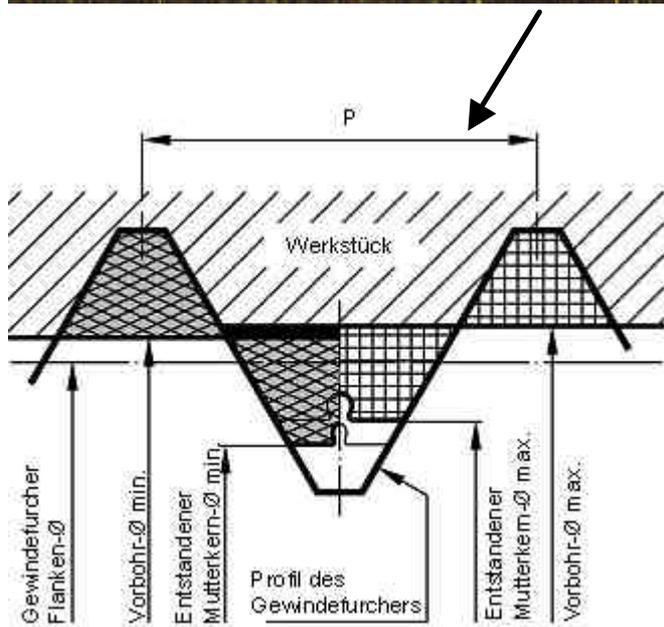
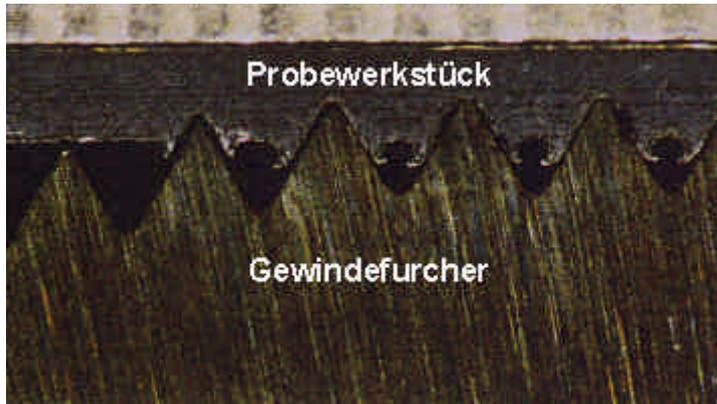
6.3. Vorteile

- Keine Spanprobleme
- Für größere Gewindetiefen geeignet
- Hohe Oberflächenqualität
- Einsatz auf einfachen Maschinen möglich, auch auf Mehrspindelmaschinen
- Hohe „Umfangsgeschwindigkeiten“ möglich
- Erhöhte statische und dynamische Festigkeit des Gewindes
- Kein axiales „Verschneiden“ der Gewinde
- Kein Materialverlust
- Größere Werkzeugbruchsicherheit
- Hohe Standwerte
- Der Mutterkerndurchmesser ist nach DIN 13-50 größer toleriert

6.4. Zu beachten

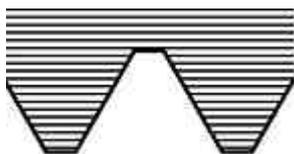
- Gratbildung an der Formfalte
- Größerer Vorbohrdurchmesser als beim Gewindebohren erforderlich
- Genaue Kernlochbohrung einhalten
- Drehmoment höher als beim Gewindebohren
- Meist ist ein hochwertiger Schmierstoff erforderlich
- Materialaufwurf an Ein- und Auslauf des Gewindes
- Kein Nachschärfen möglich

6.5. Prinzip des Gewindefurchens

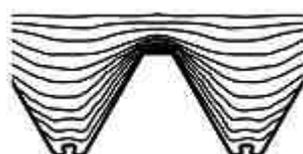


Querschnittprofil eines Gewindefurchers

6.6. Vergleich / Unterschied



Faserverlauf beim Gewinde-schneiden

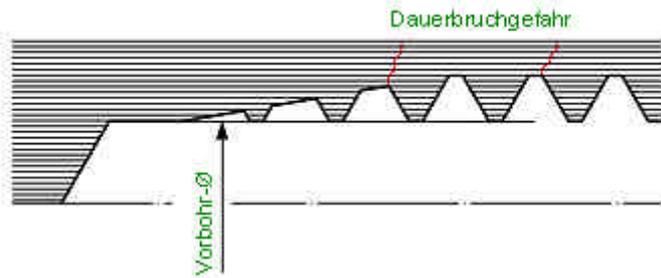


Faserverlauf beim Gewinde-formen

6.6.2. Vorteile Gewindeformer

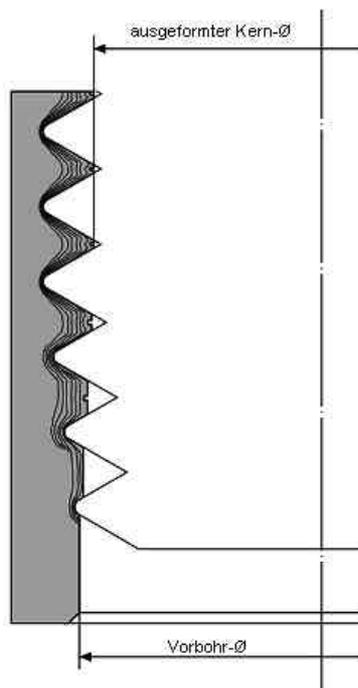
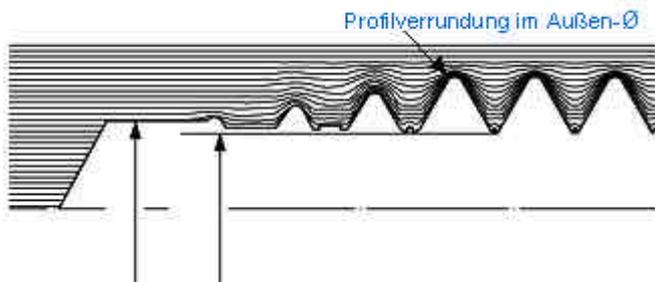
Geschnittenes Gewindeprofil

Geschnittenes Gewindeprofil:

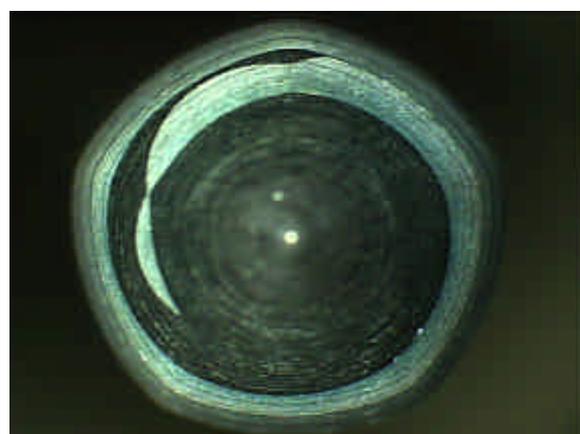
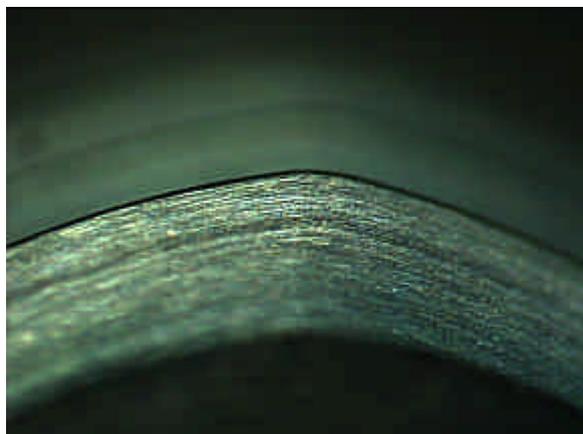
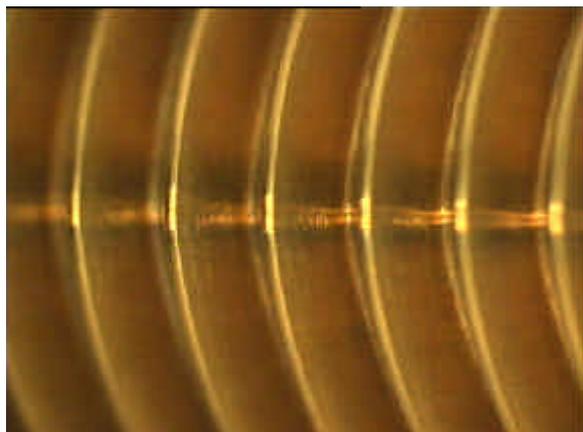


Geformtes Gewindeprofil

Gefurchtes Gewindeprofil:



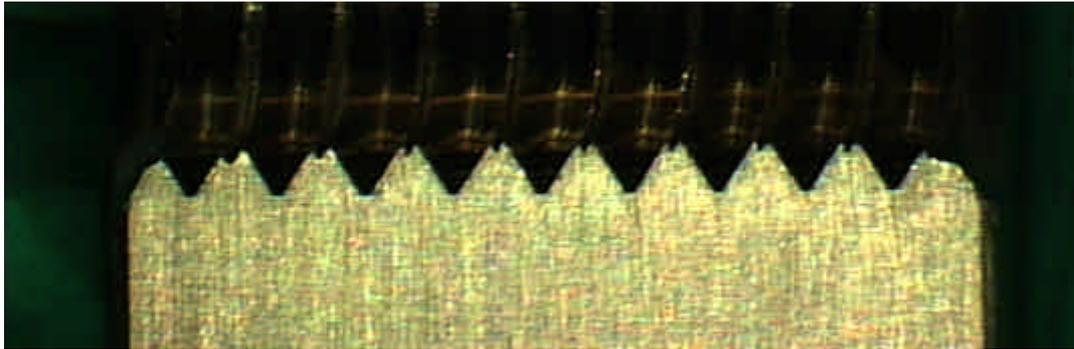
6.7. Polygonform und Ausbildung der geformten Gewindeflanken / - Stege



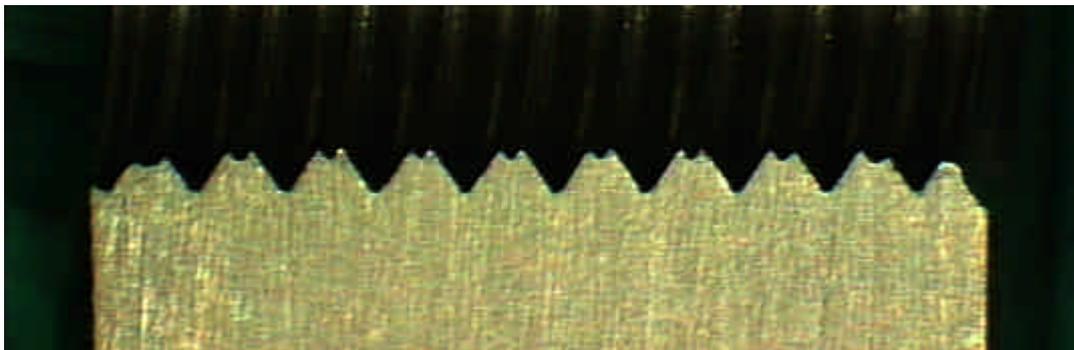
Informationen & praktische Anwendungs-Tipps

6.8. Auswirkungen & Einflüsse der Toleranzen des Vorbohrkerndurchmessers

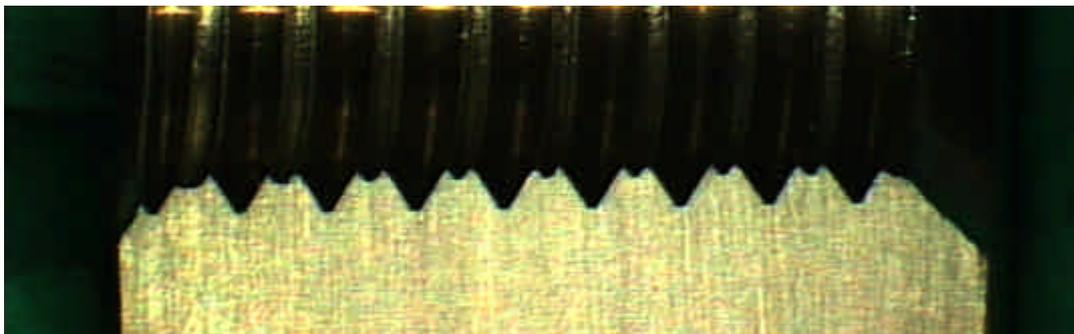
Werkstoff	1.4571	Abmessung	M10
Vorbohr- \varnothing	9,25	Kern- \varnothing n. d. Formen	8,42
Drehmoment	2670 Ncm	Kern- \varnothing -Toleranz	8,376 / 8,75



Werkstoff	1.4571	Abmessung	M10
Vorbohr- \varnothing	9,30	Kern- \varnothing n. d. Formen	8,52
Drehmoment	2000 Ncm	Kern- \varnothing -Toleranz	8,376 / 8,75



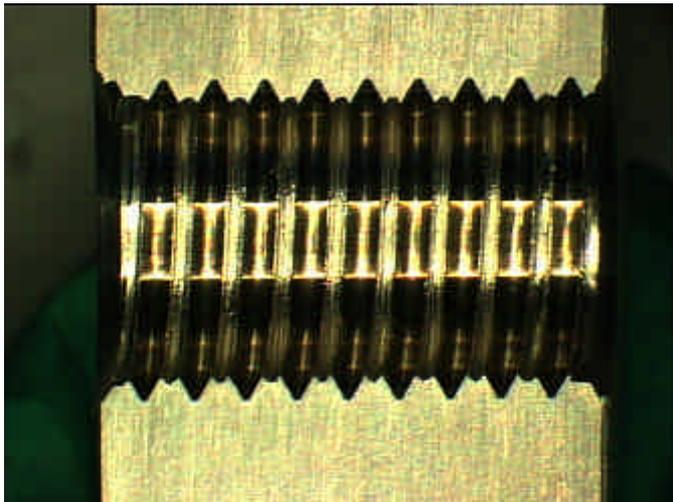
Werkstoff	1.4571	Abmessung	M10
Vorbohr- \varnothing	9,35	Kern- \varnothing n. d. Formen	8,52
Drehmoment	1670 Ncm	Kern- \varnothing -Toleranz	8,376 / 8,75



6.9. Auswirkungen der Vorbohrdurchmesser

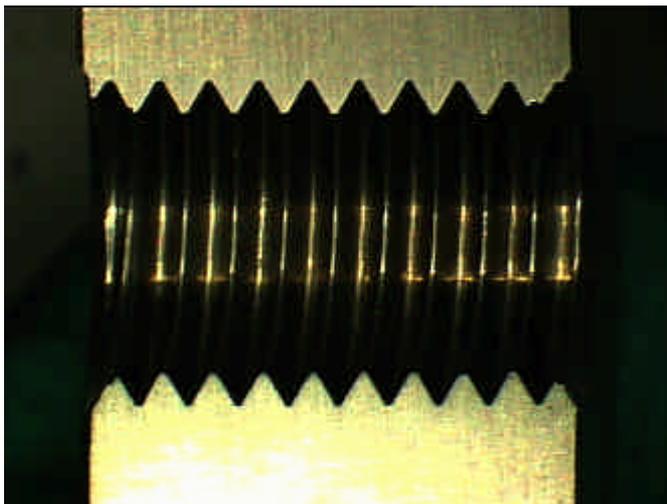
Nicht voll „ausgeformtes“ Gewindeprofil und „überformtes“ Profil

Werkstoff 1.4571 / M10



Vorbohrø: 9,40mm
Ist-Kernø n. d. Formen 8,82mm
Soll-Kernø (DIN13 T.50) 8,376-8,750

- **Gewindeprofil nicht voll ausgeformt**
- Kernloch-Auschußlehndorn lässt sich einführen
- Drehmoment: 1500 Ncm



Vorbohrø: 9,10mm
Ist-Kernø n. d. Formen 8,15mm
Soll-Kernø (DIN13 T.50) 8,376-8,750

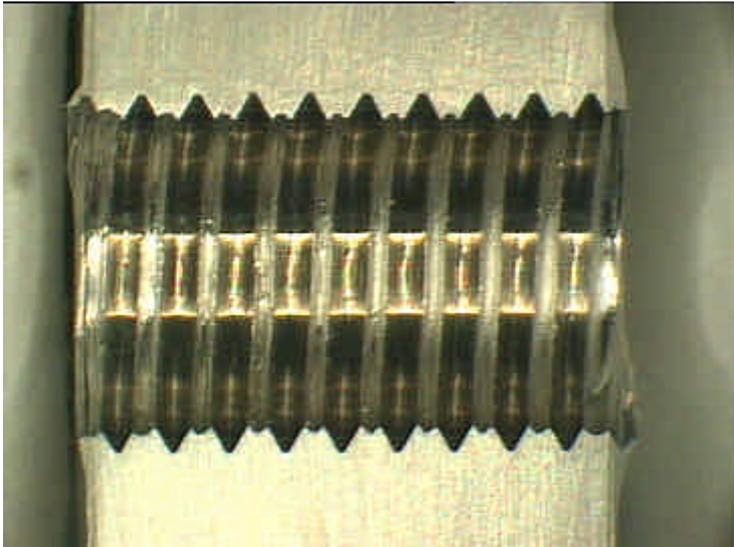
- **Gewindeprofil ist „überformt“**
- Kernø zu klein; Gew.-Gut-Lehrdorn lässt sich nicht eindrehen
- Drehmoment: 4950 Ncm

Informationen & praktische Anwendungs-Tipps

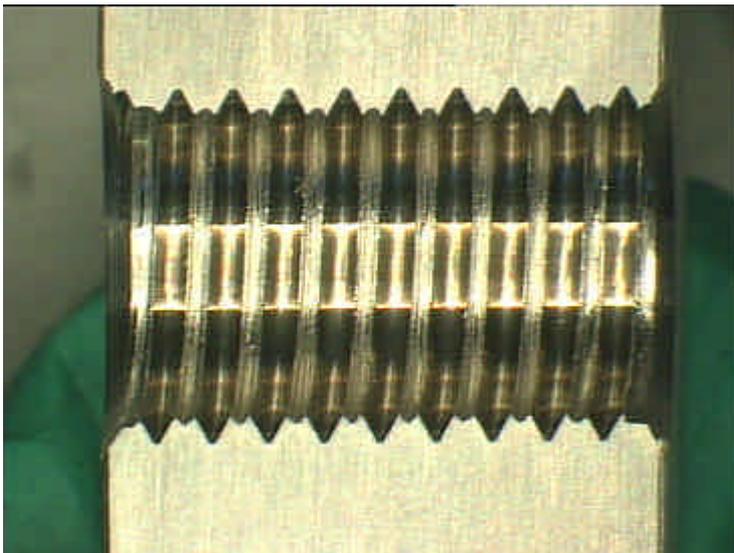
6.10. Grataufwurf beim Gewindeformen

Einfluß der Gewindeschutzsenkung beim Gewindeformen

Nicht angesenktes Bauteil mit Grataufwurf beim Gewinde-Ein-Auslauf



Angesenktes Bauteil – kein Grataufwurf



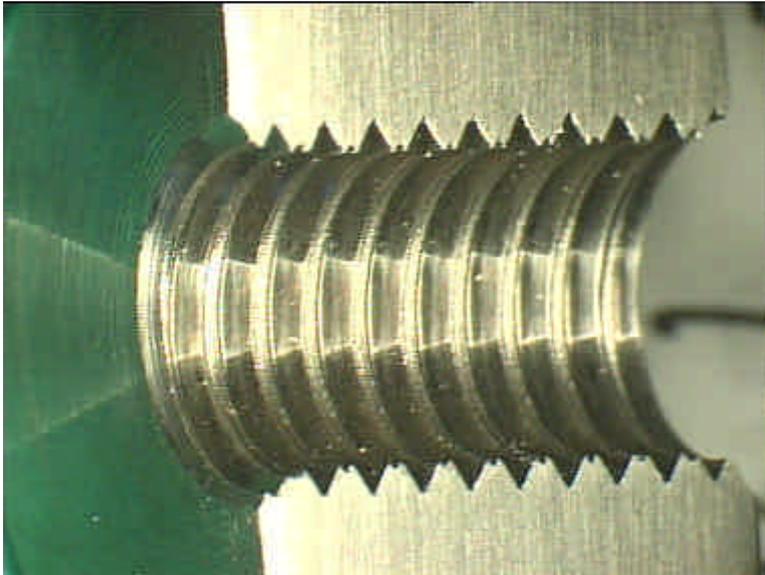
Informationen & praktische Anwendungs-Tipps

6.11. Gewindequalität eines geformten Gewindes

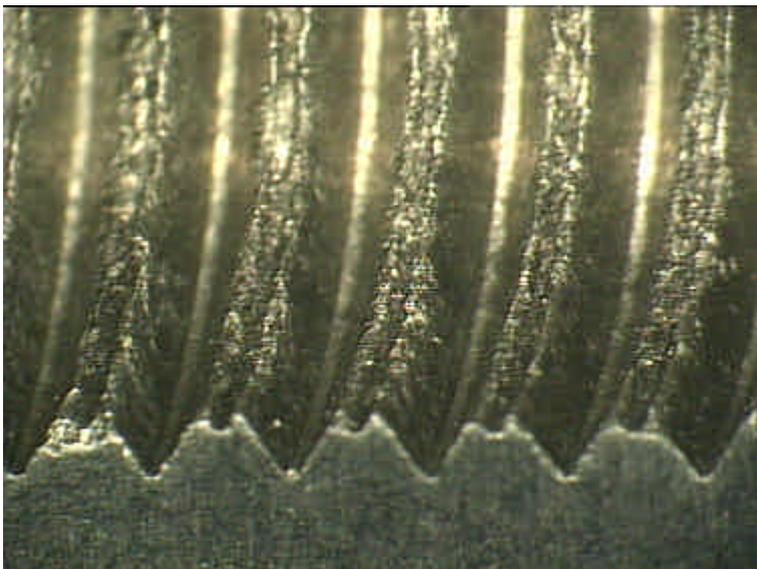
Welche Materialien eignen sich zum Gewindeformen?

Werkstoffe mit einer Festigkeit bis ca. 1200 N/mm² und einer Bruchdehnung von min. 8%

Material 1.4571 - Werkstoff gut fließbar



Material GG30 - Werkstoff nicht fließfähig



7. Oberflächenbehandlungen / Oberflächenbeschichtungen

7.1. Ziele der Oberflächenbehandlung

- Steigerung der Abrieb- / Verschleißfestigkeit
- Verringerung der Reibung in der Kontaktzone Werkzeug/Werkstückmaterial
- Verringerung des Wärmeleitfähigkeit zwischen Werkzeug/Werkstückmaterial
- hohe chemische Stabilität der Werkzeugschneide

Dadurch ergeben sich folgende Möglichkeiten

- Erhöhung der Werkzeugstandzeiten
- Erhöhung der Schnitt- bzw. Umformgeschwindigkeit



Vorteile haben auch Nachteile

- Bei geringsten Verletzungen der Beschichtung ergeben sich erhöhte Bildung von Aufbauschneiden
- und dadurch deutlich verringerte Standzeiten sowie Qualitätseinbußen in der Lehrenhaltigkeit
- Die Mehrkosten von beschichteten Werkzeugen lassen sich oft durch den optimalen Einsatz von geeigneten Schmierkühlstoffen und stetiger Minimalzuführung erheblich einschränken

7.2. Verfahren der Oberflächenbehandlungen & -beschichtungen

Ne Neutralisieren

Durch das Neutralisieren wird ein Schutz der Oberfläche gegen Kaltpressschweißungen erreicht. Die Schneidkanten erhalten dabei eine kaum messbare Kantenverrundung.

Ne2 Dampfanlassen oder Oxidieren

In einer Kammer wird den Werkzeugen Wasserdampf zugeführt. Dadurch bildet sich auf der Werkzeugoberfläche eine Oxidschicht (gleichmäßig schwarz). Diese Oxidschicht bewirkt einen Schutz der Oberfläche. Sie wird ein guter Träger von Schmierstoffen. Kaltschweißungen, wie sie besonders mit kohlenstoffarmen, weichen Stählen auftreten, werden vermieden.

NT Nitrieren

Durch Stickstoffzufuhr im Teniferbad, unter Verwendung entsprechender Salze, erhält die Oberfläche im Bereich von ca. 0,03 bis 0,05 mm eine Härte von 1000 – 1250 HV-Einheiten. Da die Oberfläche sehr hart und spröde wird, eignen sich nitrierte Werkzeuge nur bedingt für Grundlochgewinde bzw. im Umkehrschnitt. In abrasiven Werkstoffen, wie Grauguss, Sphäroguss, Alu-Guss sowie auch Duroplaste wird der Standweg entscheidend erhöht.

NT2 Nitrieren + Dampfanlassen (Homodampfbeschichten)

Die Oberfläche der Werkzeuge wird zunächst nitriert und anschließend dampfangelassen (NT + Ne2).

Cr Hartverchromen

Die Hartchromschicht erreicht eine Härte von 1200 bis 1400 HV-Einheiten. Sie zeigt hervorragende Gleiteigenschaften. Die Schichtdicke beträgt 2 - 4 µm. Vor allem in Buntmetallen und Thermoplasten erreicht man Verbesserungen der Standwerte. Nicht zu empfehlen ist der Einsatz in Stahlwerkstoffen. Hier werden beim Zerspanungsvorgang Temperaturen von 250°C sehr oft überschritten. Eine Haftung der Hartchromschicht ist dann nicht mehr gewährleistet.

CrN Chromnitrid (silber-grau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken bis ca. 6 µm erreicht. Die Härte beträgt hier ca. 1750 HV. Die CrN-Schicht bleibt bis 700°C beständig. Gerade wenn neben Abriebfestigkeit auch Korrosionsbeständigkeit gefragt ist, stellt die CrN-Beschichtung die geeignete Lösung dar.

Informationen & praktische Anwendungs-Tipps

TiN **Titannitrid** (goldgelb)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von 2 - 4 µm erreicht. Die Härte von ca. 2300 HV, gute Gleiteigenschaften und Schichthaftung bringen erhebliche Standwertverbesserungen. Diese TiN-Monolayer-Schicht bleibt bis ca. 600°C beständig.

TiN-T1 **Titannitrid** (goldgelb)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von 2 - 4 µm erreicht. Die Härte von ca. 3000 HV wird durch den mehrlagigen Schichtaufbau erreicht.

TiCN **Titancarbonitrid** (blau-grau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von 2 - 4 µm erreicht. Die Härte beträgt hier ca. 3000 HV. Die TiCN-Schicht bleibt nur bis ca. 400°C beständig.

TiAlN-T3 **Titanaluminiumnitrid** (violett-grau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden hierbei Schichtdicken von ca. 2 - 4 µm erreicht. Die Härte beträgt ca. 3500 HV. Die TiAlN-T3-Monolayer-Schicht bleibt bis 800°C beständig. Der hohe Härtegrad und die hohe Oxidationsbeständigkeit sorgen dafür, dass TiAlN-T3 bei besonders „harten“ Einsatzbedingungen gewählt wird. Diese Schicht ist nur für HM-Werkzeuge geeignet.

TiAlN-T4 **Titanaluminiumnitrid** (violett-grau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von ca. 2 - 4 µm erreicht. Die nanostrukturierte TiAlN-T4-Schicht bleibt bis 800°C beständig und kann auf HSS-E und HM aufgetragen werden.

GLT-1 **Hartstoffschicht mit Gleitstoffschicht** (dunkelgrau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von 2 - 4 µm erreicht. Die Kombination einer Hartstoffschicht mit einer Gleitstoffschicht bringt entscheidende Standwertvorteile im reinen Trockenschnitt bei GG-Bearbeitung. Auch im Einsatz mit Schmierstoffen kann der Spanfluss positiv beeinflusst werden.

Informationen & praktische Anwendungs-Tipps

7.3. Physikalische Eigenschaften der Hartstoffschichten

<u>Leistungsmerkmale</u>	<u>TiN</u>	<u>TiN-T1</u>	<u>TiCN</u>	<u>TiAlN-T3</u>
Mikrohärte – HV 0.05	2300	3000	3000	3500
Reibungskoeffizient	0,4	0,4	0,4	0,4
Einsatztemperatur – °C	< 600	< 400	< 400	< 800
Schichttyp	PVD	PVD	PVD	PVD
Schichtaufbau – Lagen	Monolayer	mehrlagig	mehrlagig	Monolayer
Schichtstärke – µm	2- 4	2- 4	2- 4	2- 4
Farbe	gold-gelb	gold-gelb	blau-grau	violett-grau

<u>Leistungsmerkmale</u>	<u>TiAlN-T4</u>	<u>CrN</u>	<u>GLT-1</u>
Mikrohärte – HV 0.05	3000	1750	3000
Reibungskoeffizient	0,4	0,5	0,2
Einsatztemperatur – °C	< 800	< 700	< 800
Schichttyp	PVD	PVD	PVD
Schichtaufbau – Lagen	nanostrukturiert	Monolayer	nanostrukturiert
Schichtstärke – µm	2- 4	2- 6	2- 4
Farbe	violett-grau	silber-grau	dunkel-grau

8. Schmierkühlmittel

8.1. PVD – Physical Vapor Deposition

Dem Schmier-Kühl-Stoffenmittel wird im Allgemeinen zu wenig Bedeutung geschenkt.

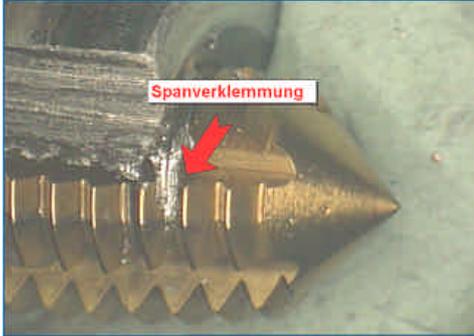
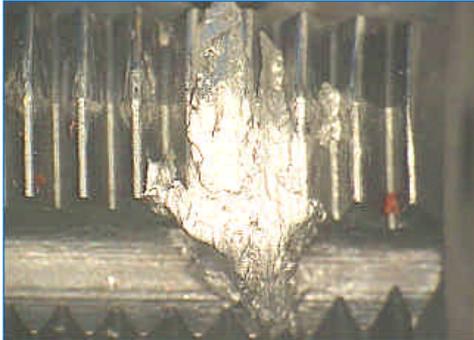
Um vom Werkzeug die volle Leistung zu erhalten, muss das richtige Schmier- oder Kühlmedium eingesetzt werden

In der Regel wird zwischen Emulsionen und Schneid- & Umform-Ölen unterschieden. Die gesetzlichen Vorschriften erlauben zudem vermehrt nur noch den Einsatz von sog. chlorfreien Medien „clf“.

8.2. Übersicht der verschiedenen Standardöle in Abhängigkeit zum Werkstoff

Standard-Schneidöle	Werkstoffe
A	für un- und niedriglegierte Stähle (wie St 37, Automatenstähle etc.)
B	für Grau-, Sphäro- und Meehaniteguss, Sowie für Stähle bis 900 N/mm ² Zugfestigkeit,
C Wassermischbare Öle	als Emulsion meist mit Mischverhältnis 1:8 verwendbar auch zum Gewindefurchen geeignet
D	für Leicht- und Buntmetalle und deren Legierungen
E	für zähe und schwer zerspanbare Werkstoffe meist auch zum Gewindeformen hervorragend geeignet
F Schneidpasten oft mit Grafit vermischt	zur Pinsel- oder Direkt-schmierung für zähe und schwer zerspanbare Werkstoffe bei horizontaler Bearbeitung & großen Abmessungen zum Gewindeformen hervorragend geeignet

9. Probleme der Gewindeherstellung

Spanverklebung	
Kaltpressverschweissung beim Gewindeformer (Al)	 Hinterschliff zu klein
Überformung	
Kaltverschweissung	

10. Das Drehmoment

Die Kenntnis des Drehmomentverlaufs einer Arbeitsmaschine in Abhängigkeit von der Zeit bzw. der Drehzahl ist die entscheidende Grundlage für die sichere und gleichzeitig wirtschaftliche Bemessung eines Antriebs.

Aufgrund der Wirkung von Massenträgheiten der einzelnen Antriebsstrangkomponenten ist die einzige Möglichkeit, den Drehmomentverlauf exakt zu erfassen, die Messung des Drehmoments im Antriebsstrang. Mit der Drehzahl und dem mathematischen Zusammenhang $P = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$ erhält man die Leistung.

Das über eine Welle übertragene Drehmoment führt zu einer meßbaren Verdrehung der Welle. Diese Verdrehung läßt sich durch Messung der Dehnung an der Wellenoberfläche in Hauptspannungsrichtung erfassen. Dazu werden Dehnmeßstreifen (DMS) in Hauptspannungsrichtung an einem zugänglichen Wellenabschnitt appliziert (Bild 1). Kalibriert werden die Meßstellen meist elektrisch mit einer Maßverkörperung (Präzisionswiderstand) oder mechanisch durch ein definiertes Moment.

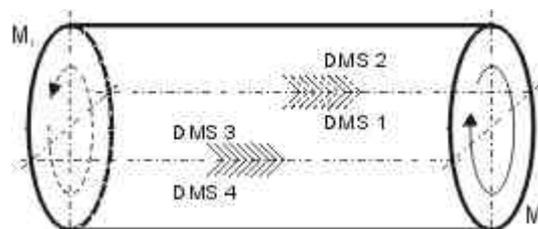


Bild 1: DMS-Anordnung

Wenn Drehmomentmeßstellen an rotierenden Teilen positioniert werden, erfolgt die Meßwertübertragung und Spannungsversorgung kontaktlos über eine Telemetrie. Zudem bietet die Telemetrie die Möglichkeit der elektronischen Fernkalibrierung der Meßstelle.

Voraussetzungen für die Erfassung des Drehmoments über DMS sind die Zugänglichkeit der Oberfläche eines homogenen Wellenabschnitts und ein Anlagenstillstand für die Dauer der Installation. Falls die Möglichkeit der mechanischen Kalibrierung besteht, ist es möglich, auch Meßpunkte im Antriebsstrang zu nutzen, an denen Wellenhomogenität nicht gegeben ist. Für die Antenne und den Empfänger der Telemetrie ist außerdem ein frei zugänglicher Wellenabschnitt in unmittelbarer Meßstellennähe notwendig.

(Die Ergebnisse der Messungen werden protokolliert. Sie werden vor Ort zunächst gespeichert. Im Büro können sie in einen Bericht eingebunden oder als Datenfile auf Wechselmedien dem Kunden zur Verfügung gestellt werden.)