



APP für die Metallpraxis einfach selbst gemacht

Schnittdaten via Excel zuverlässig und rasch berechnen

Wer einen Beruf aus der Welt der Zerspanungstechnik ergreift, muss viele Formeln beherrschen, um mit den richtigen Maschinenparametern das jeweilige Material optimal zu bearbeiten. Natürlich gibt es elektronische Helfer, wie etwa Taschenrechner, die derartige Berechnungen erleichtern, doch ist das Eintippen der notwendigen Zahlen oft zeitraubend und mitunter fehlerbehaftet. Besser sind APPs geeignet, wie sie für Apples iPad angeboten werden. Doch warum sich so ein Software-Helferlein nicht selbst erstellen und nebenbei viel Lernen, was eine Tabellenkalkulation bietet?

Nachdem Apple mit seinen Geräten wie iPhone und iPad die Welt der Computer aufgewirbelt hat, schicken sich die darauf laufenden Programme, APP genannt, an, auch die Software-Welt zu verändern. Mittlerweile gibt es Programme für diese Gerätegattung, die dem Zerspanungsfachmann mühseliges, da manuelles Rechnen abnehmen, um etwa die Drehzahl oder den Leistungsbedarf der Maschine berechnen.

Zweifellos sind diese Programme nützlich, doch sollten gerade Jung-Facharbeiter sich nicht scheuen, derartige Sachen selbst zu verwirklichen.

Schließlich sind gerade Tabellenkalkulationsprogramme dafür besonders geeignet und zudem etwa in Form von Open-Office et cetera kostenlos zu beziehen, was Azubis Geldbeutel dankbar vermerkt.

Drehzahl, Vorschub & Co.

Solche Projekte werden am sinnvollsten Schritt für Schritt realisiert, schließlich hat auch die Erschaffung der Welt sieben Tage gedauert.

Es bietet sich an, zunächst von der Tabellenkalkulation die Drehzahl und den Vorschub eines Fräasers berechnen zu lassen. Es werden also zunächst in

Feldern, die idealerweise untereinanderstehen, die entsprechenden Bezeichnung eingetragen: Durchmesser, Schnittgeschwindigkeit, Vorschub pro Zahn und Zähnezahzahl des Fräasers.

	A	B
1	Durchmesser d	30 mm
2	Schnittgeschw. Vc	22 m/min
3	Vorschub pro Zahn fz	0,18 mm/U
4	Schneidenzahl z	8

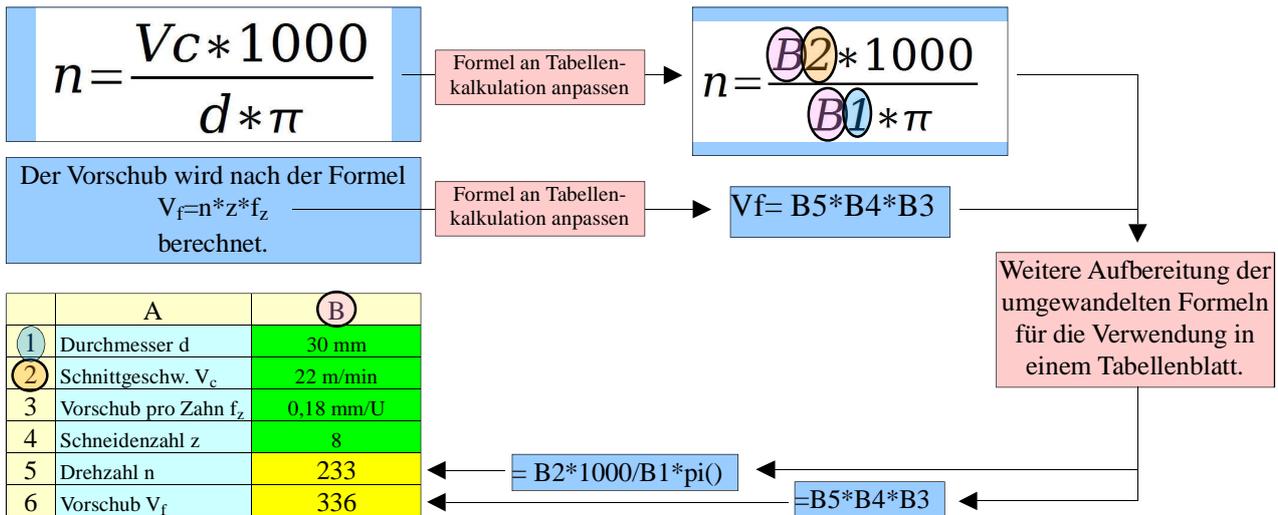
Diese Angaben kann man selbst ermitteln (Schnittgeschwindigkeit, Schneidenzahl) oder findet die gesuchten Werte in einem Tabellenbuch beziehungsweise den Unterlagen des Fräserherstellers.

Die erläuternden Benennungen wie „mm“ oder „m/min“ dürfen natürlich nicht im Klartext neben die Zahl geschrieben werden, da sonst keine Berechnungen mehr möglich sind. Der Grund ist, dass Excel den Inhalt in der jeweiligen Zelle als reinen Text interpretieren würde, mit dem natürlich keine mathematischen Berechnungen möglich sind.

Der richtige Weg, um trotz Textanhang die Zahl zum Berechnen zu verwenden führt über die benutzerdefinierte Zellenformatierung. Aus diesen Angaben werden nun die Drehzahl und der Vorschub berechnet. Die Formel für die Drehzahl lautet:

Fräserdurchmesser d:	100 mm	Eingriffswinkel	28,35763658	Basisspanwinkel	6 Grad			
Schnittgeschwindigkeit Vc:	22 m/min.	Drallwinkel	40	Tats. Spanwinkel	6 Grad			
Drehzahl:	70 U/min.	Schnitttiefe ap	90	Korrekturfaktoren				
Vorschub pro Schneide fz:	,18 mm/U	Spanungsbreite b	117,486656	Spanwinkel Ky	1			
Schneidenzahl z:	8	Mittenspanndicke hm	0,033431843	Schnittgeschwindigkeit Kv	0,91			
Vorschub Vf:	101 mm/Min.	Motorwirkungsgrad	0,75	Verschleiß Kver	1,3			
Eingriffsgröße ae:	6 mm	Spanungsrate Vt	54,5 ccm/min	Spanstauchung Kst	1,24			
Spannungsquerschnitt:	605 qmm							
		Spez. Schnittkr.	Werkstoffkonstante	Spez. Schnittkraft	Mittl. Schnittkr.			
Neue Bez. Mat.	Werkstoffnr.	Kurzz. DIN	kc 1.1	mc	kc	F cz	Schnittleistung	Nötige Leistung
S 235 JR	1.0037	St 37-2	1780	0,17	3.171,85 N/qmm	18.275 N	4,22 kW	5,63 kW
E295		St 50-2	1990	0,26	4.814,72 N/qmm	27.741 N	6,41 kW	8,55 kW
E335		St60-2	2110	0,17	3.759,89 N/qmm	21.664 N	5,01 kW	6,67 kW
E360		St70-2	2260	0,3	6.264,12 N/qmm	36.092 N	8,34 kW	11,12 kW
C15			1820	0,22	3.843,76 N/qmm	22.147 N	5,12 kW	6,82 kW
C35			1860	0,2	3.670,13 N/qmm	21.146 N	4,89 kW	6,51 kW
C45E		Ck45	2220	0,14	3.572,49 N/qmm	20.584 N	4,76 kW	6,34 kW
C60E		Ck60	2130	0,18	3.926,73 N/qmm	22.625 N	5,23 kW	6,97 kW
15CrMo5			2290	0,17	4.080,64 N/qmm	23.512 N	5,43 kW	7,24 kW
16MnCr5			2100	0,26	5.080,86 N/qmm	29.275 N	6,76 kW	9,02 kW
18CrNi6			2260	0,3	6.264,12 N/qmm	36.092 N	8,34 kW	11,12 kW
20MnCr5			2140	0,25	5.004,65 N/qmm	28.836 N	6,66 kW	8,88 kW
25CrMo4			2070	0,25	4.840,95 N/qmm	27.892 N	6,44 kW	8,59 kW
30CrNiMo8			2600	0,2	5.130,28 N/qmm	29.559 N	6,83 kW	9,11 kW
34CrMo4			2240	0,21	4.572,72 N/qmm	26.347 N	6,09 kW	8,12 kW
37MnV7			1810	0,26	4.379,22 N/qmm	25.232 N	5,83 kW	7,77 kW
37MnSi5			2260	0,2	4.459,40 N/qmm	25.694 N	5,94 kW	7,9
42CrMo4			2500	0,26	6.048,65 N/qmm	34.851 N	8,05 kW	10,7

1 Schnittwerttabellen exakt zugeschnitten auf die eigene Praxis sind kein Hexenwerk, sondern die Früchte einer intensiven Beschäftigung mit den Möglichkeiten von Tabellenkalkulationsprogrammen.



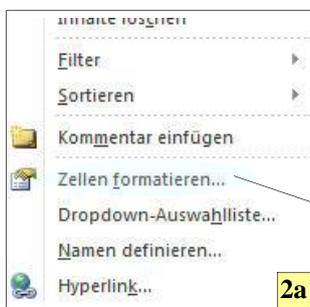
Die Formeln werden in einer Tabellenkalkulation direkt in die entsprechende Zelle eingetragen. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass statt der Formelzeichen die entsprechenden Zellen eingetragen werden, die Träger des jeweiligen Formelzeichenwertes sind. Für V_c steht B2, für d steht B1, für f_z steht B3, für z steht B4 und für n steht B5.

Durch das Verknüpfen der Zellen wird es möglich, verschiedenste Werte

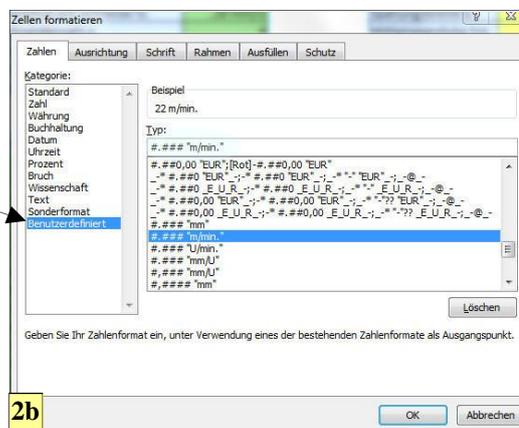
wohnheit werden, mit Farben zu arbeiten. Es bietet sich beispielsweise an, Eingabefelder grün und Ergebnisfelder gelb zu halten.

Nachdem dieses Beispiel relativ einfach umgesetzt wurde, soll nun berechnet werden, welche Leistung der Werkzeugmaschinenmotor haben muss, um die Zerspanung mit den ge-

2b In der Eingabezeile "Typ" können die Formatierung der Zahlen und der dazugehörige Text festgelegt werden.



2a Via Kontextmenü "Zellen formatieren..." können erläuternde Texte in Tabellen eingefügt werden.



2b

rasch einzugeben und berechnen zu lassen. Jede Werteeingabe führt dazu, dass sofort das Ergebnis berechnet wird, ohne dass irgendwo etwa eine Ergebnis-Taste wie beim Taschenrechner zu betätigen wäre.

Farbe macht das Rechnen leicht

Damit man später auf einem Blick sieht, in welche Felder Werte eingegeben werden können, sollte es Ge-

wählten Parametern zu gewährleisten. Dazu ist es zunächst einmal nötig, die Spannungsbreite b und die Mittenspanndicke h_m zu berechnen. Der Weg dahin führt über den Eingriffswinkel ϕ_s , der vorab zu berechnen ist. Zu diesem Zweck wird die Schnitttiefe a_e benötigt.

Die Mittenspanndicke ist Voraussetzung, um die Maschinenleistung zu berechnen. Dies leuchtet ein, da

Anzeige



schließlich bei größer werdender Spandicke natürlich der Motor mehr Leistung benötigt, als bei kleinerer Spandicke. Natürlich muss aber auch noch das Material berücksichtigt werden, das zerspannt wird, denn Edelstahl benötigt erheblich mehr Motorleistung beim Zerspanen, als etwa Aluminium.

Wichtige Korrekturen

In der Formel zur Berechnung der Spezifischen Schnittkraft sind noch Korrekturfaktoren enthalten, die für die Motorleistung ebenfalls Bedeutung haben. So muss beispielsweise der Spanwinkel berücksichtigt werden, der beim Werkzeug eingeschlif-

	A	B
7	Schnitttiefe a_c	3
8	Eingriffswinkel φ_s	36,9

fen ist. Ein großer Spanwinkel benötigt natürlich weniger Kraft, als ein kleiner.

Darüber hinaus gilt es selbstverständlich, den Werkzeugverschleiß zu berücksichtigen. Schließlich wird jedes Werkzeug stumpf und muss dann mit mehr Motorleistung durch das Werkstück bewegt werden. Deshalb wird auch das Material berücksichtigt, aus dem das Zerspanungswerkzeug besteht, schließlich verschleißt Hartmetall nicht so schnell, wie HSS. Zur Berechnung der Motor-

	A	B
9	Drallwinkel λ	40
10	Schnittbreite a_p	90
11	Spanungsbreite b	117,49
12	Mittenspanndicke h_m	0,042

leistung wird die Zerspanungsleistung pro Schneide berechnet und zudem die Anzahl im Eingriff befindlichen Schneiden bestimmt.

Dies ist wichtig, damit die gesamte Motorleistung berechnet werden kann, die für die Zerspanungsarbeit nötig ist, denn je breiter der zerspanende Bereich ist, desto mehr Leistung ist auch nötig, um das Material zu zerspanen. In dieser Berechnung werden dann auch die Korrekturfaktoren, die die benötigte Motorleistung beeinflussen,

	A	B
13	Spezifische Schnittkraft $k_{c1,1}$	2110
14	Werkstoffkonstante m_c	0,17
15	Spezifische Schnittkraft k_c	3604 N/mm ²

berücksichtigt. Es zeigt sich einmal mehr, dass es sich lohnt, mächtige Werkzeuge wie MS Excel zu beherrschen, da damit viele Aufgaben in wesentlich höherem Tempo und vor allem sicherer lösbar sind, als dies etwa nur mit einem Taschenrechner möglich wäre.

$$\varphi_s = \arccos\left(1 - \frac{2 * B7}{B1}\right) * \frac{180}{\pi}$$

$$= \text{ARCCOS}(1 - ((2 * B7) / B1)) * 180 / \text{PI}()$$

Die Tabelle ist mühelos für weitere Werkstoffe erweiterbar, sodass jeder Zerspaner hier sein individuelles Rechenwerk zusammenstellen kann. Wer die Mustertabelle für andere Technologien, wie etwa Drehen oder Bohren ausbauen möchte, besitzt nun eine gute Grundlage, dieses Ziel zu erreichen. Nötig ist lediglich die korrekte Anwendung der entsprechenden Formeln.

$$b = \frac{B10}{\cos\left(B9 * \frac{\pi}{180}\right)}$$

$$= B10 / (\text{COS}(B9 * \text{PI}() / 180))$$

$$= ((360 / (\text{PI}() * B8)) * (B7 / B1) * B3 * \sin((90 - B9) * \text{PI}() / 180))$$

$$h_m = \frac{360}{\pi * B8} * \frac{B7}{B1} * B3 * \sin\left(90 - B9 * \frac{\pi}{180}\right)$$

Download: Wer sich nicht die Mühe machen will, die Tabelle Schritt für Schritt aufzubauen, kann die fertige Tabelle von der Welt der Fertigung-Homepage im Excel-Format herunterladen. Diese sollte auch mit anderen Office-Programmen, etwa mit OpenOf-

$$k_c = \frac{B13}{B12^{B14}}$$

$$= B13 / \text{Potenz}(B12; B14)$$

	A	B
16	Spanwinkel K_v	1
17	Schnittgeschwindigkeit K_v	1,24
18	Verschleiß K_{ver}	1,3
19	Spanstauchung K_{st}	1,2
20	Mittlere Schnittkraft F_{cz}	35.106 N

$$= B11 * B12 * B15 * B16 * B17 * B18 * B19$$

$$F_{cz} = b * h_m * k_c * k_y * k_v * k_{ver} * k_{st}$$

$$= B20 * B2 * 1 / 60 * (B4 * B8 / 360) / 1000$$

	A	B
21	Schnittleistung P_c	10.55 kW
22	Motorwirkungsgrad	0.75
23	Nötige Leistung P_{ab}	14.06 kW

$$= B21 / B22$$

	A	B
24	Spanungsrate V_t	90.8

$$= B10 * B7 * B6$$

office, problemlos nutzbar sein. Zudem findet sich hier das Programm "Spänefix". Spänefix ist ein portables Windows-Programm, mit dem Schnittwerte aus verschiedenen Technologien rasch berechnet werden können.

www.weltderfertigung.de

Mittlere Schnittkraft pro Schneide F_{cz} : $b * h_m * k_c * k_y * k_v * k_{ver} * k_{st}$

Spanungsbreite b : $\frac{a_p}{\cos \lambda}$

Mittlere Spandicke h_m : $\frac{360 * a_e}{\pi * \varphi_s * d} * f_z * \sin K$

Eingriffswinkel φ_s : $\text{Arccos}\left(1 - \frac{2 * a_e}{d}\right)$

Spezifische Schnittkraft k_c : $\frac{k_{c1,1}}{h_m^{m_c}}$

Schnittleistung P_c : $F_{cz} * V_c * \frac{2 * \varphi_s}{360^\circ}$

Abgabeleistung des Antriebsmotors P_{ab} : $\frac{P_c}{\eta}$

Spanungsrate V_t : $a_p * a_e * V_f$

Spanwinkeländerungsfaktor K_v : $1 - \frac{\gamma_0 - \gamma_{0k}}{66,7}$

Drehzahl n : $\frac{v * 1000}{d * \pi}$

Vorschubgeschwindigkeit V_f : $f_z * z * n$