

## 2.11 Werkstoffe und Zerspanbarkeit

Das zu bearbeitende Werkstück lässt sich durch seinen Werkstoff, seine gewünschte Geometrie und seinen Rohzustand kennzeichnen. Der Konstrukteur bestimmt ihn im Wesentlichen nach den Anforderungen an das fertige Werkstück. Wenn dabei die *Bearbeitbarkeit* des Werkstoffs und die *Aufspannmöglichkeit* auf der Maschine beachtet wird, eine *einfache Formgebung* und eine *nicht übertriebene Genauigkeit* gewählt wird, können die Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Bearbeitung schon bei der Konstruktion getroffen werden. In außergewöhnlichen Fällen ist die Fertigungstechnik aufgrund der modernen Schneidstoffe sogar in der Lage, auch die schwierigsten Bearbeitungsaufgaben zu bewältigen.

### 2.11.1 Werkstoff

Eine Einteilung der Werkstoffe hinsichtlich einer *Anwendung* der harten Schneidstoffe für den Zerspanungsprozess, einschließlich der Hartmetalle, aber ausgenommen des HSS, ist in der Norm DIN ISO 513 zu finden.

**Tabelle 2.11-1:** Werkstoffeinteilung in Anwendungsgruppen für harte Schneidstoffe nach DIN ISO 513

Kennzeichen der Anwendungsgruppe	Werkstoffgruppen	Werkstoffe	Beispiele
P 01 – P 50	Stahl	Alle Sorten von Stahl und Stahlguss, ausgenommen nichtrostender Stahl mit austenitischen Gefüge	S355J2G3 C45E / 42CrMo4 X6Cr13
M 01 – M 40	Nichtrostender Stahl	Nichtrostender austenitischer Stahl, austenitisch-ferritischer Stahl und Stahlguss	X5CrNi18-10, X2CrNiN23-4
K 01 – K 40	Gusseisen	Gusseisen mit Lamellengraphit, Gusseisen mit Kugelgraphit, Temperguss	EN-GJL-200, EN-GJS-400-15, EN-GJMS-650-2
N 01 – N 30	Nichteisenmetalle	Aluminium und andere Nichteisenmetalle, Nichtmetallwerkstoffe	EN-AW-Al 99,5 / EN-AC- AlSi9 CuZn39Pb2 (Ms58) G-MgAl9Zn1 (AZ91)
S 01 – S 30	Speziallegierungen und Titan	Hochwärmfeste Speziallegierungen auf Basis von Eisen, Nickel und Kobalt, Titan und Titan-Legierungen	Incoloy 800 (X10NiCrAlTi32-20) Inconel 718 (NiCr19NbMo) TiAl6V4
H 01 – H 30	Harte Werkstoffe	Gehärteter Stahl, gehärtete Gusseisenwerkstoffe, Gusseisen für Kokillenguss	

Die Einteilung der Kennzahlen der Anwendungsgruppen sieht wie folgt aus: 01, 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50. Die Kennzeichen werden an die Kennbuchstaben für den harten Schneidstoff (z. B. HW, HC, CA usw.) angehängt. Beispiele vollständiger Schneidstoffbezeichnung: HW-P 10, CA-K 10 oder HC-K 20.

Diese Einteilung der Werkstoffe findet man mittlerweile auch in den Herstellerangaben zu den Schnittdaten. Die **Tabelle 2.11-1** gibt die Einteilung wieder. Hier werden sechs *Hauptanwen-*

*dungsgruppen* mit den Kennbuchstaben und Kennfarben P (blau), M (gelb), K (rot) N (grün), S (braun) und H (grau) vorgegeben. Als grobe Einteilung sind die Spanformen (langspanende, kurzspanende Werkstoffe) und die Art der Zerspanung (leicht oder schwer zu zerspanende Werkstoffe) in diesen Hauptanwendungsgruppen enthalten. Ein weiterer Aspekt für die Einteilung der Hauptanwendungsgruppen ist die geometrische Auslegung der für die Zerspanung vorgesehenen Werkzeuge, z. B. hinsichtlich der Kombination aus Größe des Span- und des Freiwinkels.

Die Hauptanwendungsgruppen sind jeweils in *Anwendungsgruppen* unterteilt. Sie haben Kennzahlen von 01 bis maximal 50. Mit zunehmender Kennzahl wächst die Zähigkeit und mit ihr die Eignung für grobe Beanspruchungen. Mit abnehmender Kennzahl dagegen nimmt die Härte zu und damit die Verschleißfestigkeit. Aber die Zähigkeit nimmt ab, sodass bei den kleinsten Kennzahlen nur noch Feinbearbeitungen möglich sind. Welche der möglichen Anwendungsgruppen eingesetzt werden kann, hängt vom einzelnen Bearbeitungsfall ab.

Den Anwendungsgruppen können die Hersteller ihre Schneidstoffsorten zuordnen. Sie überdecken dann oft mehrere Anwendungsgruppen. Bemühungen, einen Universalschneidstoff für alle Anwendungen zu entwickeln, waren bislang ohne Erfolg.

### 2.11.2 Zerspanbarkeit

Unter dem Begriff der Zerspanbarkeit versteht man nach DIN 6583 „*die Eigenschaft eines Werkstückes oder Werkstoffes, sich unter gegebenen Bedingungen spanend bearbeiten zu lassen*“. Der Begriff der Zerspanbarkeit beschreibt die Gesamtheit aller Eigenschaften eines Werkstoffes, die auf den Zerspanungsprozess Einfluss haben. Aus diesem Grunde ist die Zerspanbarkeit eines Werkstoffes auch stets im Zusammenhang mit

- dem Bearbeitungsverfahren (z. B. Drehen, Fräsen, Bohren)
- dem Schneidstoff (z. B. HSS, Hartmetall) und
- den Schnittbedingungen (z. B. Schnittgeschwindigkeit, Vorschub, Kühlung)

zu beurteilen. Dies wird auch an dem im folgenden Kapitel erläuterten Begriffs des Standvermögens deutlich.

Die *Zerspanbarkeit* eines Werkstoffs wird im Allgemeinen mit folgenden Kriterien beschrieben:

- Zerspanungskräfte bzw. das Zerspanungsdrehmoment
- Verschleiß
- Oberflächenbeschaffenheit
- Spanform

Die *Zerspanungskräfte* werden von der Zusammensetzung des Werkstoffs aus Grundmetall und Legierungsbestandteilen und der Gefügeausbildung am stärksten beeinflusst. So hat natürlich auch die Wärmebehandlung einen großen Einfluss. Als mechanische Kennwerte geben Härte oder Zugfestigkeit brauchbare Vergleichsgrößen für die entstehenden Zerspanungskräfte. Eine unmittelbare Kennzahl ist der Grundwert der spezifischen Schnittkraft  $k_{c1.1}$ . Er gibt an, wie groß die Schnittkraft unter festgelegten Voraussetzungen an einem Spanungsquerschnitt von  $1 \times 1 \text{ mm}^2$  wird. Verglichen mit der Zugfestigkeit des Werkstoffs ist er bei Stahl und Aluminiumlegierungen ca.  $(2 - 3) R_m$ , bei Grauguss und Stahlguss ca.  $(3 - 4) R_m$ . Der Zusammenhang mit der Zugfestigkeit ist nicht immer gleich. Bei der Entstehung der Zerspanungskräfte wirken nämlich nicht nur Trennvorgänge, sondern auch Stauch-, Scher- und Reibungsabläufe mit.

Die Werkstoffe, die große Zerspanungskräfte verursachen, gelten als schwerer zerspanbar, da besondere Vorkehrungen zur Verkleinerung der Schnittkräfte getroffen werden müssen. Die einfachsten Maßnahmen sind Verkleinerung von Vorschub und Schnitttiefe zu Lasten

der Hauptschnittzeit. Mitunter ist es erforderlich, die Schnittgeschwindigkeit zu verkleinern oder teure Schneidstoffe zu verwenden. Besondere Schneidstoffe sind immer dann erforderlich, wenn der Werkstoff eine große Härte hat. Gehärteter Stahl ist mit Mischkeramik oder Bornitrid zerspanbar. Für Hartguss, Hartmetall, Glas, Keramik und Gestein sind Diamantschneiden erforderlich.

**Tabelle 2.11-2:** Beurteilungskriterium Zerspankraft

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ der Begriff umfasst die räumlichen Kräfte und Drehmomente aus dem Zerspanprozess</li> <li>▪ sie wird benötigt zur Auslegung von den Werkzeugmaschinenkomponenten (Gestelle, Antriebe, Führungen, Spindel, Aufnahmen)</li> <li>▪ ist ein Anhaltspunkt für die erreichbaren Werkstückgenauigkeiten (Stichwort: Verformung)</li> <li>▪ der zeitliche Verlauf gibt einen Hinweis auf die Möglichkeiten             <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Prozessoptimierung</li> <li>• der Werkzeugauswahl</li> <li>• der Optimierung der Werkzeuggeometrie.</li> </ul> </li> </ul>
die Zerspankraft beeinflusst: <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Werkzeugverschleiß</li> </ul>
die Beurteilung erfolgt durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• die messtechnische Erfassung des Betrags und der Lage</li> </ul>

Die *verschleißende* Wirkung des Werkstoffs auf den Schneidstoff geht auf Adhäsion, Abrasion, Oxidation, Diffusion, Oberflächenzerrüttung und thermische Spannungen zurück. Die überwiegend durch Reibung ausgelösten Vorgänge finden unter Druck bei der dabei entstandenen erhöhten Temperatur statt. Durch die Wahl des Schneidstoffs und des Kühlschmierstoffs kann das Reibungsverhalten beeinflusst werden. Die Legierungsbestandteile des Werkstoffs wie Schwefel und Blei oder besondere Desoxydierungszusätze wie CaSi bei der Erschmelzung führen ebenfalls zur Reibungsverringerung, da sie bei Erwärmung eine schützende Gleitschicht bilden. Sehr reibungsstark wirken Füllstoffe und Fasern in Kunstharzen, harte Karbideinschlüsse im Stahl und Siliziumverbindungen in Aluminium.

Eine besondere Verschleißart entsteht durch Klebe- und Schweißvorgänge bei der Bildung von Aufbauschneiden und Ablagerungen auf der Spanfläche und dem so genannten Pressschweißverschleiß. Sie lässt sich ebenfalls durch richtige Wahl des Schneidstoffs und durch Verändern der Schnittgeschwindigkeit günstig beeinflussen.

**Tabelle 2.11-3:** Beurteilungskriterium Werkzeugverschleiß

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indikator für die Art der mechanischen, thermischen, chemischen Belastung der Werkzeugschneide</li> <li>▪ die Art, die Ausprägung und die Lage des Verschleißes ergeben einen Hinweis auf die Möglichkeiten einer Prozessoptimierung</li> <li>▪ das Verschleißverhalten steht im direkten Zusammenhang zu dem Standvermögen (der Verschleiß ist umgekehrt proportional zum Standvermögen).</li> </ul>
der Verschleiß beeinflusst: <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Zerspankraft</li> <li>• die Oberflächenbeschaffenheit</li> <li>• die Spanform.</li> </ul>
die Beurteilung erfolgt durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• die messtechnische Erfassung der Lage und des Betrags</li> <li>• mit Hilfe optischer Vergleichsnormale.</li> </ul>

Die beim Abspannen entstehende *Oberfläche* wird hauptsächlich von Rillen und Riefen gebildet. In den Rillen bildet sich die Form der Schneidenecke ab. Die feineren Riefen entstehen durch Unregelmäßigkeiten der Schneidkante, die vom Anschleifen oder durch Verschleiß herühren. Darüber hinaus findet man Gefügeverquetschungen, Verfestigungen, Vorschubkamm-schuppen, Risse, Ablösungen und Reste von Aufbauschneiden. Diese Erscheinungen werden von der Zusammensetzung, Gefügeausbildung und Vorbehandlung des Werkstoffs beeinflusst. Sie können die Rauheit der Oberfläche mehr oder weniger verschlechtern. Die Schneidkanten und die Freiflächen drücken und quetschen die Werkstoffoberfläche in Schnittrichtung. Dabei verdichtet und streckt sich das Gefüge. Es erscheint gleichmäßiger, aber stark in Schnittrichtung ausgerichtet. Die verformte Schichtdicke des Werkstücks nimmt mit dem Kanten- und Freiflächenverschleiß zu. Sie wird aber auch von der Verformbarkeit des Werkstoffs bestimmt. Duktile Werkstoffe fließen und verfestigen sich stärker als spröde oder inhomogene Werkstoffe. Bei diesen sind eher Ausbrüche, gezahnte Vorschubrillenkämme und freigelegte Einschlüsse zu finden. Die Risse und die Ablösungen, die sich quer über mehrere Vorschubrillen erstrecken, werden von härteren, wenig verformbaren Einschlüssen verursacht. Die *Rautiefe* der entstehenden Oberfläche ist das wichtigste Maß für diesen Teil der „Zerspanbarkeit“.

Die Oberflächenschicht des Werkstückes verändert durch die Verformungen auch noch ihre mechanischen Eigenschaften. Eine Härtezunahme in der Randschicht, die durch Mikrohärteprüfungen nachgewiesen werden kann, Gefügeveränderungen und Eigenspannungsaufbau sind feststellbar. Die Verfestigungen und die Druckeigenspannungen stören selten die Brauchbarkeit des gefertigten Werkstücks. Die Zugeigenspannungen dagegen, die von Erwärmungen und Gefügeumwandlungen hervorgerufen werden können, verringern dessen Belastbarkeit.

Die Spanform kann für den Bearbeitungsprozess zu einem Problem werden. **Tabelle 2.11-6** zeigt die möglichen Spanformen. Die kurzen, aber nicht zu feinen, Späne sind am leichtesten zu beseitigen. Je länger der Span wird, desto größer ist die Gefahr, dass er sich um das Werkstück bzw. das Werkzeug wickelt, dabei die Oberfläche zerkratzt, den Schneidvorgang stört und den Maschinenbediener gefährdet.

**Tabelle 2.11-4:** Beurteilungskriterium Oberflächenbeschaffenheit

die Oberflächenbeschaffenheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erzeugt das optische Erscheinungsbild des Werkstücks</li> <li>• bestimmt das tribologische Verhalten des Werkstücks</li> <li>• erzeugt eine Kerbwirkung.</li> </ul>
die Oberflächenbeschaffenheit beeinflusst:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keines der anderen drei Beurteilungskriterien</li> </ul>
die Beurteilung erfolgt durch:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die messtechnische Erfassung von Kennwerten (z. B. der Welligkeit <math>W_t</math>, den Rauigkeiten <math>R_z</math>, <math>R_a</math>)</li> <li>• mit Hilfe optischer Vergleichsnormale.</li> </ul>

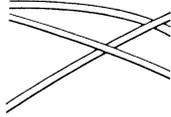
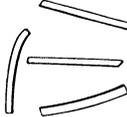
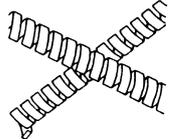
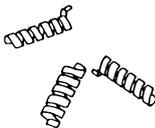
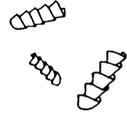
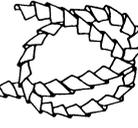
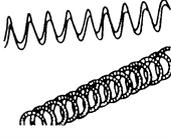
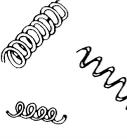
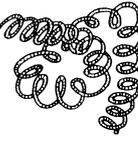
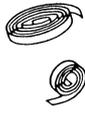
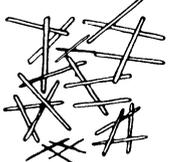
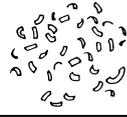
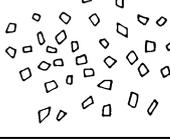
Durch die geschickte Kombination von Einstellwinkel, Spanwinkel und Neigungswinkel lassen sich bestimmte Spanformen erzeugen. Ihre Länge wird von aufsetzbaren Spanbrechern oder eingesinterten Spanformnuten beeinflusst. Aber es gibt Werkstoffe, die aufgrund ihrer großen Zähigkeit immer zu langen Spanformen neigen, insbesondere bei großer Schnittgeschwindigkeit.

**Tabelle 2.11-5:** Beurteilungskriterium Spanform

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ wichtiges Funktionskriterium bei Verfahren mit begrenztem Spanraum und bei automatisierten Fertigungsprozessen</li> <li>▪ günstige Spanformen sind kurze und kompakte Späne</li> <li>▪ z. B. kurze Wendel-, Spiralwendel- und Spiralspäne</li> <li>▪ einen günstigeren Spanbruch erreicht man durch <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein geringeres Umformvermögen des Werkstoffes,</li> <li>• einen höheren Umformgrad (<math>\equiv</math> stärkere Spankrümmung).</li> </ul> </li> </ul>		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%; vertical-align: top;">die Spanform beeinflusst:</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Oberflächenbeschaffenheit</li> <li>• den Verschleiß.</li> </ul> </td> </tr> </table>	die Spanform beeinflusst:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Oberflächenbeschaffenheit</li> <li>• den Verschleiß.</li> </ul>
die Spanform beeinflusst:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Oberflächenbeschaffenheit</li> <li>• den Verschleiß.</li> </ul>	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%; vertical-align: top;">die Beurteilung erfolgt durch:</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• messtechnische Erfassung (Durchmesser, Wendelabstand, Temperatur)</li> <li>• optische Vergleichsnormale (Form, Farbe, Größe)</li> <li>• die bildtechnische Auswertung des Spanbildungsprozesses, des Spantransports, der Temperatur.</li> </ul> </td> </tr> </table>	die Beurteilung erfolgt durch:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• messtechnische Erfassung (Durchmesser, Wendelabstand, Temperatur)</li> <li>• optische Vergleichsnormale (Form, Farbe, Größe)</li> <li>• die bildtechnische Auswertung des Spanbildungsprozesses, des Spantransports, der Temperatur.</li> </ul>
die Beurteilung erfolgt durch:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• messtechnische Erfassung (Durchmesser, Wendelabstand, Temperatur)</li> <li>• optische Vergleichsnormale (Form, Farbe, Größe)</li> <li>• die bildtechnische Auswertung des Spanbildungsprozesses, des Spantransports, der Temperatur.</li> </ul>	

Die *Zerspanbarkeit* des Werkstoffs muss auch in Zusammenhang mit den Schneidstoffen und den anwendbaren Schnittdaten wie Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Schnitttiefe gesehen werden. Es gibt dafür Richtwerte in Tabellenform als Papier oder in elektronischer Form von großem Umfang. Durch die Weiterentwicklung der Schneidstoffe, zum Beispiel die Beschichtungstechnik der Hartmetalle, veralten die angegebenen Werte schnell. Zuverlässige neuere Daten werden praktisch nur von den Schneidstofflieferanten verbreitet, die mit ihren neuentwickelten Sorten ausgedehnte Schnittversuche unternommen und in Tabellenform dokumentiert haben.

Tabelle 2.11-6: Spanformen beim Drehen

<b>Bandspäne</b>	lang 	kurz 	wirr 
<b>Wendelspäne</b>	lang 	kurz 	wirr 
<b>konische Wendelspäne</b>	lang 	kurz 	wirr 
<b>Schraubenspäne</b>	lang 	kurz 	wirr 
<b>Spiralspäne</b>	flach 	konisch 	<b>Nadelspäne</b> 
<b>Reißspäne</b>	zusammenhängend 	gebrochen 	<b>Bruchspäne</b> 

### 2.11.3 Standbegriffe

Unter dem Begriff *Standvermögen* wird nach der DIN 6583 die Fähigkeit eines Wirkpaares, bestehend aus dem Werkzeug und dem Werkstück, verstanden, einen durch seine Randbedingungen definierten Zerspanprozess durchzustehen. Einen Einfluss auf das Standvermögen haben dabei die *Schneidhaltigkeit* des Werkzeuges, die *Zerspanbarkeit* des Werkstücks und die *Standbedingungen*, d. h. die Randbedingungen des Bearbeitungsprozesses. Hierbei wird unter der Schneidhaltigkeit des Werkzeuges die Fähigkeit (Schneidfähigkeit) verstanden, ein Werkstück oder einen Werkstoff unter den gegebenen Randbedingungen spanend zu bearbeiten.

So setzt sich der Begriff Standvermögen aus den drei Größen *Standbedingungen*, *Standkriterien* und *Standgrößen* zusammen. Die *Standbedingungen* umfassen alle beim Zerspanprozess vorliegenden Randbedingungen. Diese sind z. B. am Werkzeug der Schneidstoff und die Schneidengeometrie, am Werkstück die Gestalt und der Werkstoff, an der Werkzeugmaschine die statische und dynamische Steifigkeit, bei dem Zerspanvorgang die Kinematik und der Schneideneingriff und bei der Umgebung der Kühlschmierstoff und die thermischen Randbedingungen.

Die *Standkriterien* sind die festgelegten Grenzwerte für die durch den Zerspanprozess verursachten Veränderungen am Werkzeug, am Werkstück oder am Zerspanprozess selbst. Die Standkriterien wären die messbaren Größen am Werkzeug, z. B. die Verschleißgrößen, am Werkstück, z. B. Veränderungen der Rauheit und am Zerspanprozess, z. B. die Schnittkraft, die Spantemperatur und die Spanform.

Die *Standgrößen* sind die Standzeiten, die Standwege, die Standmengen oder die Standvolumina, die bis zum Erreichen des festgelegten Standkriteriums unter den gewählten Standbedingungen erreicht worden. Dabei lassen sich die verschiedenen Angaben ineinander überführen, z. B. der Standweg in die Standzeit bei bekannter Vorschubgeschwindigkeit. Welche der genannten Standgrößen gewählt wird, hängt in der Praxis vom Bearbeitungsfall ab. So lässt sich die Anzahl an Werkstücken leicht feststellen, wogegen die Werkzeugmaschine für das Einwechseln des Schwesterwerkzeugs die Bearbeitungszeit mit der Standzeit verglichen wird.

Standvermögen	
<b>Werkzeug:</b>	Schneidfähigkeit, Schneidenhaltigkeit
<b>Werkstück / Werkstoff:</b>	Zerspanbarkeit

Standkriterien	Standbedingungen	Standgrößen
<b>Werkzeug:</b> Verschleiß	<b>Werkzeug:</b> Form, Schneidstoff, Schneidengeometrie	<b>Werkzeug:</b> Standzeit, Standweg, Standmenge, Standvolumen
<b>Werkstück:</b> Oberflächengüte	<b>Werkstück:</b> Gestalt, Werkstoff	
<b>Prozess:</b> Kraftänderung	<b>Werkzeugmaschine:</b> dynamische + statische Steifigkeit	
	<b>Prozess:</b> Kinematik, Schneideneingriff	
	<b>Umgebung:</b> Kühlschmierstoff, therm. Randbedingungen	

**Bild 2.11–1** Zusammenhang der Standbegriffe

Streng genommen macht die Angabe des Standvermögens eines Werkzeugs nur Sinn, wenn sie Angaben zu den Standbedingungen, zu dem Standkriterium und zu der Standgröße enthält. In der Praxis wird meist nur die Standgröße angegeben. Die Angaben zu den beiden anderen Größen ergeben sich für die Bediener meist von selbst durch die Angabe des Bearbeitungsfalls (welches Werkstück auf welcher Maschine). So ergibt sich beispielhaft die Angabe der Standgröße Standweg bei einer vorgegebenen Schnittgeschwindigkeit  $v_c = 100$  m/min (Standbedingung) und einer zulässigen Verschleißmarkenbreite  $VB_{0,3} = 0,3$  mm (Standkriterium) als ermittelte Größe  $L_{f, v_{100}; VB_{0,3}} = 1000$  mm (Standgröße). Der Zusammenhang zwischen den drei Größen und dem Standvermögen ist im folgenden **Bild 2.11–1** dargestellt.

### 2.11.4 Zerspanungstests

Zur Untersuchung der Zerspanbarkeit von Werkstoffen werden in der Praxis Zerspanungstests verwendet. Diese sollten aus Gründen der Vergleichbarkeit standardisiert sein. In der Vergangenheit sind solche Standardisierungen auf firmenübergreifender Ebene vorgenommen worden, z. B. im Rahmen von VDI-Richtlinien. Aber auch firmeninterne Standards haben sich in der Praxis bewährt. Die Zerspanungstests dienen der Auswahl der Werkstoffe, der Auswahl der wirtschaftlichsten Schnittgrößen und der Entwicklung besserer Werkstoffe und Werkzeuge.

Die Zerspanungstests werden unterteilt in Kurzzeitversuche und Langezeitversuche. Je nach Zielsetzung des Versuchs wird die jeweilige Art eingesetzt. Die Kurzzeitversuche erfordern einen geringen Zeit- und Materialaufwand. Sie liefern als Ergebnis relative Vergleichswerte für die Zerspanbarkeit verschiedener Werkstoffe und lassen dadurch nur bedingt Rückschlüsse auf das Standvermögen der Werkzeuge im realen Bearbeitungsprozess zu. Sie sind deswegen für Eingangskontrollen und zur Überwachung von Fertigungsprozessen geeignet. Beispiele für einen Kurzzeitversuch sind z. B. der Leistendrehetest nach VDI 3324 und der Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN 10045-1. Bei dem Leistendrehetest wird eine mit Leisten bestückte Welle in einem Außen-Rund-Längs-Drehprozess bearbeitet. Hierbei werden nur die vier Leisten aus Vergütungsstahl zerspannt. Die Leisten stellen nur einen Teil des Umfangs dar, sodass eine stark schlagende Wirkung auf die Werkzeugschneiden auftritt. Er wird zur Untersuchung des Zähigkeitsverhaltens von Wendeschneidplatten eingesetzt. Die Langezeitversuche erfordern dagegen einen hohen Zeit- und Materialaufwand und verursachen damit auch höhere Kosten gegenüber den Kurzzeitversuchen. Dafür erhält man durch die Langzeitversuche genaue und realistische Standgrößen für die gewählten Standbedingungen, die sich direkt in einen Bearbeitungsprozess überführen lassen. Ein Beispiel für einen Langzeitversuch ist der Verschleiß-Standzeitversuch (siehe Kapitel 2.7.4).

## 2.12 Wirtschaftlichkeit

Für die praktische Durchführung von Zerspanvorgängen müssen neben dem geeigneten Schneidstoff und den zweckmäßigen Werkzeugwinkeln die Werte der innerhalb gewisser Grenzen veränderlichen Schnittgrößen  $a_p$ ,  $f$  und  $v_c$  festgelegt werden. Die Entscheidung wird dabei hauptsächlich von *Wirtschaftlichkeits-*, d. h. *Kostenüberlegungen*, bestimmt.

### 2.12.1 Einfluss der Schnittgrößen auf Kräfte, Verschleiß und Leistungsbedarf

Um wirtschaftlich günstige Einstellungen zu finden, können alle Möglichkeiten untersucht werden, die zu einem größeren Zeitspanungsvolumen führen. Vereinfacht gilt:

$$Q = A \cdot v_c$$

und mit  $A = a_p \cdot f$

$$\boxed{Q = a_p \cdot f \cdot v_c} \quad (2.12-1)$$

Danach wird ein größeres Zeitspanungsvolumen durch Vergrößerung der einzelnen Faktoren  $a_p$ ,  $f$  oder  $v_c$  erzielt. **Tabelle 2.12-1** zeigt, wie sich jeweils durch Verdoppelung dieser drei Faktoren Schnittkraft, Temperatur an der Schneide, Verschleiß, spezifische Schnittkraft und Leistung verändern.

Bei Vergrößerung der *Schnitttiefe* fällt die Zunahme von Schnittkraft und Leistung besonders auf. Werkzeug und Maschine werden stärker belastet oder geraten an ihre Belastungsgrenze.