

1. Einteilung der Fertigungsverfahren

Nach DIN 8580

Quelle: S. 3

ON = Ordnungsnummer

Tab. 1.1 Einteilung der Fertigungsverfahren (nach DIN 8580). In Klammern: Beispiele

1. Stelle der ON		Hauptgruppen			
1 Urformen	2 Umformen	3 Trennen	4 Fügen	5 Beschichten	6 Stoffeigenschaft ändern
Definitionen					
Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff	Plastisches Ändern der Form eines festen Körpers	Formändern eines festen Körpers durch örtliches Aufheben des Zusammenhaltes	Zusammenbringen von Werkstücken auch mit formlosem Stoff	Aufbringen einer fest haftenden Schicht aus formlosem Stoff	Ändern der Eigenschaften des Werkstoffes, z. B. durch Diffusion, chem. Reaktion, Gitterversetzungen
Zusammenhalt der Teilchen bzw. Bestandteile wird					
geschaffen	beibehalten	vermindert oder aufgehoben	vermehrt		

Gewichtung der Zielsetzung

Quelle: S. 4

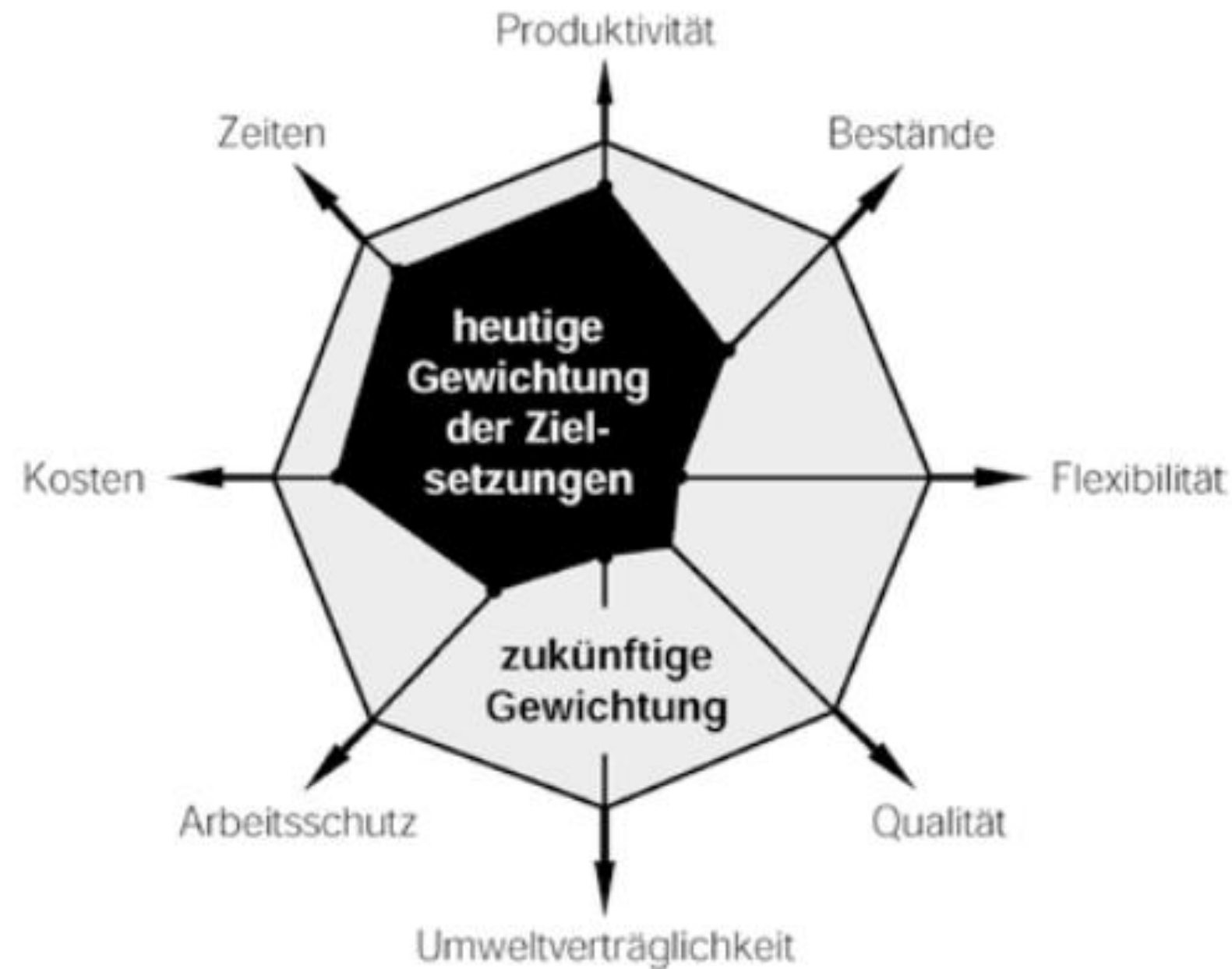


Abb. 1.2 Gewichtung der Zielsetzungen zur Entwicklung von wettbewerbsfähigen Produktionskonzepten. (Nach Westkämper)

2. Urformen

Die Hauptgruppe Urformen wird als Fertigungsverfahren nach DIN 8580 definiert:

Urformen ist das Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff durch Schaffen des Zusammenhalts. Dabei lassen sich die Stoffeigenschaften des Werkstücks messtechnisch bestimmen. Als formloser Stoff werden Gase, Flüssigkeiten, Pulver, Fasern und Späne bezeichnet. Die wichtigsten Verfahren zur Erzeugung von festen Körpern durch Urformen sind die Herstellung

- aus dem flüssigen oder breiigem Zustand (Gießen von metallischen Werkstücken),
- aus dem festen, körnigen oder pulvrigen Zustand (Pulvermetallurgie: pressen, danach sintern),
- additive Fertigungsverfahren (schichtweiser Aufbau von Bauteilen mit fast beliebiger Geometrie)

2.1 Urformen durch Gießen

- ◆ Metalle und Legierungen
- ◆ Porzellan und Beton
- ◆ Gläser
- ◆ Kunststoffe

Quelle: S. 7

Vorteile: wirtschaftlich bei höherer Stückzahl, verlustarm, Monokristall möglich

Nachteile: ungenau, geometrische Grenzen (Radien) -> eher Rohteile

2.1 Urformen durch Gießen

Verlorenes Modell

- Modell wird während dem Giessvorgang zerstört (Bsp.: WachsmodeLL)
- Einfaches Modell, einfache verlorene Form (Bsp. Sandform)
- 1 Stück

Dauermodell

- Modell wird immer wieder für eine verlorene Form verwendet
- Muss entformbar sein, Formschrägen
- Höhere Stückzahlen bis Serienfertigung

Dauerform

- Kokillenguss
- Spritzguss

2.9 Urformen durch Sintern (Pulvermetallurgie)

Vorteile:

- Der weitgehend mechanisierte Fertigungsablauf führt zu **maßhaltigen Sinterfertigteilen**, die meist nicht weiter bearbeitet werden.
- Der eingesetzte Pulverwerkstoff wird nahezu **100 %ig ausgenutzt**, weil Anschnitte, Speiser, Grate und Zugaben fehlen.
- Beim Sintern entsteht **keine Schlacke**. Das Sinterteil ist deshalb reiner als Guss- oder Schmiedestücke.
- Das sorgfältige Mischen verschiedener Metallpulver führt zu Werkstoffen, die sonst wegen einer **Mischungslücke** im flüssigen Zustand nicht herzustellen sind.
- Die Erzeugung von Verbundwerkstoffen und nicht legierbaren sog. **Pseudolegierungen**, bestehend aus **Metallen und Nichtmetallen**, ist möglich.
- In Sinterwerkstoffen treten **keine Seigerungen** auf.
- Bei Sinterformteilen sind **Energieeinsparungen von etwa 50 %** gegenüber spanend hergestellten Teilen aus Profilen, Schmiede oder Gussstücken möglich.
- Porenraum führt zu **Gewichtseinsparungen** und guten **Dämpfungseigenschaften**

Quelle: S. 104

2.9 Urformen durch Sintern (Pulvermetallurgie)

Nachteile:

- Die Pulver und Pulvergemische sind **teuer**.
- Man benötigt beim Pressen **große Kräfte**, große Pressen und hochwertige Presswerkzeuge. Sintern ist also **nur für Serien wirtschaftlich**.
- Nur **einfache Grundkörper** (Prismen, Kegel, Quader) ohne Hinterschneidungen und mit möglichst geringem Höhen/Durchmesser-Verhältnis sind gut pressbar.
- Mit bestimmten Pulvern oder Pulvermischungen lassen sich **porenfreie und schwindungsarme Sinterteile bisher nicht herstellen**.

Quelle: S. 104

2.11 Additive Fertigungsverfahren

Quelle: S. 121

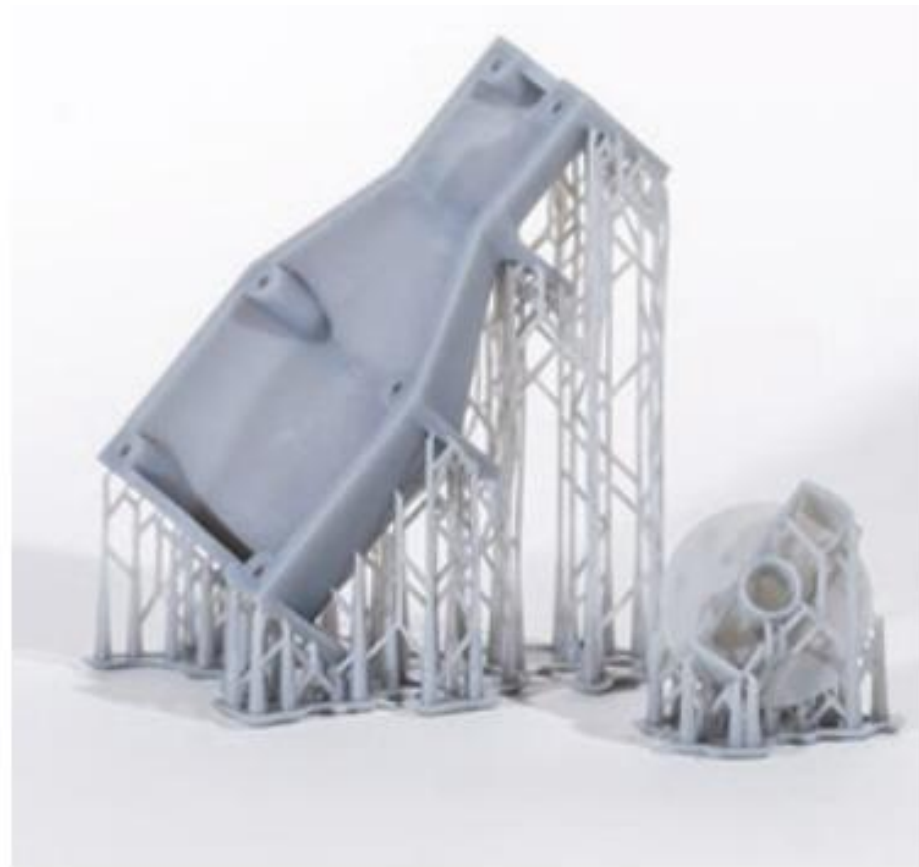


Abb. 2.179 SL-Bauteile mit Stützstrukturen (3dhubs)

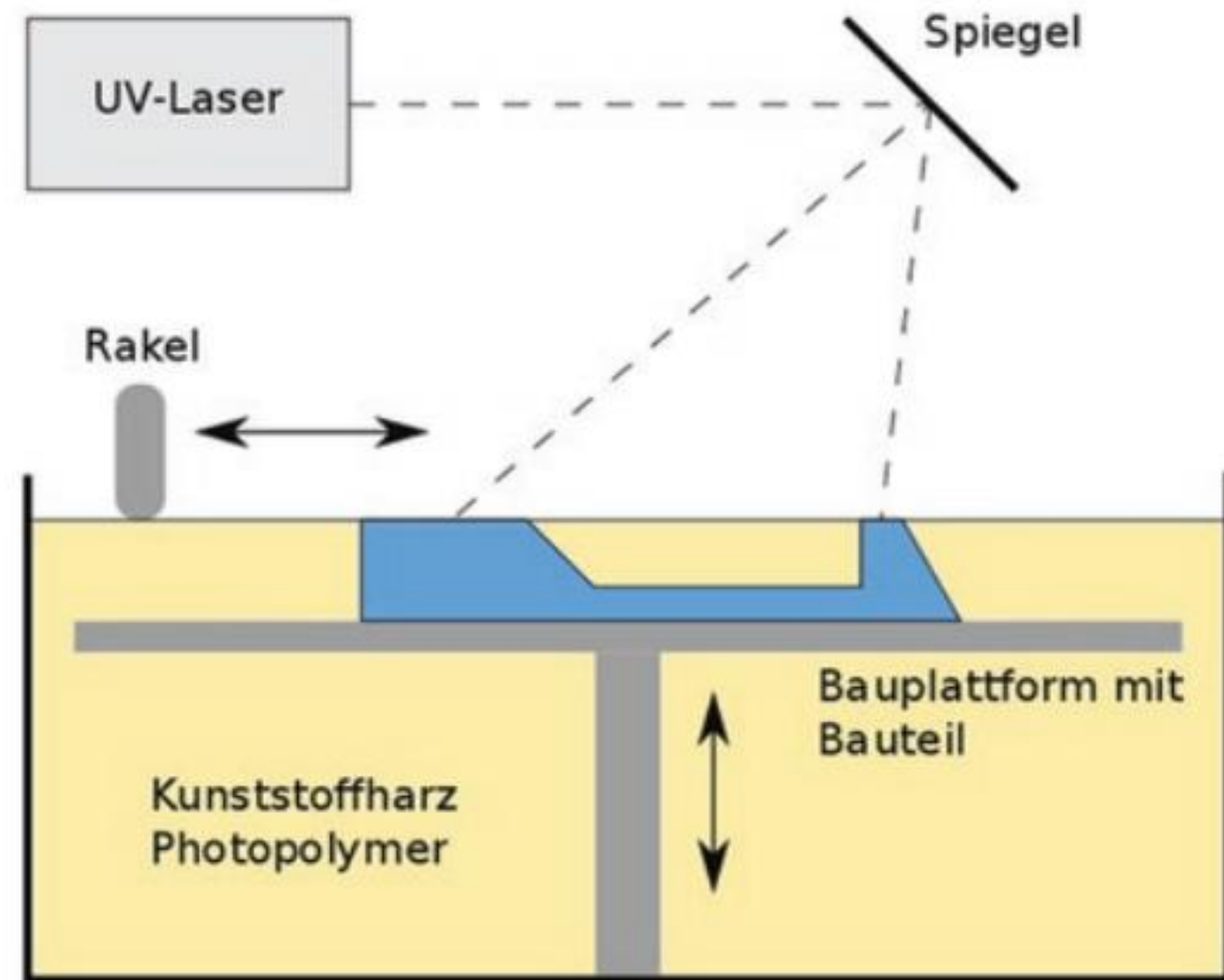


Abb. 2.178 Stereolithografie – Funktionsprinzip ([www.netzkonstrukteur](http://www.netzkonstrukteur.de))

3.1 Einteilung und Vorteile der Umformverfahren

- **bessere Werkstoffausnutzung**; die modernen Verfahren des Umformens erlauben in besonderen Fällen die Fertigung von einbaufertigen Teilen. Gegenüber der spanenden Bearbeitung sind Werkstoffeinsparungen von 10 bis 50 % möglich.
- **Einsparen von Fertigungszeit**; Umformmaschinen ermöglichen ein höheres Ausbringen durch verkürzte Haupt- und Nebenzeiten. Die Erhöhung der Pressenhubzahl, der Einsatz automatisierter Zuführ- und Entnahmevorrichtungen sowie die Mehrmaschinenbedienung führen zu einer Einsparung von Fertigungszeit bis zu 30 %.
- Steigerung der Werkstückqualität; die Maßgenauigkeit und Oberflächengüte der Erzeugnisse können verbessert werden durch **Kombinieren von Umformprozessen mit Endbearbeitungsverfahren**.

3.1 Einteilung und Vorteile der Umformverfahren

- Mit einigen Umformverfahren **lassen sich sehr kleine Toleranzen einhalten**. Zum Beispiel kann beim Fließpressen eine Wanddickenabweichung bei 600 mm Durchmesser von bis zu $\pm 0,01$ mm und beim Oberflächenfeinwalzen eine Rauheit bei Stahlteilen bis zu $R_z = 0,2$ mm erreicht werden.
- **Erhöhung der Werkstückstoff-Festigkeit**; bei mehreren Verfahren des Kaltumformens kann eine solche Festigkeitssteigerung vorteilhaft ausgenutzt werden. Beim Kaltfließpressen steigt die Härte des eingesetzten Stahls bis zu 120 % und beim Oberflächenfeinwalzen (je nach Umformgrad) bis zu 40 %. Dadurch können preiswertere Stähle mit geringerer Festigkeit als Rohling eingesetzt werden.
- Eine **höhere Gestaltfestigkeit** und eine verringerte Kerbwirkung lassen sich bei Umformteilen **mit nicht angeschnittenem Faserverlauf** erreichen.

3.3 Druckumformen - Schmieden

Quelle: S. 163

Schmieden gehört zu den Warmumformverfahren. Die wichtigsten Verfahrensvarianten sind das **Freiformschmieden** und das **Gesenkschmieden**. Außer diesen herkömmlichen Verfahren werden das Warmstauchen, das Feinschmieden und das Schmiedewalzen eingesetzt.

Vorteile:

- Hohe Gestaltungsfreiheit mit einfachen Mitteln.
- Materialverdichtung und kein unterbrochener Faserverlauf
- Massenproduktion beim Gesenkschmieden

Nachteile:

- Hohe Energiekosten
- Hohe Kosten beim Gesenkschmieden

3.4 Zug-Druck-Umformen

Quelle: S. 183

Bei dieser Verfahrensgruppe wird der plastische Zustand durch **zusammengesetzte Zug- und Druckbeanspruchung** erzeugt. Nach DIN 8584-1 gehören hierzu die technischen Fertigungsverfahren **Durchziehen** als Draht- und Stabziehen, **Tiefziehen** von Blechen zu Hohlkörpern und deren weitere Umformung mit Verringern des Durchmessers, **Drücken** von Hohlkörpern und deren Formänderung durch Weiten oder Verengen sowie das **Kragenziehen** und **Knickbauchen**.

3.4 Zug-Druck-Umformen - Durchziehen

Quelle: S. 183

Alle Durchziehverfahren haben nach DIN 8584 das gemeinsame Merkmal, dass das Rohteil durch eine **in Ziehrichtung verengte**, formgebende düsenförmige Matrize **hindurchgezogen** wird.

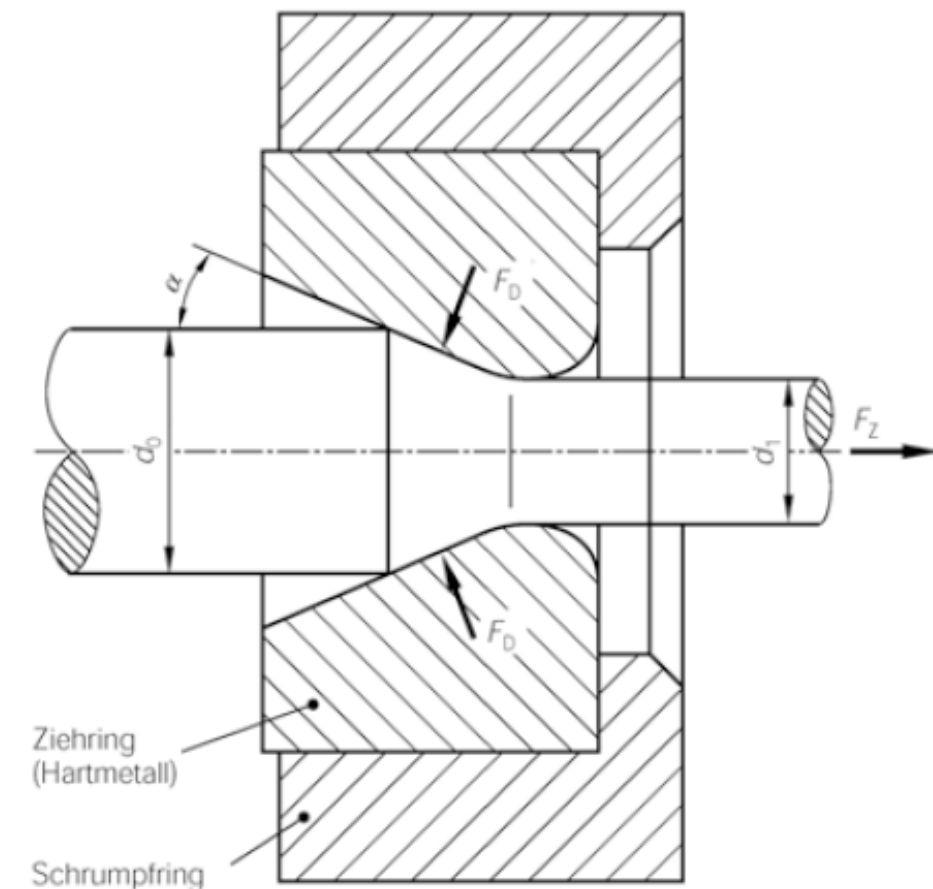


Abb. 3.85 Ziehstein aus Hartmetall mit Schrumpfring aus Stahl d_0 Ausgangsdurchmesser des Drahts d_1 Enddurchmesser des Drahts α halber Kegelwinkel des Ziehholts F_z Ziehkraft F_D Druckkraft

4.2 Scherschneiden

Quelle: S. 237

Schneiden ist ein Verfahren des Trennens, es gehört also nicht zu den Umformverfahren. Der Schneidevorgang ist jedoch immer mit einer plastischen Umformung verbunden, ehe der Werkstoff **nach Erreichen seiner Trennfestigkeit in der Scherfläche einreißt**. Ist weder das Schneiden noch das Umformen am Blechteil dominierend, wird diese Verfahrenskombination als **Stanzen** bezeichnet.

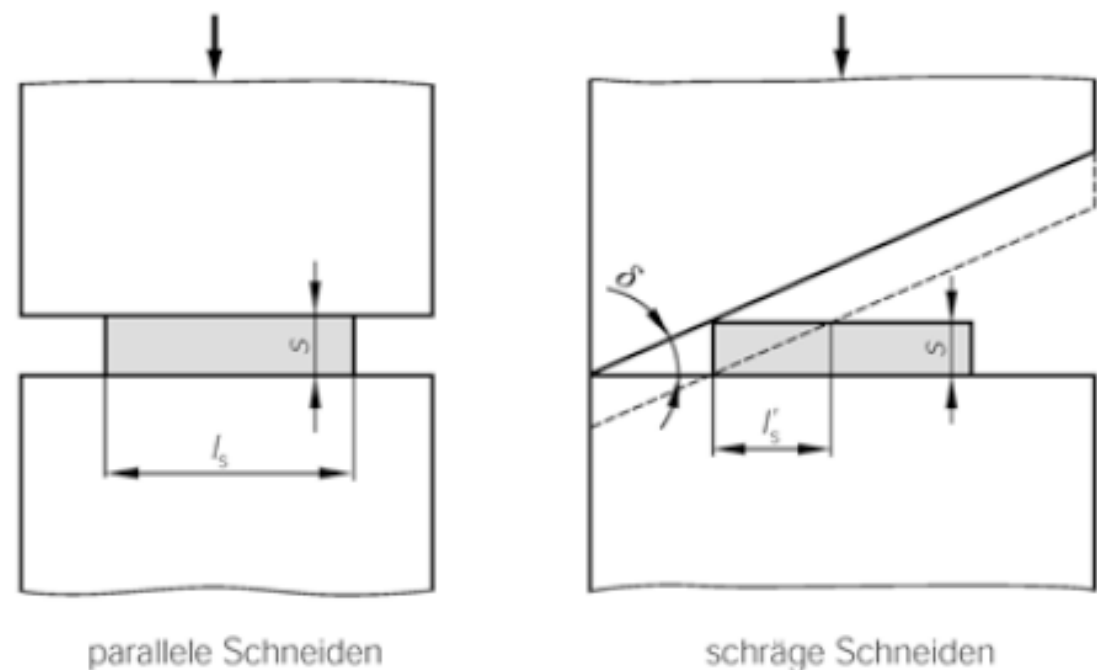


Abb. 4.2 Prinzip des Schneidevorgangs

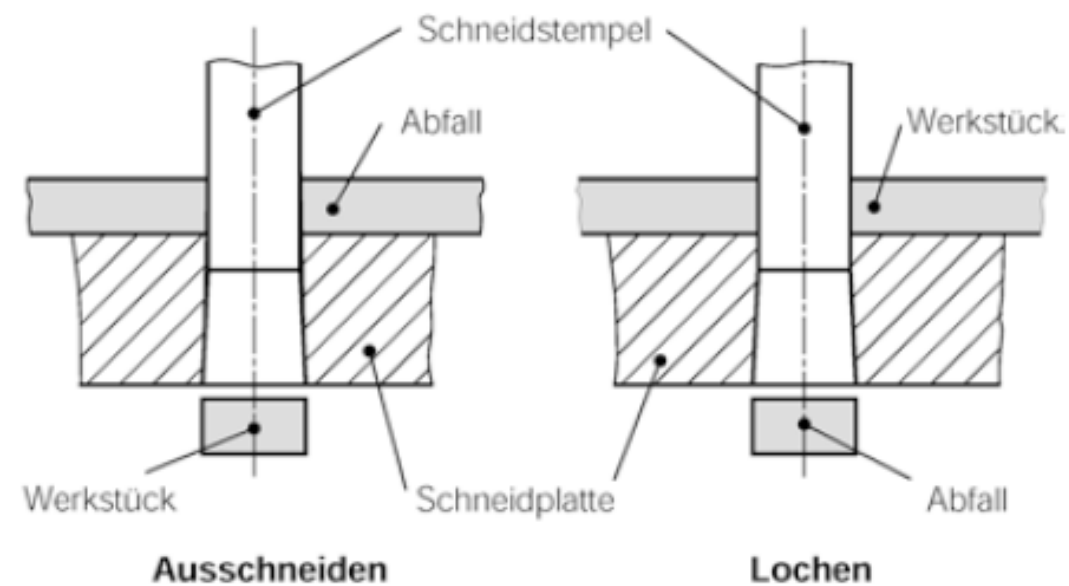


Abb. 4.3 Gegenüberstellung der Schneidverfahren Ausschneiden und Lochen

4.2 Scherschneiden

Quelle: S. 239

Schneidspalt

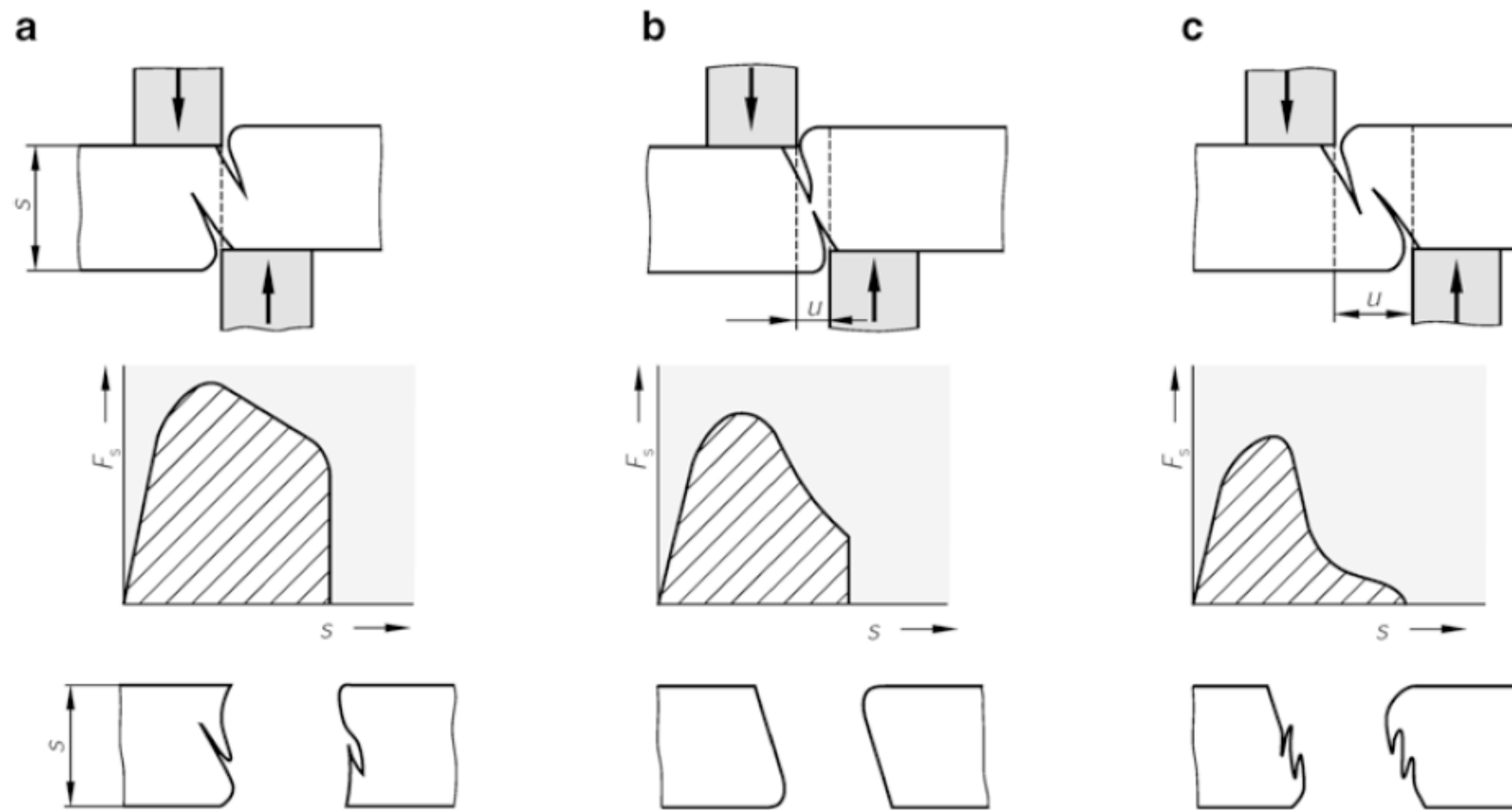


Abb. 4.7 Auswirkungen des Schneidspaltes u auf die Schnittkraft F_s und Schnittflächenqualität: a Schneidspalt zu klein b richtig bemessen ($u \approx 0,08 \cdot s_0$) c zu groß

Schneidkraft

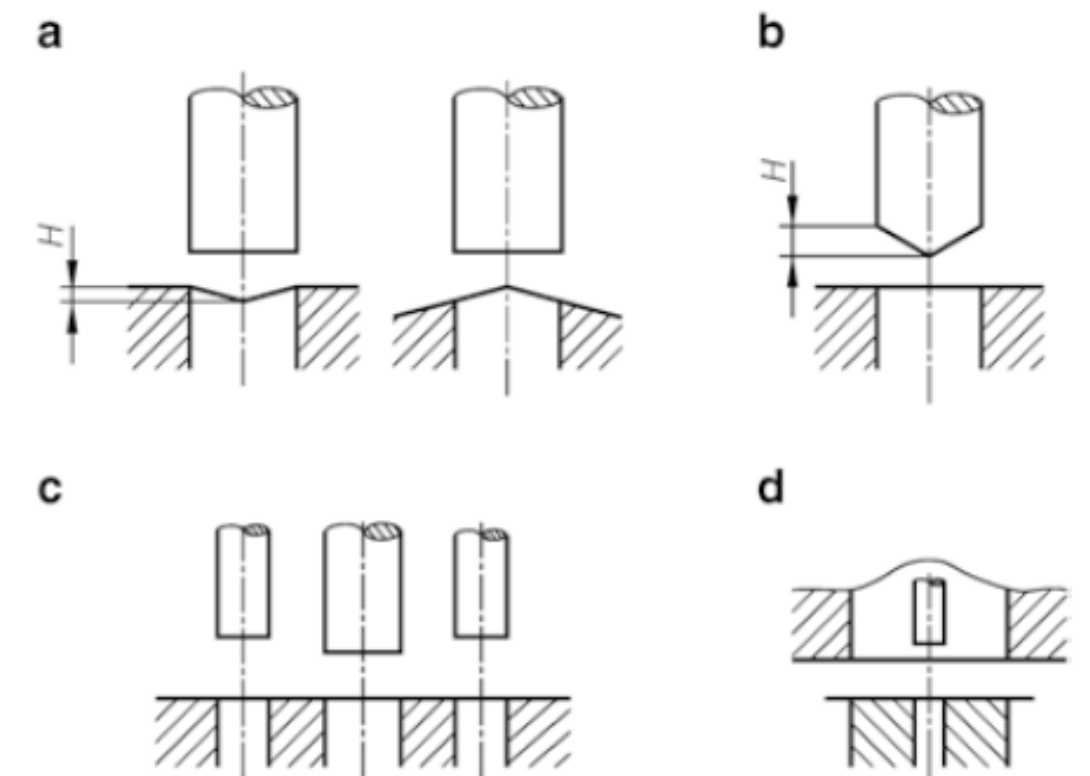


Abb. 4.9 Möglichkeiten zum Verringern der Schneidkraft: a Schrägschliff der Schneidplatte b Schrägschliff des Stempels c unterschiedliche Stempel-Längen d Versatz von Ausschneid- und Lochstempel

4.3 Spanen

Quelle: S. 239

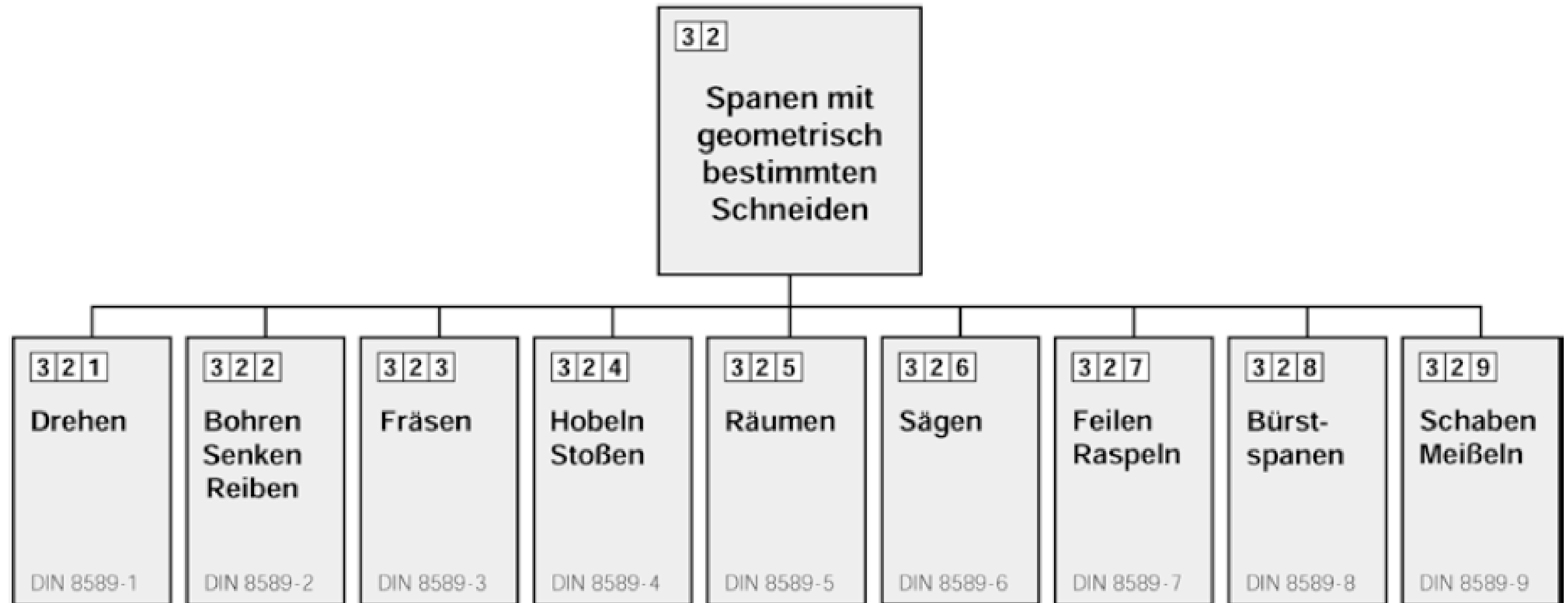


Abb. 4.23 Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden; Einteilung nach DIN 8589

4.3 Spanen

Quelle: S. 239

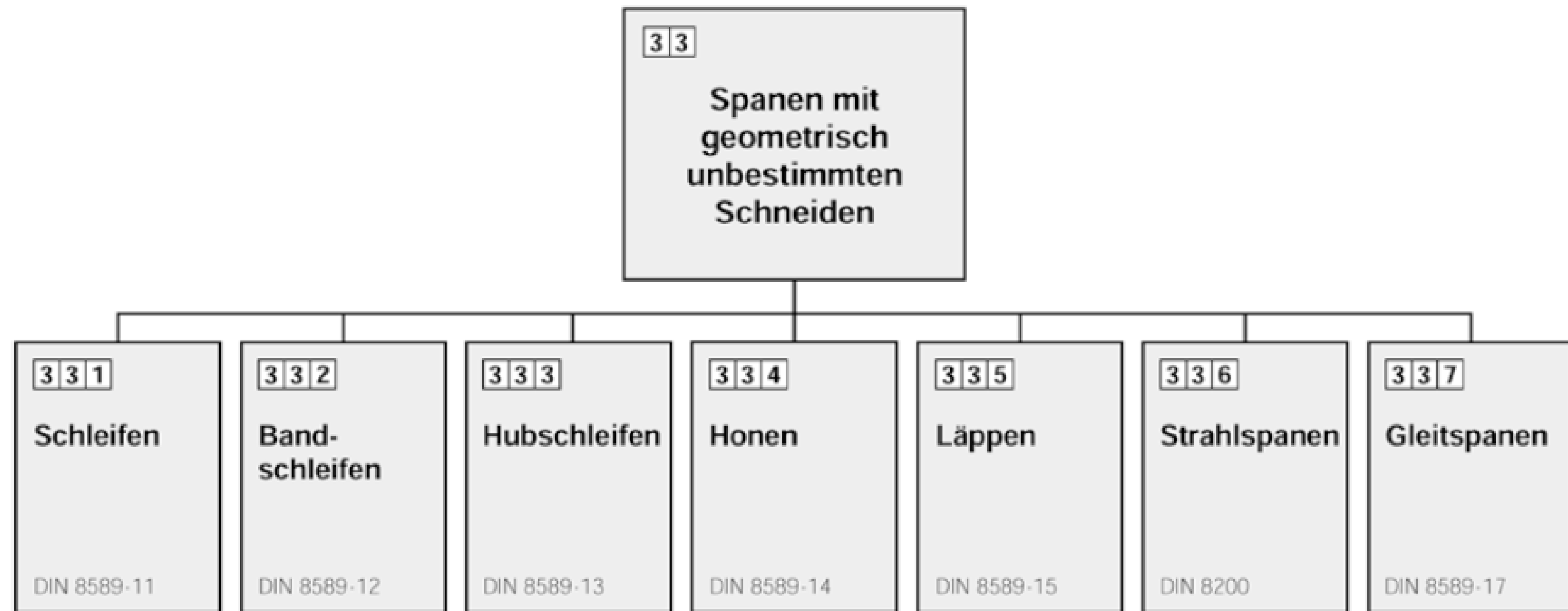


Abb. 4.24 Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden; Einteilung nach DIN 8589

4.4 Grundbegriffe der Zerspantechnik

Quelle: S. 249 bis 251

Beim Spanen wird die zu erzeugende Werkstückform einmal **durch die Geometrie des Werkzeugs** und zum anderen **durch die Relativbewegungen zwischen Werkstück und Werkzeug** (Wirkpaar) bestimmt.

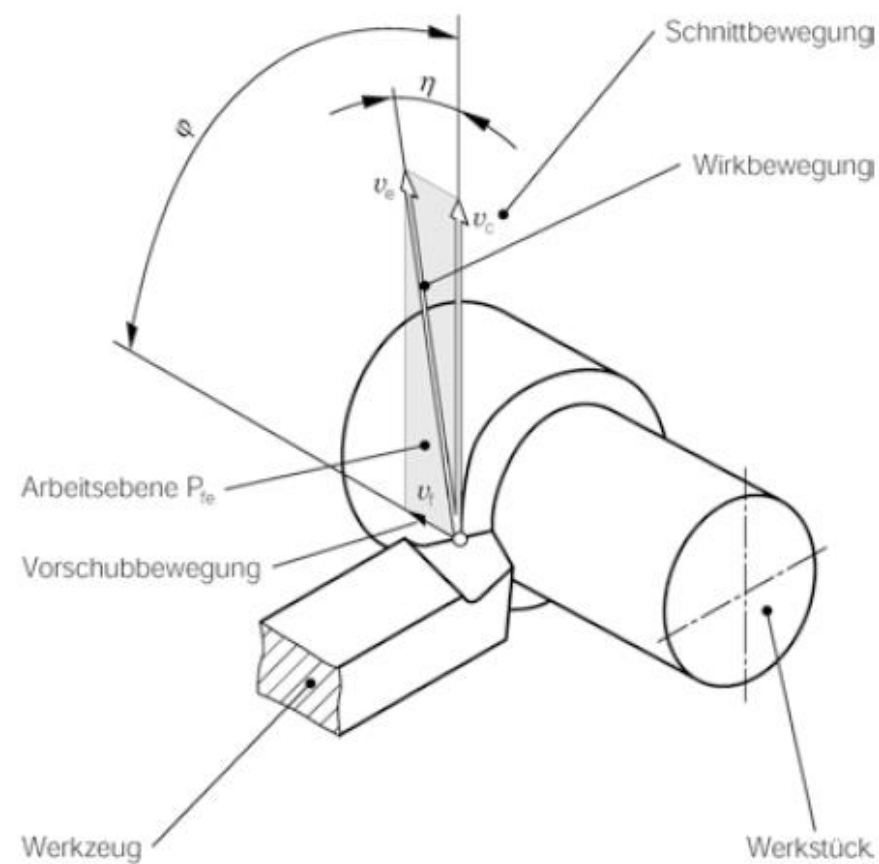


Abb. 4.26 Bewegungen, Arbeitsebene P_{fe} , Vorschubrichtungswinkel φ und Wirkrichtungswinkel η beim Drehen. (nach DIN 6580)

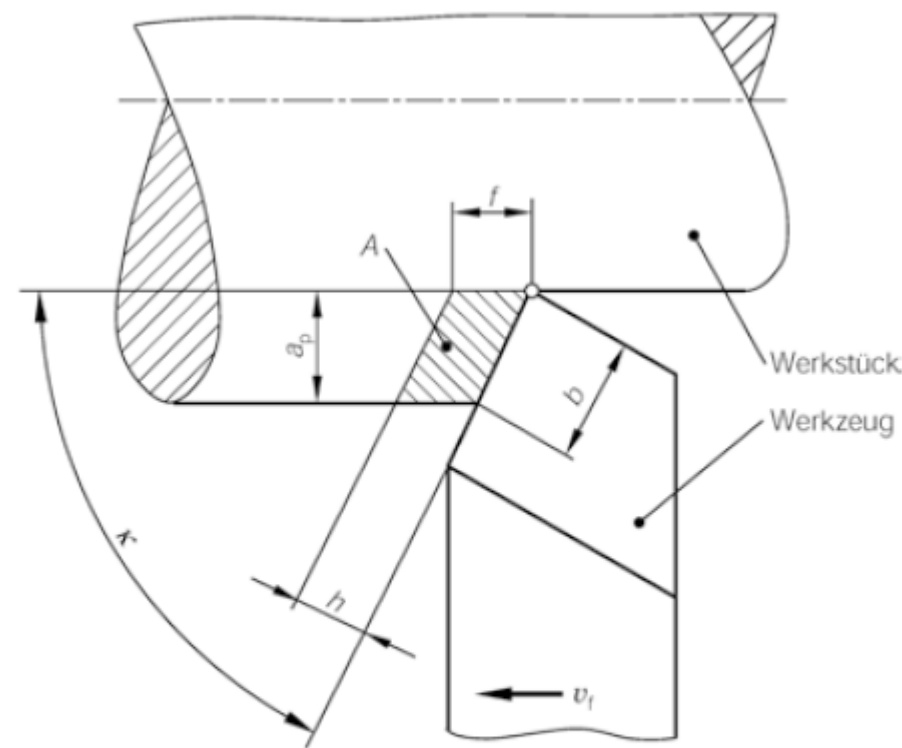


Abb. 4.27 Eingriffs- und Spanungsgrößen beim Längsdrehen.
 a_p Schnitttiefe, f Vorschub, h Spanungsdicke, b Spanungsbreite, A Spanungsquerschnitt, κ Einstellwinkel

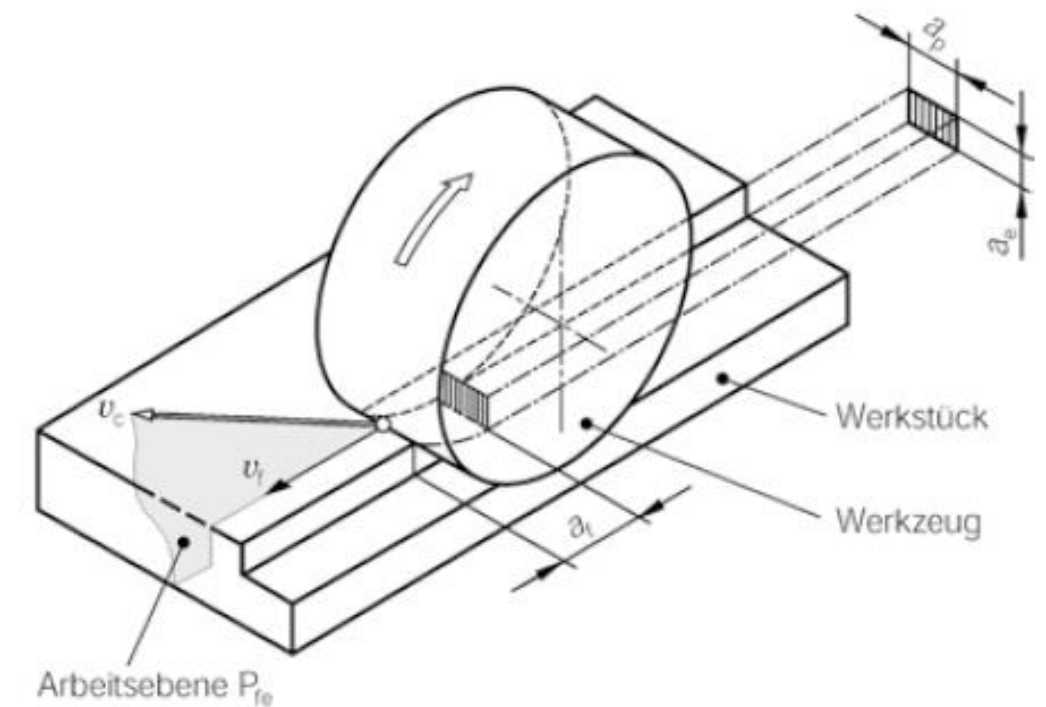


Abb. 4.28 Eingriffsgrößen beim Umfangsfräsen und Umfangsschleifen.
 a_p Schnittbreite a_e Arbeitseingriff a_f Vorschubeingriff

4.5 Grundlagen zum Spanen

Quelle: S. 256 bis 257

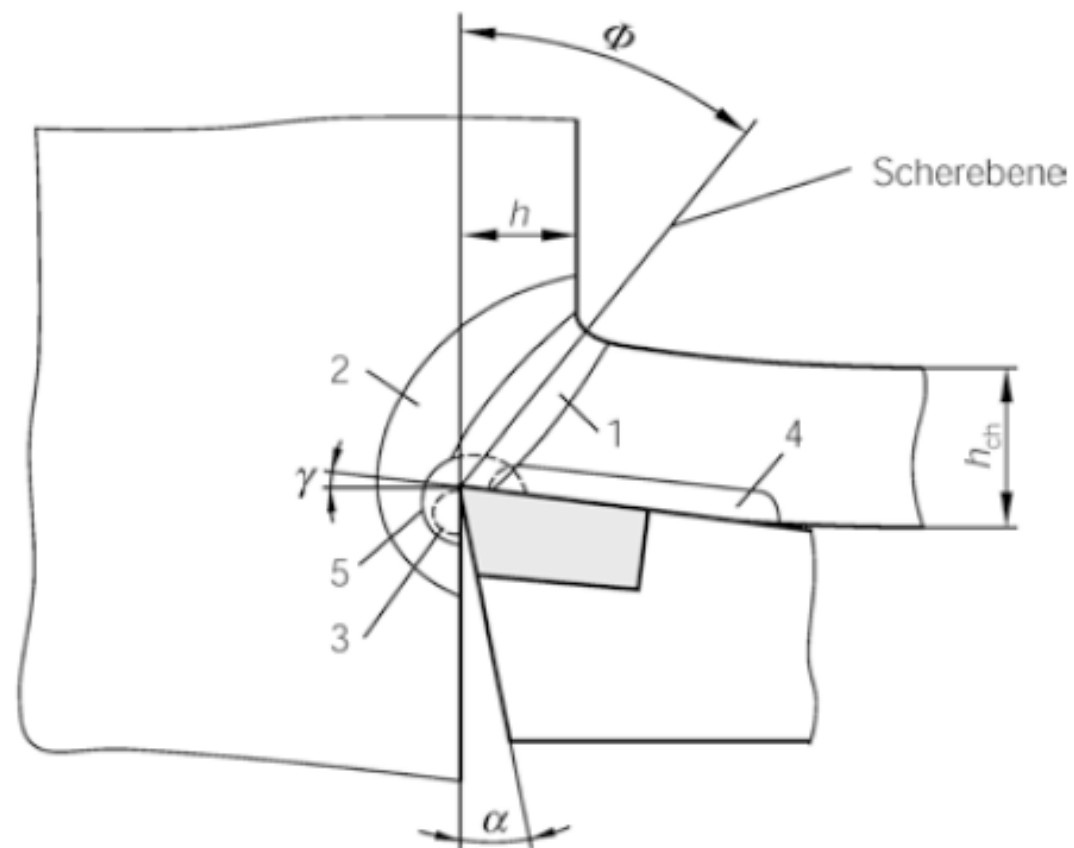


Abb. 4.36 Spanbildungsmodell. (nach Warnecke)

α Freiwinkel γ Spanwinkel Φ Scherwinkel h Spanungsdicke h_{ch} Spandicke 1 primäre Scherzone (Spanentstehungszone) 2 Verformungsvorlaufzone 3; 4 sekundäre Scherzonen (Reibungszone zwischen Werkzeugfreifläche und gefertigter Fläche bzw. Werkzeugspanfläche und Spanunterseite) 5 Trenngebiet.

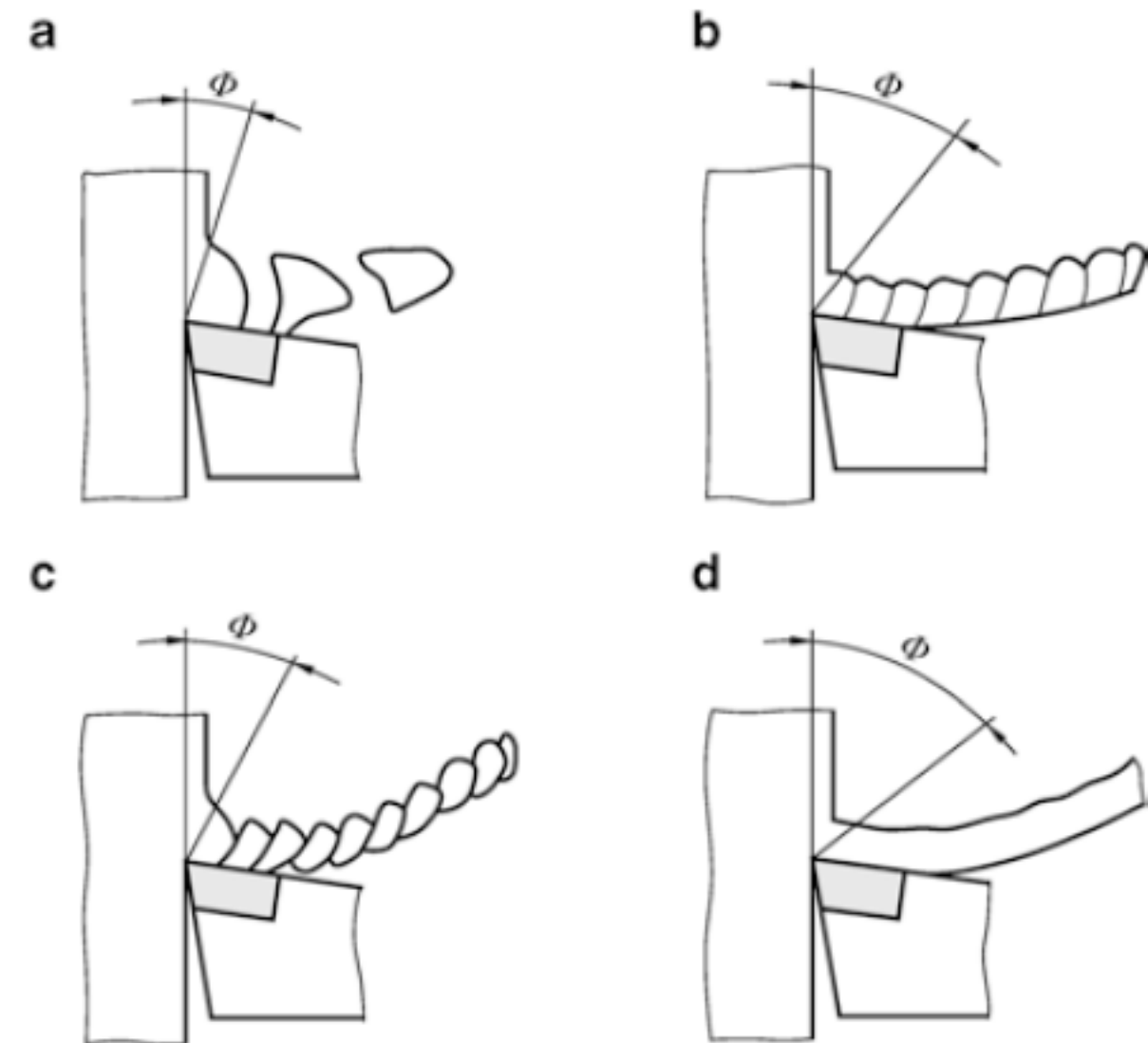


Abb. 4.38 Spanarten: a Reißspan, b Scherspan, c Lamellenspan, d Fließspan

4.6 Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden - Drehen

Quelle: S. 277

Einteilung der **Drehverfahren**:



Abb. 4.57 Einteilung der Drehverfahren nach DIN 8589, Teil 1

4.6 Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden - Drehen

Quelle: S. 277 bis 279

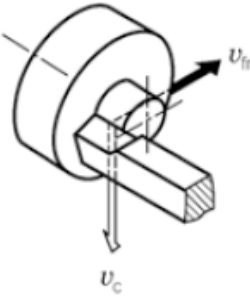
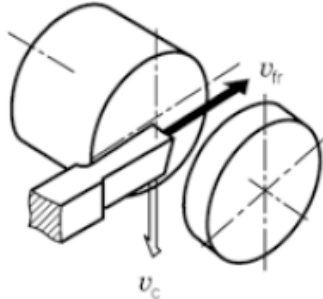
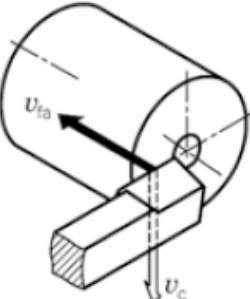
3	2	1	1	Plandrehen
				
3.2.1.1.1 Quer-	3.2.1.1.2 Quer-Abstich-	3.2.1.1.3 Längs-		

Abb. 4.58 Plandrehverfahren

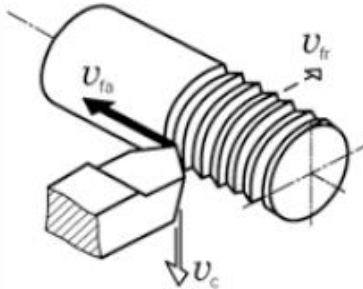
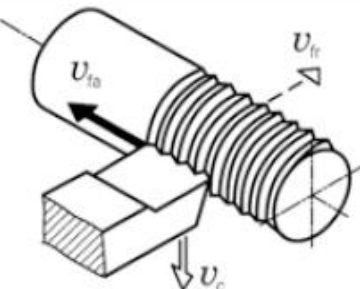
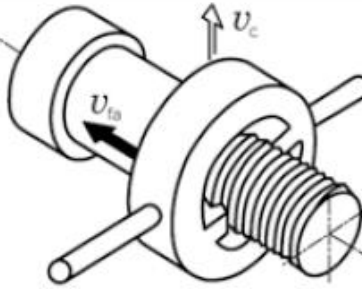
3	2	1	3	Schraubdrehen
				
3.2.1.3.1 Gewindedrehen	3.2.1.3.2 Gewindestrehen	3.2.1.3.3 Gewindeschneiden		

Abb. 4.61 Schraubdrehverfahren

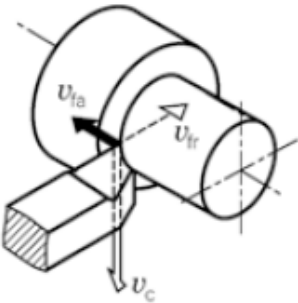
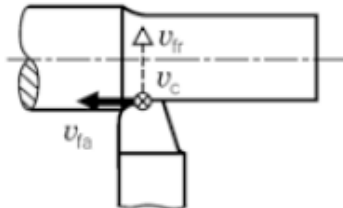
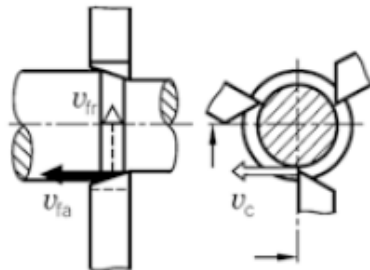
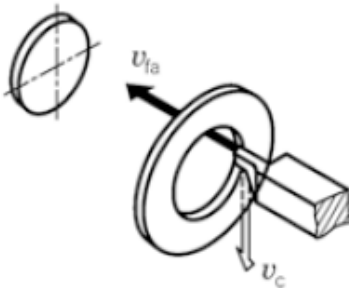
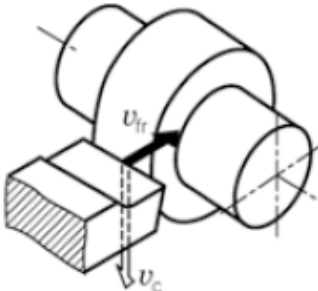
3	2	1	2	Runddrehen
				
3.2.1.2.1 Längs-		3.2.1.2.2 Breitschlicht-		3.2.1.2.3 Schäl-
				
3.2.1.2.4 Längs-Abstech-		3.2.1.2.5 Quer-		

Abb. 4.59 Runddrehverfahren

4.6 Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden - Drehen

Quelle: S. 280

3	2	1	5	Profildrehen	
3.2.1.5.1 Längs-		3.2.1.5.2 Längs-Einstech-		3.2.1.5.4 Quer-	
3.2.1.5.5 Quer-Einstech-		3.2.1.5.6 Quer-Abstech-			

Abb. 4.62 Profildrehverfahren

3	2	1	6	Formdrehen	
3.2.1.6.1 Frei-		3.2.1.6.2 Nach-		3.2.1.6.3 Kinematisch-	
				3.2.1.6.4 NC-	

Abb. 4.63 Formdrehverfahren

4.6 Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden - Bohren

Quelle: S. 282 bis 283

Bohren ist Spanen mit kreisförmiger Schnittbewegung, bei dem die Drehachse des Werkzeugs und die Achse der zu erzeugenden Innenfläche identisch sind und die Vorschubbewegung im Vergleich zum Innendrehen nur in Richtung dieser Drehachse verlaufen darf.

Senken ist Bohren zum Erzeugen von senkrecht zur Drehachse liegenden Planflächen oder symmetrisch zur Drehachse liegenden Kegelflächen bei meist gleichzeitigem Erzeugen von zylindrischen Innenflächen.

Reiben ist ein Aufbohren zwecks Erhöhung der Oberflächengüte bei geringen Spanungsdicken.

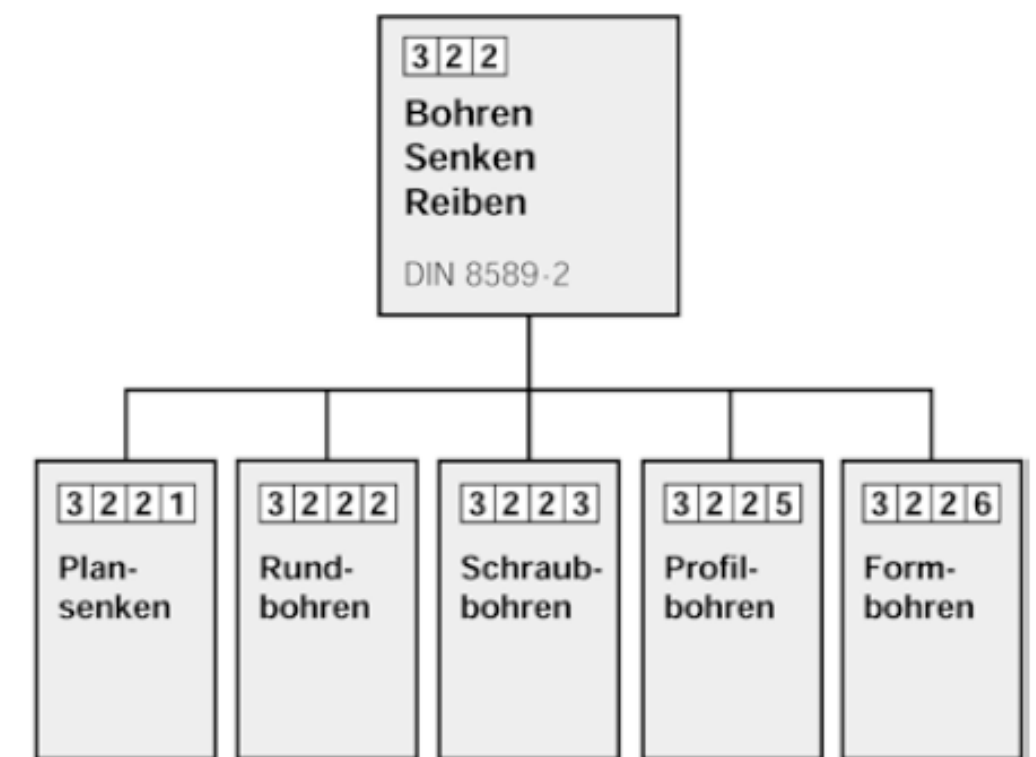


Abb. 4.68 Einteilung der Bohrverfahren. (nach DIN 8589-2)

4.6 Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden - Bohren

Quelle: S. 284 bis 285

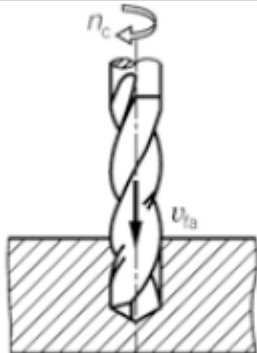
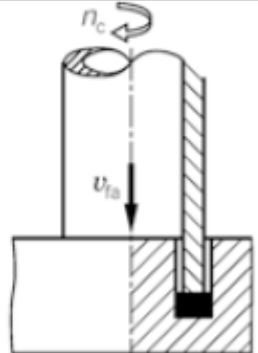
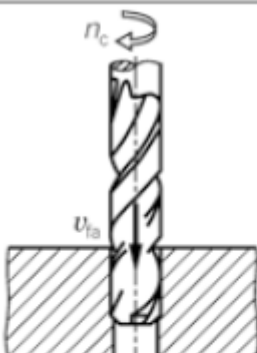
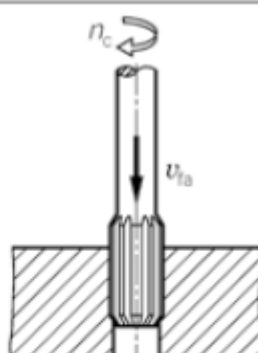
3	2	2	2	Rundbohren
				
3.2.2.2.1.1 Bohren ins Volle		3.2.2.2.2.1 Kernbohren		
				
3.2.2.2.3.1 Aufbohren		3.2.2.2.4.1 Reiben		

Abb. 4.70 Rundbohrverfahren

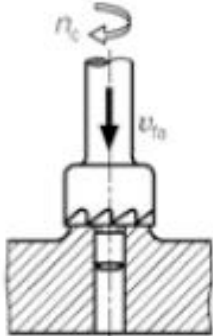
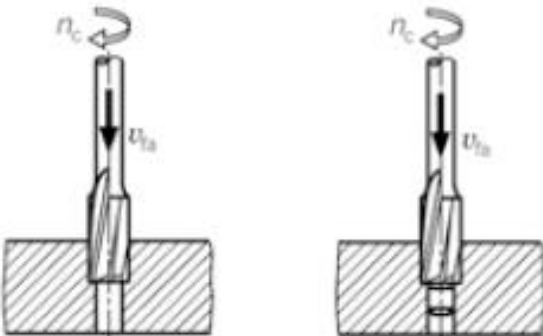
3	2	2	1	Plansenken	
					
3.2.2.1.1 Planansenken				3.2.2.1.2 Planeinsenken	

Abb. 4.69 Plansenkverfahren

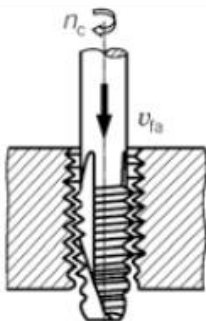
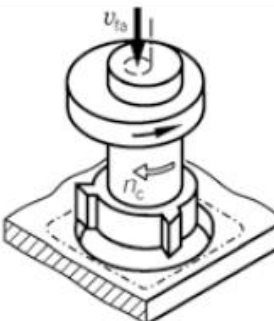
3	2	2	3	Schraubbohren	3	2	2	6	Formbohren
									
3.2.2.3.1 Gewindebohren					3.2.2.6.1 Unrundbohren				

Abb. 4.72 Schraub- und Formbohren

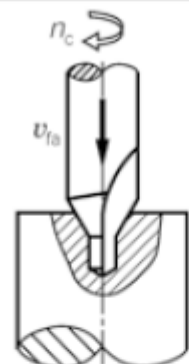
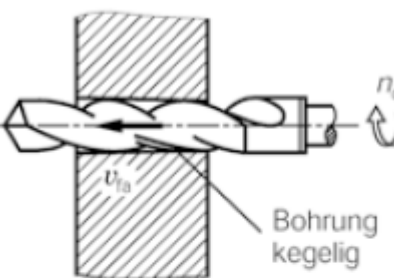
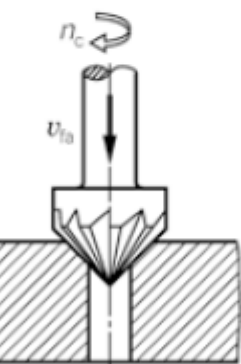
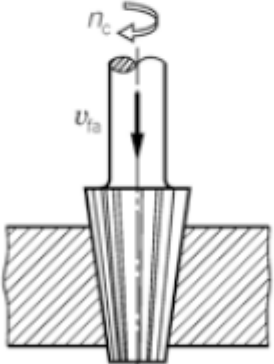
3	2	2	5	Profilbohren
				
3.2.2.5.1 Profilbohren i. Volle		3.2.2.5.2 Profilaufbohren		
				
3.2.2.5.3 Profilsenken		3.2.2.5.4 Profilreiben		

Abb. 4.71 Profilbohrverfahren

4.6 Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden - Fräsen

Quelle: S. 289

Planfräsen ist Fräsen mit geradliniger Vorschubbewegung zur Erzeugung ebener Flächen. Beim **Rundfräsen** lassen sich kreiszylindrische Flächen mit außen- oder innenverzahnten Fräsern erzeugen.



Abb. 4.77 Einteilung der Fräsverfahren. (nach DIN 8589-3)

4.8 Abtragende Verfahren

Quelle: S. 345

Als Abtragen wird nach DIN 8580 das Fertigen durch **Abtrennen** von Stoffteilchen von einem festen Körper **auf nichtmechanischem Wege** bezeichnet. Sowohl das Entfernen von Werkstoffschichten als auch das Trennen von Werkstückteilen aus dem Grundwerkstoff werden in diesem Sinn als Abtragen bezeichnet.

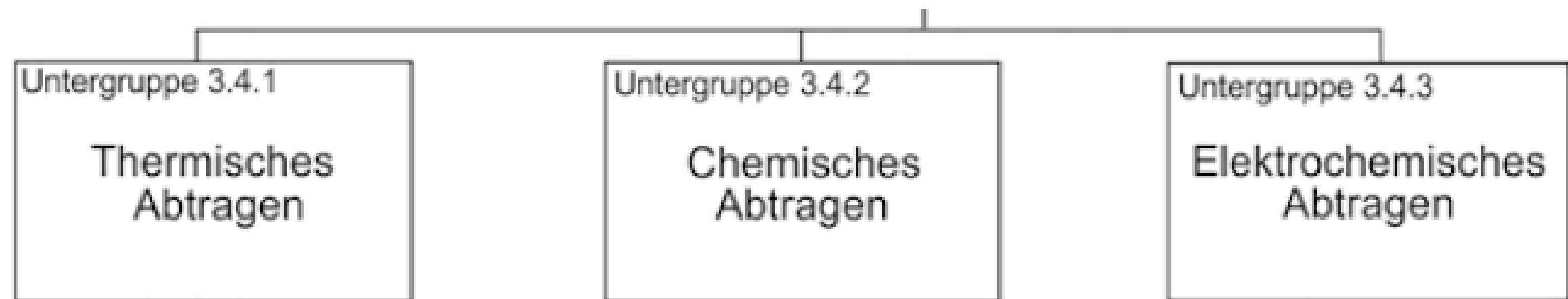
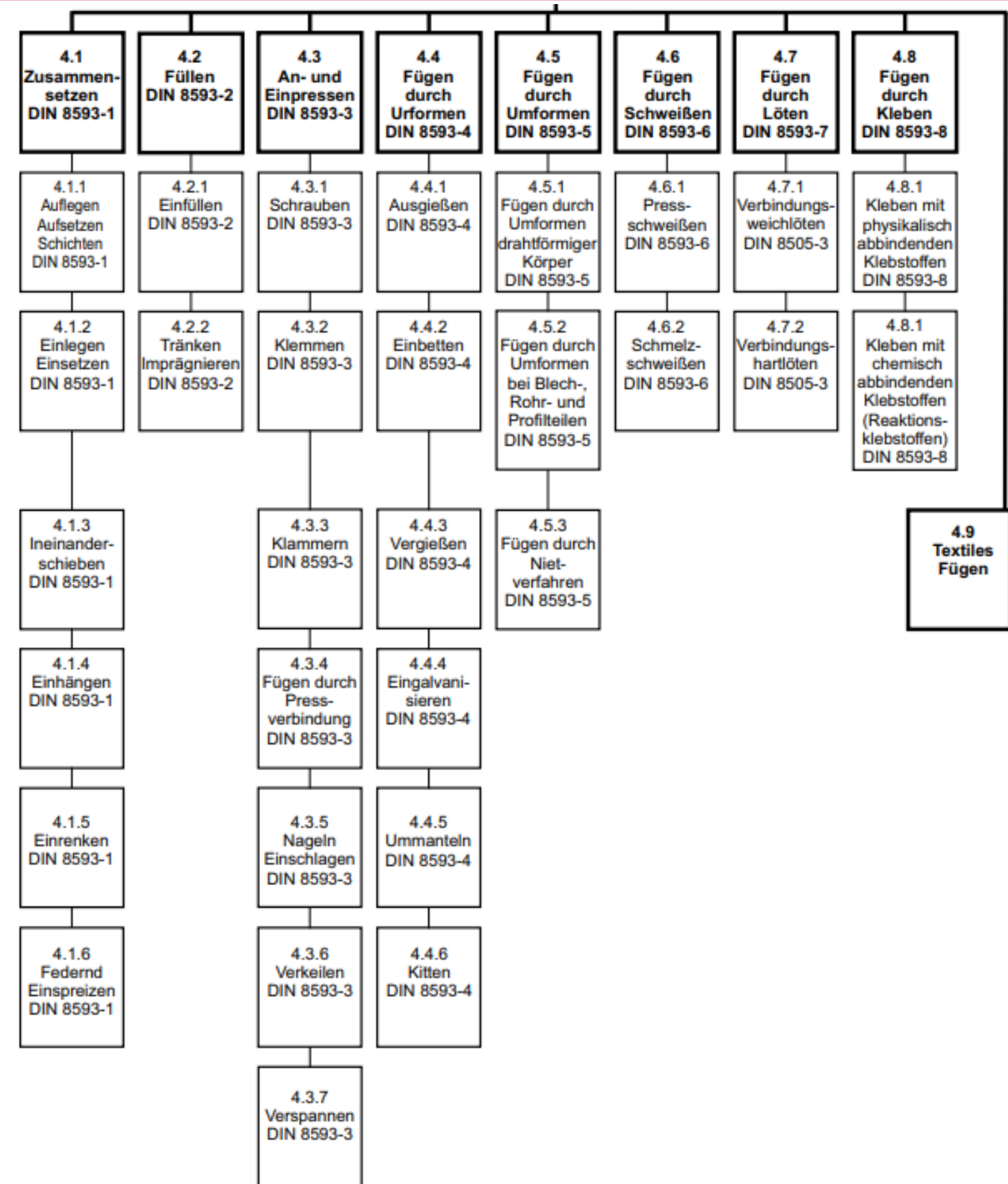


Abb. 4.155 Einteilung der Gruppe 3.4 Abtragen nach DIN 8580

5. Fügen

Quelle: S. 102

- ◆ Zusammensetzen
- ◆ Füllen
- ◆ An- und Einpressen
- ◆ Fügen durch Urformen
- ◆ Fügen durch Umformen
- ◆ Fügen durch Schweissen
- ◆ Fügen durch Löten
- ◆ Kleben
- ◆ Textiles Fügen



6. Beschichten

Quelle: S. 117

Als Beschichten wird das Aufbringen einer **fest haftenden Schicht** aus **formlosem Stoff auf festen Stoff bezeichnet**. Dabei werden Schichten mit definierten Eigenschaften, z. B. bessere Verschleiß- oder Korrosionsbeständigkeit, hergestellt.

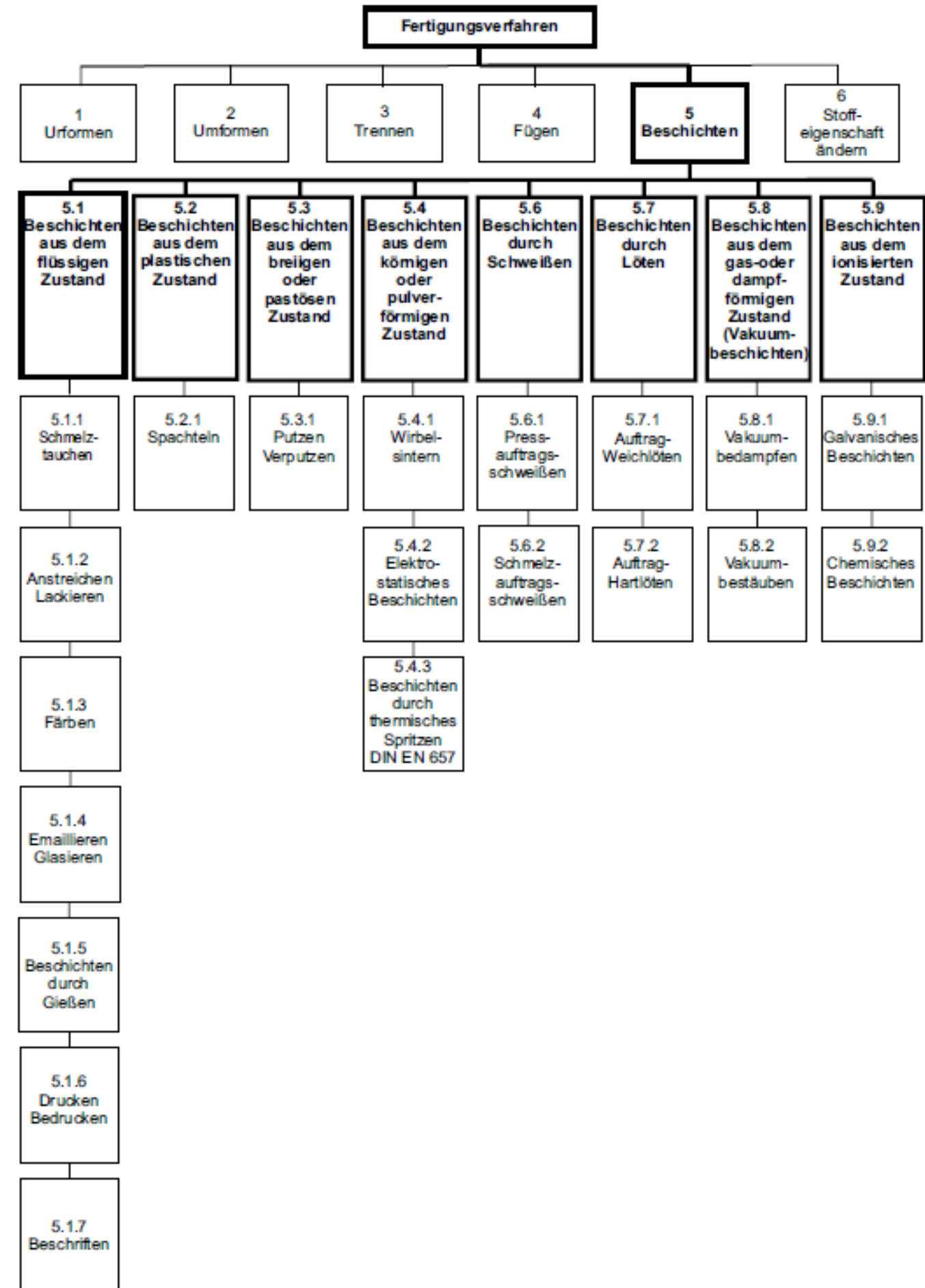


Abb. 2.94 Einteilung der Fertigungsverfahren zum Beschichten nach DIN 8580