

Berndt Jung,
Graz, Österreich

Integrierte Prozeßplanung für wettbewerbsfähige Qualität und Kosten*

Gesamtoptimale technische Lösungen sind nur bei gleichzeitiger Entwicklung von Konstruktion und Fertigung möglich. Der Taylorismus hemmt. Kurz und prägnant wird über Methoden und Hilfsmittel informiert, die helfen, die geistigen Mauern zwischen den einzelnen Fachbereichen abzubauen.

Integrated process scheduling for competitive quality and cost.
Overall optimal technological solutions can be achieved only with simultaneous development of design and production. Taylorism is nothing but a hindrance. This is a brief and concise report on methods and means for tearing down mental walls between the various technological departments

Der Wandel der Märkte vom Herstellermarkt zum Käufermarkt und die dadurch hervorbrechende Qualitätskrise führte in den letzten 20 Jahren dazu, daß Qualität zum Thema Nr. 1 wurde. Der Satz „Qualität kann nicht erprüft, sondern muß entwickelt und produziert werden“, wurde zur Kernaussage moderner Qualitätssicherung.

Sehr viele Unternehmen starteten Kampagnen, um das Qualitätsbewußtsein der Führungskräfte und Mitarbeiter zu fördern. Mittlerweile weiß nahezu jeder, daß Qualität wichtig ist. Das bedeutet aber leider nicht, daß er auch weiß, was sich alles hinter dem Begriff Qualität verbirgt. Nach wie vor wird, unabhängig von der Branche, am Markt vorbeientwickelt. Nach wie vor geht ein erheblicher Wertschöpfungsanteil durch Nacharbeit, Ausschuß und unnötige Prüfungen verloren. Nach wie vor gibt es Rückrufaktionen u. dgl.

Das verbesserte Qualitätsbewußtsein alleine genügt also nicht, um konkurrenzfähige Qualität zu erreichen. Offensichtlich gibt es Probleme bei der Umsetzung des verbesserten Bewußtseins in die betriebliche Praxis. Der Grund dafür ist, daß hinter den Appellen in der Regel recht wenig Substanz vorhanden war. Die Kampagnen zeigten keine systematische, strukturierte Vor-

gehensweise für den „Weg von hier nach dort“. Deshalb ist in Zukunft das Schwerk Gewicht weniger auf Slogans („noch ein Ratschlag“) und mehr auf die zu erreichenden Ziele und dafür notwendigen Maßnahmen zu legen.

Integrierte Prozeßplanung – ein weiterer Slogan?

Verstand man zu Zeiten des Herstellermarkts unter Entwicklungsarbeit ausschließlich die Erarbeitung einer aus der Sicht der Techniker möglichst optimalen Problemlösung, genügt dies heute bei weitem nicht mehr. Zeitgemäße Entwicklungsarbeit schließt neben der Erarbeitung einer kundengerechten, risikofreien und robusten konstruktiven Lösung die Entwicklung eines beherrschten und kostengünstigen Fertigungsprozesses mit ein. Die Bewältigung dieser umfassenden Aufgabenstellung ist nur bei gleichzeitiger Entwicklung von Konstruktion und Fertigung möglich: integrierte Prozeßplanung.

Integrierte Prozeßplanung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Phase „Prozeßplanung“ schon während der frühen Phasen der Produktentwicklung einsetzt und nicht, wie bisher üblich, erst nach deren Abschluß: Dies eröffnet einem Unterneh-

men bei der Entwicklung einer technischen Lösung die Möglichkeit, neben der Berücksichtigung sämtlicher Kundenansprüche und Erwartungen gezielt auf die Stärken des Unternehmens hinsichtlich Technologien und Zulieferanten Rücksicht zu nehmen (Bild 1).

Obwohl die Sinnhaftigkeit und betriebswirtschaftliche Notwendigkeit einer solchen Vorgehensweise heute niemand mehr ernsthaft in Frage stellt, ist in der Praxis ein völlig konträres Bild zu beobachten. Warum? Der japanische Konzernchef *Konosuke Matsushita* machte bei einem Empfang von westlichen Industriellen folgende Aussage: „*Wir werden gewinnen, und der industrielle Westen wird verlieren. Da könnt Ihr gar nicht viel dagegen tun, weil der Grund des Versagens in Euch selbst liegt. Nicht bloß Eure Firmen sind nach dem Taylor'schen Modell gebaut, sondern – und das ist viel schlimmer – auch Eure Köpfe.*“

Mit dem letzten Satz brachte er unser Problem exakt auf den Punkt. Aufgrund der langen Tradition des Westens mit Herstellermärkten ist der Taylorismus tatsächlich tief in unseren Köpfen verankert und hemmt uns bei der Umsetzung des wohlgemeinten Ratschlags der „Integrierten Prozeßplanung“. Der zweite Satz ist falsch, denn selbstverständ-

* Der Aufsatz beruht auf einem Vortrag des Autors auf dem TTZ (Technologie-Transfer-Zentrum-)Seminar „Arbeitsplanung in der Fertigungstechnik“ am 12. Oktober 1994 in Leoben, Österreich.

lich gibt es eine Menge Mittel und Möglichkeiten, die uns auf dem Weg „weg vom Taylorismus“ unterstützen können, auch wenn es aufgrund unserer Vergangenheit kein leichter Gang sein wird. Der erste Satz ist eine Behauptung, die in der Zwischenzeit – zum Beispiel von der US-Automobilindustrie – bereits widerlegt wurde.

Praktisch erprobte Lösungsansätze

Die beschriebenen und in unserem Betrieb seit mehreren Jahren erfolgreich eingesetzten Methoden und Hilfsmittel fordern fachbereichsübergreifende Zusammenarbeit. Konsequenter und richtig angewandt, fördern sie dadurch die innerbetriebliche Kommunikation. Sie stellen damit sicher, daß bei der Produktentwicklung nicht nur die technischen Aspekte, sondern auch die innerbetrieblichen Herstellprozesse und Beschaffungsmöglichkeiten berücksichtigt werden.

Qualitäts-Engineering (moderne Qualitätstechniken)

QFD – Kundenorientierte Produktentwicklung

Ziel von QFD (Quality Function Deployment) – sinngemäß kundenorientierte Produktentwicklung – ist es, die externen und internen Kundenanforderungen an das Produkt in die einzelnen Unternehmensbereiche zu transportieren und dadurch die Entwicklung kundengerechter Produkte sicherzustellen (Bild 2).

Der erste und wichtigste Schritt bei der Anwendung ist das Erheben und Gewichten der Kundenwünsche. Ohne Kunden gibt es keinen Markt. Der Kunde (Endabnehmer, Auftraggeber) muß also über den gesamten Zeitraum der Produktentwicklung im Mittelpunkt stehen. Das Ziel – Steigerung der Produktqualität bei gleich-

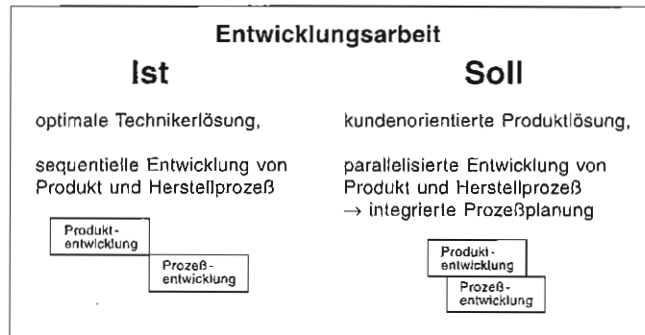


Bild 1. Ist-Soll bei der Entwicklungsarbeit

zeitiger Erhöhung der Produktivität – kann jedoch nur erreicht werden, wenn vom Anbeginn der Entwicklung auf die Stärken des eigenen Unternehmens Rücksicht genommen wird. Die erhobenen externen Kundenwünsche sind daher unter Berücksichtigung der internen Kundenwünsche in technische Spezifikationen zu übersetzen.

Hier gibt es oft große Schwierigkeiten, da der Techniker mit den in der Sprache des Kunden formulierten Wünschen häufig nichts konkretes anfangen kann: Die Pkw-Türe soll mit satterem Ton ins Schloß fallen, der Sitz soll angenehm sein, die Karosserie soll elegant und zugleich sportlich wirken u. dgl. Wir sind gezwungen nachzufragen, was der Kunde eigentlich meint (eine unangenehme Situation, an der wir uns in der Vergangenheit meist vorbeigeschwindelt haben).

In der Regel ist ein Kundenkriterium durch das Zusammenwirken mehrerer technischer Spezifikationen realisierbar. Die Zusammenhänge sind in der Beziehungsmatrix darzustellen. Beim Ausfüllen der Wechselwirkungsmatrix wird sich gelegentlich zeigen, daß einzelne Spezifikationen im technischen Widerspruch zueinander stehen. Bei einem Kraftfahrzeug lassen sich zum Beispiel die beiden Forderungen nach Leichtbau einerseits und Insassenschutz durch passive Sicherheit andererseits nur schwer vereinbaren.

In dieser Phase des QFD zeigt sich, ob der technische Lösungsansatz überhaupt weiter verfolgt werden soll. Oder sind schon so viele Kompromisse und Abstriche von der kundenoptimalen Lösung absehbar, daß ein anderes technisches Lösungsmodell gesucht werden sollte?

Ausgehend von den in quantifizierbare technische Spezifikationen übersetzten Kundenwünschen sind nun alle weiteren Detaillierungen bis hin zum einzelnen Arbeitsschritt in der Fertigung abzuleiten (Deployment). Wird dies lückenlos gemacht, ist man in der Lage, jede Änderung eines Detailmerkmals in ihrer Auswirkung auf den Erfüllungsgrad der ursprünglichen Kundenwünsche rückzuverfolgen (Bild 3). Das war bisher nicht möglich. Deshalb wurde bei Spezifikationsänderungen (z. B. aus technologischen, Termin- oder Kostengründen) der neue Zielwert als genauso ideal angesehen, wie kurz vorher der vorher gültige. Das Ergebnis waren punktuelle Einzeloptimierungen, ohne daß konkretere Aussagen bezüglich der Veränderung der Produktattraktivität am Markt gemacht werden konnten. Hierin liegt auch die große Gefahr bei einer unkritischen Anwendung der Wertanalyse.

Überall dort, wo Problemfelder bzw. Verbesserungspotentiale vermutet werden, ist es sinnvoll, QFD anzuwenden. Allen Vorstellungen, QFD flächendeck-

kend einzusetzen, sei eine Absage erteilt.

FMEA

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) als Instrument der präventiven Qualitätssicherung hilft, potentielle Fehler bei der Entwicklung und Herstellung von Produkten durch frühzeitiges Beseitigen der Fehlerursachen zu vermeiden. Je nach Aufgabenstellung wird zwischen Konstruktions-FMEA (K-FMEA) und Prozeß-FMEA (P-FMEA) unterschieden.

Die Ermittlung von sog. Risiko-Prioritätszahlen ermöglicht es, die knappen Ressourcen bezüglich Aufwand und Zeit prioritätengesteuert einzusetzen.

Eine Nichterfüllung geforderter Spezifikationen kann unterschiedliche Konsequenzen haben. In einigen Fällen beeinflusst eine Abweichung von einer geforderten Spezifikation die Produktfunktion nur in geringem Maße. In anderen Fällen kann eine Abweichung Lebensgefahr verursachen oder einen Fertigungsstillstand bedeuten. FMEA ermöglicht eine sehr elegante, auf Bewertungen basierte und damit nachvollziehbare Festlegung der sog. wichtigen und kritischen Merkmale. Nur eine derartige Merkmalsklassifizierung ermöglicht eine wirtschaftliche Produktherstellung bei zugleich minimiertem Qualitätsrisiko.

Der Aufwand zum Erstellen von FMEAs ist grund-

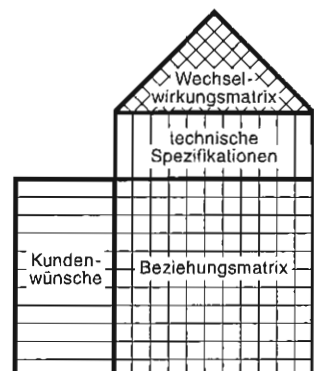


Bild 2. Sog. House of Quality

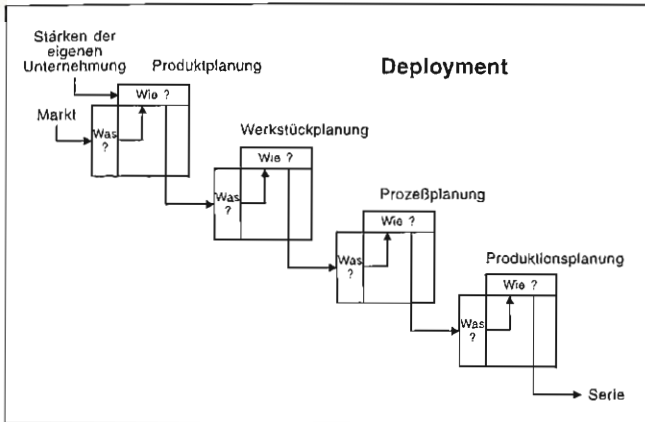


Bild 3. Transport der Kundenwünsche in die einzelnen Unternehmensbereiche

sätzlich abhängig von der Komplexität des zu untersuchenden Produkts bzw. Fertigungsablaufs. Er läßt sich jedoch drastisch senken, wenn jedes FMEA-Team auf vorliegende Daten von bereits durchgeführten FMEAs zugreifen kann. Dies setzt natürlich voraus, daß die Daten geeignet strukturiert vorliegen und stets den aktuellen Stand widerspiegeln.

Ein weiterer entscheidender Faktor für den erfolgreichen Einsatz von FMEAs ist der richtige Einsatzzeitpunkt. Der Einsatzzeitpunkt der K-FMEA muß in den frühen Konstruktionsphasen, der der P-FMEA in der Phase der Fertigungsplanung liegen und nicht später. Gelingt es beispielsweise nicht, bis zum Zeitpunkt der Beschaffungsfreigabe (Freigabe zum Beschaffen bzw. Anfertigen von Betriebsmitteln, Maschinen, Werkzeugen u. dgl.) die P-FMEA abzuschließen, bleibt ihr größtes Nutzungspotential ungenutzt.

Die FMEA auf alles und jedes anwenden zu wollen, ist nicht notwendig und aus zeitlichen und wirtschaftlichen Gründen auch nicht möglich. Es muß eine Vorselektion stattfinden. Mögliche FMEA-Auslöser sind beispielsweise Kundenforderung, Neuentwicklung eines Erzeugnisses, neue Einsatzbedingungen für bestehende Produkte, Sicherheitsteile,

neue Werkstoffe, neue Verfahren, Problemteile u. dgl.

DoE

Mit den statistischen Versuchsplanungs-Techniken, dem sog. Design of Experiments (DoE), stehen sehr wirkungsvolle Werkzeuge zur Verfügung. Sie helfen, die geforderten Kundenansprüche optimal zu erfüllen, das Produkt fertigungstechnisch zu optimieren sowie den Herstellprozeß produktoptimiert zu gestalten.

Das Festlegen der zu optimierenden Kriterien kann einerseits direkt erfolgen (z. B. konkrete Kundenforderung, Probleme in der laufenden Serie), andererseits leiten sie sich aus der Anwendung der verschiedenen Qualitäts-Techniken ab. Im Rahmen einer sog. Problemanalyse wird versucht, alle für das Optimierungsproblem maßgeblichen Parameter zu finden.

Die gewonnenen, meist sehr umfangreichen Datenmengen müssen im nächsten Schritt mit Hilfe sog. Homing-In-Techniken reduziert werden. Dieses Reduzieren auf die wichtigsten Parameter ist in der Praxis meist unumgänglich, weil man sich das versuchsmäßige Einbeziehen aller in Frage kommenden Einflußgrößen weder zeitlich noch kostenmäßig leisten kann. Die Auswahl, welche Homing-In-

Technik zur Anwendung kommt, hängt in erster Linie davon ab, ob nur ein theoretisches Modell oder ob Hardware (Prototypen, Herstellprozesse) zur Verfügung stehen.

Ist nur ein theoretisches Modell vorhanden, so muß versucht werden, aus der Fülle der erarbeiteten Daten durch Festlegen von Bewertungskriterien und anschließender Punktevergabe die bedeutenden Parameter zu identifizieren. Der große Nachteil dieser Methode ist ihre Abhängigkeit vom subjektiven Urteilsvermögen der Teammitglieder. Sie ist aber bei nicht existenter Hardware die einzige Möglichkeit einer sinnvollen Vorselektion.

Ist Hardware vorhanden, dann ist es sinnvoll, eine der drei von *Shainin* empfohlenen Homing-In-Techniken anzuwenden:

- Streuungsanalyse-Karten (Multi-Vari-Charts),
- Komponentenbestimmung (Components Search),
- Gut-Schlecht-Vergleich (Paired Comparisons).

In manchen Fällen zeigen diese Techniken bereits die Haupteinflußgrößen auf, ohne daß weiterer Versuchsaufwand notwendig ist.

Im Anschluß an die Parameterreduktion wird ein konkreter Versuchsplan festgelegt. Er hat das Ziel, die signifikanten Einflußgrößen von den nichtsignifikanten zu trennen und die signifikanten Parameter auf einen Optimalwert einzustellen.

Gelingt es, durch ein entsprechendes Homing-In bis auf drei bis vier Optimierungsfaktoren herunterzukommen, dann sind Full-Faktoriell-Versuche (Versuchspläne unter Berücksichtigung aller Kombinationen bzw. Wechselwirkungen) sehr oft sowohl zeit- als auch kostenmäßig durchführbar. Bleiben mehr Faktoren zu untersuchen, dann bietet sich die von *Taguchi* vorgeschlagene abgekürzte Orthogonaltafeltechnik als Optimierungsmethode an. So können bei-

spielsweise sieben Einflußfaktoren mit nur acht Versuchen untersucht werden (Bild 4). Zum Berechnen der Wirkung einer einzelnen Einflußgröße wird jedesmal der gesamte Versuchsblock herangezogen und nicht wie bei den sog. „One Factor By One“-Versuchen nur jeweils zwei Einzelversuche. Dies führt zu wesentlich besseren Optimierungsergebnissen.

Die Vorteile der *Taguchi*-Technik liegen aber nicht nur im stark reduzierten Versuchsaufwand und in einer besseren Aussagesicherheit, sondern vor allem auch in der einfachen Anwendung. In Abhängigkeit von der Anzahl an Einflußfaktoren gibt es verschiedene Orthogonaltafeln, die nach einfachen Regeln auszufüllen sind.

		Einflußfaktoren						
		A	B	C	D	E	F	G
Versuchsnummer	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2
	3	1	2	2	1	1	2	2
	4	1	2	2	2	2	1	1
	5	2	1	2	1	2	1	2
	6	2	1	2	2	1	2	1
	7	2	2	1	1	2	2	1
	8	2	2	1	2	1	1	2

Bild 4. Orthogonaltafel nach Taguchi (L₈-Tafel)

Prozeßfähigkeits-Untersuchungen vor Serie

Nur wenn es gelingt, vorhandene Schwachstellen der geplanten Fertigung frühzeitig zu identifizieren und entsprechende Verbesserungsmaßnahmen einzuleiten, können ein problemloser Serienanlauf und ein von Beginn an fähiger Serienprozeß erreicht werden. Es ist also von enormer Bedeutung, die voraussichtliche (in der Serie zu erwartende) Prozeßfähigkeit zumindest für alle kritischen und wichtigen Merkmale schon während der frühen Phasen der Produktentstehung abschätzen zu können. Dies sollte auch möglich sein, wenn zum

Zeitpunkt des Abschätzens der geplante Prozeß nicht existiert. Es gibt in der Regel ähnliche Prozeßelemente in bereits laufenden Serienfertigungen, auf die zurückgegriffen werden kann.

Zur quantitativen Darstellung der voraussichtlichen Prozeßfähigkeit dienen (wie auch bei der fortdauernden Prozeßfähigkeit) die Kennwerte c_p und c_{pk} . Sie geben Auskunft darüber, mit welcher statistischen Sicherheit technische Anforderungen (Toleranzen) in der Fertigung einhaltbar sind bzw. eingehalten werden. Nach dem heutigen Stand der Technik gilt ein Prozeß als fähig, wenn c_p und c_{pk} größer oder gleich 1,33 sind. Diese Mindestforderung ersetzt jedoch in keinem Fall das übergeordnete Ziel der ständigen Verbesserung.

Dokumentation des Spezialistenwissens

Angsttoleranzen und mangelnde Kenntnisse über Fertigungsverfahren und fertigungstechnisch beherrschbare Toleranzen sind zumeist die Ursachen für nicht prozeßsicher herstellbare Konstruktionen. Zeit- und Kostendruck ermöglichen es nicht, die Abhängigkeiten der Toleranzen zur Funktion, Zuverlässigkeit und Lebensdauer eines Produkts versuchsstechnisch auszutesten. Aus diesem Grund konstru-

iert selbst bei erfahrenen Konstrukteuren die Angst, ein Produkt könnte aufgrund zu großzügig ausgelegter Toleranzen versagen, ständig mit. Die Folge ist, daß der Entwickler versucht, sich mit zum Teil vielleicht unnötigen Toleranzen abzuschirmen.

Fertigungsverfahren, Maschinen und Prüfmethode unterliegen einer ständigen Änderung und werden dabei laufend komplexer. Für die Entwickler wird es dadurch immer schwieriger, sich das notwendige Wissen über die Fähigkeiten und Neuerungen anzueignen und bei der Produktentwicklung entsprechend zu berücksichtigen.

Fragt man einen Technologiespezialisten nach prozeßsicher beherrschbaren Toleranzangaben, wird man mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit keinen Zahlenwert, sondern nur „das kommt drauf an“ oder „das kann man so nicht sagen“ als Antwort erhalten. Dem Konstrukteur helfen derartig vage Antworten jedoch nicht; er braucht Toleranzrichtwerte.

Es gibt eine Anzahl von Abhängigkeiten, die die prozeßsichere Herstellbarkeit von Toleranzen beeinflussen. Deshalb muß das in jedem Fachbereich (Fertigung, Arbeitsvorbereitung, Qualitätswesen u. dgl.) und beim Zulieferanten vorhandene Expertenwissen erfaßt und dem

Konstrukteur bzw. der Entwicklung in geeigneter Form zur Verfügung gestellt werden. Nur dann kann erreicht werden, daß bereits in den frühen Phasen der Produktentwicklung die technologischen Gegebenheiten des eigenen Unternehmens und die der Zulieferanten mitberücksichtigt werden.

Gelingt es, durch enge Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Fachbereichen und mit den Zulieferanten das Spezialistenwissen anwenderfreundlich aufzubereiten und zu dokumentieren, bereitet der Know-how-Transfer des gebündelten Wissens der Technologiespezialisten in die Entwicklung erfahrungsgemäß keine Schwierigkeiten (Tabelle 1). Technologie-Beherrschungskataloge und technologiespezifische Checklisten für die Konstruktion sind Beispiele für mögliche Know-how-Transportmittel.

In interdisziplinären Teams arbeiten

Integrierte Prozeßplanung, d. h. parallelisierte Entwicklung von Produkt und Fertigung, ist unverzichtbar, um im heute vorherrschenden Verdrängungswettbewerb bestehen zu können. Das Know-how aller am Entstehen des Produkts beteiligten Fachbereiche muß von Be-

ginn an in das Produkt hineinentwickelt werden.

Obwohl jeder von dieser Notwendigkeit überzeugt ist, gibt es große Probleme bei der praktischen Umsetzung. Die Ursache dafür liegt in unserer arbeitsteiligen Industriegesellschaft. In ihr ist es üblich, jede Stufe getrennt voneinander zu optimieren. Eine völlige Abkehr von diesem gewohnten und liebgewonnenen Vorgehen zu einem Arbeiten in interdisziplinären Teams ist dringend erforderlich.

Diverse Qualitäts-Methoden und dokumentiertes Spezialistenwissen können uns bei der Bewältigung dieser Aufgabe unterstützen. In unserem Betrieb haben wir während des mehrjährigen Einsatzes der beschriebenen Methoden bereits beachtliche Erfolge erzielt. Wir sind überzeugt, daß der eingeschlagene Weg der richtige ist und werden diesen Weg konsequent weitergehen. Damit werden wir die Behauptung von Herrn *Matsushita*, „der industrielle Westen wird verlieren“, widerlegen.

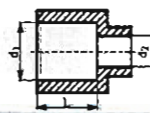
Literatur

- 1 *Danzer, H. H.*: Quality-Denken stärkt die Schlagkraft des Unternehmens. TÜV-Verlag Rheinland, Köln, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, Schweiz 1990
- 2 *Krottmaier, J.*: Versuchsplanung, der Weg zur Qualität des Jahres 2000. TÜV-Verlag Rheinland, Köln, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, Schweiz 1990

Der Autor dieses Beitrags

Dipl.-Ing. *Berndt Jung*, geboren 1965, studierte an der TU Graz in Österreich Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau mit Schwerpunkt Verfahrenstechnik. Seit Anfang 1992 ist er als Qualitätstechniker bei der Steyr-Daimler-Puch Fahrzeugtechnik Ges. m. b. H. (SFT) in Graz tätig. Als Projektbeauftragter des Qualitätswesens arbeitet er an mehreren Getriebeprojekten und ist weiters zuständig für das Training und Coaching moderner Qualitätstechniken. (12491)

Tabelle 1. Lagetoleranz-Richtwerte für die Technologie Innendrehen, die eine Prozeßfähigkeit von $c_{pk} \geq 1,33$ erwarten lassen, (Drehmaschinen: GL 200, Index-Werke GmbH & Co. KG, Esslingen/N., und A. Monforts GmbH & Co., Mönchengladbach)



Merkmal	Toleranzrichtwerte	Randbedingungen
Parallelität // [mm]	$L = 0$ bis 100: 0,03	<ul style="list-style-type: none"> keine unterbrochenen Schnitte, Fertigung in einer Aufspannung, Ausladung des Werkzeugs maximal $2,5 \times d_1$ bzw. d_2, gute Zerspanbarkeit, stabile Werkstückgeometrie
Rechtwinkligkeit \perp [mm]	$L = 0$ bis 15: 0,01 $L = 15$ bis 30: 0,02 $L = 30$ bis 45: 0,03	
Koaxialität \odot [mm]	$L = 0$ bis 15: 0,010 $L = 15$ bis 45: 0,015	
Planlauf \nearrow [mm]	0,010	
Rundlauf \nearrow [mm]	0,015	
Summenplanlauf \nearrow [mm]	$(d_1 - d_2)/2 \leq 20$: 0,03	
Summenrundlauf \nearrow [mm]	$L = 30$ bis 45: 0,025	