

# Drum prüfe, wer sich bindet

## Machbarkeit und Nachweisfähigkeit mit Qualitätsvorausplanung prüfen

Wolfgang Fehn und  
Karl-Herbert Ebert, Kronach

Die Komplexität der Produkte und Aufgabenstellungen erfordert in kürzester Zeit neue Lösungsansätze. Die stetig abnehmende Zeitspanne zwischen Anfrage des Kunden und Abgabetermin des Angebots zeigt diese Tendenz deutlich. Die Qualität und Aussagekraft eines Angebots sollte unter diesen Gesichtspunkten nicht leiden. Für die Existenz eines Betriebs wird es zunehmend von Bedeutung sein, wie dieser seine Möglichkeiten einschätzen kann, damit Folgekosten, Mehraufwand, Qualitätsverlust und schließlich ein Imageverlust nicht auftreten.

Mit innovativen Lösungen hat sich die Scholz GmbH & Co. KG, ein Unternehmen der Kunststoff verarbeitenden Branche mit etwa hundert Mitarbeitern, neue Gebiete der Kunststoff- und An-

Die Zufriedenstellung des Kunden gelingt mit überzeugender Produktqualität und angemessenen Preisen. Neben der Herstellbarkeitsprüfung sowie der Maschinen- und Prozessfähigkeitsanalyse gewinnt die Qualitätsvorausplanung vor diesem Hintergrund an Bedeutung. Ein Zulieferer technischer Kunststoffteile arbeitet an einem Konzept, das Kundenforderungen und Machbarkeit bereits vor Produktionsbeginn überprüft.

ein Konzept, welches die wichtigsten Merkmale eines neuen Produkts zu analysieren vermag. Ziel war es, mit den Kunden schon im Vorfeld, also vor Erteilung des Auftrags, konkret über die Umsetzung diskutieren zu können. Auf Basis dieser Vorgaben entstand das Konzept der Qualitätsvorausplanung. Es scheint geeignet, spätere Kosten in der Erstellung - von der Konstruktion über den Formenbau bis zur Produktion - gering zu halten und die geplante Terminalschiene einzuhalten.

### Qualität beginnt beim Vertrag

Damit Fehlentwicklungen von Anfang an ausgeschlossen werden können, schließt die Qualitätsvorausplanung bereits die

- ▶ Vereinbarungen über die Art der QM-Nachweisführung, z.B. nach ISO 9001 oder
  - ▶ Vereinbarungen über Art und Umfang von Produktprüfungen.
- Das Verfahren zur Vertragsüberprüfung sollte so gestaltet sein, dass folgende Fragen positiv beantwortet werden können:
- ▶ Sind die Anforderungen bekannt, die der Kunde an das Produkt stellt?
  - ▶ Sind die Angaben vollständig?
  - ▶ Sind die Angaben eindeutig?

Darüber hinaus sollte geklärt werden, ob das Unternehmen die Anforderungen des Kunden an das Produkt überhaupt erfüllen kann:

- ▶ Ist das gewünschte Produkt mit den Unternehmensgrundsätzen vereinbar, z.B. unter Umweltgesichtspunkten?
- ▶ Sind die technischen Spezifikationen einhaltbar?
- ▶ Ist der gewünschte Liefertermin zu verwirklichen?
- ▶ Ist der gewünschte Produktpreis haltbar?
- ▶ Kann das Unternehmen den gewünschten Service bieten?
- ▶ Besteht Einvernehmen zwischen Unternehmen und Kunden bezüglich aller Auftragsbestandteile?
- ▶ Welche Möglichkeiten der Kundeninformation bestehen bei Änderungen oder Abweichungen?



Bild 1. Vertragsprüfung in drei Schritten

triebstechnik erschlossen. Heute entwickelt und fertigt das Unternehmen beispielsweise Getriebekomponenten, Mikrobauteile und -strukturen sowie Bauteile aus Kunststoff für die Bereiche Medizin, Elektrotechnik, Multimedia und Automotive. Die Anforderung an eine Gewährleistung der Produktsicherheit bei der Designlenkung und Prozesslenkung nimmt mit der Komplexität der Produkte zu. Die Sensibilisierung der Mitarbeiter für Sorgfalt und Qualität war daher ein wichtiger Schritt.

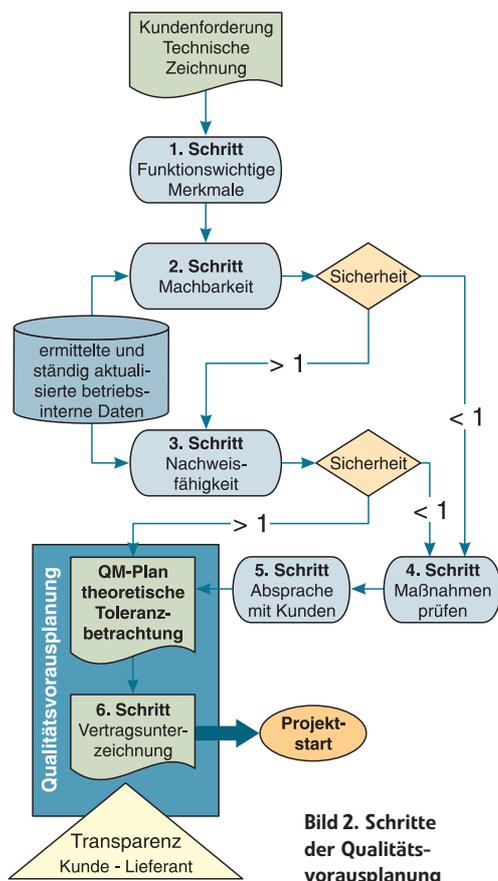
Zur Verringerung der Entwicklungs- und Herstellungskosten verlangte die Unternehmensführung darüber hinaus

Vertragsprüfung ein. Alle Dokumente eines Auftrags werden einer Überprüfung auf Vollständigkeit, Eindeutigkeit und Machbarkeit unterzogen, wodurch eine eindeutige Definition der Produkthanforderungen und der qualitätsrelevanten Merkmale sichergestellt ist (Bild 1). Zu überprüfen sind insbesondere diese Dokumente:

- ▶ Anfragen des Kunden,
- ▶ mündliche und schriftliche Bestellungen,
- ▶ Pflichtenhefte,
- ▶ technische Spezifikationen,
- ▶ Zeichnungen,
- ▶ Lieferverträge,

### Produktmerkmale vor Auftragsannahme checken

Bei der Qualitätsvorausplanung werden alle Qualitätsmerkmale eines Produkts berücksichtigt, damit die Herstellbarkeit realistisch geprüft werden kann. Für die Herstellbarkeit bzw. Machbarkeit und Nachweisfähigkeit eines qualitätsrelevanten Merkmals sind eine Reihe von



**Bild 2. Schritte der Qualitätsvorausplanung**

- ▶ Welche Fertigungstechniken stehen zur Verfügung?
- ▶ Auf welche Ressourcen kann zurückgegriffen werden?
- ▶ Wie sehen die Personalqualifikationen aus?
- ▶ Was fordern die entsprechenden Normen?

Ziel der Qualitätsvorausplanung ist es, alle aktuellen betrieblichen Daten vor Abgabe eines Angebots in kürzester Bearbeitungszeit zu berücksichtigen. Dies erfordert eine Pflege der betrieblichen Daten, die alle maximal möglichen Genauigkeiten, Streuungen und Abweichungen des gesamten Fertigungsprozesses beinhalten und die zeitgleiche Umsetzung bei der Bearbeitung von Kundenanfragen. Dies ist nur mit Hilfe einer softwaregestützten Datenbank möglich, die betriebs-, fertigungs- und produktionsspezifisch aufgebaut ist.

### Kleine Schritte – große Sicherheit

Für die Scholz GmbH stellte sich bei der Entwicklung der Methode die Frage, wie der Prozess der Machbarkeitsprüfung noch vor der Vertragsunterzeichnung verbessert werden könnte. Die größtmögliche Transparenz der Prüfprozesse war dabei im Sinne des Kunden eine wichtige Orientierungshilfe. Das Konzept der Qualitätsvorausplanung führt heute von der ersten Kundenanfrage über mehrere Schritte bis hin zur Vertragsunterzeichnung (Bild 2).

Im **ersten Schritt** werden die funktionswichtigen Merkmale des Produkts herausgefiltert. Kundenwünsche sollten ebenso wie die herstellungsbedingten Mindestanforderungen berücksichtigt werden.

Im **zweiten Schritt** ist es ratsam, Machbarkeit und Nachweisfähigkeit eines Produkts bzw. Merkmals getrennt zu analysieren. Dies ist im Bereich Mikrotechnologie, Verzahnungstechnik und bei Präzisions-spritzgussteilen besonders wichtig. Die Herstellung ist noch realisierbar, die Nachweisfähigkeit des Merkmals stößt jedoch schon an Grenzen. Die Machbarkeit eines Kunststoffformteils bzw. dessen Merkmale sind unter anderem abhängig von:

- ▶ den Fertigungsverfahren,
- ▶ dem Werkstoff und dessen Zusammensetzung oder
- ▶ der materialbezogenen Nachschwindung.

Die Nachweisfähigkeit dagegen ist abhängig von den Möglichkeiten des Herstellers und den zusätzlichen Forderungen des Kunden.

In einem **dritten Schritt** sollten daher folgende Faktoren mit Blick auf die Nachweisfähigkeit geprüft werden:

- ▶ die Mess- und Prüfmittelart,
- ▶ die Genauigkeiten,
- ▶ die Längenunsicherheit,
- ▶ die Mess- bzw. Prüfverfahren,
- ▶ die Reproduzierbarkeit oder
- ▶ statistische Forderungen.

Zunächst wird geprüft, welche Faktoren auf das geforderte Merkmal zutreffen. Hier sind konstruktive Lösungen im Werkzeug und Materialeigenschaften zu berücksichtigen, weshalb die Fachbereiche Entwicklung und Konstruktion diese Analyse einleiten.

Danach erfolgt die Festlegung, womit und wie das Merkmal geprüft wird. Diese Analyse erstellt das Mess- und Prüflabor des Bereichs Qualitätswesen. Jetzt werden alle möglichen Ungenauigkeiten auf das Merkmal und dessen Toleranzfeld umgerechnet. Wichtig ist hierbei die theoretische Betrachtung auf Toleranzmitte. Zuletzt kann, wenn erforderlich, eine Verteilungsreduzierung einge-

Voraussetzungen zu hinterfragen – beispielsweise für technische Kunststoffteile:

- ▶ Welche Werkzeugmaschinen werden benötigt?
- ▶ Welche Produktions- bzw. Fertigungsmaschinen stehen zur Verfügung?
- ▶ Welche Prüfmaschinen werden benötigt?
- ▶ Welche Materialien kommen im Formenbau zum Einsatz?
- ▶ Was ist beim Produktmaterial, z. B. Kunststoff, zu berücksichtigen?
- ▶ Welche Prozesssteuerungsmöglichkeiten gibt es?

10	lfd. Nr.	Zeichnungsfeld	Sollmaß	obere Abweichung	untere Abweichung	Einheit	Toleranzfeld	Gesamtgenauigkeit	Sicherheitsgenauigkeit	Sicherheit Nachweisfähigkeit	theoretisches Toleranzfeld	Abweichung zur Sollvorgabe
11	1	AE	1,200	0,020	- 0,020	mm	0,040	0,0207	1,9	2,4	0,038	- 0,002
12	2	AE	0,800	0,050	- 0,050	mm	0,100	0,0074	13,5	6,1	0,024	- 0,076
13	3	AE	10,000	0,100	- 0,100	mm	0,200	0,0896	2,2	1,8	0,200	- 0,000
14	4	AE	3,520	0,050	- 0,050	mm	0,100	0,0196	5,1	4,4	0,042	0,058
15	5	AE	4,500	0,050	- 0,050	mm	0,100	0,0350	2,9	0,8	0,153	0,053
16	6	AE	2,400	0,020	- 0,020	mm	0,040	0,0390	1,0	1,7	0,062	0,022
17	7	AE	2,100	0,010	- 0,010	mm	0,020	0,0217	0,9	1,2	0,039	0,019

**Bild 3. Ergebnisdarstellung in der theoretischen Toleranzfeldbetrachtung**

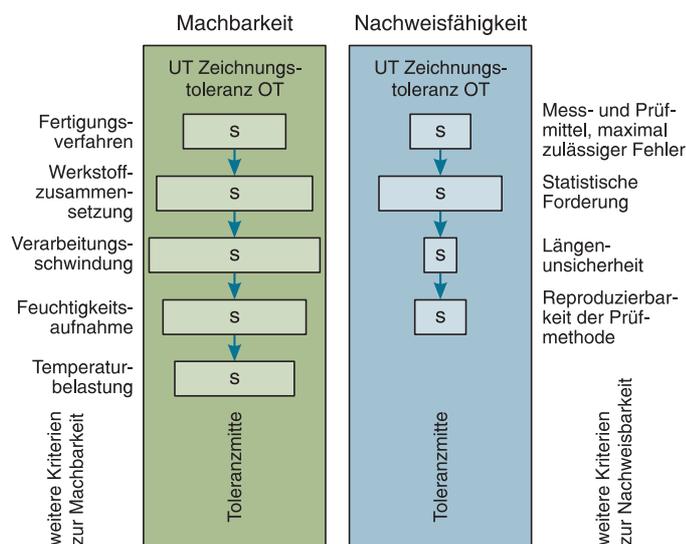
rechnet werden, wenn davon ausgegangen wird, dass das Sollmaß nicht exakt erreicht wird.

Im **vierten Schritt** werden bei Nichterfüllbarkeit der Kundenforderung zusätzliche Sondermaßnahmen oder Abläufe geprüft, um ein Erreichen der Forderungen noch zu gewährleisten.

Erst im **fünften Schritt** werden bei Abweichungen (Machbarkeit oder Nachweisfähigkeit) zu den Forderungen mit den Kunden neue Lösungsansätze diskutiert, bzw. die Anforderungen an das Produkt neu definiert.

Machbarkeit und Nachweisfähigkeit hinsichtlich des Toleranzfelds. Im einzelnen sind dies:

1. Erzielbare theoretische Gesamtgenauigkeit
2. Sicherheit der Herstellgenauigkeit gegenüber der Kundenforderung
3. Sicherheit der Nachweisfähigkeit mit der gewählten Prüfmethode
4. Theoretisches Toleranzfeld unter Berücksichtigung der Herstellgenauigkeit und Nachweisbarkeit
5. Abweichung zur Sollvorgabe des Kunden



**Bild 4. Schema zur statistischen Machbarkeit und Nachweisfähigkeit eines Merkmals**

Ist eine Transparenz und ein übereinstimmendes Verständnis der Produktspezifikationen bestätigt, wird der Vertrag im **sechsten Schritt** unterzeichnet und das Projekt gestartet.

Kernstück dieser Analyse ist die Datenbank, welche auf der Basis des unternehmensspezifischen Prozesses Werkzeugbau - Produktion - Qualitätssicherung erzeugt wurde. Im Bereich Prüfmittelmanagement können alle verfügbaren Prüfmittel mit ihren Genauigkeiten hinterlegt werden, im Bereich Werkzeugbau alle Herstellgenauigkeiten der verschiedenen Verfahren usw. So werden die theoretischen Betrachtungen in der Qualitätsvorausplanung mit Pflege und Aktualisierung dieser Datenbank immer exakter und besser reproduzierbar.

### Ergebnisdarstellung mit Toleranzbetrachtung

Die Analyse der Daten ergibt somit eine theoretische Betrachtung der einzelnen Qualitätsmerkmale bezogen auf die

### Qualitätsvorausplanung in der Praxis

Zuerst wurden die besonderen Merkmale eines Zahnrads herausgearbeitet und diese in die Tabelle der theoretischen Toleranzbetrachtung eingetragen (Bild 3). Vielfach werden sehr enge Toleranzen gefordert, die nur mit erheblichem Aufwand im Werkzeugbau und bei der Bauteilfertigung und den damit verbundenen hohen Kosten realisierbar sind. Ziel war es nun, die Rentabilität einer qualitativ hochwertigen Fertigung zu prüfen.

Kunststoffe unterliegen fertigungsbedingten Maßabweichungen, die zum einen vom verwendeten Werkstoff und der Teilegeometrie, zum anderen vom Fertigungsverfahren abhängig sind. Gleichzeitig ergeben sich Temperatur- und Medienbelastungen beim Bauteileinsatz. So beeinflusst die Verarbeitungsgeschwindigkeit oder die Feuchtigkeitsaufnahme eines Werkstoffs die Toleranzen in erheblichem Maß. Diese Streuungen werden für Spritzgussteile nach der

DIN 16901 in verschiedenen Toleranzklassen festgelegt (Bild 4). Klassifiziert nach Kunststoffart, Füllstoffgehalt, Wanddicke und nach der Präzision des Fertigungsverfahrens sind dort die erzielbaren Toleranzen gelistet.

Eine entsprechende Tabelle ist in der Datenbank hinterlegt und vergleicht diese Daten mit den aktuellen Zeichnungsvorgaben des Kunden. Die Allgometoleranzen der wichtigsten Kunststoffe werden in vier, die tolerierten Maße in sieben Genauigkeitsgrade eingeteilt. Je nach Güteklasse des Fertigungsverfahrens ohne und mit erhöhtem Fertigungsaufwand ergeben sich weitere Einteilungen. Durch den Einsatz moderner Spritzgussmaschinen und durch hohen Aufwand im Werkzeugbau und in der Qualitätssicherung wurden parallel zur Norm auch spezielle Fertigungsverfahren eingeführt. Statistische Versuchsplanung und Prozessfindung durch Evolutionsstrategie, die auf dem eigenen Prozesswissen beruhen, heben die Machbarkeit weit über die Normvorgaben.

### Das Instrument ständig verbessern

Für die Weiterentwicklung dieser Qualitätsvorausplanung wird bei der Scholz GnbH im Projektmanagement nach Abschluss eines Projekts die theoretische Toleranzbetrachtung mit der Erstbemusterung bzw. der Vorserie verglichen und ein Abgleich durchgeführt. So können noch zusätzlich Informationen in die Datenbank importiert und deren Effektivität überprüft werden. Die Qualitätsvorausplanung mit Unterstützung und Verbesserung der Software wird dadurch zeitsparender und umfangreicher. Die Transparenz der Projekte zum Vorteil des Kunden hat bei diesem Verfahren jedoch weiterhin höchste Priorität.

### Die Autoren dieses Beitrags

**Wolfgang Fehn**, geb. 1964, absolvierte eine Ausbildung zum Werkzeugmachermeister. Nach Einstieg und Weiterbildung zum Qualitätsmanagementbeauftragten war er von 1988 bis 1999 Leiter der Qualitätssicherung bei der Scholz GmbH & Co. KG in Kronach. Seit 2000 ist er zudem TQM-Beauftragter und Fachkraft für Arbeitssicherheit und Umweltbeauftragter.

**Karl-Herbert Ebert**, geb. 1962, absolvierte eine Ausbildung zum Industriemeister Kunststoff und Kautschuk. Heute ist er technischer Leiter und Prokurist der Scholz GmbH & Co. KG in Kronach.