

# Prozessfähigkeit: Statistische Nachweisführung stabiler Fertigungsprozesse

Prozessfähigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Fertigungsprozesses, definierte Toleranzgrenzen über einen längeren Zeitraum stabil und reproduzierbar einzuhalten. Sie wird statistisch über Kennzahlen wie Cp und Cpk ausgedrückt und ist ein zentraler Nachweis innerhalb der Qualitätssicherung zwischen Kunde und Lieferant. Für technische Einkäufer ist die Prozessfähigkeit ein wichtiges Bewertungskriterium bei Lieferantenfreigabe, Serienanlauf und laufender Qualitätsüberwachung.

## Das Wichtigste in Kürze

- Prozessfähigkeit misst, wie zuverlässig ein Prozess die vereinbarten Toleranzen einhält.
- Zentrale Kennzahlen sind Cp (Potenzial) und Cpk (kritische Prozesslage).
- In der Praxis gilt häufig  $Cpk \geq 1,33$  als Mindestanforderung für laufende Serienprozesse.
- Die Beurteilung setzt einen stabilen, statistisch beherrschten Prozess (Normalverteilung) voraus.
- Nachweise erfolgen typischerweise über Kurzzeitfähigkeit bei Serienanlauf und Langzeitfähigkeit im laufenden Betrieb.
- Im Einkauf ist Prozessfähigkeit ein Baustein der Lieferantenbewertung und Qualitätsvereinbarung.

## Definition: Prozessfähigkeit

Prozessfähigkeit ist die qualitative Eigenschaft eines Fertigungsprozesses, innerhalb seiner natürlichen Streuung konform zu den geforderten Toleranzgrenzen zu produzieren. Sie wird mittels statistischer Prozesskontrolle (SPC) berechnet und als Fähigkeitsindex angegeben.

## Abgrenzung zur Maschinenfähigkeit

Die Maschinenfähigkeit (cm/cmk) betrachtet nur die reine Anlagenperformance über eine kurze Messequanz ohne sämtliche Prozessstörungen wie Personen-, Material- oder Umgebungswechsel. Die Prozessfähigkeit dagegen bildet das Gesamtsystem aus Maschine, Werkzeug, Material, Methode und Mensch über einen repräsentativen Zeitraum ab. In der Serienanlaufphase wird daher häufig zunächst die Maschinenfähigkeit nachgewiesen, bevor der Nachweis der vollen Prozessfähigkeit über mehrere Produktionswochen erbracht wird.

## Bedeutung im industriellen Einkauf

Für Einkäufer ist Prozessfähigkeit kein reines Qualitätsfachthema, sondern ein Beschaffungskriterium: Ein fähiger Prozess senkt die Wahrscheinlichkeit von Ausschuss, Sperrbeständen, 100%-Prüfung und Reklamationen. Bei der Lieferantenauswahl und im Rahmen der Lieferantenlandschaftsanalyse dient der fähigkeitsbezogene Nachweis als objektives Vergleichskriterium. Auch bei laufenden Serienlieferungen gehört der Nachweis zum üblichen Umfang der Qualitätsvereinbarungen.

## Normativer und vertraglicher Rahmen

Prozessfähigkeit wird typischerweise im Rahmen von Normen wie ISO 9001 und Branchenstandards wie IATF 16949 (Automotive) oder ähnlichen Branchenvorgaben gefordert. Die konkreten Zielwerte werden zwischen Kunde und Lieferant vertraglich oder in Zeichnungs-/Prüfplanabstimmungen vereinbart. Der Einkauf sollte sicherstellen, dass die Anforderungen eindeutig in Zeichnungen, Prüfplänen und Lieferantenvereinbarungen verankert sind.

## Methoden und Vorgehen zur Ermittlung

Die Ermittlung folgt einem standardisierten Ablauf: Stichprobenumfang festlegen, Merkmale definieren, Messsystem prüfen, Daten erfassen und statistisch auswerten.

### Merkmalsauswahl und Messsystemanalyse

Vor jeder Fähigkeitsuntersuchung müssen die zu beurteilenden Merkmale festgelegt werden, meist über wichtige charakteristische Merkmale aus dem Prüfplan. Die Messsystemanalyse (MSA) stellt sicher, dass Messgeräte und Messverfahren selbst fähig sind, sonst verfälschen Messstreuung die Kennzahlen. In der Praxis wird hierzu die Gage-R&R-Analyse eingesetzt.

### Kurzzeit- und Langzeitfähigkeit

Die Kurzzeitfähigkeit wird am Serienanlauf über eine kleine, zusammenhängende Stichprobe (häufig 25 bis 125 Teile) ermittelt. Die Langzeitfähigkeit basiert auf Daten aus dem laufenden Betrieb über mehrere Wochen oder Monate und bildet auch Schicht-, Lot- und Materialvariationen ab. Beide Kennwerte fließen in die Bewertung eines Prozesses ein, wobei die Langzeitbetrachtung die realistische Abbildung liefert.

### Interpretation der Ergebnisse

Ein hoher Cp-Wert ohne ausreichenden Cpk zeigt, dass der Prozess streuungsarm, aber falsch zentriert ist. In diesem Fall hilft meist eine Einstellung bzw. Justierung des Prozesses. Ein niedriger Cp deutet auf strukturelle Streuquellen hin, die nur durch technisches Ursachenmanagement reduziert werden können. Die Auswertung sollte immer in Verbindung mit dem Verlaufskartendiagramm (SPC-Chart) erfolgen.

## Wichtige KPIs zur Prozessfähigkeit

Die Beurteilung erfolgt über standardisierte Kennzahlen, die beide Dimensionen – Streuung und Zentrallage – abbilden.

### Cp: Prozesspotenzial

Cp beschreibt das Potenzial eines Prozesses, wenn dieser exakt zentriert wäre. Er vergleicht die Toleranzbreite mit der natürlichen Prozessstreuung (6-Sigma-Breite). Cp ignoriert die tatsächliche Lage des Prozesses und ist daher allein nicht ausreichend.

### Cpk: Kritische Prozesslage

Cpk berücksichtigt die tatsächliche Lage des Prozesses zwischen den Toleranzgrenzen. In der Praxis gilt  $Cpk \geq 1,33$  als üblicher Richtwert für laufende Serienprozesse, während sicherheitskritische oder komplexe Merkmale häufig mit  $Cpk \geq 1,67$  oder höher belegt werden müssen. Höhere Anforderungen wie  $Ppk \geq 2,0$  werden typischerweise bei sicherheitsrelevanten Merkmalen vereinbart.

## Weitere Kennzahlen im Zusammenhang

Ergänzend werden häufig die Fehlerquote (ppm), der OEE (Overall Equipment Effectiveness) und die Streuung der Mustermerkmale herangezogen. Bei gemeinsamem Blick auf Prozessfähigkeit und Fehlerraten entsteht ein realistisches Bild der Lieferqualität. Diese Kennzahlen fließen in die regelmäßige Lieferantenbewertung des Einkaufs ein.

## Risiken und Kontrollen im Beschaffungskontext

Fehlende oder nur scheinbar vorhandene Prozessfähigkeit birgt erhebliche Beschaffungsrisiken. Kontrollen müssen daher von der Lieferantenauswahl bis in die Serienbetreuung wirken.

### Risiko: Unvollständige oder fiktive Nachweise

Manche Anbieter dokumentieren Fähigkeitsstudien nachträglich oder nutzen ungünstige Stichprobenauswahl. Ein realistischer Prüfungsansatz beinhaltet die Vor-Ort-Begehung, das Review der Messsysteme und den Vergleich der Studiendaten mit Reklamationshistorie. Im Rahmen eines Lieferantenaudits lassen sich solche Lücken aufdecken.

### Risiko: Überzogene Vorgaben ohne wirtschaftliche Prüfung

Unrealistisch hohe Cpk-Forderungen auf unkritische Merkmale können Preise unnötig treiben, da der Lieferant Mehraufwand für Rückhalte-, Prüfaufwand und Prozessbeherrschung einkalkuliert. Der Einkauf sollte die Anforderungen gemeinsam mit der Qualität und einer Kosten-Nutzen-Analyse priorisieren. Nicht jedes Merkmal benötigt denselben Fähigkeitsnachweis.

### Kontrollen und Eskalation

Bewährte Kontrollmechanismen sind laufende SPC-Datenlieferung, Reaktion bei Grenzüberschreitung, 8D-Report bei Abweichungen und eine definierte Requalifizierung nach Prozessänderungen. Eskalationsstufen wie Verbesserungspläne mit Zielterminen oder vertraglich vereinbarte Konsequenzen (etwa im Rahmen eines Termination for Convenience) sollten in der Lieferantenvereinbarung hinterlegt sein.

## Prozessfähigkeit im Serienanlauf und in der Lieferantenentwicklung

Die praktische Umsetzung zeigt sich vor allem beim Serienanlauf, in der Lieferantenqualifizierung und der laufenden Qualitätsbetreuung.

### Serienanlauf und Run at Rate

Beim Serienanlauf wird die Prozessfähigkeit über definierte Stichproben dokumentiert, häufig ergänzt um Nachweise zur Leistungsfähigkeit im Rahmen eines Run at Rate. Hierbei wird auch geprüft, ob der Lieferant die vereinbarten Stückzahlen und Takte realistisch erreichen kann. Beides zusammen bildet eine solide Grundlage für die Serienfreigabe.

### Lieferantenentwicklung und laufende Betreuung

Bei wiederkehrenden Abweichungen der Fähigkeitswerte greift die Lieferantenentwicklung: Ursachenanalyse, Optimierungsplanung und Requalifizierung sind die üblichen Schritte. Der Einkauf steuert diesen Prozess mit und sollte die Resultate in die Lieferantenbewertung einfließen lassen. Bei dauerhaft unfähigen Prozessen stellt sich die Frage nach Ersatzbeschaffung oder Lieferantenkonsolidierung.

## Digitalisierung der Nachweisführung

Moderne Systeme erfassen Messdaten automatisch und berechnen Fähigkeitskennzahlen laufend. Über eine ERP-Integration können Qualitätsdaten mit Bestell-, Lieferabruf- und Reklamationsdaten verknüpft werden. Dadurch entsteht ein echter Echtzeitüberblick statt einmaliger Papierstudien.

## Aktuelle Entwicklungen: Datenqualität, Datendichte und vorausschauende Qualitätssteuerung

Prozessfähigkeit verlagert sich zunehmend von einer einmaligen Studienaufforderung hin zur kontinuierlichen, datenbasierten Qualitätssteuerung über die gesamte Wertschöpfungskette.

### Kontinuierliche statt punktueller Nachweise

Immer häufiger vereinbaren Kunde und Lieferant die laufende Übermittlung von SPC-Daten statt einmaliger Studiendokumentation. Dadurch erkennen beide Seiten Trends und Verschiebungen frühzeitig. Der Vorteil: Qualität wird präventiv gesteuert statt reaktiv reklamiert.

### Automatisierte Datenauswertung und KI

Fortschritte in der Datenerfassung und Auswertung erlauben heute auch die Überwachung unstrukturierter Datenquellen wie Sensorik- und Prozessparameterdaten. Auch im Einkauf ist die automatisierte Auswertung im Kontext von E-Procurement im Einkauf und digitalen Lieferantenbewertungen auf dem Vormarsch. Die Grundlage bleibt aber immer eine saubere und nachvollziehbare Datenbasis.

### Nachhaltigkeit und ESG-Anbindung

Prozessfähigkeit reduziert Ausschuss und Materialverbrauch und trägt damit direkt zu Nachhaltigkeits- und Effizienzzielen bei. Themen wie PPWR Konformitätserklärung oder CO<sub>2</sub>-Datenerhebung greifen auf dieselbe saubere Prozess- und Datendisziplin zurück. Einkauf und Qualität sollten ihre Aktivitäten in dieser Hinsicht koordinieren.

## Typische Kennzahlen

### Cpk (Kurzzeitfähigkeit, Serienanlauf): $\geq 1,67$

üblicher Richtwert für neue Prozesse beim Serienanlauf

### Cpk (Langzeitfähigkeit, Serie): $\geq 1,33$

häufig vereinbarter Mindestwert für laufende Serienprozesse

### Ppk: $\geq 1,67$

in der Praxis für sicherheitskritische Merkmale üblich

### Messsystemanalyse (Gage R&R): $< 10 \%$

anteilige Messstreuung am Gesamtanteil, Wert unter 10 % gilt als akzeptabel

### Fehlerquote: $< 100 \text{ ppm}$

in der Automobil- und Präzisionsindustrie häufiges Zielniveau

## Praxisbeispiel

Ein mittelständischer Maschinenbauer beschafft eine hochpräzise spanende Komponente. Nach der Serienfreigabe steigt die Reklamationsrate, obwohl der Lieferant eine gültige Fähigkeitsstudie vorgelegt

hatte. Eine Auditsituation zeigt, dass die Studie mit einer ungünstigen Stichprobenauswahl ohne Schichtwechsel durchgeführt wurde. Erst eine Langzeitfähigkeit über vier Produktionswochen deckt die tatsächliche Streuung auf.

- Vertraglich verankerte SPC-Datenlieferung im Lieferabruf- und Qualitätsprozess
- Verpflichtende Langzeitfähigkeit nach dem Serienanlauf statt nur Kurzzeitznachweis
- Vor-Ort-Prüfung der Messsysteme (MSA) im Rahmen des Lieferantenaudits
- Verknüpfung der Qualitätsdaten mit der Lieferantenbewertung über die ERP-Integration

## Fazit

Prozessfähigkeit ist weit mehr als ein formales Qualitätsdokument: Sie zeigt, ob ein Lieferant die vereinbarten Toleranzen über die Zeit verlässlich einhalten kann. Für den Einkauf ergibt sich daraus ein direkter Einfluss auf Ausschusskosten, Liefertreue und die langfristige Stabilität der Lieferkette. Wichtig sind realistische Vorgaben, saubere Stichprobenmethodik und laufende statt nur einmalige Nachweise. Wer Prozessfähigkeit systematisch in Lieferantenauswahl, Serienanlauf und laufender Bewertung verankert, senkt Beschaffungsrisiken nachweisbar. Die Abstimmung zwischen Einkauf, Qualität und Lieferant ist dafür der entscheidende Erfolgsfaktor.

## Häufige Fragen

### Was bedeutet Prozessfähigkeit einfach erklärt?

Prozessfähigkeit zeigt, ob ein Fertigungsprozess die geforderten Toleranzgrenzen über einen längeren Zeitraum zuverlässig einhalten kann. Sie wird über Kennzahlen wie Cp und Cpk ausgedrückt. Ein fähiger Prozess produziert kaum Abweichungen und Ausschuss.

### Welche Cpk-Werte sind in der Industrie üblich?

In der Praxis gilt häufig ein  $Cpk \geq 1,33$  als Mindestwert für laufende Serienprozesse. Sicherheitskritische oder komplexe Merkmale werden typischerweise mit  $Cpk \geq 1,67$  oder höher gefordert. Die konkreten Werte werden vertraglich bzw. im Prüfplan zwischen Kunde und Lieferant vereinbart.

### Was ist der Unterschied zwischen Cp und Cpk?

Cp beschreibt das reine Streuungspotenzial des Prozesses, wenn er exakt zentriert wäre. Cpk berücksichtigt zusätzlich die tatsächliche Lage des Prozesses innerhalb der Toleranzgrenzen. Deshalb ist Cpk immer kleiner oder gleich Cp und realistischer.

### Wann ist ein Prozess fähig und wann nur beherrscht?

Ein beherrschter Prozess ist statistisch stabil und zeigt keine speziellen Streuquellen, muss aber nicht zwingend innerhalb der Toleranz liegen. Ein fähiger Prozess ist beherrscht und hält zusätzlich die geforderten Toleranzgrenzen mit ausreichendem Cpk ein. Erst die Kombination aus Beidem garantiert stabile Serienqualität.

### Wie viele Messwerte werden für eine Prozessfähigkeitsuntersuchung benötigt?

Für die Kurzzeitfähigkeit werden häufig 25 bis 125 zusammenhängende Messwerte verwendet. Die Langzeitfähigkeit basiert typischerweise auf Daten aus dem laufenden Betrieb über mehrere Wochen oder Monate. Der Stichprobenumfang sollte die realen Prozessbedingungen wie Schicht- und Loswechsel abbilden.

## **Worauf sollte der Einkauf bei Fähigkeitsstudien achten?**

Der Einkauf sollte die Anforderungen eindeutig vertraglich und im Prüfplan verankern sowie die Methodik (Stichprobe, Messsystemanalyse) prüfen. Eine reine Dokumentenprüfung reicht in der Praxis häufig nicht aus. Vor-Ort-Audits und die Kopplung an die Lieferantenbewertung erhöhen die Aussagekraft deutlich.