

Cpk/Process Capability: Der Prozessfähigkeitsindex als Maßstab für Lieferantenqualität

Cpk (Process Capability Index) ist eine Kennzahl, die beschreibt, wie gut ein fertigungsnaher Prozess in der Lage ist, definierte Toleranzgrenzen dauerhaft einzuhalten. Für technische Einkäufer ist der Prozessfähigkeitsindex ein zentrales Kriterium bei Lieferantenauswahl, Freigabeprozessen wie der PPAP-Abnahme und der laufenden Lieferantenbewertung. Er übersetzt Streuung und Lage eines Prozesses in eine einzige Zahl und macht Qualitätsfähigkeit vergleichbar. Wer Cpk-Anforderungen sauber vereinbart und überwacht, senkt Ausschuss, Bemusterungsrisiken und Nacharbeit entlang der gesamten Lieferkette.

Das Wichtigste in Kürze

- Cpk beschreibt sowohl die Streuung als auch die Lage eines Prozesses zu den Toleranzgrenzen.
- Ein Cpk von 1,33 entspricht in der Praxis häufig einer Fähigkeit von rund 66 ppm Fehlerausschuss bei zentriertem, normalverteiltem Prozess.
- Cpk unterscheidet sich von Cp: Nur Cpk berücksichtigt die zentrierte Lage des Prozesses.
- Im Automobilbereich sind Cpk-Werte typischerweise über 1,33, im sicherheitskritischen Umfeld über 1,67 vereinbart.
- Die Aussagekraft setzt eine beherrschte, stabil verlaufende Prozess (Statistische Prozessregelung) voraus.
- Cpk-Werte ohne dokumentierte Mess systematik, Stichprobengröße und Prozessbedingungen sind für den Einkauf kaum verwertbar.

Definition: Cpk/Process Capability

Der Prozessfähigkeitsindex Cpk quantifiziert, wie sicher ein Prozess innerhalb der vereinbarten Toleranzgrenzen produziert. Er ergibt sich aus dem Abstand des Prozessmittels zur näher gelegenen Toleranzgrenze, dividiert durch die dreifache Standardabweichung. Je höher der Wert, desto geringer die Wahrscheinlichkeit, dass ein Merkmal außerhalb der Spezifikation liegt.

Abgrenzung zu Cp

Der Potenzialindex Cp vergleicht nur die Toleranzbreite mit der Prozessbreite und ignoriert die Lage des Prozessmittels. Ein Prozess kann daher einen hohen Cp bei gleichzeitig schlechtem Cpk aufweisen, wenn er systematisch neben der Mitte arbeitet. Für Einkäufer ist in der Regel Cpk die relevantere Größe, weil sie das tatsächliche Fehlerrisiko abbildet. Cp eignet sich allenfalls als Ergänzung, um zu prüfen, ob ein Prozess durch Zentrierung noch verbessert werden kann.

- Cp: Potenzialfähigkeit ohne Berücksichtigung der Lage
- Cpk: tatsächliche Fähigkeit inklusive Zentrierung

- Cpm: berücksichtigt zusätzlich die Abweichung vom Zielwert

Mathematische Grundlage in Kürze

Cpk berechnet sich als Minimum aus zwei Quotienten: Abstand der oberen Toleranzgrenze zum Mittelwert geteilt durch drei Standardabweichungen, und Abstand des Mittelwerts zur unteren Toleranzgrenze geteilt durch drei Standardabweichungen. Die Formel setzt näherungsweise Normalverteilung und einen statistisch beherrschten Prozess voraus. Bei nicht normalverteilten Merkmalen kommen Transformationsmethoden oder nichtparametrische Verfahren zum Einsatz, die im Einkauf verbindlich vereinbart werden sollten.

Methoden und Vorgehen zur Prozessfähigkeitsuntersuchung

Eine belastbare Fähigkeitsuntersuchung folgt einem festen Ablauf: Merkmal definieren, Mess systematik prüfen, Prozess stabilisieren, Stichprobe erheben, Index berechnen und Ergebnis interpretieren. Der Einkauf sorgt dabei dafür, dass Anforderungen, Stichprobenumfang und Bedingungen vertraglich und in Prüfplan hinterlegt sind.

Voraussetzungen: Stabilität und Mess systematik

Cpk ist nur aussagekräftig, wenn der Prozess unter statistischer Kontrolle läuft, typischerweise nachgewiesen über Qualitätsregelkarten. Vorab muss die Messmittelfähigkeit bestätigt sein, etwa über geeignete Fähigkeitsanalysen der Mess systematik, da Messfehler die Streuung sonst verzerren. Zusätzlich sollten Teileanzahl, Erfassungszeitraum und Produktionsbedingungen (Maschine, Werkzeug, Parameter) dokumentiert sein. Fehlen diese Informationen, ist der Wert nicht vergleichbar und für Lieferantenbewertungen ungeeignet.

Kurzzeit- versus Langzeitfähigkeit

In der Praxis werden zwei Betrachtungen unterschieden: die Kurzzeitfähigkeit aus einer eng begrenzten Stichprobe (häufig Ppk oder Cpk aus Serienbeginn) und die Langzeitfähigkeit über längere Zeiträume mit allen erwartbaren Einflüssen wie Werkzeugverschleiß oder Materialwechseln. Übliche Anforderungen liegen für Kurzzeituntersuchungen bei mindestens 1,67 und für die laufende Serie bei mindestens 1,33, im Einzelfall höher. Der Einkauf sollte definieren, welcher Wert wann zu erbringen ist, etwa im Rahmen der Erstbemusterung nach PPAP.

Vereinbarung im Rahmen der Lieferantenqualifizierung

Cpk-Anforderungen gehören in Zeichnungen, Prüfpläne und Qualitätssicherungsvereinbarungen. Wichtig sind die Bezugsmerkmale (sicherheits- oder funktionsrelevant), die Referenz auf aktuelle Zeichnungsstände und die Folge bei Unterschreitung, etwa Sortierpflicht oder Sperrvermerk. Ergänzend lässt sich die Fähigkeitsanforderung in ein Pre-Qualification-Gate der Lieferantenauswahl integrieren und über eine Risikoanalyse priorisieren, welche Bauteile überhaupt strenge Nachweise erfordern.

Wichtige KPIs rund um Cpk und Prozessfähigkeit

Cpk ist eine von mehreren Kennzahlen im Qualitätscontrolling des Einkaufs. Er entfaltet seine Wirkung vor allem in Kombination mit Lieferrückstand, Ausschuss- und Bemusterungsquoten sowie mit strukturierten Lieferantenbewertungen.

Typische Richtwerte und ihre Interpretation

Ein Cpk von 1,00 bedeutet, dass rund 0,27 Prozent aller Teile außerhalb der Toleranz liegen, was etwa 2.700 ppm entspricht. Bei 1,33 sinkt der typische Ausschuss auf etwa 66 ppm, bei 1,67 auf unter einem ppm, jeweils bei zentriertem, normalverteiltem Prozess. Diese Zahlen gelten als Richtwerte, weil reale Prozesse Verschiebungen und Verteilungsabweichungen aufweisen. Einkäufer sollten daher nicht nur den Spitzenwert einer Bemusterung bewerten, sondern die Fähigkeit über die Zeit.

- Cpk 1,00: begrenzt fähig, erhöhtes Prüf- und Sortieraufwand
- Cpk 1,33: übliche Serienanforderung im Maschinenbau
- Cpk 1,67: häufig bei sicherheitsrelevanten Merkmalen gefordert

Cpk in der Lieferantenbewertung

Viele Unternehmen gewichten Prozessfähigkeitsnachweise in ihren Lieferantenbewertungen neben Termintreue und Reklamationsquote. Sinnvoll ist eine Verknüpfung mit messbaren Qualitätskennzahlen wie DPU (Defects per Unit), um Fähigkeitswerte und reale Fehlerwirkung gegenüberzustellen. Dauert die Erfüllung vereinbarter Fähigkeiten dauerhaft nicht, kann dies Anlass für Maßnahmenpläne, Nachverhandlung oder den schrittweisen Aufbau alternativer Bezugsquellen sein. Auch die Lieferantenbonitätsprüfung und D-U-N-S Number (DUNS) als Identifikationsstandard greifen erst weiter downstream; Cpk wirkt dagegen unmittelbar am Teilemerkmal.

Risiken und Kontrollen: Cpk kritisch interpretieren

Cpk-Werte können durch Auswahl günstiger Stichproben, unzureichende Mess systematik oder Manipulation der Datenlage zu positiv ausfallen. Der Einkauf benötigt deshalb Kontrollmechanismen, die über die reine Zahlenabnahme hinausgehen.

Typische Fehlerquellen

Häufige Schwächen sind zu kleine Stichproben, Vermischung mehrerer Maschinen oder Chargen, veraltete Zeichnungsstände sowie Tests, die nur mit ausgesuchten Teilen unter Laborbedingungen erfolgten. Auch ein nicht normal verteiltes Merkmal, etwa Rundlauf oder Planheit, führt bei naiver Formelanwendung zu verzerrten Werten. Wer als Einkäufer nur den Index prüft, ohne Messprotokolle und Prozesskarten einzusehen, trägt ein erhebliches Beschaffungsrisiko.

- Stichprobengröße und -zeitraum prüfen
- Maschinen- und Chargentrennung verlangen
- Messprotokolle und MSA-Nachweise einfordern

Vertragliche und prozessuale Kontrollen

Wirksame Kontrollen umfassen festgelegte Reaktionspläne bei Unterschreitung, regelmäßige Wiederholungsanalysen nach Process Changes und Auditrechte beim Lieferanten. Im Automotive-Umfeld regelt die PPAP-Logik, dass Änderungen am Prozess eine erneute Freigabe erfordern; ähnliche Mechanismen lassen sich auch in anderen Branchen vertraglich abbilden. Ergänzend können im Rahmen von Richtlinien-Compliance Einkauf definierte Qualitätsprozesse und Dokumentationspflichten abgeprüft werden. Bei kritischen Teilen empfiehlt sich zudem ein Dock-to-Stock-Ansatz nur dann, wenn die Fähigkeit über längere Zeiträume stabil bestätigt wurde.

Aktuelle Entwicklungen: Cpk im digitalen und nachhaltigen Einkauf

Prozessfähigkeit wird zunehmend digital erfasst und in Lieferantenportale, ERP- und Qualitätssysteme integriert. Gleichzeitig erweitert sich der Fähigkeitsbegriff um Lieferfähigkeit und Nachhaltigkeitsaspekte der Zulieferkette.

Digitale Qualitätsdaten und Datenqualität

Moderne Systeme übertragen Messdaten automatisiert aus der Fertigung des Lieferanten und aktualisieren Fähigkeitskennwerte nahezu in Echtzeit. Voraussetzung ist eine hohe Datenqualität; eine Kennzahl wie der Data Quality Score kann hier helfen, die Verlässlichkeit gelieferter Qualitätsdaten systematisch zu bewerten. Für Einkäufer reduziert das Aufwand bei Bemusterungen und ermöglicht datengestützte Gespräche mit Lieferanten statt punktueller Papierkontrolle. Die Mobile Freigabe (P2P) beschleunigt darüber hinaus die Freigabe zugehöriger Bestell- und Rechnungsprozesse.

Erweiterter Fähigkeitsbegriff: Liefer- und Nachhaltigkeitsfähigkeit

Der Gedanke der Fähigkeit wird zunehmend auf weitere Dimensionen übertragen: Liefertreue wird etwa über Safety Stock Calculation und Service Level Agreement (SLA) gesteuert, Lieferantenfinanzielle Stabilität über eine strukturierte Lieferantenbonitätsprüfung. Bei Materialsubstitution (ESG) sind Prozessfähigkeitsnachweise für alternative Werkstoffe erneut zu erbringen, da sich Streuung und Fehlertypen ändern können. Der Einkauf sollte diese Perspektiven in seiner Risikoanalyse bündeln, statt Prozessfähigkeit isoliert zu betrachten.

Typische Kennzahlen

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

übliche Mindestanforderung für laufende Serienprozesse

Cpk (sicherheitsrelevant): $\geq 1,67$

häufig bei sicherheitskritischen Merkmalen gefordert

Ppk (Serienanlauf): $\geq 1,67$

vorläufiger Nachweis bei Erst- und Erneuerungsbemusterung

Fehlerrate bei Cpk 1,33: typischerweise ca. 66 ppm

Richtwert bei zentriertem, normalverteiltem Prozess

Praxisbeispiel

Ein mittelständischer Maschinenbauer hatte bei einem Zulieferer für Präzisionsbauteile wiederkehrende Maßabweichungen, obwohl die Erstbemusterung einen Cpk von über 1,6 auswies. Eine Analyse zeigte, dass die Werte aus einer Kurzzeituntersuchung auf einer einzigen Maschine stammten, während die Serienproduktion auf mehreren Anlagen lief. Der Einkaufsbereich vereinbarte daraufhin verbindliche Regeln für künftige Bemusterungen und integrierte die Anforderungen in die Qualitätssicherungsvereinbarung.

- Langzeit-Cpk über mehrere Maschinen und Chargen als Serienanforderung definieren
- Nachweis der Messmittelfähigkeit als Voraussetzung für jede Fähigkeitsstudie festlegen
- Cpk-Anforderungen in Prüfpläne und das PPAP-Dokumentenpaket aufnehmen
- Lieferantenbewertung um einen Fähigkeitsanteil ergänzen und Abweichungen in Maßnahmenpläne überführen

Fazit

Cpk ist für technische Einkäufer mehr als eine Formel aus der Statistik: Er ist ein vertraglich nutzbares Instrument, um Prozessrisiken vor der Serie zu bewerten und dauerhaft zu kontrollieren. Voraussetzung sind sauber vereinbarte Merkmale, belastbare Messdaten und klar definierte Konsequenzen bei Unterschreitung. Wer Cpk isoliert betrachtet, missinterpretiert leicht den Wert; eingebettet in Lieferantenbewertung, Risikoanalyse und digitale Qualitätsdaten entfaltet er seine volle Wirkung. In Zeiten zunehmender Lieferkettentransparenz und steigender Anforderungen an Nachhaltigkeit gewinnt die systematische Fähigkeitsbetrachtung weiter an Bedeutung. Ein professioneller Umgang mit dem Prozessfähigkeitsindex zahlt damit direkt auf Ausschusskosten, Liefersicherheit und Verhandlungsmacht ein.

Häufige Fragen

Was bedeutet Cpk 1,33?

Ein Cpk von 1,33 bedeutet, dass der Abstand des Prozessmittels zur kritischen Toleranzgrenze dem 1,33-Fachen der dreifachen Standardabweichung entspricht. Bei zentriertem, normalverteiltem Prozess entspricht das in der Praxis typischerweise etwa 66 ppm Fehlerrisikofehlerrisikos. Der Wert gilt in vielen Branchen als übliche Serienanforderung.

Was ist der Unterschied zwischen Cp und Cpk?

Cp vergleicht nur die Toleranzbreite mit der Prozessstreuung und ignoriert die Lage. Cpk berücksichtigt zusätzlich, wie weit das Prozessmittel von der näher gelegenen Toleranzgrenze entfernt ist. Deshalb kann Cp hoch ausfallen, während Cpk wegen mangelnder Zentrierung deutlich niedriger ist. Für die Bewertung des tatsächlichen Fehlerrisikos ist Cpk maßgeblich.

Wie wird Cpk berechnet?

Cpk ergibt sich als Minimum aus zwei Quotienten: dem Abstand des Prozessmittels zur oberen beziehungsweise unteren Toleranzgrenze, jeweils dividiert durch die dreifache Standardabweichung. Die Berechnung setzt näherungsweise Normalverteilung und einen statistisch beherrschten Prozess voraus. Bei nicht normalverteilten Merkmalen sind angepasste Verfahren erforderlich.

Ab wann gilt ein Prozess als fähig?

Übliche Richtwerte liegen bei mindestens 1,33 für die laufende Serie und bei mindestens 1,67 für sicherheitsrelevante Merkmale oder die Erstbemusterung. Branchen und Kunden können abweichende Anforderungen definieren, etwa höhere Werte im Automotive-Bereich. Maßgeblich ist die vertragliche Vereinbarung im Prüfplan oder in der Qualitätssicherungsvereinbarung.

Was bedeutet Ppk im Vergleich zu Cpk?

Ppk beschreibt die vorläufige Prozessfähigkeit anhand einer begrenzten Stichprobe, häufig beim Serienanlauf, und nutzt die Gesamtstreuung. Cpk bezieht sich dagegen auf die Fähigkeit eines beherrschten Prozesses unter stabilen Bedingungen. In vielen Unternehmen wird daher zunächst Ppk als Nachweis gefordert und später durch Langzeit-Cpk-Werte ersetzt.