

HANSER

Edgar Dietrich, Alfred Schulze, Stefan Weber

# Kennzahlensystem für die Qualitätsbeurteilung in der industriellen Produktion

ISBN-10: 3-446-41053-8

ISBN-13: 978-3-446-41053-4

Leseprobe

Weitere Informationen oder Bestellungen unter  
<http://www.hanser.de/978-3-446-41053-4>  
sowie im Buchhandel

## 3 Anforderungen an Kennzahlen und -systeme

Für die nutzbringende Anwendung eines Kennzahlensystems müssen mehrere Anforderungen erfüllt sein. Dabei ist das oberste Gebot die Korrektheit und Aussagefähigkeit einer Kennzahl. Es ist wichtig, dass die Kennzahlen stetig aktualisiert werden und damit immer auf dem neuesten Stand sind. Um eine langfristige Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicher zu stellen, muss die Ermittlung der Kennzahlen standardisiert sein, d.h. die Methode der Ermittlung muss immer die gleiche bleiben, um zurückliegende Ergebnisse mit neuen vergleichen zu können. Die Definition einer Kennzahl muss für den jeweiligen Leser klar und deutlich verständlich sein, um Fehlinterpretationen auszuschließen.

Der Aufwand für die Erstellung und Pflege eines Kennzahlensystems ist nicht zu unterschätzen. Dies liegt insbesondere in den Aufwendungen für die Erfassung und Verwaltung der Datenbasis. Daher sind auch wirtschaftliche Aspekte zu beachten. Unter Umständen können die Aufwendungen für die Ermittlung einer Kennzahl deren Nutzen leicht übersteigen. Diese Fragestellungen sind im konkreten Fall jeweils einzeln zu betrachten. Große Bedeutung kommt einer aufgaben- und anwendergerechten Visualisierung zu. Nur leicht verständlich und lesbare Darstellungen werden vom Anwender akzeptiert und für die Steuerung bzw. Lenkung seiner Prozesse nutzbringend eingesetzt. Je nach Aufgabenstellung sind unterschiedliche Blickrichtungen auf die Daten und deren Analyse sinnvoll. Dementsprechend umfangreich kann das Kennzahlensystem ausfallen.

### 3.1 Priorisierung der Anforderungen

Gemäß der VDI-Studie „Produktionscontrolling mit Kennzahlen“ [31] können die Anforderungen an eine Kennzahl bezüglich deren Bedeutung wie folgt priorisiert werden:

#### 1. Kennzahlen müssen aussagefähig sein

D.h. Kennzahlen müssen die realen Sachverhalte ausreichend genau und verständlich beschreiben. Eine Kennzahl, die einen Sachverhalt falsch widerspiegelt, ist unbrauchbar! Um korrekte Kennzahlen ermitteln zu können, muss die Datenbasis repräsentativ sein, die Datenqualität den Anforderungen entsprechen und die Berechnungsmethode sowie der gesamte Ablauf validiert sein.

#### 2. Eine Kennzahl muss aktuell und schnell verfügbar sein

Dabei bedeutet aktuell, dass die Kennzahl jederzeit den konkret vorliegenden Vorgang beschreibt. Möchte man gezielt aufgrund einer ad hoc Analyse eine Kennzahl oder mehrere Kennzahlen ermitteln, so muss diese schnell verfügbar sein. Benötigt man mehrere Stunden oder sogar Tage, bis Ergebnisse bereit gestellt werden, sind diese oft schon wieder überholt. Insbesondere, wenn Daten manuell von verschiedenen Quellen zusammengeführt und daraus Kennzahlen gebildet werden, sind diese in der Regel in Frage zu stellen, da aufgrund der hohen Fehleranfälligkeit die Korrektheit nicht immer gegeben ist.

### **3. Eine Kennzahl muss vergleichbar sein**

Insbesondere die zeitliche Veränderung von Kennzahlen hat eine hohe Aussagekraft. Oftmals ist es nicht erforderlich, einen wie auch immer definierten Idealzustand zu erreichen. In der Praxis ist es teilweise viel wichtiger, erreichte Zustände, mit denen man zufrieden ist, kontinuierlich fortzuführen. Daher ist es unabdingbar, dass Kennzahlen in ihrer Definition und Berechnungsmethode nicht verändert werden. Ein Vergleich zwischen „Äpfeln und Birnen“ führt zu keinem Ergebnis. Solche Kennzahlen sind unbrauchbar. Ist eine neue Kennzahl erforderlich, so kann diese jederzeit eingeführt werden. Diese darf zum Vergleich jedoch erst für künftige Kennzahlen mit der gleichen Berechnungsmethode herangezogen werden.

### **4. Kennzahlen müssen übersichtlich dargestellt werden**

In der Regel hat man zur Beurteilung von Prozessen und Abläufen nicht nur eine, sondern viele Kennzahlen. Reine Zahlenkolonnen in Form von Tabellen sind in der Regel unbrauchbar, da aufgrund der Vielzahl der Zahlen meist nur geringe Erkenntnisse gewonnen werden können (Stichwort: Zahlenfriedhof). Daher müssen Kennzahlen grafisch visualisiert werden. Insbesondere sollten die Möglichkeiten genutzt werden, Kennzahlen nach bestimmten Kriterien zu sortieren oder farblich hervorzuheben (z.B. schlechte Werte nach oben, gute Werte nach unten bzw. umgekehrt). Dadurch kann sehr schnell die Spreu vom Weizen getrennt werden, um sich auf die wesentlichen Dinge konzentrieren zu können. Durch die Art und Weise der Darstellung verschwindet Unwesentliches quasi im Hintergrund und steht nicht dominierend im Vordergrund.

### **5. Kennzahlen müssen allgemein verständlich sein**

Typischerweise unterscheidet man zwischen Kennzahlen für die Werkerebene, für die Planungsebene und für das obere Management. Je nach Aufgabenstellung, Funktion und Hierarchie sind dem Leserkreis unterschiedliche Kennzahlen aufzubereiten und entsprechend zu kommunizieren. Nur wenn der Leser seinem Aufgabenbereich entsprechende Kennzahlen erhält und diese interpretieren kann, werden Kennzahlen nutzbringend sein.

### **6. Die Datenbasis muss leicht ermittelbar sein**

Kennzahlen werden, wie oben beschrieben, aus Qualitätsinformationen berechnet. Die Grundlagen stellen sowohl qualitative als auch quantitative Merkmalswerte dar. Eine Kennzahl kann um so kostengünstiger ermittelt werden, je effektiver der Messprozess für die Kennzahl ist. Allerdings darf das Kriterium „Kosten“ nicht ausschließlich im Mittelpunkt stehen. Viel wichtiger ist die Erkenntnis, ob die daraus ermittelte Kennzahl brauchbar ist oder nicht. Dadurch können unter Umständen mehr Kosten eingespart werden, als für Messprozesse ggf. investiert werden muss.

### **7. Ein Kennzahlensystem muss vollständig sein**

Es macht keinen Sinn, wenn, aus welchen Gründen auch immer, bestimmte Kennzahlen nicht ermittelt bzw. kommuniziert werden. Wie bei einem Puzzle ergeben die einzelnen Kennzahlen (Puzzleteile) ein Gesamtbild. Dies ist nur dann vollständig interpretierbar, wenn kein Puzzleteil fehlt, oder zumindest nur sehr wenige Teile fehlen.

## 3.2 Von der Datenbasis zur Kennzahl

Die Ermittlung von Kennzahlen zur Qualitätsbeurteilung der industriellen Produktion basiert auf einer Datenbasis, die entweder qualitative oder quantitative Merkmalswerte enthält. Sicherlich ist den quantitativen Merkmalswerten, die mit geeigneten Messprozessen ermittelt werden, der Vorzug zu geben. Allerdings liegen auch häufig qualitative Ergebnisse vor, die durch Lehren oder Sichtprüfung zustanden kommen. Um die Prüfergebnisse einem konkreten Sachverhalt eindeutig zuordnen zu können, sind zusätzlich beschreibende Daten erforderlich. Typische beschreibende Informationen sind:

- Teilenummer
- Teilebezeichnung
- Zeichnungsnummer
- Zeichnungsänderungsindex
- Merkmalsnummer
- Merkmalsbezeichnung
- Merkmalsklasse
- Einheit
- Spezifikationsgrenzen
- Zeit/Datum
- ggf. Seriennummer bei einer 100% Prüfung
- Charge
- Maschine/Fertigungslinie
- Prüfer/Prüfmittel
- Ereignisse/Ursachen/Maßnahmen
- Prozessparameter
- usw.

### 3.2.1 Stichprobenprüfung

Je nach Bedeutung des Merkmals bzw. gesetzlicher Anforderungen an dieses kann es sich einerseits bei den Prüfergebnissen um eine 100%-Prüfung, bei der alle Teile beurteilt und die daraus abgeleiteten Daten in das System erfasst werden oder um eine sogenannte Stichprobenprüfung handeln. Insbesondere sprechen wirtschaftliche Gründe für eine Stichprobenprüfung. Eine möglichst niedrige Stichprobenfrequenz (z.B. 2 Messungen pro Tag) und ein geringer Stichprobenumfang (z.B.  $n=2$ ) minimieren den Prüfaufwand und senken die Kosten. Allerdings sind dies unter dem Aspekt der Korrektheit bzw. Unsicherheit einer Kennzahl sich widersprechende Forderungen, die in Abhängigkeit der Stabilität eines Prozesses individuell zu beurteilen sind. Von dieser Bewertung abhängig können diese beiden Parameter festgelegt werden. Weitere Details sind in dem Buch „Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation“ [6] enthalten. Zusätzlich geht bei Stichprobenprüfungen die eindeutige Verbindung zwischen den produzierten Teilen und den Prüfergebnissen verloren, wie sie bei einer 100%-Prüfung z.B. durch die Seriennummer gegeben ist. Damit wird bei einer Stichprobenprüfung ein Sachverhalt nur noch ganzheitlich beurteilt, ohne auf genau ein Teil zurückschließen zu können. Eine eventuell geforderte Rückverfolgbarkeit ist damit nicht möglich.

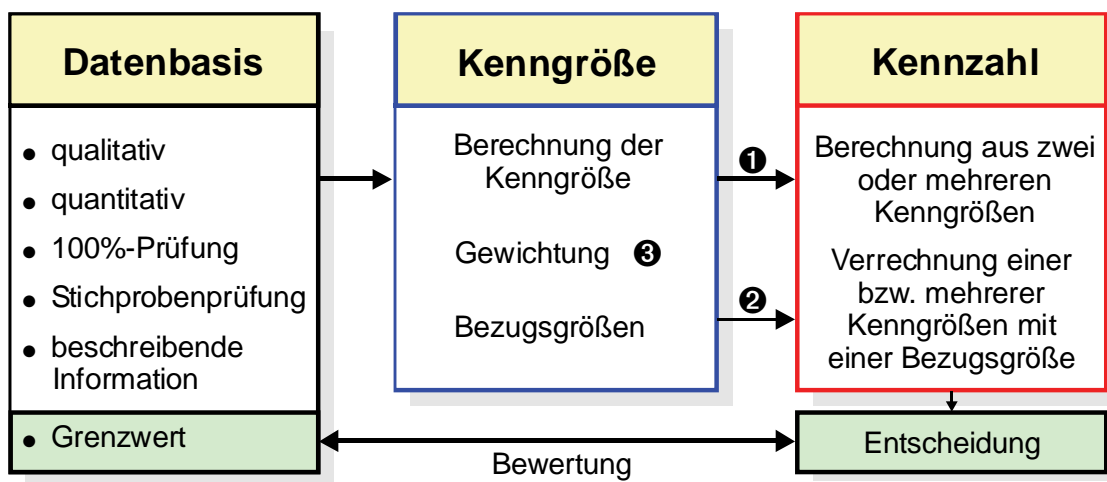
### 3.2.2 100%-Prüfung

Bei allen sicherheitsrelevanten Merkmalen müssen zur Erfüllung der Nachweispflicht alle Prüfergebnisse der produzierten Teile bzw. Produkte dokumentiert und archiviert

werden. In der Luftfahrtindustrie ist diese Dokumentationspflicht schon sehr lange durch entsprechende Gesetze geregelt. In anderen Branchen, insbesondere in der Automobilindustrie, hat sich die Dokumentationspflicht durch die Produkthaftung immer mehr verschärft. Typische Beispiele sind Komponenten des Bremssystems oder der Lenkung. Häufig werden alle Komponenten auch dann geprüft, wenn diese in verbautem Zustand nur noch schwer bzw. unter großem Aufwand wieder ausgetauscht werden können. Typische Beispiele sind Pleuel oder Kurbelwelle. Handelt es sich um instabile oder nicht fähige Prozesse oder Prozesse mit einer zu niedrigen Prozessfähigkeit (z.B.  $C_{pk} \leq 1,33$ ), sind ebenfalls 100%-Prüfungen durchzuführen.

### 3.2.3 Allgemeine Kennzahlenberechnung

Basierend auf den Prüfergebnissen aus einer Datenbasis können Kenngrößen und Kennzahlen ermittelt werden. Kennzahlen werden entweder aus zwei oder mehreren Kenngrößen berechnet (siehe Abbildung 3-1). Alternativ können sie durch die Verrechnung von einer bzw. mehreren Kenngrößen mit einer Bezugsgröße zustande kommen. Mittels Gewichtungen können bestimmte Sachverhalte stärker oder geringer in die Kennzahl einfließen.



Beispiel: ① Berechnung einer Kennzahl aus den Kenngrößen

- Umsatz 2006
- Eigenkapital 2006

→ Eigenkapitalquote

Beispiel: ② Verrechnung von Kenngrößen mit einer Bezugsgröße

- Prozessstreuung
  - eines Zeitraums
  - einer Charge
  - einer Maschine
  - ...
- Toleranz

→ Prozessfähigkeit

Beispiel: ③ Die Bedeutung einer Kenngröße kann im Vergleich zu einer anderen Kenngröße unterschiedlich sein. Um diesem Sachverhalt Rechnung zu tragen, werden Gewichtungen ausgeführt. Ein typisches Beispiel sind Merkmalsklassen.

Abbildung 3-1: Wie kommt eine Kennzahl zustande?

Gerade der Gewichtung von Kenngrößen und -zahlen kommt eine große Bedeutung zu. So haben Merkmale eines Produktes unterschiedliche Relevanz. Manche sind äußerst kritisch und müssen daher genau beobachtet werden, weil sie bei zu großen Abweichungen zu einem Fehlverhalten des Produktes führen und damit hohen Schaden verursachen können. Andere haben nur geringe Bedeutung. Daher müssen die Grenzwerte der Bedeutung eines Merkmals angepasst werden. Würden alle Merkmale in gleichem Maße bewertet werden, kann dies dazu führen, dass weniger wichtige Merkmale in den Vordergrund rücken, während die bedeutungsvolleren Merkmale unter Umständen in der Vielfalt der Ergebnisse untergehen.

In der Praxis hat sich bisher die Einteilung von Merkmalen in drei Klassen bewährt. Wie die einzelnen Klassen bezeichnet werden, ist vom jeweiligen Unternehmen abhängig und in deren Richtlinien (siehe z.B. „Richtlinie für Qualitätsabnahme von Fertigungseinrichtungen“ – General Motors PowerTrain [20]) festgelegt.

### 3.3 Korrektheit einer Kennzahl

Eine Kennzahl muss nicht nur in der Lage sein, einen gewünschten Sachverhalt prinzipiell zu beschreiben, sondern muss diesen vor allem korrekt wiedergeben. Mehrere Faktoren beeinflussen die Genauigkeit einer Kennzahl. In Abbildung 3-2 sind wesentliche Einflüsse aufgeführt, die zu Unsicherheiten bei der Berechnung von Kennzahlen führen. Um die Unsicherheit zu minimieren und klein zu halten, müssen die Parameter und die Auswirkung auf die Kennzahl bewertet werden. Weiter sind Maßnahmen zu ergreifen, um eventuelle Veränderungen der Einflüsse rechtzeitig zu erkennen. Daher muss das Gesamtsystem vor der Kommunikation der Ergebnisse validiert und kontinuierlich überwacht werden.

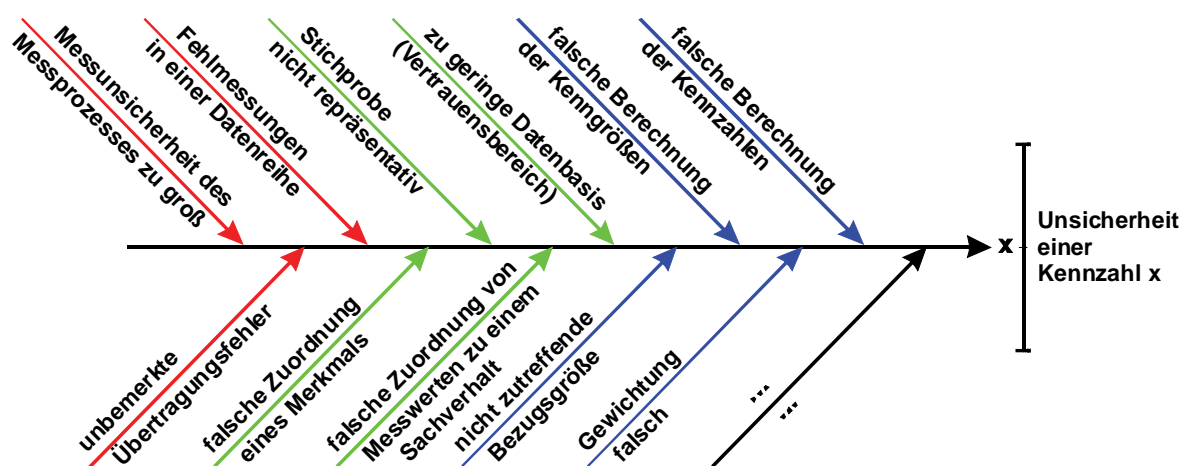


Abbildung 3-2: Unsicherheit einer Kennzahl am Beispiel von Messergebnissen

Insbesondere die Datenbasis zur Bestimmung von Qualitätskennzahlen ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Dies beginnt bereits bei der Erfassung der Merkmalswerte. Ist die Messunsicherheit eines Messgerätes zu groß, wirkt sie sich direkt auf die Un-

sicherheit der Kennzahl aus. Daher ist entweder die Messunsicherheit des Prüfprozesses gemäß GUM [10] (Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen / Guide to the expression of uncertainty in measurement) zu ermitteln und zu überprüfen, ob diese ausreichend klein ist. Oder es kann gemäß MSA [2] die Eignung des Prüfprozesses nachgewiesen werden. Sind diese Anforderungen nicht erfüllt, ist es nicht sinnvoll, solche Prüfprozesse als Informationsquellen heranzuziehen. Werden diese trotzdem verwendet, sind die Auswirkungen auf die Kennzahl zu beachten und das Risiko abzuschätzen, wieweit die Kennzahlen auf dieser Datenbasis überhaupt verwendbar sind.

Häufig werden aus Kostengründen Teile oder Komponenten nur stichprobenartig geprüft und diese Ergebnisse zur Berechnung einer Kennzahl herangezogen. Um Unsicherheiten zu vermeiden, ist sicherzustellen, dass die Stichproben den Sachverhalt repräsentativ beschreiben. Oft ist dabei die Datenbasis sehr gering. Typischerweise ist das bei Maschinenanläufen oder bei der vorläufigen Prozessbeurteilung der Fall. Andere Gründe können Kleinserien sein. Diesem Umstand kann durch die Angabe eines Vertrauensbereiches für die Kennzahl Rechnung getragen werden. Er signalisiert dem Leser der Kennzahl, inwieweit bzw. in welchem Bereich diese „vertrauensvoll“ ist.

Nicht selten gelangen aufgrund von Fehlmessungen auch falsche Prüfergebnisse in den Datenbestand. Gründe können eine zu früh ausgelöste Messung sein, war eine zu starke Verschmutzung der zu prüfenden Teile oder es kommt, aus welchen Gründen auch immer, zu Mehrfachmessungen, bei denen alle Messergebnisse ohne besondere Kennzeichnung in den zentralen Datenbestand gespeichert werden. Konsequenterweise sind die aufgrund einer solchen Datenreihe bestimmten Kenngrößen alle falsch. Darüber hinaus können sich auch unbemerkt Übertragungsfehler oder eine falsche Zuordnung eines Prüfergebnisses zu einem Sachverhalt einschleichen. Dies passiert immer dann, wenn nicht zwangsweise sicher gestellt wird, dass alle beschreibenden Informationen auch bei der Erfassung dem Messwert direkt zugeordnet werden. Der Prüfer braucht hierfür entsprechende Hilfestellungen, ansonsten geraten solche Informationen schnell in Vergessenheit und können im Nachhinein, wenn überhaupt, nur mit großem Aufwand, korrigiert werden.

Großen Einfluss auf die Kennzahl hat die Berechnung der Kenngröße bzw. der Kennzahl selbst. Der in der Einleitung bereits zitierte Ausspruch „Traue keiner Statistik, die Du nicht selbst gefälscht hast“ ist in erster Linie darin begründet. Das ist insbesondere dann zutreffend, wenn zur Bestimmung der Kennzahl Bezugsgrößen bzw. Gewichtungsfaktoren herangezogen werden, die zwar von der Sache her korrekt sein können, aber den jeweiligen Anwendungsfall nicht ausreichend genau beschreiben. Andere Gründe können unterschiedliche Berechnungsformeln für Schätzwerte von z.B. Prozesslage oder -streuung sein. Ob diese allerdings angewandt werden kann, muss im Einzelfall entschieden werden. Ein Beispiel:

- Die Prozesslage kann sowohl mit dem Mittelwert als auch mit dem Medianwert beschrieben werden. Im Falle einer Normalverteilung sind beide Werte nahezu gleich. Bei einer schiefen Verteilung unterscheiden sich beide Werte wesentlich.
- Die Prozessstreuung kann über verschiedene Berechnungsmethoden ermittelt werden:  $\bar{R}/d_n$ ,  $\bar{s}/a_n$ ,  $s_{ges}$ ,  $\hat{\sigma}/\sqrt{n}$ ,  $o_p - u_p$  usw. Auch hier gilt, dass im Falle einer