Inhaltverzeichnis

1 Qualität in der Ingenieurgeodäsie

1.1 Qualitätsdefinition und -modelle

1.2 Qualität im Bauprozess

Hauptqualitätsparameter sind Toleranz, die dem Qualitätsmerkmal Korrektheit zugeordnet werden können.(manchmal wird aber von Genauigkeit gesprochen)

- Nennenmaß N / Sollmaß S
- Höchstmaß G_o
- Mindestmaß G_u
- Mittemaß $C = \frac{1}{2}(G_o + G_u)$ ($= N$ wenn symmetrisch)
- Obere Abmaß: $A_o = G_o - N$
- Untere Abmaß: $A_u = G_u - N$
- Toleranz: $T = G_o - G_u = A_u - A_o$

Die Toleranz ist der Spielerraum, der der allem am Bau Beteiligten zur Behandlung zufälliger Abweichungen zur Verfügungen steht.
Die Toleranz bezieht sich auf eine Bezugstemperatur und verändert sich bei Abweichungen hiervon.

Nach Bau / Realisierung:
Istmaß I ist Ergebnis einer Messung nach Bauausführung, darf nicht außerhalb der Toleranz liegen. Istabmaß $A_i = I - N$.
Forderung: $G_u \leq I \leq G_o$

Toleranzfortpflanzung / Toleranzkette.

- T_i: Einzeltoleranzen (Eingangsgrößen)
- T_G: Gesamttoleranz (Ausgang)
- x_i: Einflussgrößen
- y: Zielgrößen

2 Möglichkeiten
a. quadratische Fortpflanzung

$$T_G = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\frac{\partial y}{\partial x_i})^2 T_i^2}$$

$$T_G = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} T_i^2} \quad (vereinfacht)$$

Wenn Abweichung klein und zufällig, vor allem Bauwesen.

b. lineare Fortpflanzung

$$T_G = \sum_{i=1}^{n} T_i$$

Wenn Abweichung relative groß und Tendenz zur Systematisch besteht, häufig im Maschinenbau. Abschätzung pessimitisch.

Immer gilt: $T_{G,linear} > T_{G,quadr}$.
Über Toleranz: hinausgesehende Pasmik werden im Bauwesen kaum genutzt. Hierzu nur vergangene und aktuelle Forschungsprojekt.

1.3 Qualität im Ingenieurgeodätischen Prozess

Wesentlicher Qualitätsmerkmal ist die Genauigkeit. (meist mit Standardabweichung als Parameter)

Wahre Abweichung: $\eta = x - \tilde{x} = \Delta + \varepsilon$
Zufällige Abweichung $E(\varepsilon) = 0 \longrightarrow$ Prezision/Widerholstandardabweichung
Systemmatische Abweichung: $E(\Delta) \neq 0 \longrightarrow$ Richtigkeit, Korrektheit, Vergleichsabweichung.

In der Geodäsie werden systemmatische Abweichung häufig in bekannte und unbekannte systemmatische Abweichung unterteilt:

- bekannte Abweichung werden eliminiert (z.B. durch Kalibrierung)
- unbekannte Abweichung werden durch Messordnung randomisiert und als zufällig behandelt.

Widerholstandardabweichung (unter identischen Bedingungen ermittelte) (Innere Genauigkeit):

$$\sigma_\varepsilon = \frac{1}{n-1}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^2}$$

Vergleichstandardabweichung (unter möglichst unterschiedliche Bedingungen) (Äußere Genauigkeit):

$$\sigma = \sqrt{\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\Delta^2}$$

Konfidenzbereich:

$$p(\bar{x} - k_\sigma \leq \mu \leq \bar{x} + k_\sigma)$$

k ist im Prinzip das Quantil der Verteilungsfunktion. Bei Normalverteilung gilt:

- $k \approx 1 \longrightarrow \alpha = 32\% \quad p = 68\%$
- $k \approx 2 \longrightarrow \alpha = 5\% \quad p = 95\%$
- $k \approx 3 \longrightarrow \alpha = 0,03\% \quad p = 99,97\%$

Qualitätsmerkmale Genauigkeit, Zuverlässigkeit sind für geodätische Netze bekannt; für Prozesse ist Entwicklungsbedarf

1.4 Zusammenhang zwischen Standardabweichungen und Toleranz

$$T = \sqrt{T_M + T_A}$$

T_A: Ausführungstoleranz $= \sqrt{T^2_{Fertigung} + T^2_{Montage}}$
T_M: Vermessungstoleranz,häufig als Angabe in Prozent P an der Gesamttoleranz $T \rightarrow T_A = (1-P)T$
Qualität Toleranzfortpflanzung:

$$\begin{aligned}
T^2 &= T_M^2 + T_A^2 \\
&= T_M^2 + (1-P)^2 T^2 \\
T_M^2 &= T^2 - T_A^2 \\
&= T^2(1-(1-P)^2) \\
T_M &= T\sqrt{2P - P^2}
\end{aligned}$$

Beispiel: $P = 10\% \longrightarrow T_M = 0,44T$
Prinzipiell darf kein Messwert außerhalb der Toleranz liegen.

Anhährung an der Toleranz über Konfidenzbereich.

$$T_M = C_O(obere) - C_U(untere)$$

C: Grenzen des Konfidenzbereiches.

$$P(C_U \leq \mu \leq C_O) = 1 - \alpha$$
$$P(\bar{x} - k \cdot \sigma \leq \mu \leq \bar{x} + k \cdot \sigma) = 1 - \alpha$$
$$T_M = C_O - C_U = 2 \cdot k \cdot \sigma$$

k: Quantil der Verteilungsfunktion i.d.R wird Normalverteilung vorausgesetzt.

$$1 - \alpha = 95\% \longrightarrow k = 1,96$$
$$1 - \alpha = 99,75\% \longrightarrow k \approx 3$$
$$\sigma = \frac{T_M}{2 \cdot k}$$

Beispiel: $k = 2, T_M = 0,44T \longrightarrow \sigma = 0,11T$

P	$\frac{T_M}{T}$	$\frac{\sigma}{T}(k=2)$	$\frac{\sigma}{T}(k=3)$
0,1	0,44	0,11	0,07
0,2	0,60	0,15	0,10
0,3	0,7	0,18	0,12
0,5	0,87	0,22	0,14
0,9	0,99	0,25	0,16

In der Praxis: P zwischen $0,3$ und $0,5$, $\sigma = \frac{1}{5}T\ (k=2)$, $\sigma = \frac{1}{8}T\ (k=3)$

Beispiel:
Lagetolerenz einer Straßenachse: $5\ cm \longrightarrow$ Verwendung Faustformel für $\alpha = 5\%$

$$\sigma = \frac{1}{5}T = 1\ cm$$

P zwischen $[0,3 \quad 0,5]$, $k = 2$
Tachymeter mittelere Genauigkeit:

$$\sigma_s = \sqrt{(5mm)^2 + (5ppm)^2}$$
$$\sigma_r = 1mgon$$
$$\sigma_w = \sqrt{2}\sigma_r$$
$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_Q^2 + \sigma_L^2}$$

- Längst. $\sigma_L \rightarrow$ Strecke

- Querst. $\sigma_Q \rightarrow$ Winkel

$$\sigma_L = \sigma_s$$
$$\sigma_Q = \sigma_w \frac{s}{\rho}$$

s	200m	400m
σ_L	5,1mm	5,4mm
σ_Q	4,4mm	8,8mm
σ_p	6,7mm	10,3mm

Standardabweichung eingehalten; Tachymeter mittele Genauigkeit kann gesetzt werden.

1.5 Messunsicherheit nach GUM

GUM: Guide for the expression of uncentaining in measurment.
Unsicherheit:

- Verwendung als Kriterium analog zu Genauigkeit
- Verwendung als Parameter; hiervon sind verschiedene definiert

Type A für zufällige Einflüsse (wie unter wiederholbar), Type B für (rest) systematische Einflüsse(über Monte Carlo Simulation).
Kombinierte Unsicherheit

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$$

Formel gilt für nicht korreliert Fehlerquellen, aber erweiterbar, gewisse Analogie zum Elementarfehlermodell.

$$U = k \cdot U_C$$

Kennwert der einen Bereich um den Messwerte charakterisiert, der zu einem Großteil die zum Messwert gehörige Verteilung beinhaltet.
Eine direkte Verbindung zum Konfidenzintervall ist nicht gegeben, da Normalverteilung nicht vorausgesetzten werden kann.
Erwartungsfaktor k: Zahlenfaktor zwischen kombinierte und erweiterte Unsicherheit, in der Regel zwischen 2 und 3(bei Normalverteilung würde das $\alpha = 5\%$ bzw. $\alpha = 0,3\%$ bedeuten), analog zum Konfidenzbereich, aber ohne statistische Aussage.