



Zur Ableitung zulässiger Messunsicherheiten aus Toleranzen bei Ingenieurvermessungen an Kranbahnen

Hans Schulz

Von den jeweiligen Herstelltoleranzen ist für die Vermessung ein bestimmter Anteil – die Vermessungstoleranz – vorzusehen, aus dem die bei der messtechnischen Überprüfung des einzelnen geometrischen Parameters zulässige Messunsicherheit zu ermitteln ist.

1 Einleitung

Ingenieurvermessungen an Kranbahnen werden in der Bauphase (Absteckung, Bauabnahmevermessung) und in der Nutzungsphase (Überwachungsmessung) erforderlich. Herstell- und Betriebstoleranz für unterschiedliche geometrische Parameter der Kranbahn sind in technischen Normen und Richtlinien vorgegeben. Von der jeweiligen Herstelltoleranz ist für die Vermessung ein bestimmter (An-)Teil – die Vermessungstoleranz – vorzusehen, aus dem die bei der messtechnischen Überprüfung des einzelnen geometrischen Parameters zulässige Messunsicherheit zu ermitteln ist.

Bereits in einem früheren Beitrag dieser Fachzeitschrift wurde unter dem Titel „Zur Förderung der qualitätswirksamen Potentiale der Ingenieurvermessung bei der Qualitätssicherung von Kranbahnen“ [1] unter anderem dargestellt, welche Anforderungen Normen und Richtlinien an die Vermessung von Kranbahnen stellen. Dabei wurden die Richtlinie der Technischen Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber E.V. (VGB), VGB-R 631 U [2] und der Normentwurf E DIN 18710-1 [3], dahin gehend untersucht, wie mit den Toleranzanforderungen aus den Normen zur Herstellung und zum Betrieb von Kranen und Kranbahnen die zulässigen Messunsicherheiten für Ingenieurvermessungen an Kranbahnen praxisnah abgeleitet werden können. Es wurden Unterschiede zwischen den Forderungen der beiden Richtlinien an die bei Ingenieurvermessungen an Kranbahnen zu erbringende Messunsicherheit festgestellt.

Mittlerweile steht die VGB-Richtlinie zur Überarbeitung an, und es werden im Folgenden die jeweils verwendeten Ansätze zur Festlegung zulässiger Messunsicherheiten ausführlich dargestellt, überprüft und bewertet. Dies geschieht auch, um zu zeigen, dass die neue Ingenieurvermessungsnorm E DIN 18710-1 [3] geeignet ist, mit ihren Vorgaben die Belange und Anforderungen spezieller Abnehmer von Ingenieurvermessungsleistungen – im vorliegenden Falle die VGB – zu befriedigen.

2 Zulässige Messunsicherheiten nach VGB-R 631 U

In der VGB-Richtlinie VGB-R 631 U [2] wird

$$s \leq \frac{T \cdot \sqrt{n}}{6t_{n;1-\alpha}} \quad (1)$$

als Messunsicherheit vorgegeben, die zu fordern ist, wenn durch Ingenieurvermessungen die Geometrie von Kranbahnen dahin gehend zu überprüfen ist, ob sich ein ermitteltes Abmaß im zulässigen Abmaßbereich bewegt. Hierin ist s die empirische Standardabweichung einer Einzelmessung zur Bestimmung der Messgröße, T die Herstelltoleranz als Differenz zwischen Größtmaß und Kleinstmaß, die aus den einschlägigen Normen für die Errichtung von Kranen und Kranbahnen (z.B. VDI 3576 – Entwurf: „Schienen für Krananlagen – Schienenverbindungen, Schienenbefestigungen, Toleranzen“, 10/1995 [4]) entnommen wird, n die Anzahl der Messungen, die zur Bestimmung der Messgröße durchgeführt werden und $t_{n;1-\alpha}$ das Quantil der t-Verteilung nach STUDENT, das von n und dem Vertrauensniveau $P = 1 - \alpha$ abhängt. In der Richtlinie wird empfohlen, wie im Bauwesen üblich, $P = 95\%$ zu wählen.

Dabei wurde die DIN 1319 –Teil 3 (01/1972) oder (08/1983) [5] zu Grunde gelegt, die Grundbegriffe der Messtechnik definiert. Es wurde vorausgesetzt, dass die gesuchte Messgröße aus n Messungen geschätzt wird. Diese Messgröße kann ein Abmaß oder ein Istmaß sein. Es wird wie folgt vorgegangen:

1. Berechnung des arithmetischen Mittelwertes der Messgröße:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n l_i, \quad (2)$$

worin l_i die Messwerte zur Bestimmung der Messgröße sind. Der Mittelwert $\bar{x}$ ist ein Schätzwert für die zu bestimmende Messgröße und kann ein Abmaß oder ein Istmaß sein.

2. Berechnung der empirischen Standardabweichung einer Einzelmessung:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (l_i - \bar{x})^2}. \quad (3)$$

Dieser direkte Zusammenhang zwischen l_i und $\bar{x}$ bedeutet, dass die Messgröße direkt gemessen wurde.

3. Zur Definition der Messunsicherheit wird das Vertrauensintervall für den Erwartungswert μ der Messgröße herangezogen:

$$P(\mu \in [\bar{x} - u; \bar{x} + u]) = 1 - \alpha, \quad (4)$$

worin die Messunsicherheit u definiert ist als:

$$u = t_{n;1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}} = t_{n;1-\alpha} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (5)$$

worin $s_{\bar{x}}$ die Standardabweichung des arithmetischen Mittelwertes ist.

4. Die Länge des Vertrauensintervalls ist gegeben durch:

$$\bar{x} + u - (\bar{x} - u) = 2u = 2t_{n;1-\alpha} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}. \quad (6)$$

5. Die Richtlinie sieht vor, dass das Vertrauensintervall für den Erwartungswert $\frac{1}{3}$ der Toleranz überdecken darf. Dies bedeutet für die zu fordernde Messunsicherheit:

$$2u \leq \frac{T}{3} \rightarrow u \leq \frac{T}{6} \leftrightarrow s \leq \frac{T \cdot \sqrt{n}}{6t_{n;1-\alpha}} \leftrightarrow s_{\bar{x}} \leq \frac{T}{6t_{n;1-\alpha}}. \quad (7)$$

Der gewählte Ansatz unterstellt, dass nur zufällige Messabweichungen berücksichtigt werden müssen. Systematische Messabweichungen treten entweder nicht auf, werden bestimmt und rechnerisch berücksichtigt oder durch das Messverfahren eliminiert. Weiterhin wird angenommen, dass unbekannte systematische Messabweichungen so klein sind, dass sie vernachlässigt oder als zufällige Messabweichungen betrachtet werden können. Daher kann ein Vertrauensbereich für den Erwartungswert μ der Messgröße angegeben werden. Dieser liegt mit der Wahrscheinlichkeit $P = 1 - \alpha$ im genannten Vertrauensintervall.

3 Zulässige Messunsicherheiten nach E DIN 18710-1

Im Entwurf der DIN-Norm E DIN 18710-1 [3] wird

$$s_{\bar{x}} = \frac{T_M}{2k_{1-\alpha}} \quad (8)$$

als Messunsicherheit vorgegeben. Hierin ist $s_{\bar{x}}$ die Standardabweichung des arithmetischen Mittelwertes der Messgröße, T_M die Vermessungstoleranz als Differenz zwischen Größtmaß und Kleinstmaß und $k_{1-\alpha}$ das Quantil der Normalverteilung, das von dem gewählten Vertrauensniveau $P = 1 - \alpha$ abhängt.

Der Erwartungswert einer Messgröße, die ein Istmaß oder ein Abmaß sein kann, wird mit einer Standardabweichung $s_{\bar{x}}$ geschätzt. Die Berechnung von $s_{\bar{x}}$ kann entsprechend (2), (3) und (5) vorgenommen werden. Es ist bei Ingenieurvermessungen häufig üblich, $s_{\bar{x}}$ auf anderem Wege zu schätzen. Dies kann bei direkten Messverfahren durch Abschätzen oder Berechnen der wirksamen zufälligen Fehlereinflüsse und ihre Behandlung nach dem Varianzfortpflanzungsgesetz erfolgen. Bei indirekter Bestimmung der Messgröße wird ebenfalls das Varianzfortpflanzungsgesetz angewendet. Werden beispielsweise Koordinaten durch geodätische Netzausgleichung bestimmt, so

beruhen auch die daraus erhaltenen Genauigkeitsmaße der Koordinaten aus einer Anwendung des Allgemeinen Kovarianzfortpflanzungsgesetzes. Auch hierbei wird angenommen, dass nur zufällige Messabweichungen zu berücksichtigen sind.

Nun ist die Frage zu klären, wie groß diese Standardabweichung $s_{\bar{x}}$ bei einer bestimmten vorgegebenen Toleranz sein darf. Dies erfolgt in zwei Schritten:

I. Ableitung der Vermessungstoleranz aus der Maßtoleranz

1. Die Maßtoleranz T setzt sich nach dem Toleranzfortpflanzungsgesetz zusammen aus der Vermessungstoleranz T_M und den restlichen Ausführungstoleranzen T_A gemäß

$$T^2 = T_M^2 + T_A^2 \quad (9)$$

zusammen.

2. Es wird ein Anteilfaktor p der Vermessungstoleranz T_M an der Maßtoleranz T mit

$$0,1 \leq p \leq 0,3 \quad (10)$$

empfohlen. Dieser Faktor ist Verhandlungssache und hängt von den technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der jeweiligen Vermessungsaufgabe ab.

3. Dann gilt:

$$T_M = p \cdot T \rightarrow T_A = (1 - p) \cdot T. \quad (11)$$

4. Die quadratische Addition der Toleranzen führt zu:

$$T_M^2 = T^2 - (1 - p)^2 \cdot T^2 = T^2 \cdot (1 - (1 - p)^2) \rightarrow T_M = T \cdot \sqrt{1 - (1 - p)^2} \quad (12)$$

Für die in der Norm angegebenen Grenzwerte des Anteilsfaktors p ergeben sich Anteile der Vermessungstoleranz an der Maßtoleranz von $0,44 \cdot T \leq T_M \leq 0,71 \cdot T$.

II. Ableitung der Messunsicherheit aus der Vermessungstoleranz

1. Die Vermessungstoleranz ist nun derjenige Bereich, der durch ein Vertrauensintervall ausgefüllt werden darf, das mit der Wahrscheinlichkeit $1 - \alpha$ (im Bauwesen üblicherweise 95%) den Erwartungswert der Messgröße enthält. Dieses Intervall ist gegeben mit:

$$P(\mu \in [\bar{x} - k_{1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}}; \bar{x} + k_{1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}}]) = 1 - \alpha. \quad (13)$$

2. Die Länge des Vertrauensintervalls ist:

$$\bar{x} + k_{1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}} - (\bar{x} - k_{1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}}) = 2k_{1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}}. \quad (14)$$

3. Mit (12) wurde die Vermessungstoleranz T_M berechnet, die die Größe des Vertrauensintervalls ausfüllen darf:

$$T_M \geq 2k_{1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}}. \quad (15)$$

4. Dies bedeutet für die zu fordernde Messunsicherheit:

$$s_{\bar{x}} \leq \frac{T_M}{2k_{1-\alpha}}. \quad (16)$$

4 Beispiel

Es sei eine Toleranz $T = \pm 3 \text{ mm} = 6 \text{ mm}$ durch $n = 3$ unabhängige Messungen zu überprüfen und für die Anwendung der E DIN 18710-1 [3] sei der Anteilsfaktor $p = 0,2$ gemäß (10) vorgegeben.

- Nach E DIN 18710-1 [3] ergibt sich

$$T_M = 0,6 \cdot T = 3,60 \text{ mm}$$

und

$$s_{\bar{x}} \leq \frac{3,60 \text{ mm}}{2 \cdot 1,960} = 0,92 \text{ mm}.$$

Die einzelne Bestimmung der gesuchten Messgröße hätte mit einer Messunsicherheit von

$$s = s_{\bar{x}} \cdot \sqrt{n} \leq 0,92 \text{ mm} \cdot \sqrt{3} = 1,59 \text{ mm}$$

zu erfolgen.

- Nach VGB-R 631 U [2] ergibt sich für die Einzelmessung

$$s \leq \frac{6 \text{ mm} \cdot \sqrt{3}}{6 \cdot 4,303} = 0,40 \text{ mm}.$$

Die bei dreimaligem Messen der Messgröße erhaltene Standardabweichung ergibt sich nach

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \frac{0,40 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0,23 \text{ mm}.$$

Die mit beiden Ansätzen ermittelten zulässigen Messunsicherheiten unterscheiden sich sehr deutlich. Worin diese starke Diskrepanz begründet liegt, soll die Überführung einer gemäß E DIN 18710-1 [3] ermittelten Messunsicherheit in die äquivalente gemäß VGB-R 631 U [2] zeigen. Zu berücksichtigen sind

- der Anteil der Vermessungstoleranz an der Herstelltoleranz,
- die quadratische oder lineare Addition von Toleranzen und
- die Größe des Vertrauensintervalls.

Die Überführung lässt sich ausdrücken durch

$$\begin{aligned} s_{\bar{x}(VGB)} &= s_{\bar{x}(DIN)} \cdot \frac{T_{M(VGB)}}{T_{M(DIN)}} \cdot \frac{k_{1-\alpha}}{t_{n;1-\alpha}} \leftrightarrow \frac{s_{\bar{x}(VGB)}}{s_{\bar{x}(DIN)}} \\ &= \frac{T_{M(VGB)}}{T_{M(DIN)}} \cdot \frac{k_{1-\alpha}}{t_{n;1-\alpha}}. \end{aligned} \quad (17)$$

Im Beispiel ist

$$s_{\bar{x}(VGB)} = 0,92 \text{ mm} \cdot \frac{0,3}{0,6} \cdot \frac{1,960}{4,303} = 0,23 \text{ mm bzw.}$$

$$\frac{s_{\bar{x}(VGB)}}{s_{\bar{x}(DIN)}} = 0,25 = \frac{0,3}{0,6} \cdot \frac{1,960}{4,303}$$

Dieses Verhältnis variiert seitens der VGB-Richtlinie mit der Anzahl der Messungen n ($t = f(n)$) und seitens der DIN-Norm mit der Wahl des Anteilsfaktors p ($T_M = f(p)$).

5 Bewertung der beiden Ansätze

5.1 Normalverteilung oder t-Verteilung?

Die VGB-Richtlinie geht davon aus, dass die bei der Vermessung einer Kranbahn zu bestimmenden Messgrößen durch mehrmaliges direktes Messen der Messgröße unter Wiederholbedingungen bestimmt werden. Häufig wird bei der Bestimmung einer Messgröße durch Ingenieurvermessungen die gesuchte Größe nicht durch mehrfaches direktes Messen bestimmt, sondern indirekt aus unterschiedlichen Messelementen mit wenigen Wiederholungen ($2 \leq n \leq 4$) abgeleitet. Für diese Fälle ist der in der VGB-Richtlinie zu Grunde gelegte Ansatz nach dem neuesten Stand der DIN 1319-3 [6] nicht zulässig. Es wird dort als Auswerteverfahren für den allgemeinen Fall zur Berechnung der Messunsicherheit das Varianzfortpflanzungsgesetz angegeben.

Weiterhin ist die Anwendung der t-Verteilung zur Beurteilung von Ingenieurvermessungen dahin gehend zu überprüfen, ob sie zur Beurteilung von Messungen mit sehr geringer Wiederholungszahl, was einer Stichprobe mit sehr geringem Umfang entspricht, geeignet ist. Hierzu ist zu bemerken, dass die ältere Fassung der DIN 1319-3 [5] bereits empfiehlt, unter bestimmten Voraussetzungen von der t-Verteilung abzuweichen und auf die Normalverteilung überzugehen. Dies ist dann sinnvoll, wenn nur wenige direkte Messungen unter Wiederholbedingungen zur Bestimmung der Messgröße durchgeführt werden (können), deren zufällige Messabweichungen jedoch aus früheren Messungen mit demselben Verfahren hinreichend gut bekannt sind. Diese Bedingungen sind bei geodätischen Messungen häufig erfüllt, da dem Vermessungsfachmann zur Abschätzung der Größenordnung von zufälligen Messabweichungen einerseits die bekannten inneren Genauigkeiten der verwendeten Messgeräte verfügbar sind, und da er andererseits in der Lage ist, sowohl diese inneren Gerätegenauigkeiten auf tatsächlich erreichbare Messunsicherheiten im Feldeinsatz zu übertragen, als auch die weiteren zu berücksichtigenden zufälligen Einflüsse zu erkennen und zu quantifizieren. In diesem Fall darf der Vertrauensbereich für das Messergebnis mit $t_{\infty;1-\alpha} = k_{1-\alpha}$ gebildet werden:

$$P(\mu \in [\bar{x} - k_{1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}}; \bar{x} + k_{1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}}]) = 1 - \alpha.$$

Dies entspricht (13) und somit dem Ansatz der E DIN 18710-1 [3], bei deren Formulierung die Gültigkeit des oben gesagten unterstellt wird, und der in diesem Zusammenhang konform mit der geodätischen (= Gauss'schen) Fehlerlehre geht.

Es sei noch darauf aufmerksam gemacht, dass in der existierenden VGB-Richtlinie die Definition des Begriffes Messunsicherheit $u = t_{n;1-\alpha} \cdot s_{\bar{x}}$ aus [5] stammt, während in der aktuellen Norm [6] $u = s_{\bar{x}}$ als Messunsicherheit bezeichnet wird.

5.2 Lineare oder quadratische Toleranzfortpflanzung

Die DIN-Norm schlägt die quadratische Toleranzfortpflanzung vor, während die VGB-Richtlinie die lineare Toleranzfortpflanzung vorschreibt. Letzteres würde sinnvoll erscheinen, wenn zum Einen begründet werden kann,

dass die Errichtung und Kontrolle von Kranen und Kranbahnen tatsächlich diese hohen Anforderungen rechtfertigt, und zum Anderen die daraus abgeleiteten geforderten Messunsicherheiten in der Praxis auch (nachweislich) erbracht werden können. Dies ist auch mit den Toleranzanforderungen abzugleichen, die an andere Gewerke gestellt werden, die bei der Errichtung und Instandhaltung von Kranbahnen beteiligt sind. Kann diese Begründung erbracht werden, so kann durchaus der lineare Ansatz zur Festlegung des Toleranzanteils gewählt werden. Dies ist beispielsweise nach Baumann [7] prinzipiell durchaus vorgesehen. Ebenso wenig spricht dagegen, abweichend von den Empfehlungen der E DIN 18710-1 [3] einen Anteilsfaktor p der Vermessungstoleranz an der Gesamt toleranz anzusetzen, der kleiner als 10% ist.

5.3 Die Standardabweichung des arithmetischen Mittelwerts

Die in der VGB-Richtlinie gewählte Ableitung der zulässigen Messunsicherheit führt dazu, dass bei zunehmender Anzahl der Bestimmungen der Messgröße die Standardabweichung des arithmetischen Mittelwerts anwächst, was sich am oben angeführten Beispiel verdeutlichen lässt. Dort wurde $T = \pm 3 \text{ mm}$ mit $n = 3$ Messungen überprüft und es ergaben sich:

$$s \leq \frac{T \cdot \sqrt{n}}{6t_{3;0,95}} = \frac{6 \text{ mm} \cdot \sqrt{3}}{6 \cdot 4,303} = 0,40 \text{ mm}$$

$$\text{und } s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \frac{0,40 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0,23 \text{ mm}.$$

Wird nun dieselbe Toleranz mit $n = 4$ Bestimmungen der Messgröße überprüft, so erhält man

$$s \leq \frac{T \cdot \sqrt{n}}{6t_{4;0,95}} = \frac{6 \text{ mm} \cdot \sqrt{4}}{6 \cdot 3,182} = 0,63 \text{ mm}$$

$$\text{und } s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \frac{0,63 \text{ mm}}{\sqrt{4}} = 0,31 \text{ mm}.$$

Es erscheint nur wenig plausibel, dass sich mit variierender Anzahl der Wiederholungsmessungen die Anforderung an die Messunsicherheit des Messergebnisses ändert.

Ziel der Überprüfung einer Toleranz sollte es sein, dass eine aus Messungen abgeleitete Größe ein bestimmtes Kriterium erfüllt. Auf welchem Wege und mit welcher Anzahl der unabhängigen Bestimmungen der Messgröße ($n > 2$ vorausgesetzt!) dies erfolgt, ist hierbei gleichgültig.

5.4 Schlussfolgerungen

1. Eine künftige Regelung der Vorgabe von Messunsicherheiten bei Kranbahnvermessungen könnte vorsehen, die Berechnung der Messunsicherheiten gemäß E DIN 18710-1 [3] vorzunehmen, den Anteil der Vermessungstoleranz an der Herstelltoleranz in Anlehnung an die existierende VGB-R 631 U [2] festzulegen und darüber hinaus den Ausführenden vorzuschreiben, die gesuchten Größen nachweislich durch $n > 2$ unabhängige Messungen zu bestimmen. Dieser Vorschlag würde der einfachen Formulierung des Toleranzanteils nach der VGB-R 631 U [2] und der unkomplizierten fehlertheoretischen Behandlung der Messunsicherheiten nach E DIN 18710-1 [3] nicht widersprechen. Zur Veranschaulichung sollen in der nachfolgenden Tabelle die Anforderungen an die Messunsicherheiten bei Überprüfung der geometrischen Parameter der Kranbahn zweier Krane der Toleranzklasse 1 nach [4] mit den Spurmit tenmaßen 6m und 50m, wie sie sich aus der existierenden VGB-Richtlinie ergeben, denjenigen gegenüber gestellt werden, die sich aus dem oben vorgeschlagenen System ergeben könnten. Für die folgenden geometrischen Parameter einer Kranbahn werden Toleranzen und abgeleitete Messunsicherheiten in Tabelle 1 aufgeführt:

- Spurmit tenmaß: T_A ,
- Seitliche Geradheit der Kranschiene: T_B ,
- Seitliche Geradheit der Kranschiene bezogen auf 2000 mm Messlänge: T_b ,
- Geradheit der Kranschiene bezogen auf die Höhenlage der Kranschiene: T_C ,

Tab. 1: Messunsicherheiten nach VGB-R 631 U und Messunsicherheiten nach Vorschlag

Toleranz T nach VDI 3576 – Entwurf Toleranzklasse 1 [mm]		Zulässige Messunsicherheit in [mm]							
		VGB-R 631 U ($n = 3$)				Vorschlag ($T_M = T/3$, $n = 3$)			
Spurweite		Spurweite				Spurweite			
sp = 6 m	sp = 50 m	sp = 6 m		sp = 50 m		sp = 6 m		sp = 50 m	
		s	$S_{\bar{x}}$	s	$S_{\bar{x}}$	s	$S_{\bar{x}}$	s	$S_{\bar{x}}$
$T_A = \pm 3$	$T_A = \pm 11,5$	0,40	0,23	1,54	0,89	0,88	0,51	3,39	1,96
$T_B = \pm 5$	$T_B = \pm 5$	0,67	0,39	0,67	0,39	1,47	0,85	1,47	0,85
$T_b = \pm 1$	$T_b = \pm 1$	0,13	0,08	0,13	0,08	0,29	0,17	0,29	0,17
$T_C = \pm 5$	$T_C = \pm 5$	0,67	0,39	0,67	0,39	1,47	0,85	1,47	0,85
$T_c = \pm 1$	$T_c = \pm 1$	0,13	0,08	0,13	0,08	0,29	0,17	0,29	0,17
$T_E = \pm 3$	$T_E = \pm 5$	0,40	0,23	0,67	0,39	0,88	0,51	1,47	0,85
$T_F = \pm 4,8$	$T_F = \pm 8$	0,64	0,37	1,07	0,62	1,41	0,82	2,36	1,36



- Geradheit der Höhenlage der Kranschiene bezogen auf 2000mm Messlänge: T_c ,
- Höhenlage bezogen auf rechtwinklig gegenüber liegende Messpunkte: T_E ,
- Parallelität von Endanschlügen oder Puffern rechtwinklig zur Längsachse: T_F ,

Die Länge des Vertrauensintervalls ist in beiden Fällen mit $P = 1 - \alpha = 95\%$ festgelegt worden.

2. Des Weiteren wäre zu prüfen, ob nicht in künftigen Richtlinien zur vermessungstechnischen Betreuung von Kranbahnen detailliert zwischen Kranen und Kranbahnen verschiedener Klassen unterschieden werden sollte. Dies könnte in Anlehnung an die Klassenbildung in [4] erfolgen. Zusätzlich könnten bei den einzelnen im Zuge einer Überwachungsvermessung zu überprüfenden Toleranzen unterschiedliche Vorgaben bezüglich der zu erbringenden Messunsicherheiten vorgegeben werden. Diese Unterscheidung müsste sich an den potentiellen negativen Auswirkungen einer Toleranzüberschreitung beim jeweiligen geometrischen Parameter und am Messverfahren orientieren, dass bei der Überprüfung des Parameters zum Einsatz kommt.

Autor: Dipl.-Ing. HANS SCHULZ
 Bergische Universität Wuppertal
 Fachbereich 11 – Bauingenieurwesen
 Lehr- und Forschungsgebiet
 Vermessungskunde/Ingenieurvermessung
 Pauluskirchstraße 7
 42285 Wuppertal
 Tel.: 02 02-4 39-40 72
 Fax: 02 02-4 39-42 27
 e-mail: hhschulz@uni-wuppertal.de

Es wird untersucht, welche Anforderungen an die Messunsicherheit von Ingenieurvermessungen an Kranbahnen in den in Deutschland geltenden Richtlinien existieren. Diese Messunsicherheiten werden eingehend untersucht, und es werden Vorschläge für die künftige Formulierung von Genauigkeitsforderungen in diesem Zusammenhang gemacht.

6 Literatur

- [1] KLEIN, K.-H.; SCHULZ, H.: „Zur Förderung der qualitätswirksamen Potentiale der Ingenieurvermessung bei der Qualitätssicherung von Kranbahnen“, AVN Jg.108 Nr.3, Wiesbaden 2001
- [2] VGB-R 631 U: „VGB-Richtlinie zur Prüfung von Krananlagen – Messtechnische Baubetreuung, Abnahme und Überwachung“, VGB Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V. Essen, Nachdruck 1991
- [3] E DIN 18710-1: „Ingenieurvermessung; Teil 1: Allgemeine Anforderungen“, 10/1998, DIN-Taschenbuch 111 – Vermessungswesen, 6. Auflage, Beuth Verlag, Berlin 1998
- [4] VDI 3576 – Entwurf: „Schienen für Krananlagen – Schienenverbindungen, Schienenbefestigungen, Toleranzen“, 10/1995, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 1995, Bezug über Beuth Verlag, Berlin
- [5] DIN 1319 – Teil 3: „Grundbegriffe der Messtechnik: Grundbegriffe der Messtechnik, Begriffe für die Messunsicherheit und für die Beurteilung von Messgeräten und Messeinrichtungen“, 8/1983, DIN-Taschenbuch 111 – Vermessungswesen, 4. Auflage, Beuth Verlag, Berlin 1987
- [6] DIN 1319-3: „Grundlagen der Messtechnik, Teil 3: Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit“, 5/1996, DIN-Taschenbuch 111 – Vermessungswesen, 6. Auflage, Beuth Verlag, Berlin 1998
- [7] BAUMANN, E.: „Vermessungskunde – Band 1: Einfache Lagemessung und Nivellement“, 4. Auflage, Dümmler Verlag, Bonn 1994

An investigation on the measuring uncertainties that are required for surveying tasks on crane rails is performed. This investigation is based on existing standards and guidelines dealing with engineering surveying in Germany. The author will give a closer look at the derivations of the acceptable measuring uncertainties that are specified in these guidelines. Conclusions will be drawn with respect to the definition of measuring uncertainties in further standardisation work.