

HANSER

Stephan Sommer

# Taschenbuch automatisierte Montage- und Prüfsysteme

Qualitätstechniken zur fehlerfreien Produktion

Herausgegeben von Franz J. Brunner

ISBN-10: 3-446-41466-5

ISBN-13: 978-3-446-41466-2

Leseprobe

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-41466-2>

sowie im Buchhandel.

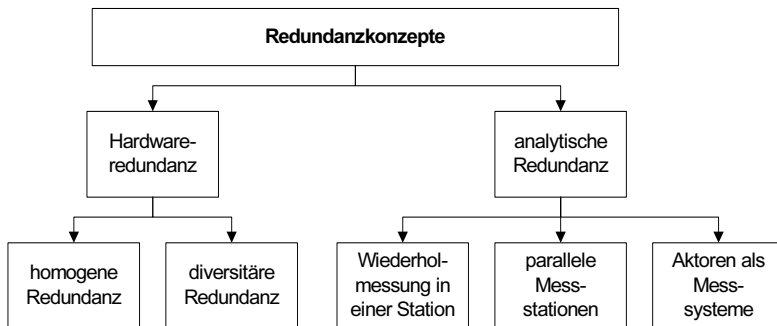
- Überwachung der Werkstücke in Bezug auf **vorgegebene Merkmale** (z.B. Geometrie, Werkstoff, Härte) und
- Überwachung der **Funktionsfähigkeit** des Endproduktes.

Notwendige Überwachungen im Prozess sind:

- Überwachung der **Ausgangs- und Endlagen** von Bewegungen,
- Überwachung von **Prozesskenngößen** (z.B. Einpresskräfte)
- Überwachung der **Funktionsfähigkeit aller Betriebsmittel** des Prozesses (nächster Schritt darf nicht ausgeführt werden, wenn kein Signal des vorherigen Schrittes erfasst wurde).

## 4.2 Redundanzkonzepte

Redundante Systeme werden in vielen Bereichen der Industrie eingesetzt. Sie dienen der Steigerung der Ausbringungsmenge, zur Schaffung eines Systems welches sicher bei Ausfall ist, zur Steigerung der Verfügbarkeit und zur Erhöhung der Fehlersicherheit [Biolini 2004]. Dabei sind für fehleranfällige oder unsichere Prüfkomponenten Prüfsysteme mehrfach, in der Regel zweifach<sup>1</sup>, vorhanden [Langmann 2003, S. 524].



**Abb. 4-3:** Gliederung der Redundanzkonzepte

### Definition Redundanz

„Vorhandensein von mehr funktionsfähigen Mitteln in einer Einheit, als für die Erfüllung der geforderten Funktion notwendig sind“ [DIN 40041 1990, S. 9].

<sup>1</sup> Im Gegensatz zu sicherheitsrelevanten Systemen, z.B. im Flugzeugbau oder in der Kernkrafttechnik, bei denen eine dreifache Redundanz üblich ist, genügt in der Automatisierungstechnik die Absicherung durch ein zweites System.

Die Steigerung der Fehlersicherheit durch Redundanz bezieht sich auf die Vermeidung oder Erkennung von Fehlern von Überwachungseinrichtungen. Dabei kann die Redundanz in Hardwareredundanz und analytische Redundanz unterschieden werden.

### 4.2.1 Hardwareredundanz

Hardwareredundanz lässt sich in homogene Redundanz, „...bei der alle Mittel gleichartig sind...“ und diversitäre Redundanz, „...bei der die Mittel ungleichartig sind...“ unterscheiden [DIN 40041 1990, S. 10].

Dies bedeutet, dass bei der homogenen Redundanz die gleiche Funktion und das gleiche Wirkungsprinzip, bei der diversitären Redundanz die gleiche Funktion aber ein anderes Wirkungsprinzip vorliegen. Die homogene Redundanz birgt die Gefahr, dass sich durch die gleiche Bauform und das gleiche Wirkprinzip bestimmte Einflüsse auf alle redundanten Systeme gleichermaßen auswirken. Diese Art von Fehler wird als „common mode failure“ bezeichnet. Werden Systeme mit diversitärer Redundanz eingesetzt, ist wegen der verschiedenen Wirkungsweisen darauf zu achten, dass die Ergebnisse der einzelnen Systeme miteinander vergleichbar sind.

In Tabelle 4-1 wird die **homogene Hardwareredundanz** beispielhaft in einer Montagestation und in Tabelle 4-3 in einer Messstation dargestellt. Beide Anwendungen basieren auf der Berechnung und Bewertung der Differenz der Messergebnisse. Die maximal zulässige Differenz ist die Grundlage zur Festlegung der Eingriffsgrenzen für die Differenz-Regelkarte und ist abhängig von der Unsicherheit des Messsystems (Abbildung 4-4).

In der Montagestation läuft ein irreversibler Prozess (z.B. Stift einpressen) ab. Hier muss die Messunsicherheit für die Kraft- und Wegmessung (z.B. nach GUM Verfahren B) theoretisch abgeschätzt und danach die Eingriffsgrenzen für die Differenz der Kraft-Weg Aufzeichnung (+/- erweiterte Messunsicherheit U) festgelegt werden. In der Praxis empfiehlt sich eine empirische Vorgehensweise, bei der in einem Vorlauf das typische Verhalten des Montageprozesses anhand von ca. 100 Montagevorgängen (ähnlich Maschinenfähigkeit vgl. Kapitel 2) bestimmt wird. Mit diesem Ergebnis wird die maximal zulässige Kraft-Differenz festgelegt.

In der Messstation erfolgt die Bestimmung der Messunsicherheit auf Basis von Versuchen. Mithilfe der Messunsicherheitskomponenten wird die maximal zulässige Differenz der beiden Messstationen bestimmt (vgl. Anhang D). Die Vorgehensweise bei der Berechnung wird im Folgenden dargestellt.

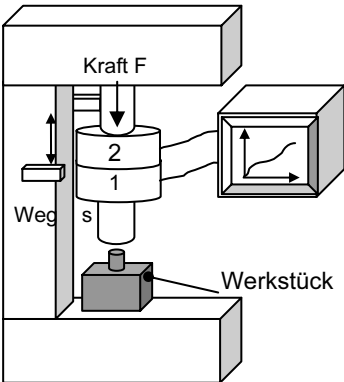
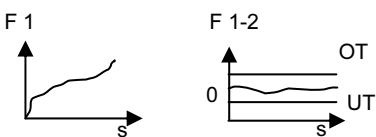
Bei **diversitärer Redundanz** in der Montage- oder Messstation unterscheiden sich die Messwertaufnehmer und/oder die Messprinzipien.

Im Beispiel der Montagestation Spindelpresse wäre es denkbar, dass ein Kraftaufnehmer nach dem piezoelektrischen Wirkprinzip arbeitet, und der andere mit Dehnungsmessstreifen (DMS) bestückt ist.

Im Beispiel der Messstation könnte sich das Wirkprinzip der zweiten Messung von dem der ersten unterscheiden. Zum Beispiel könnte das Messobjekt anders geführt, oder der Taster nicht unten, sondern oben angeordnet sein.

Während in der Sicherheitstechnik diversitäre Redundanz zur Erkennung von common mode Fehlern angestrebt wird, ist sie in der Montagetechnik weniger zu empfehlen. Ein wesentlicher Grund liegt darin, dass durch die unterschiedlichen Mess- und Wirkprinzipien sich unterschiedliche Messunsicherheiten ergeben. Dies hat zur Folge, dass die maximal zulässige Differenz größer wird, was eine unnötige Verschlechterung der Fehlererkennung zur Folge hat.

Ein Nachteil dabei ist, dass dadurch „common mode failure“ (z.B. falsches Referenzteil für beide Stationen verwendet) nicht erkannt werden. Im weiteren Verlauf wird dargelegt, dass Maßnahmen zur Fehlererkennung zu Algorithmen gebündelt werden müssen, um die optimale Eigensicherheit zu gewährleisten. Dabei wird verdeutlicht, dass zur Erkennung der „common mode failure“ andere Maßnahmen (z.B. Kalibrierwertregelkarte siehe 4.4.1) besser geeignet sind.

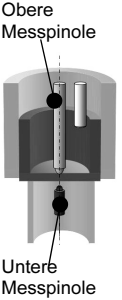
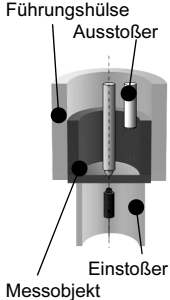
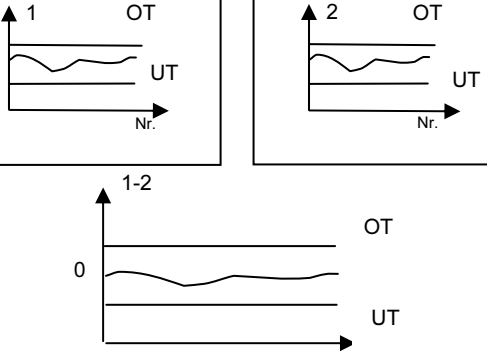
<p><b>Aufbau und Prinzip:</b> In einer Montagestation sind zwei Messwertaufnehmer (1 und 2) eingebaut, die dasselbe Merkmal mit demselben Messprinzip erfassen.</p>	 <p>Das Diagramm zeigt eine Montagestation mit zwei Messwertaufnehmern (1 und 2) und einem Werkstück. Kraft <math>F</math> wirkt auf die Messwertaufnehmer, Weg <math>s</math> wird gemessen. Ein eingebettetes Diagramm zeigt die Messkurve.</p>
<p><b>Auswertung:</b> Der erste Messwertaufnehmer (1) dient der Merkmalsbewertung (im Beispiel Kraft). Das Messergebnis des zweiten Messaufnehmers dient der Differenzbildung (z.B. <math>1-2</math>) und wird zur Überwachung des Messsignals verwendet. Das Ergebnis muss innerhalb vorgegebener Grenzen (UT, OT) liegen.</p>	 <p>Zwei Diagramme zur Auswertung der Messergebnisse. Das linke Diagramm zeigt die Messkurve <math>F 1</math> über Weg <math>s</math>. Das rechte Diagramm zeigt die Differenzkurve <math>F 1-2</math> über Weg <math>s</math> mit den Grenzwerten <math>UT</math> und <math>OT</math>.</p>
<p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe Zuverlässigkeit des Messsignals</li> <li>- Abweichungen werden sofort erkannt</li> <li>- Optimierung der Kalibrierzyklen ist möglich</li> <li>- Flexible, bedarfsgerechte Instandhaltung</li> </ul>	<p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusätzlicher Messwertaufnehmer</li> <li>- Zusätzlicher Messwerteingang im Messrechner</li> <li>- Zusätzlicher Platzbedarf</li> <li>- Gleiches Verschleißverhalten</li> <li>- Common mode failure werden nur bedingt erkannt.</li> </ul>

**Tab. 4-1:** Homogene Hardwareredundanz in einer Montagestation

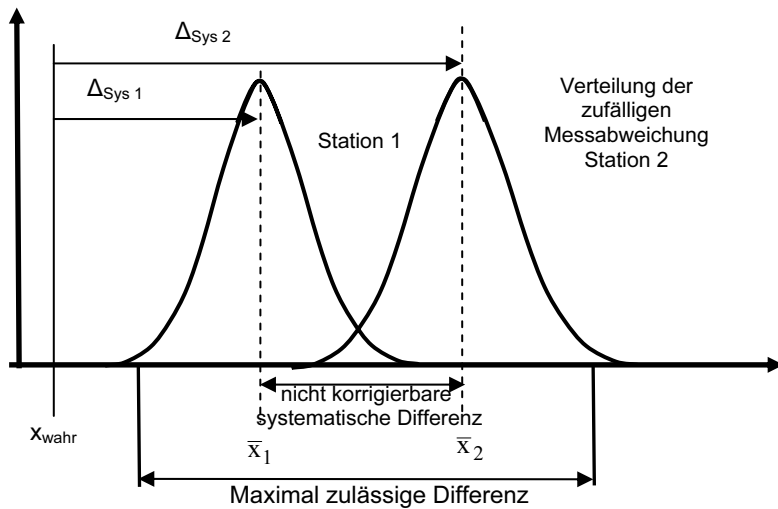
**Tab. 4-2:** Diversitäre Hardwareredundanz in einer Montagestation (hier Spindelpresse)

<p><b>Aufbau und Prinzip:</b>                  In einer Montagestation sind zwei Messwertaufnehmer mit unterschiedlichem Wirkprinzip und /oder unterschiedlichem Einbauort integriert. Im Beispiel der Spindelpresse ist ein Absolutwegmesssystem im Antriebsmotor und ein inkrementales Wegmesssystem an der Spindel eingebaut; weiterhin ein Kraftaufnehmer (1) mit Dehnungsmessstreifen (DMS) sowie ein piezoelektrischer Kraftaufnehmer (2) direkt am (Einpress-) Werkzeug [Ploetz 2004, S. 57].</p>	
<p><b>Auswertung:</b>                  Die Differenz der Messaufnehmerpaare wird gebildet und mit einer zulässigen Differenz verglichen.</p>	
<p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verschleiß in der Spindel- und Motormechanik wird erkannt.</li> <li>- Vorteile der DMS-Kraftmess-technik (geringe Messunsicherheit) werden mit den Vorteilen der piezoelektrischen Kraftmess-technik (hoher Überlastschutz) kombiniert.</li> <li>- Common mode failure (z.B. Überlast) werden erkannt.</li> </ul>	
<p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusätzlicher Messwertaufnehmer</li> <li>- Zusätzlicher Messwerteingang im Messrechner</li> <li>- Zusätzlicher Platzbedarf</li> </ul>	

Tab. 4-3: Homogene Hardwareredundanz in einer Längenmessstation

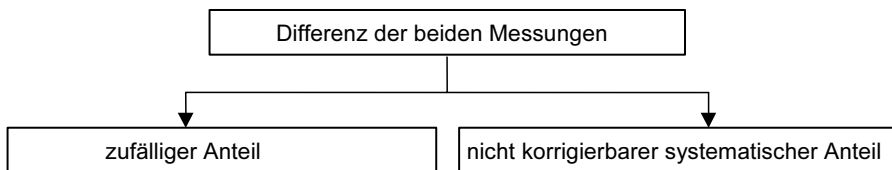
<p><b>Aufbau und Prinzip:</b> Das Merkmal wird zuerst in der ersten und dann in der zweiten Messstation gemessen. Das Wirkprinzip ist in beiden Messstationen gleich.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><u>Messstation 1</u></p>  <p>Obere Messspinole</p> <p>Untere Messspinole</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><u>Messstation 2</u></p>  <p>Führungshülse</p> <p>Ausstoßer</p> <p>Messobjekt</p> <p>Einstoßer</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>
<p><b>Auswertung:</b> Differenzbildung der beiden Messergebnisse (z.B. 1-2) und Bewertung als Maß für die Stabilität des Messergebnisses. Die Differenz muss innerhalb vorgegebener Grenzen liegen. Zur Bewertung des Merkmals kann das Messergebnis der Messstationen mit der kleineren Messunsicherheit verwendet werden. Sind die Messunsicherheiten gleich, was bei diesem Aufbau anzunehmen ist, so empfiehlt sich die Mittelwertbildung aus den beiden Messergebnissen. Dadurch kann die Unsicherheit des Messergebnisses zusätzlich reduziert werden (Wurzel <math>n^*</math> – Gesetz [Sandau 1999, S. 20]).</p>	
<p><b>Vorteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe Sicherheit des Messergebnisses</li> <li>- Abweichungen werden sofort erkannt</li> <li>- Optimierung der Kalibrierzyklen ist möglich</li> <li>- Flexible, bedarfsgerechte Instandhaltung</li> </ul>	<p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusätzliche Messstation</li> <li>- Zusätzlicher Messwerteingang im Messrechner</li> <li>- Zusätzlicher Platzbedarf in der Montageanlage</li> </ul>
<p><b>Zusätzliche Anforderungen:</b> Dieser Aufbau ist sehr empfindlich gegenüber Störgrößen (z.B. Verschmutzung). Deshalb muss der Ablauf zusätzlich abgesichert werden. Die Anzahl der aufeinander folgenden Schlechtbewertungen sollte überwacht werden. Es hat sich bewährt, nicht mehr als drei Ausschuss- oder Nacharbeitsbewertungen hinter einander zuzulassen (vgl. Kapitel 4.4.9 „Mehrmalige Schlechtbewertung in Folge“).</p>	

**Berechnung der maximal zulässigen Differenz:**



**Abb. 4-4:** Darstellung der Differenz der Messstationen

Die Differenz setzt sich aus dem zufälligen und dem nicht korrigierbaren systematischen Anteil der Messunsicherheit zusammen (Abbildung 4-5).



**Abb. 4-5:** Einflüsse auf die Differenz der beiden Messungen

Die maximal zulässige Differenz zwischen den Messergebnissen zweier redundanter Messsysteme (Hardwareredundanz) ermittelt sich zu:

		$ \Delta_{Max}  = k \cdot u_{Zuf} +  \Delta_{Sys1} - \Delta_{Sys2}  \quad (4.1)$		
$\Delta_{Max}$	Maximal zulässige Differenz zwischen zwei unabhängigen Messstationen	k	$\alpha$	$1-\alpha$
$u_{Zuf}$	Zufälliger Anteil der Messunsicherheit (Anhang C)	2	5%	95%
$\Delta_{Sys}$	Systematischer Anteil der Messunsicherheit	3	0,27%	99,73%
k	Normalverteilungsquantil bei der Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha$	3,29	0,1%	99,9%
		5	0,00001%	99,9999%

Bei der praktischen Anwendung dieses Modells hat sich gezeigt, dass die sonst übliche quadratische Addition der systematischen Unsicherheitsanteile [DIN V ENV 13005 1999] zu einer maximal zulässigen Differenz führt, die zur Überwachung des Differenzverlaufs zu klein ist. Deshalb werden die systematischen Anteile wie nicht korrigierbare Abweichungen behandelt und linear addiert [VDA 5 2003, S. 26]. Zur Berechnung des zufälligen Anteils siehe auch Anhang C.

Bedingung:

Beide Messsysteme müssen die Anforderungen der Prüfprozesseignung erfüllen. Der Nachweis für die Prüfprozesseignung kann mit verschiedene Methoden durchgeführt werden (siehe Gliederungspunkt 2.1.1).

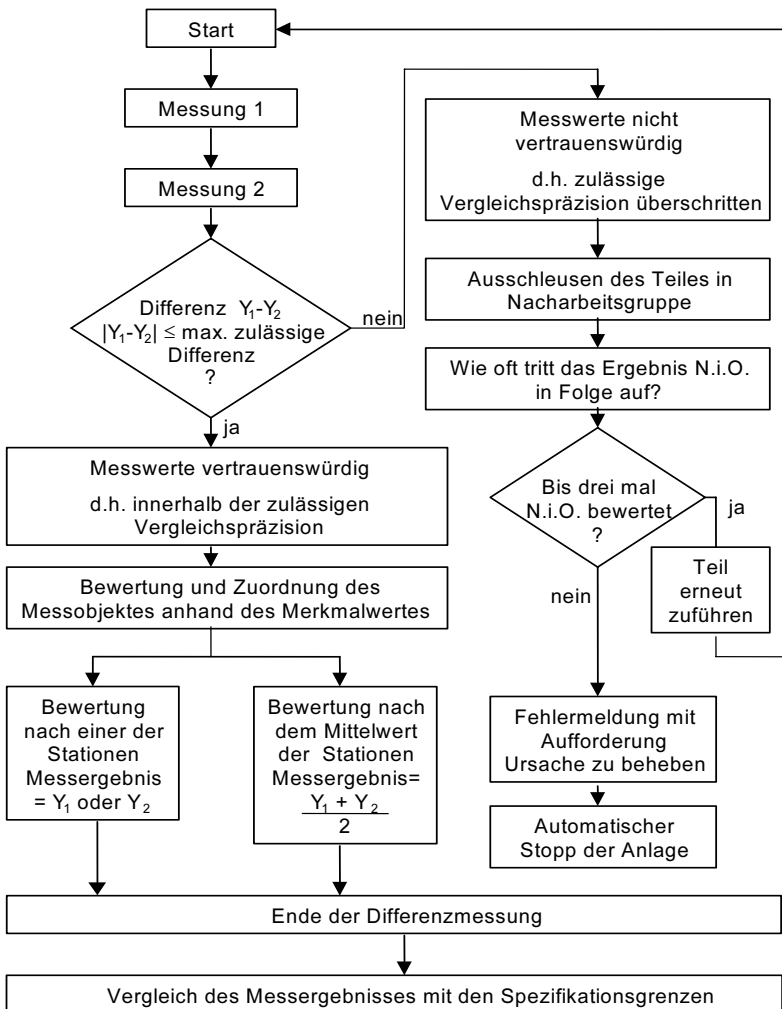


Abb. 4-6: Ablauf der Differenzbewertung