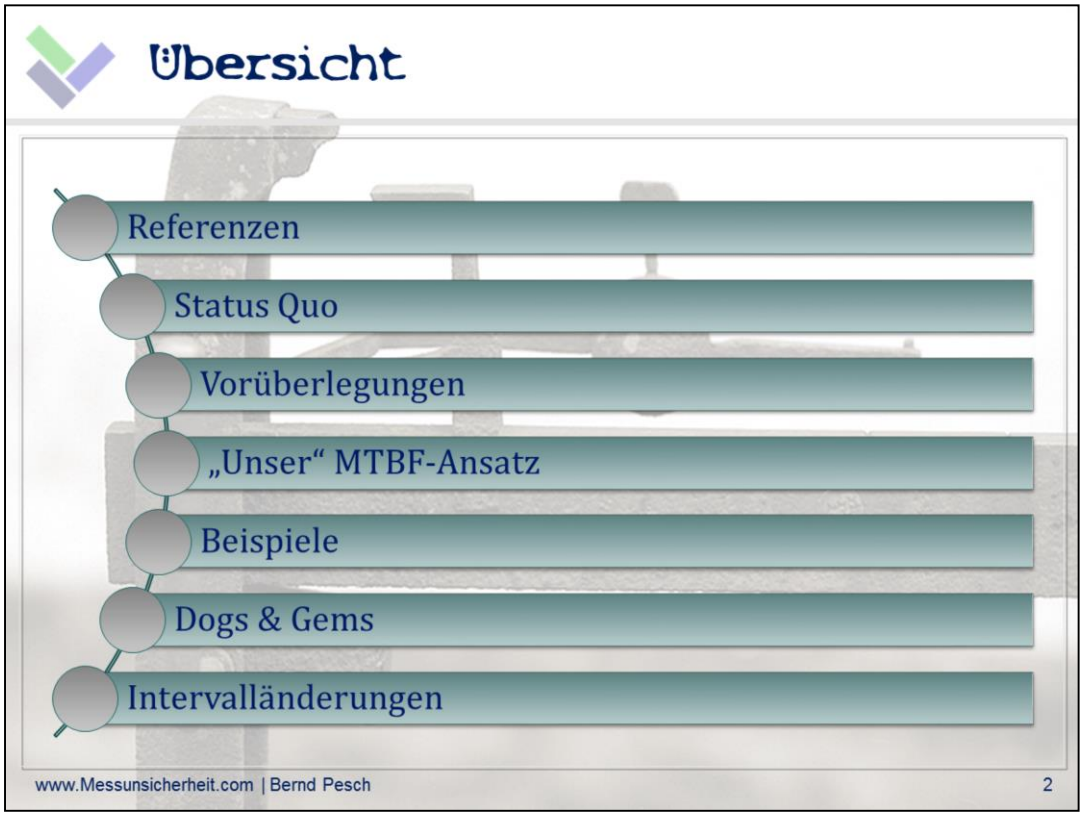
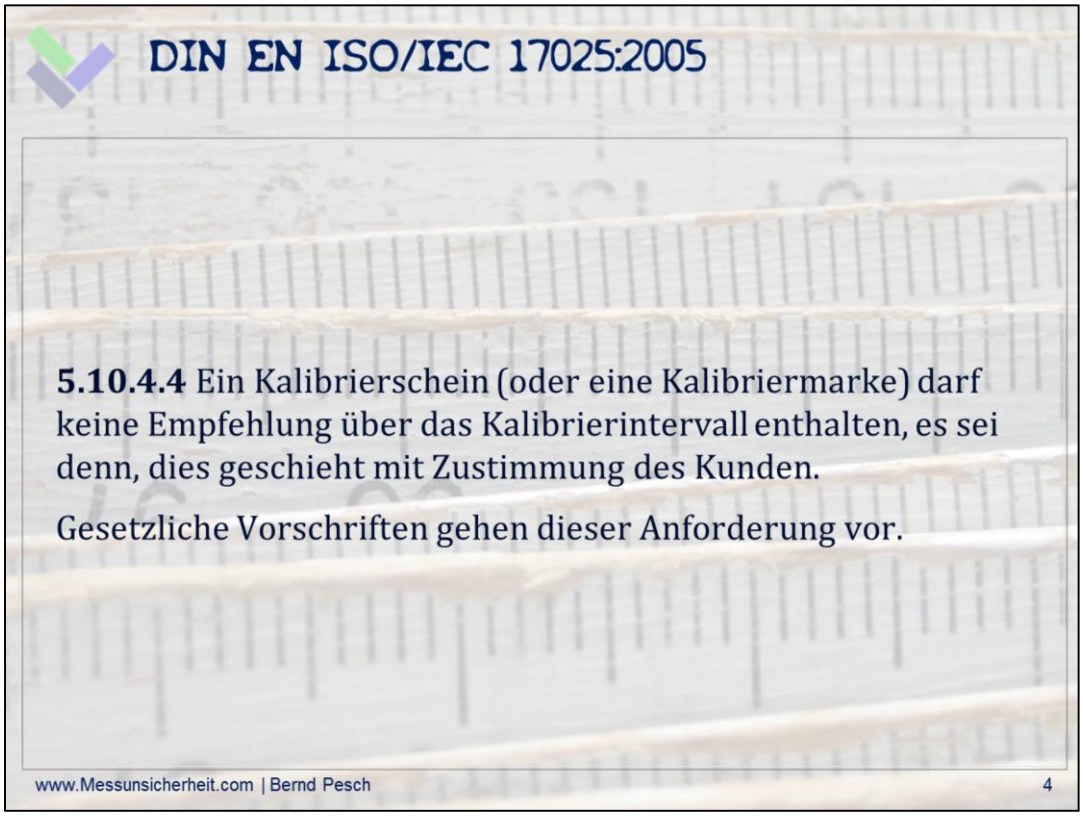
Dieses Handout fasst die relevanten Inhalte des Symposiumsbeitrags kommentiert zusammen.


Übersicht
Referenzen
Status Quo
Vorüberlegungen
„Unser“ MTBF-Ansatz
Beispiele
Dogs & Gems
Intervalländerungen
www.Messunsicherheit.com | Bernd Pesch
2

Interessant ist, dass es vier parallele Arbeitsgruppen/Publikation alleine in den USA gibt, die belastbaren Ergebnisse liefern.

In Europa gibt es hingegen nur weiche Empfehlungen und Hinweise zu Kalibrierintervallen, aber andererseits klare Normenforderungen.



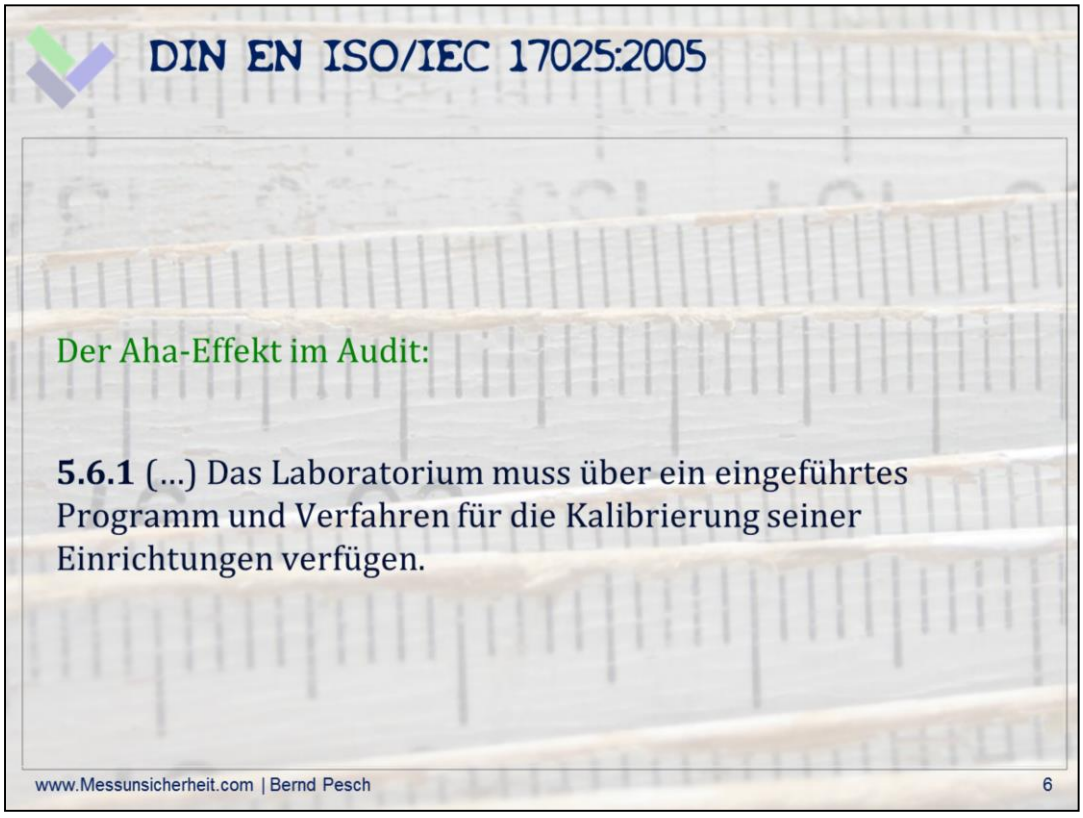
Das anwendende Labor ist für die Messmittelüberwachung selbst verantwortlich und legt demnach auch Kalibrierintervalle fest.

Oder nach DIN EN ISO 10012:2003

7.1.2 Intervalle der metrologischen Bestätigung

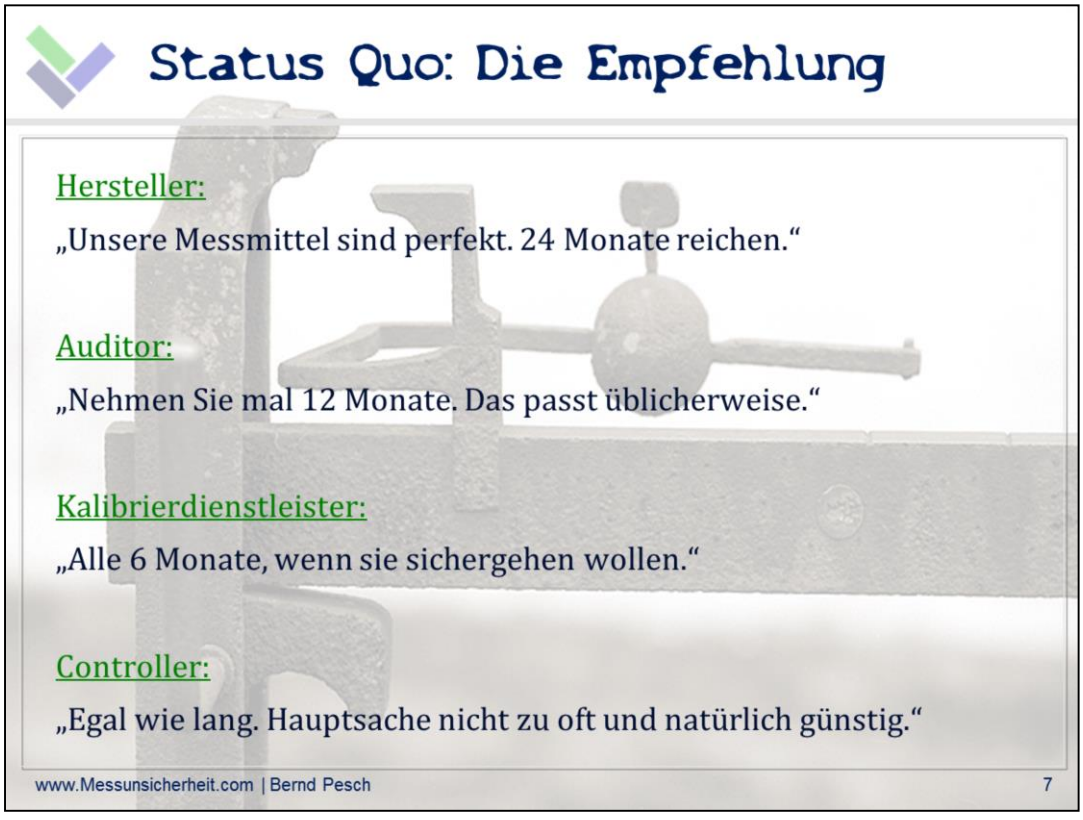
Die für die Festlegung oder Änderung der Intervalle zwischen den metrologischen Bestätigungen verwendeten Methoden müssen in dokumentierten Verfahren beschrieben werden. Diese Intervalle müssen überprüft und gegebenenfalls angepasst werden, um die fortgesetzte Übereinstimmung mit den festgelegten metrologischen Anforderungen sicherzustellen. (…)

Jedes Mal, wenn ein fehlerhaftes Messmittel repariert, justiert oder verändert wird, muss das Intervall für die metrologische Bestätigung bewertet werden.



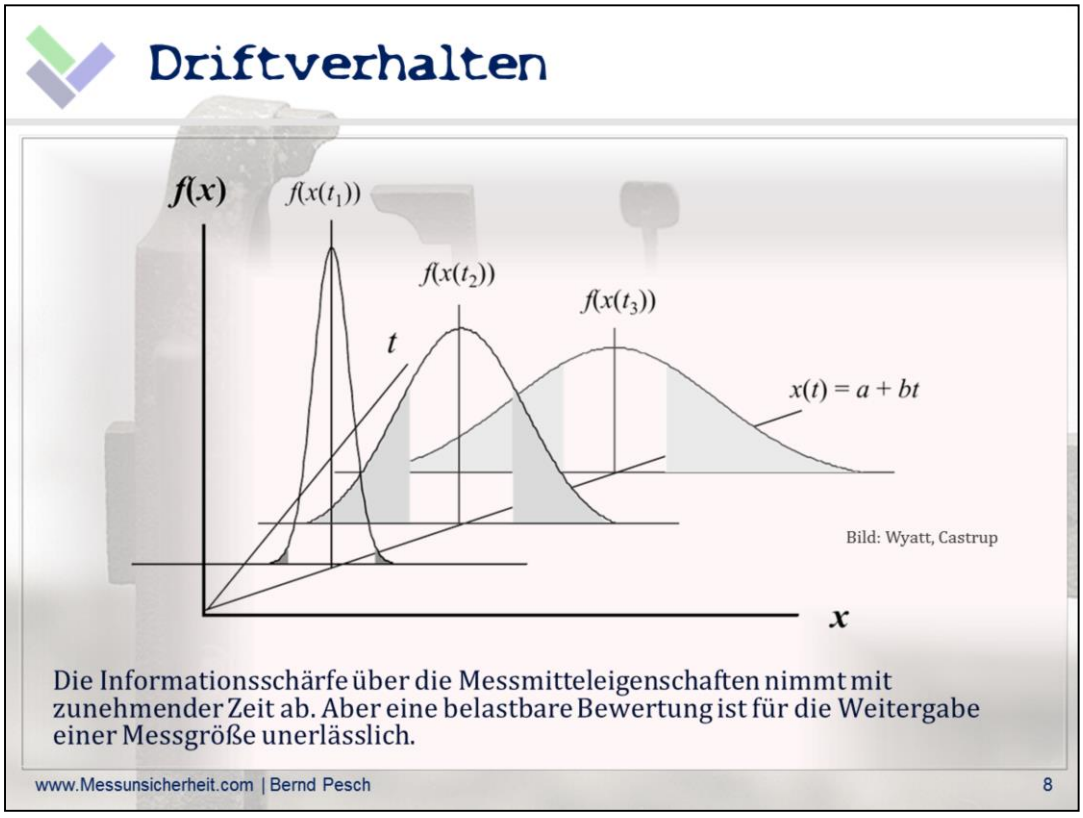
Das Messmittelmanagement eigener Einrichtungen sollte im QMH hinterlegt sein.

Sinnvollerweise gibt es einen eigenen QM-Prozess hierzu.



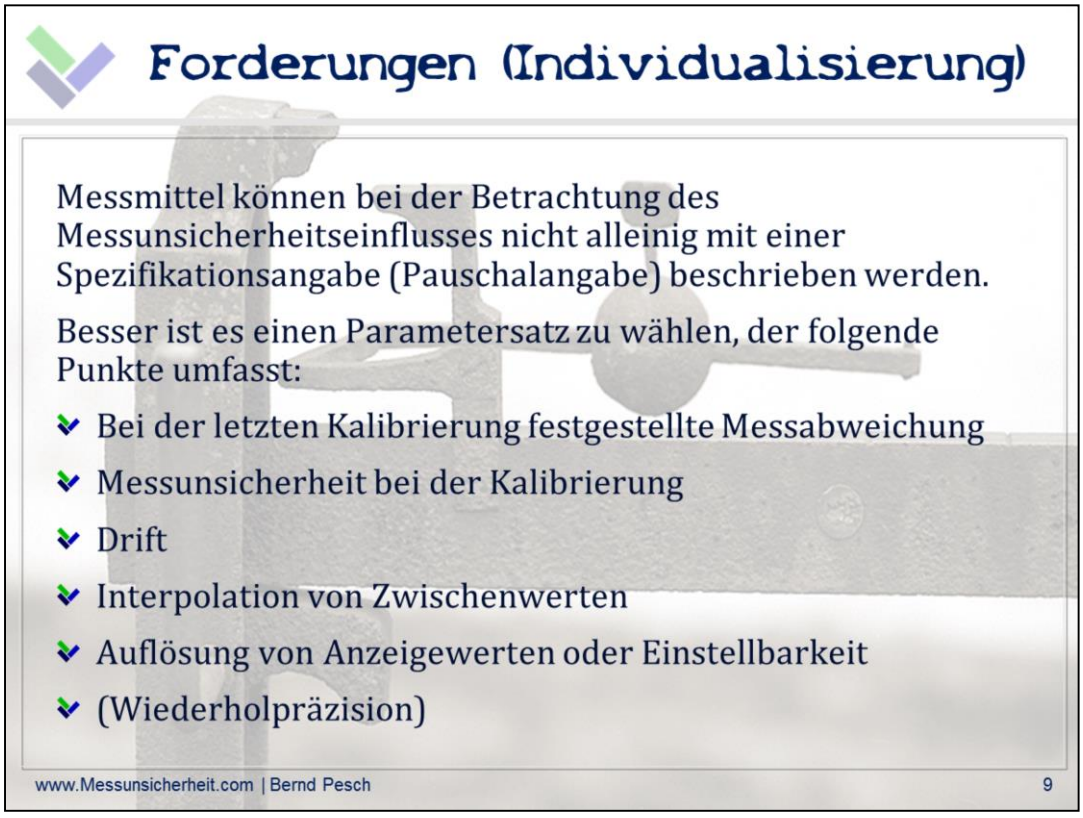
Verlässliche Daten und Empfehlungen für die Festlegung von Kalibrierintervalle gibt es wenige.

Externe Meinungen sind oft von wirtschaftlichen Meinungen getragen und daher aus metrologischer Sicht nur bedingt brauchbar.



Die Informationsschärfe zu den Eigenschaften eines Messmittels nimmt mit der Zeit ab.

Neben der Drift kommt zu tragen, dass die Unsicherheit der Kenntnis (nicht zwingen die Messunsicherheit) auf Grund des zeitlichen Abstandes zur Informationsfeststellung immer größer wird. Die Verlässlichkeit einer Aussage zur metrologischen Bestätigung schwindet. Irgendwann ist die Aussagekraft eines Kalibrierergebnisses derart vage, dass eine erneute Bestätigung notwendig ist. Der Zeitpunktes dieser Bestätigung (Kalibrierung) muss so früh gewählt werden, dass die Weitergabe der Messgröße hinreichend gesichert ist.



Das Beschreiben der Eigenschaften von Normalen mittels Spezifikationsgrenzen und eine Driftaussage ist lediglich ein erster Ansatz.

Diese Daten sind pauschale Zuordnungen (zumeist der Hersteller) für in der Regel alle Messmittel mit gleichen Teilekennzeichen.

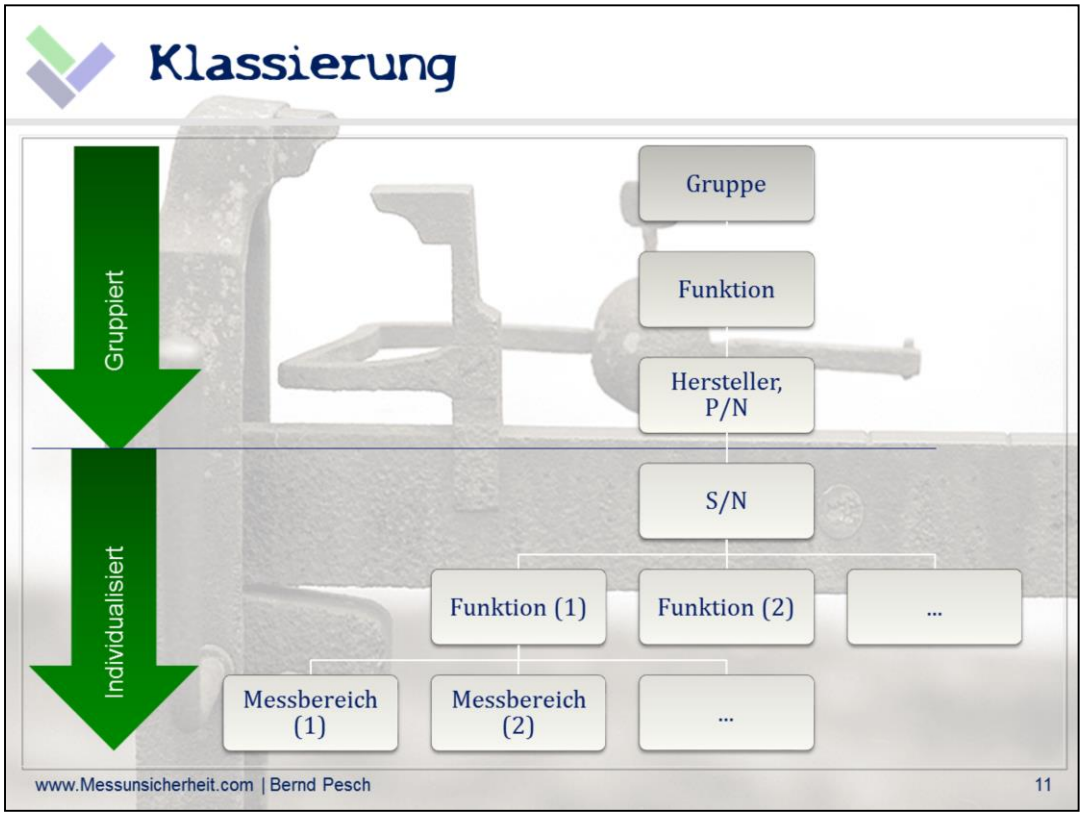
Mittelfristig ist das Einbringen von detaillierteren Kenntnissen notwendig, um MU-Bestimmungen auf fundierten Kenntnisse abzustützen. Das Messmittel wird individualisiert.

Zu beachten ist, dass Messmittelkennlinien in der Regel nur an sehr wenigen Messpunkten zurückgeführt werden. Zwischen diesen Stützpunkten werden Eigenschaften interpoliert. Die Linearität der Kennlinie wird oft vorausgesetzt, ohne konkretes Wissen hierzu zu haben. Die Interpolation der Kennlinie (Linearität) sollte auf jeden Fall bewertet werden.

Die Wiederholpräzision steht hier in Klammern, weil nur selten einem einzelnen Messmittel zugeordnet werden kann und sich üblicherweise auf die gesamte Messung bezieht.

Intervallfestlegung nach NCSL-I, RP-1

1. • Homogene Vergleichsgruppen bilden oder Einzelgerätbetrachtung
2. • Daten sammeln (Kalibrierergebnisse)
3. • Zuverlässigkeitsmodell anpassen, $R(t)$-Modell
4. • Dog & Gem Identifikation
5. • Anpassung der Intervalle

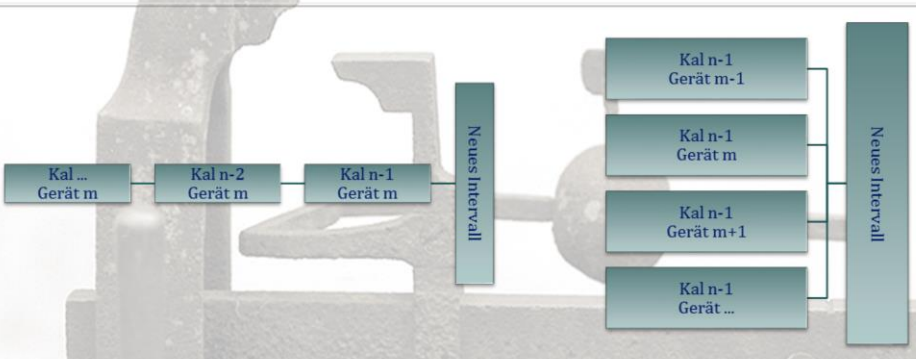


Auf jeder dieser Ebenen kann eine individuelle Zusammenfassung mit Festlegung von Kalibrierintervallen erfolgen. Je individueller, desto metrologisch sinnvoller (aber auch teurer).

Gerade bei Multifunktionsmessmitteln (Kalibratoren, Multimeter, usw.) bietet es gelegentlich an, den Grundumfang an Messgrößen pauschal – beispielsweise in 12 oder 24 monatigen Intervallen zu kalibrieren. Oft genutzte und kritische Funktionen bewertet man aber in kürzeren Intervallen.

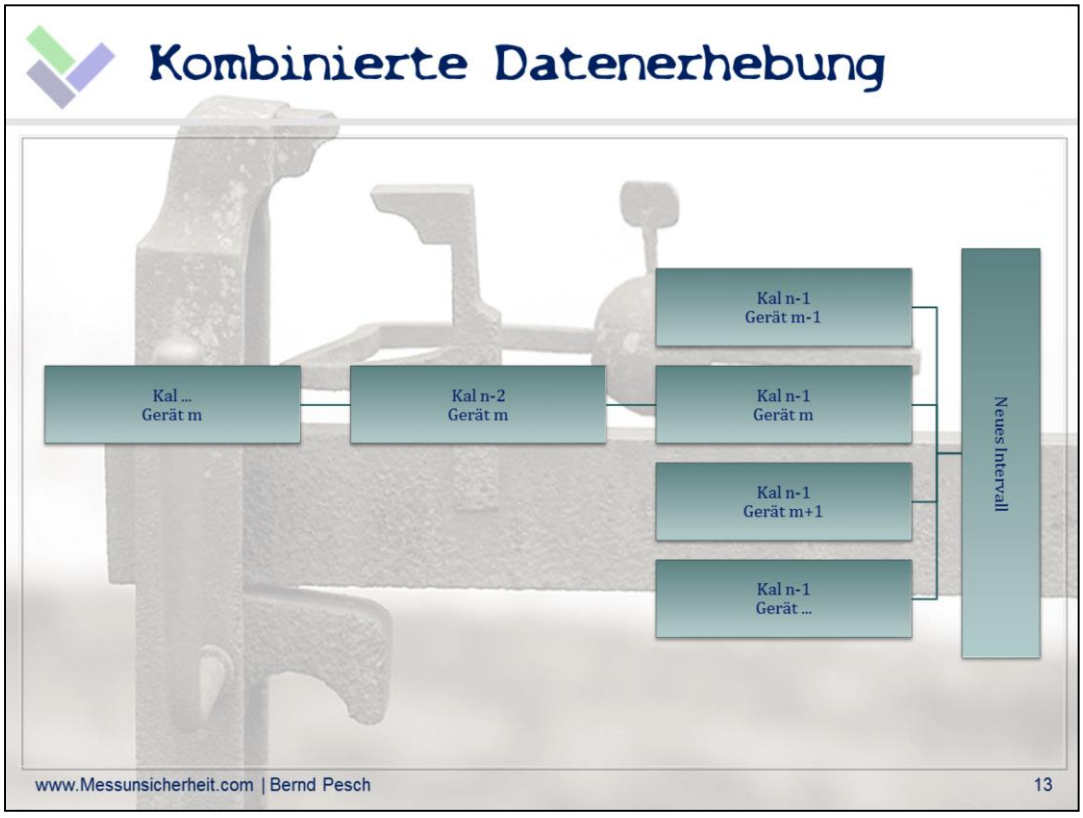
Bei der Neueinführung eines Messmittels kann man zunächst (und zeitlich begrenzt(!)) auf eine homogene Vergleichsgruppe ähnlicher Messmittel zurückgreifen.

Methoden zur Datenerhebung



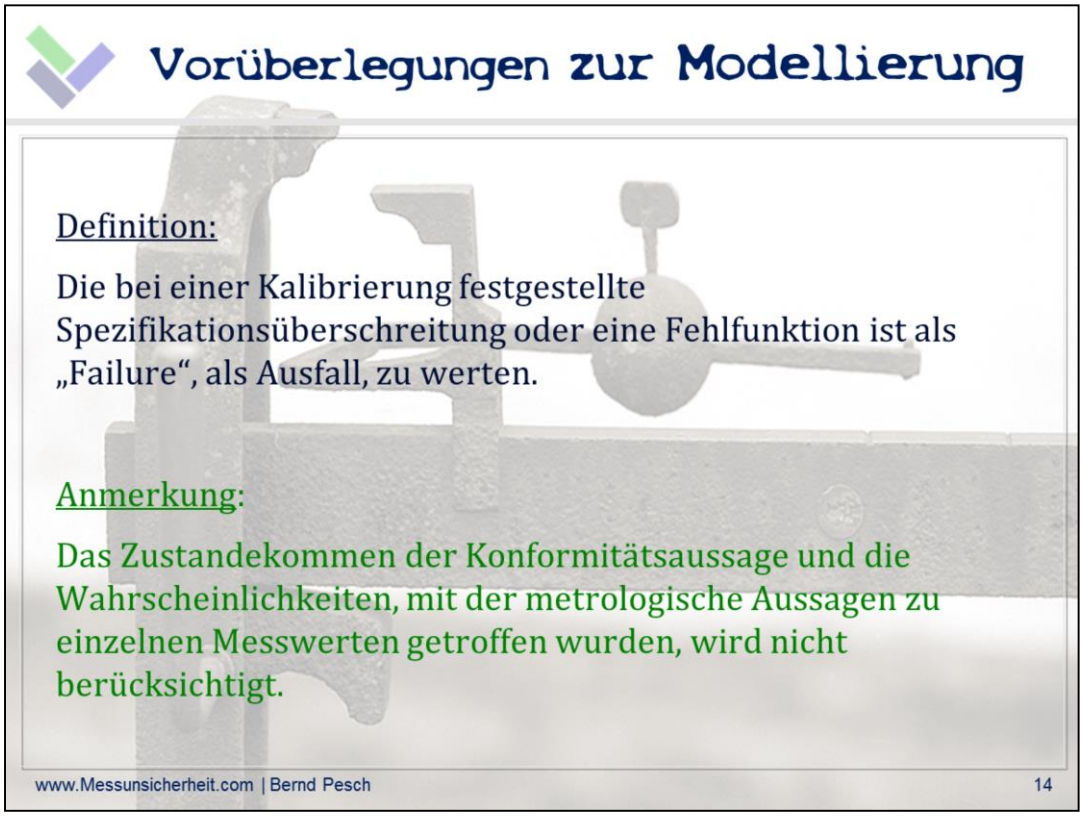
Individuelle Bewertung eines Messmittels über die Kalibrierhistorie.

Gruppenbewertung gleichartiger Messmittel über das jeweils letzte Kalibrierintervall.



Von uns propagiert wird ein Verfahren, welches einerseits die zeitliche Aktualität und die Individualität einzelner Messmittel berücksichtigt.

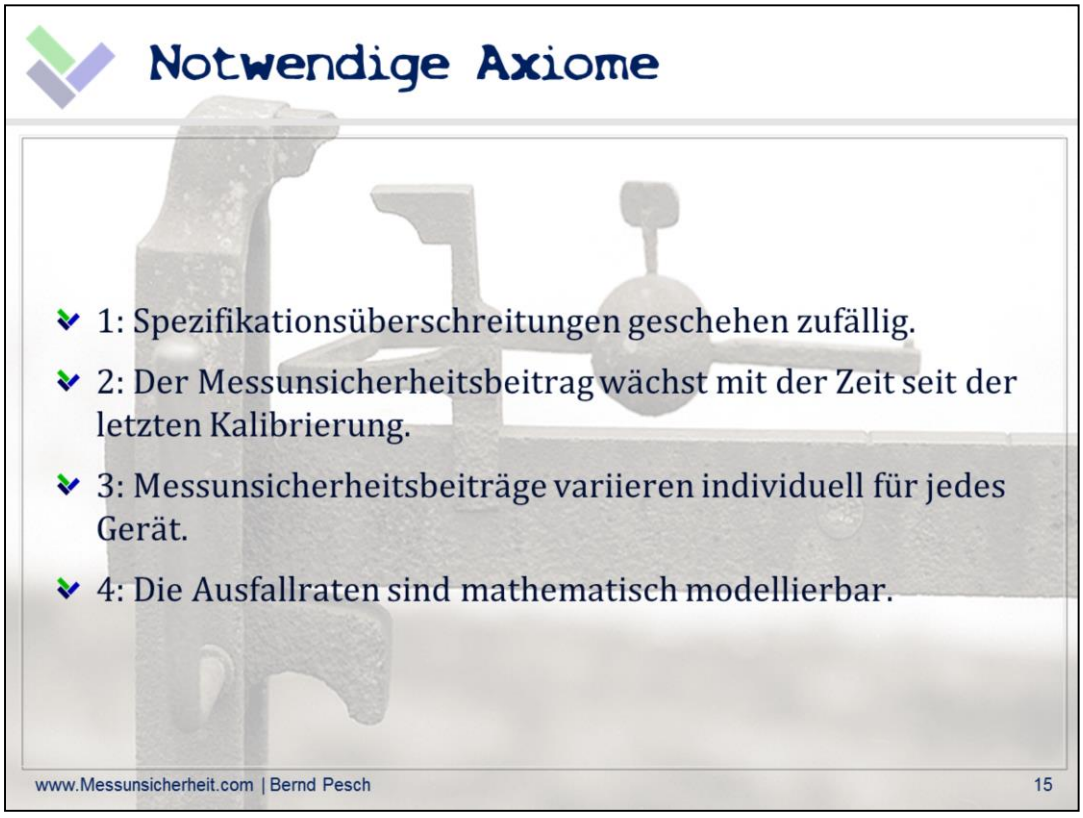
Diese Kombination ist in Messmitteldatenbanken (Messmittelmanagementsysteme) sehr schnell zu realisieren.



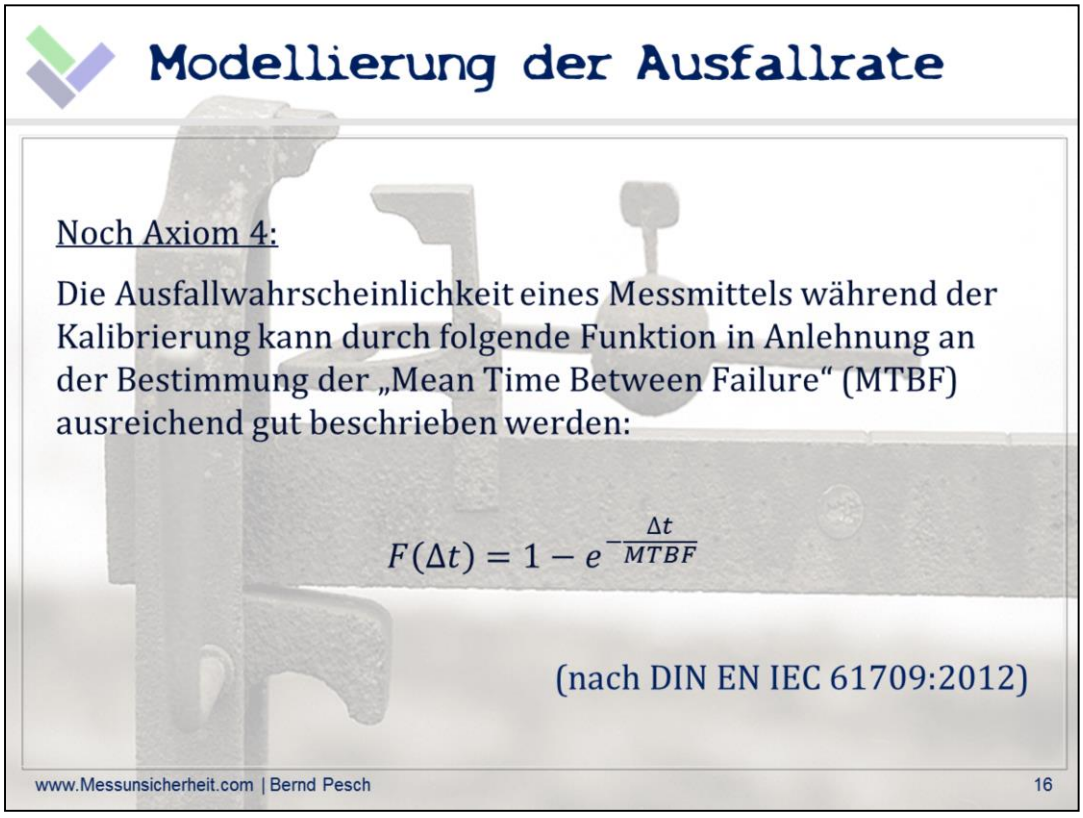
Als Bewertungskriterium für die Intervallfestlegung wird ausschließlich die Feststellungen nach der Definition verwendet.

Würde man weitergehende Informationen nutzen wollen, verliert man sich sehr schnell in einer Datenfeinstruktur, die man dann auch bewerten und gewichten muss.

Dies wird unpraktikabel und bietet keinen Mehrwert für die Intervallfestlegung.

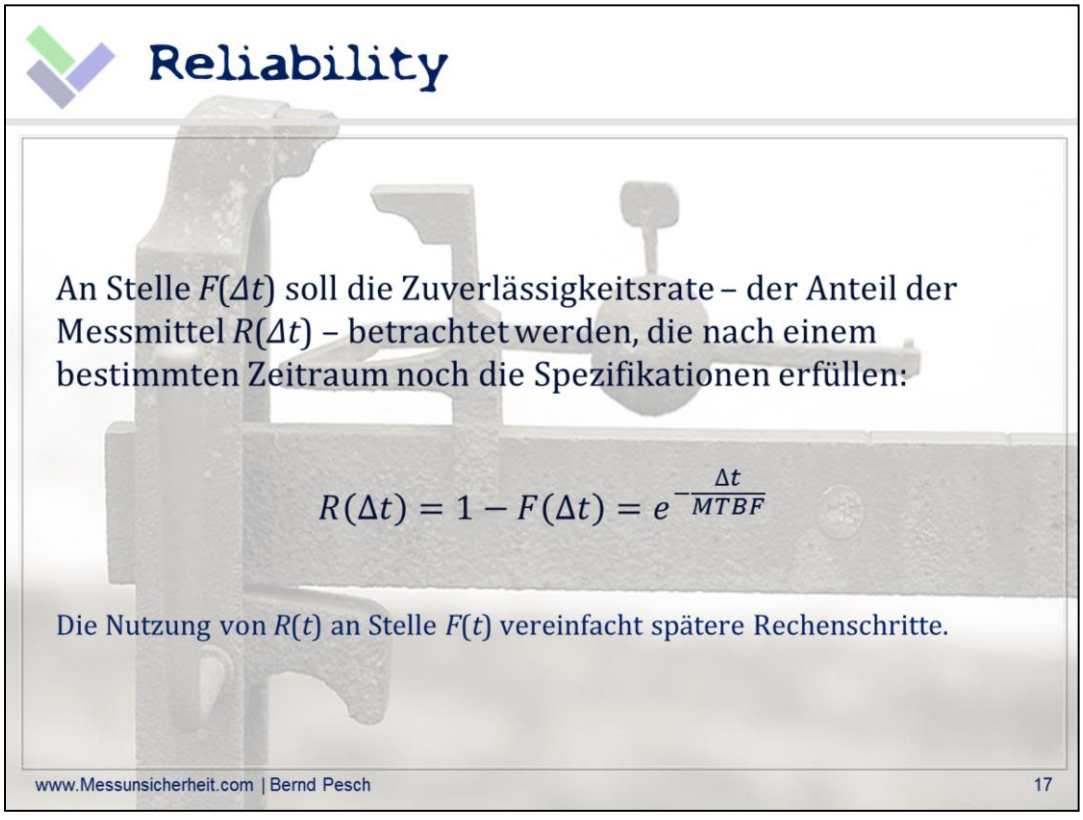


Triviale Aussagen, die aber erst eine mathematische Behandlung des Problems erlauben.



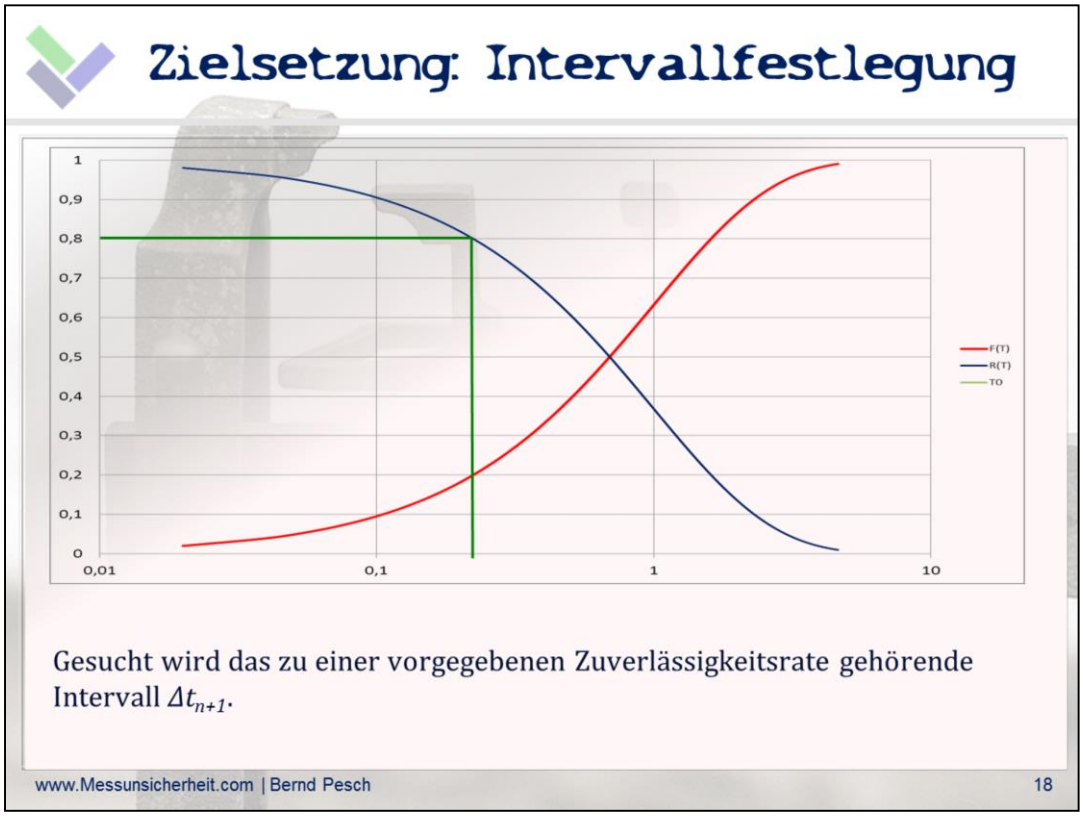
Der Ansatz entspricht der Ausfallwahrscheinlichkeit elektronsicher Komponenten.

Von Wyatt/Castrup wurde MTBOOT (Mean time between out of tolerance) genutzt.



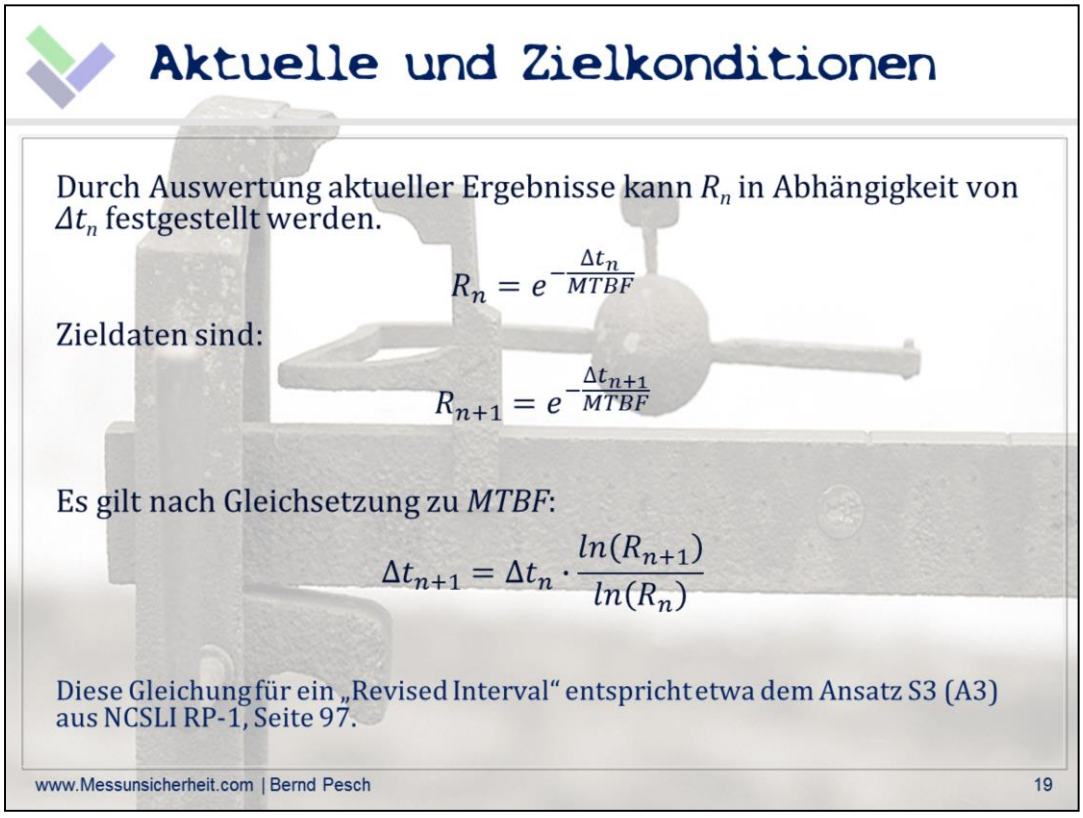
F: Failure rate

R: Reliability rate



Noch ist die Zeitachse nicht skaliert.

Hier in Grün eingetragen ist eine gewünschte Zuverlässigkeitsrate (80 %), die zu einem festen Kalibrierintervall auf der Zeitachse führt.



MTBF wird als Konstante wahrgenommen und soll für das vergangene Intervall, wie auch für die kommende Festlegung in erster Näherung unverändert sein.

Die Konstante spielt bei der Intervallfestlegung keine Rolle, da sie kontinuierlich durch aktuelle Kenntnisse des beobachteten Zuverlässigkeitsraten neu gebildet wird („Flexibilisierung" einer Konstanten).

Beispiel 1 (Massenartikel)

Eine Anzahl baugleicher Messmittel wird mit einem Intervall von 24 Monaten kalibriert. Es wurde bei 140 Kalibrierung eine Ausfallrate von 19 Geräten festgestellt.

Angestrebt wird eine Zuverlässigkeitsrate von 90 %:

$$\Delta t_n = 24\ Monate$$

$$R_n = 1 - F_n = 1 - \frac{19}{140} = 0{,}86$$

$$R_{n+1} = 0{,}90$$

Das neue Kalibrierintervall müsste betragen:

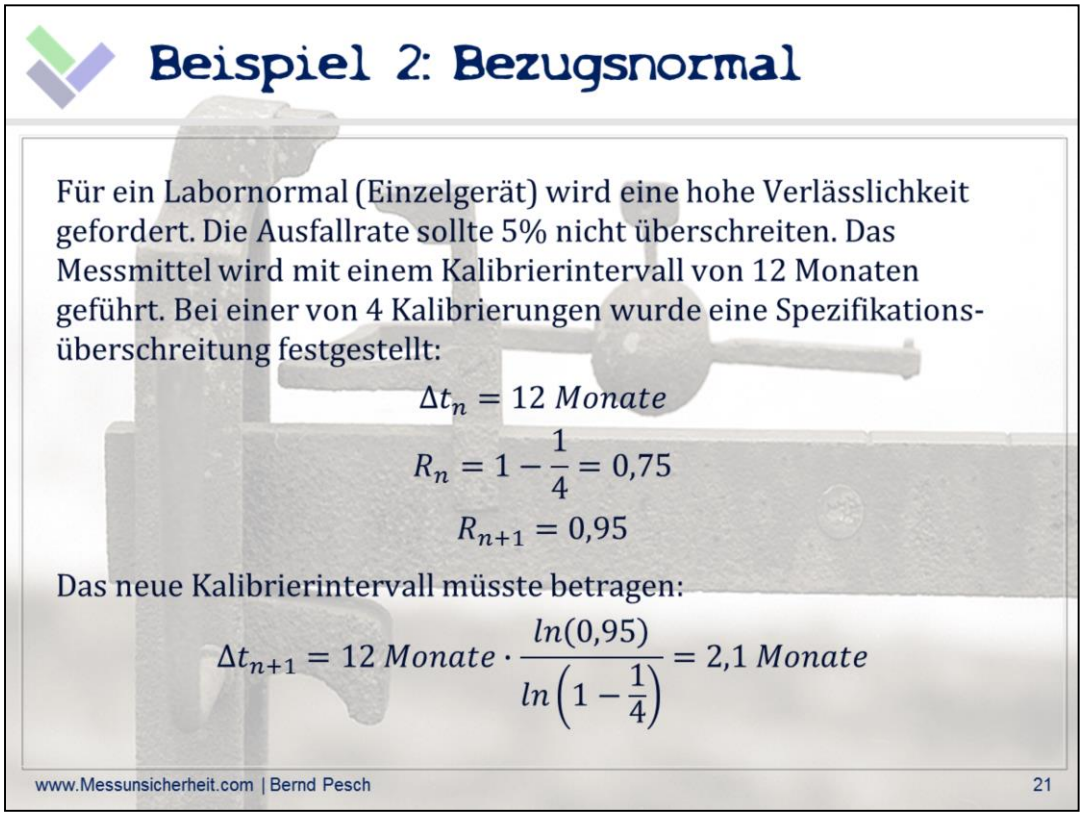
$$\Delta t_{n+1} = \Delta t_n \cdot \frac{ln(R_n)}{ln(R_{n+1})} = 24\ Monate \cdot \frac{ln(0{,}86)}{ln(0{,}90)} = 17{,}3\ Monate$$

www.Messunsicherheit.com | Bernd Pesch 20

Die Software empfiehlt ein neues Intervall. Die Festlegung erfolgt aber durch den Techniker (vgl. auch später Begrenzung der Änderungen).

Aus Gründen der Praktikabilität würde man (je nach Philosophie) entweder ein 15 Monate- oder ein 18 Monate-Intervall wählen.

Schrittweite der genutzten Kalibrierintervalle (Vorschlag): 30, 60 oder 90 Tage, dann in 3-Monatsschritten bis zu 2 Jahren, 30 Monate, und ab 3 Jahre in Jahresschritten.



Die Datenbasis (4 Kalibrierungen für das Einzelgerät) ist sehr dünn.

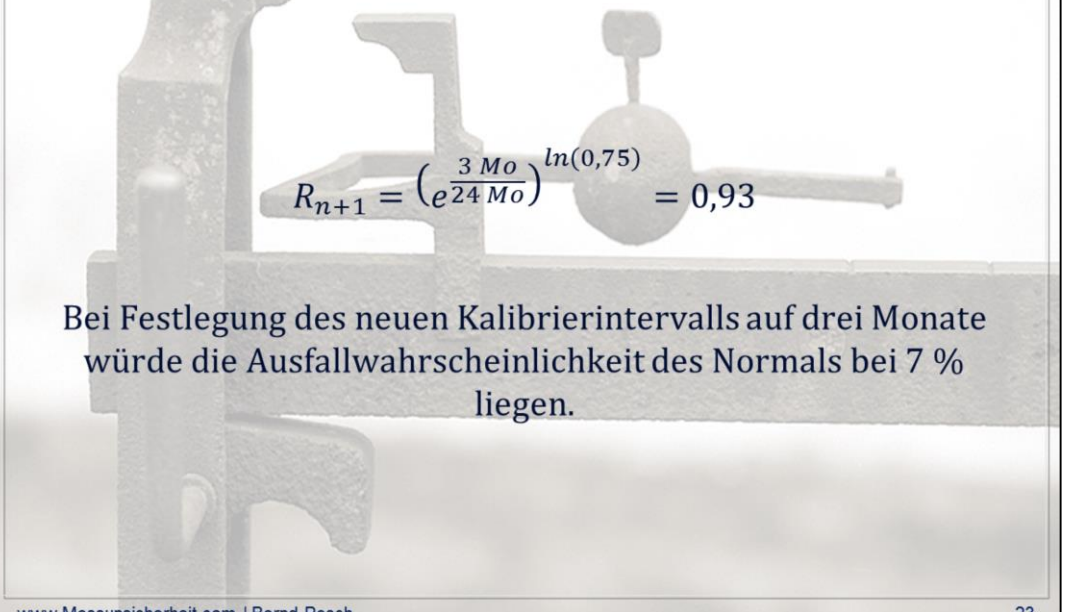
Daher sollte auch die zweidimensionale Datenerhebung nach Folie 13 zurückgegriffen werden. Das individuelle Messmittel wird individuell betrachtet (mit neuem Intervallvorschlag) und innerhalb der Vergleichsgruppe (ebenfalls Intervallvorschlag).

Eine Kombination beider Aussagen ist zielführend.

Eine deutliche Verkürzung der Kalibrierfrist ist angeraten. Jedoch ist ein Kalibrierintervall kleiner 90 Tage nicht praktikabel. Zu klären ist, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Spezifikationsgrenzen eingehalten werden, wenn an Stelle des berechneten Intervalls ein Intervall von drei Monaten gewählt wird:

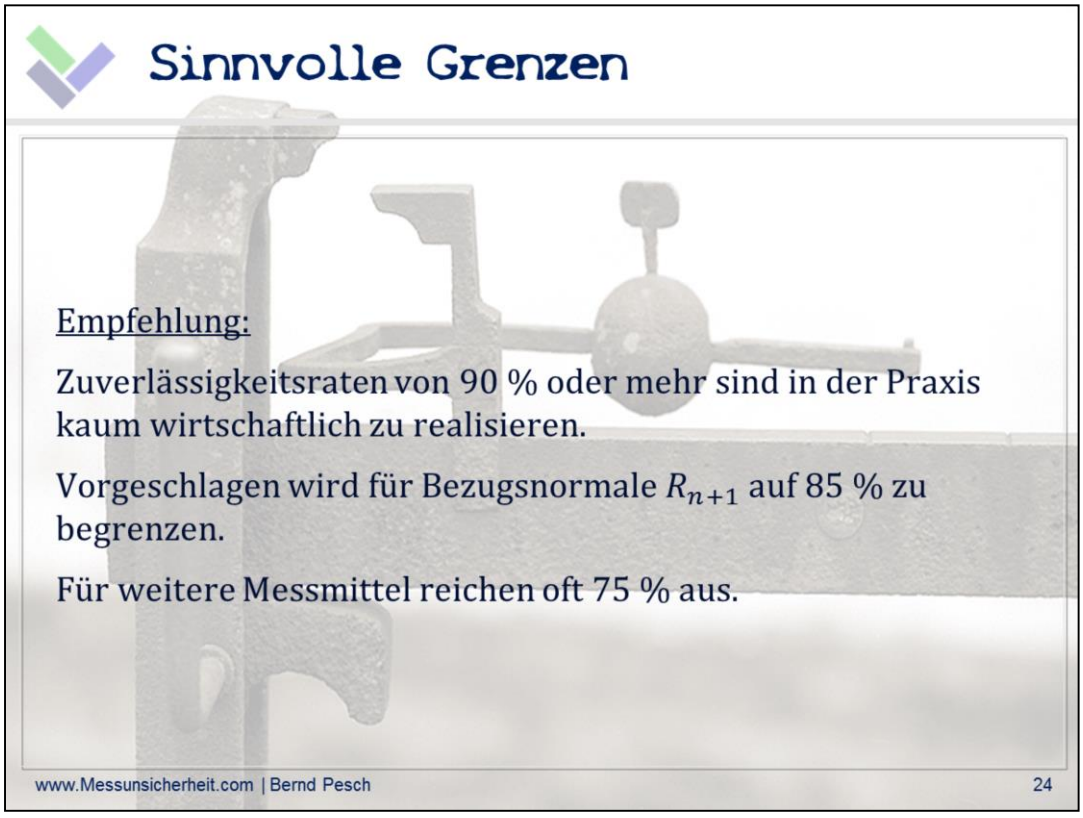
$$R_{n+1} = \left(e^{\frac{\Delta t_{n+1}}{\Delta t_n}}\right)^{ln(R_n)}$$

Neue Festlegung (Bezugsnormal)



$$R_{n+1} = \left(e^{\frac{3\,Mo}{24\,Mo}}\right)^{ln(0,75)} = 0{,}93$$

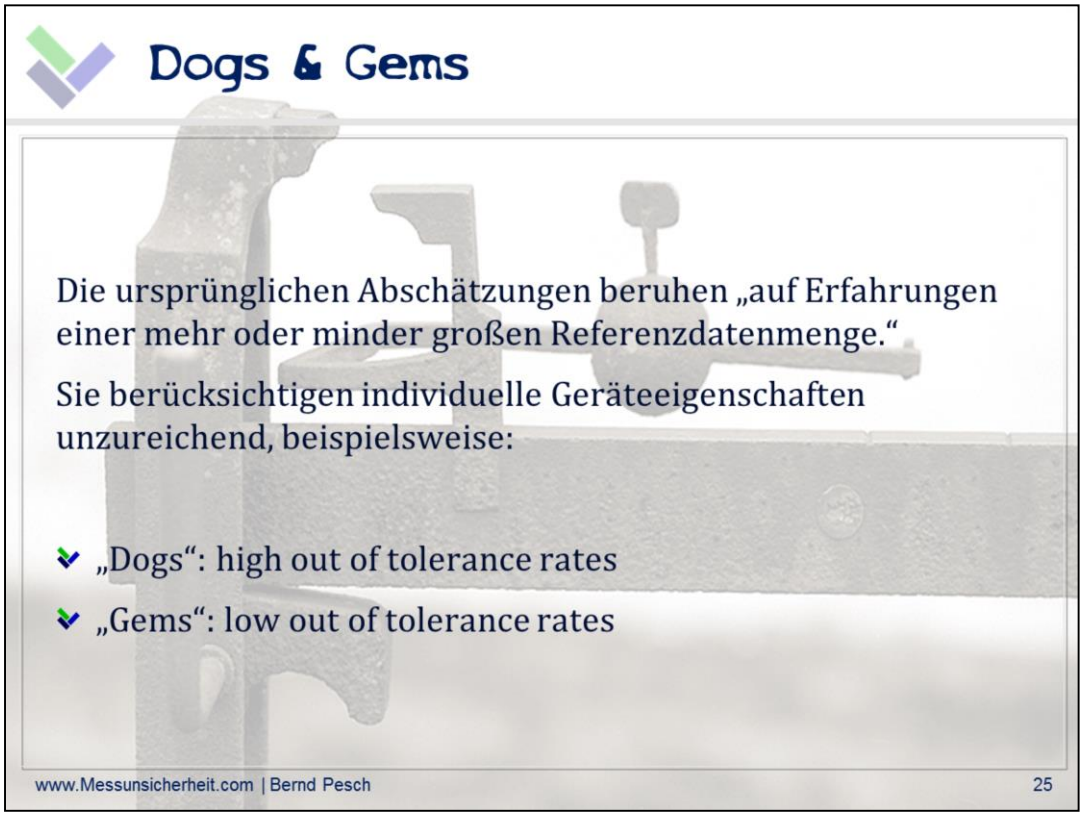
Bei Festlegung des neuen Kalibrierintervalls auf drei Monate würde die Ausfallwahrscheinlichkeit des Normals bei 7 % liegen.



Anwendung bei der US Air Force auch bei flugsicherheitsrelevanten Komponenten: 85 %.

Dies sind ja Momentaufnahmen am Ende des Kalibrierintervalls. Über das Intervall hinweg liegt eine deutlich höhere Zuverlässigkeitsrate vor.

Diese könnte bei Bedarf über die R(t)-Funktion im Mittel ausgewertet werden.



Ziel ist es einerseits, besonders gute und schlechte Messmittel zu identifizieren und andererseits, die Vergleichsgruppe homogen zu halten, indem Ausreißer aus der Gruppe genommen werden.

Dog Management

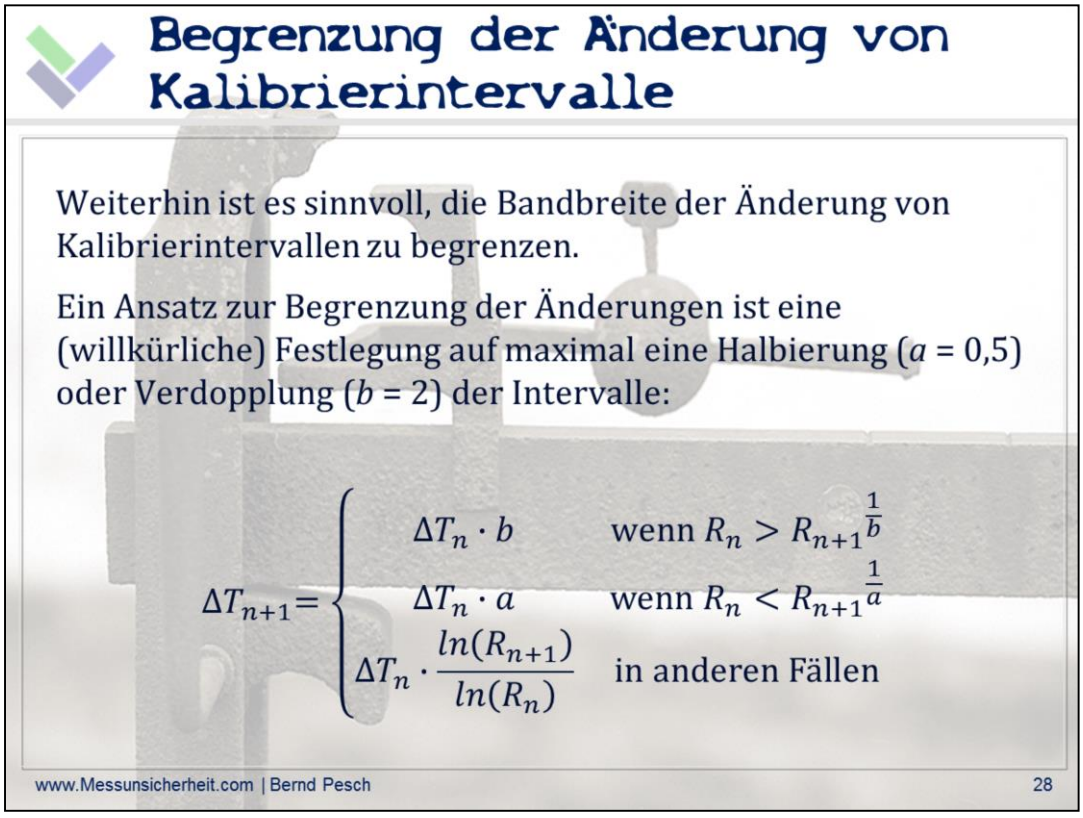
Messmittel mit geringerer Zuverlässigkeit benötigen ein besonderes Management und Betrachtungen, beispielsweise:

- Verkürzte Kalibrierintervalle
- Vergleichsmessungen in kürzeren Abständen
- Servicemaßnahmen, Grundüberholung
- „Entsorgung“

Gem Management

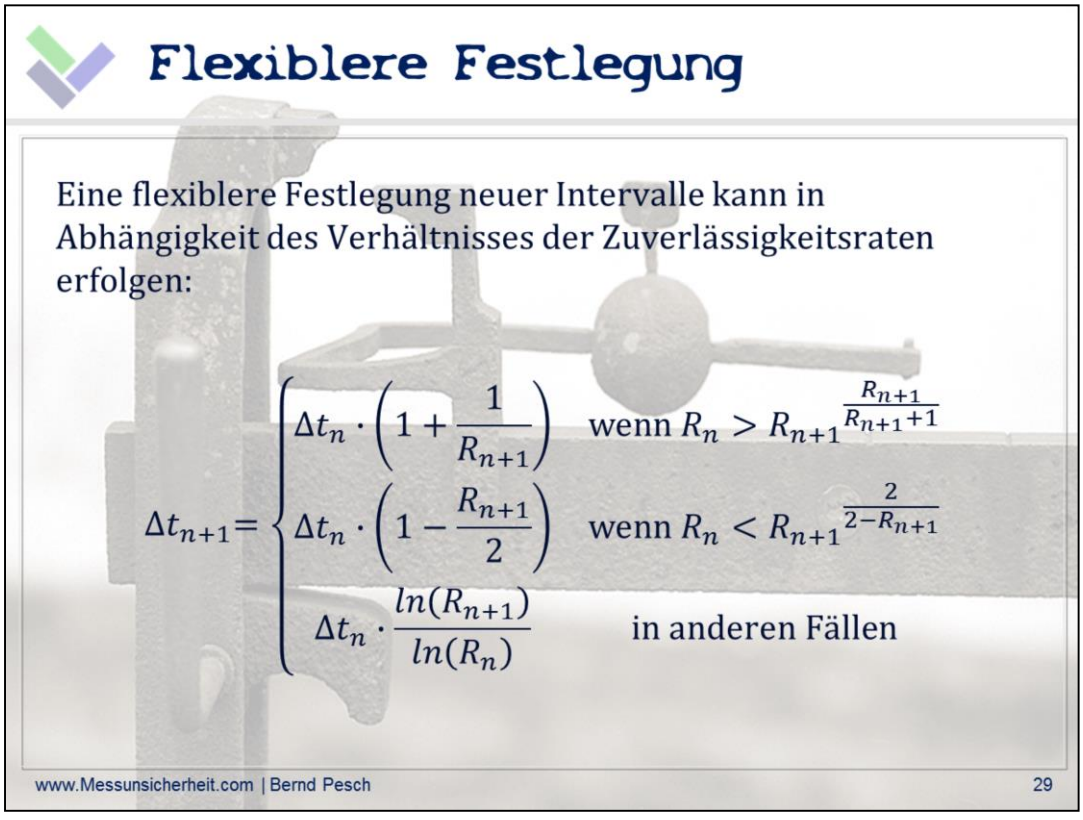
Die überdurchschnittliche Zuverlässigkeit anderer Messmittel kann beispielsweise wie folgt ausgenutzt werden:

- Verlängerte Kalibrierintervalle
- Nutzung für besondere Messungen („golden standards“)

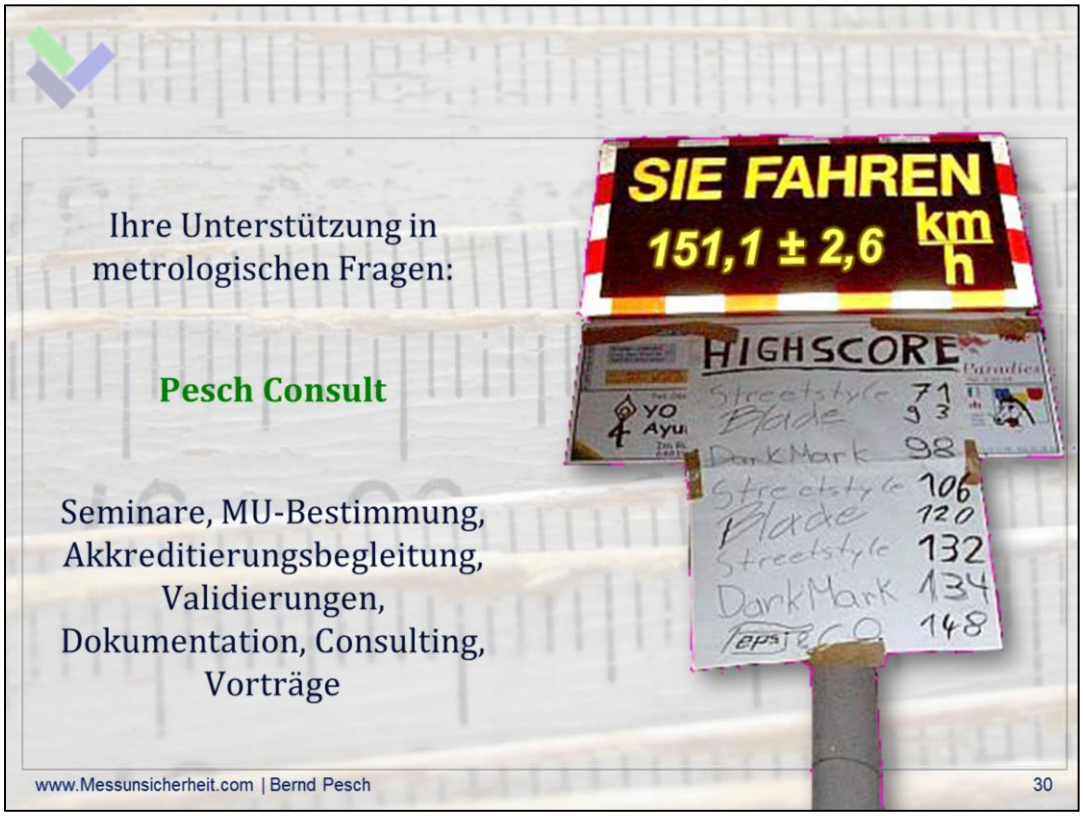


Es sollen willkürliche Sprünge in der Festlegung neuer Intervalle vermieden werden.

Zudem macht es Sinn, eine untere Schwelle zu definieren, unterhalb derer keine Änderungen vorgeschlagen werden.



Auch kann man die Grenzwerte in Abhängigkeit von der Zuverlässigkeitsrate flexibilisieren.



Fazit:

a) Lösen sie sich von Herstellerspezifikationen und legen sie ihre eigenen Anforderungen an das Messmittel fest

b) Individualisieren sie „ihr“ Messmittel, indem sie es möglichst mit real ermittelten Daten an beschreiben

c) Führen sie ein Programm als Prozess zur Kalibrierung ihrer Messmittel, sofern noch nicht geschehen und überwachen sie die Intervalle kontinuierlich.