

# **Softwareunterstützung bei der Modellbildung**

Rüdiger Kessel  
Metrodata GmbH

# Inhalt

- Einführung
- Modellierung im industriellen Alltag
- Modellierungsmethode: Messprozessmodell
- Graphische Elemente zur Modellierung
- Vorgehensweise zur Erstellung des Prozessmodells
- Beispiel: Endmaßprüfung
- Aufstellen eines Prozessmodells
- Softwareunterstützung
- Nutzung von Expertenwissen
- Zusammenfassung

# Einführung

- In der industriellen Praxis dienen Messergebnisse als Basis für Entscheidungen mit teilweise erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung.
- Die Messunsicherheit des Ergebnisses beschreibt dabei, wie verlässlich die gewonnene Information ist.
- Seit 20 Jahren steht ein einheitlicher Leitfaden für die Ermittlung der Messunsicherheit (GUM) zu Verfügung.
- In der industriellen Praxis bestehen jedoch weiterhin erhebliche Schwierigkeiten, die Messunsicherheit anzugeben.
- Die vorhandenen Leitfäden beschreiben in erster Linie die Rechentechniken und gehen zu wenig auf die Modellierung ein.

# Modellierung im industriellen Alltag

## Unterstützungsbedarf bei der Modellierung

- Mitarbeiter im Messraum verfügen typischerweise über umfangreiches Wissen über die Abläufe der Messungen.
- Kenntnisse über statistische und mathematische Methoden sind deutlich geringer ausgeprägt.
- Relevantes Wissen liegt bei erfahrenen Messtechnikern teilweise nur in impliziter Form vor.

## Spezifische Schwierigkeiten der Modellierung in der Industrie

- Messungen werden im Arbeitsalltag im Hinblick auf die Handlungsabläufe betrachtet. Für die Messunsicherheitsanalyse ist aber eine systemorientierte Sichtweise notwendig.
- Physische Komponenten des Messsystems werden als Ganzes als eine Art Black Box betrachtet. Oft sind die genauen physikalischen bzw. mathematischen Zusammenhänge des Wirkmechanismus unbekannt.

# Modellierungsmethode: Messprozessmodell (Messkette)



## Realer Messprozess



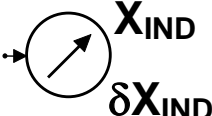



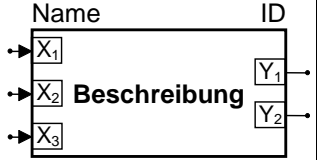

- Viele nachrangige Details
- Wirkungen nicht klar erkennbar



## Messprozessmodell (Ursache Wirkungskette)

- Beschreibung der Wirkungen
- Auf die messtechnischen Fakten reduziert

# Graphische Elemente zur Modellierung von Messprozessen

Symbol	Element	Beschreibung
	Quellengröße	Quellengrößen sind die Haupteinflussgrößen, die normalerweise Ziel der Messung sind.
	Verknüpfung	Bei der Verknüpfung der Größen wird angegeben, wie die Größen miteinander operieren (Addition, Subtraktion, Multiplikation oder Division).
	Anzeige	Das Anzeigeelement kombiniert die angezeigte Ausgangsgröße (des Prozesses) mit der Einflussgröße für die Auflösung.
	Einflussgröße	Die Einflussgrößen sind die Eingangsgrößen des Messprozesses.
	Ausgangsgröße	Die Ausgangsgrößen sind das Ergebnis des Prozesses. Eine spezielle Form der Ausgangsgröße ist die Anzeige.
	Mathematische Funktion	Dieses Element unterstützt mathematische Standardfunktionen mit einem Eingang und einem Ausgang,
	Unterprozess (Teilprozess)	Der Unterprozess repräsentiert einen Teilprozess, der in einem separaten Prozessdiagramm modelliert wird. Es sind die Ein- und Ausgänge sowie eine Beschreibung des Teilprozesses angegeben.
	Substitution	Die Substitution wird verwendet, wenn bei der Messung zwei Quellen verglichen werden.

# Vorgehensweise zur Erstellung des Prozessmodells

Es gibt grundsätzlich zwei Vorgehensweisen, um zu einem Prozessmodell zu kommen:

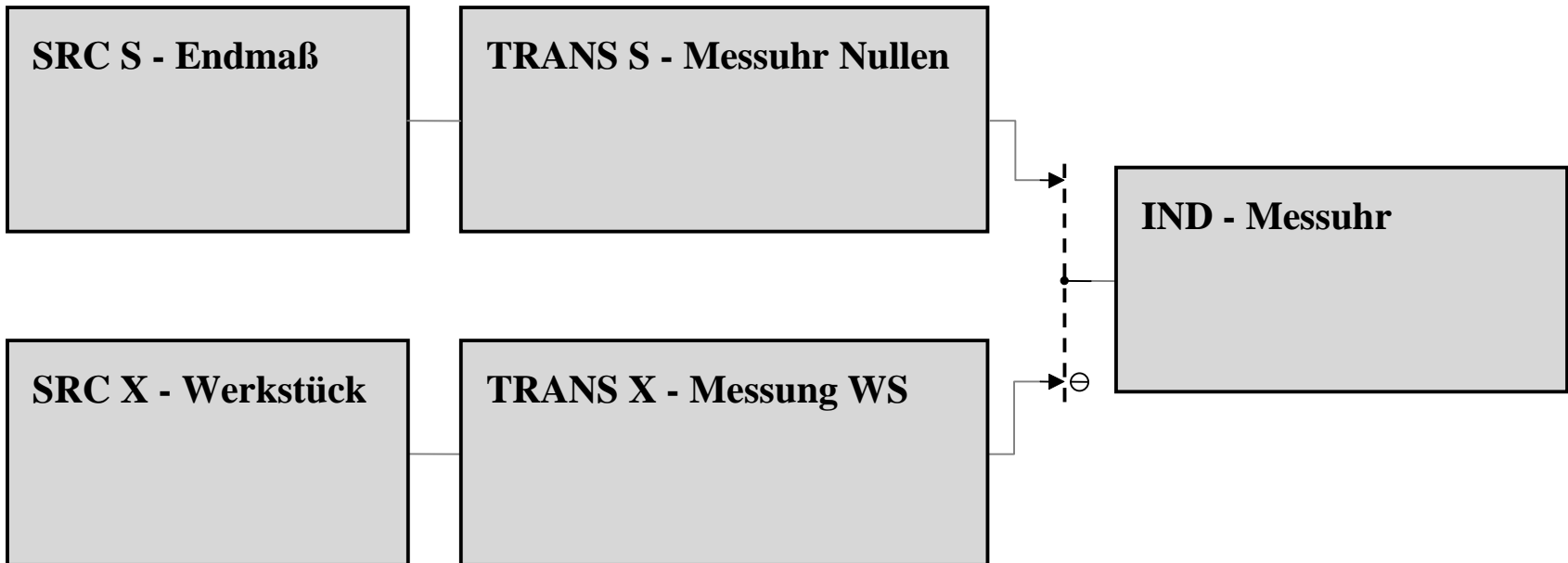
- *Von der Struktur zu Details (Top-Down):*

Zunächst wird die übergeordnete Prozessstruktur erfasst, die dann über die Beschreibung der definierten Teilprozesse immer weiter detailliert wird.

- *Von den Details zur Struktur (Bottom-Up):*

Zunächst werden Teilprozesse mit den zugehörigen Einzelheiten beschrieben, die dann zur Beschreibung eines kompletten Systems oder Prozesses geeignet kombiniert werden.

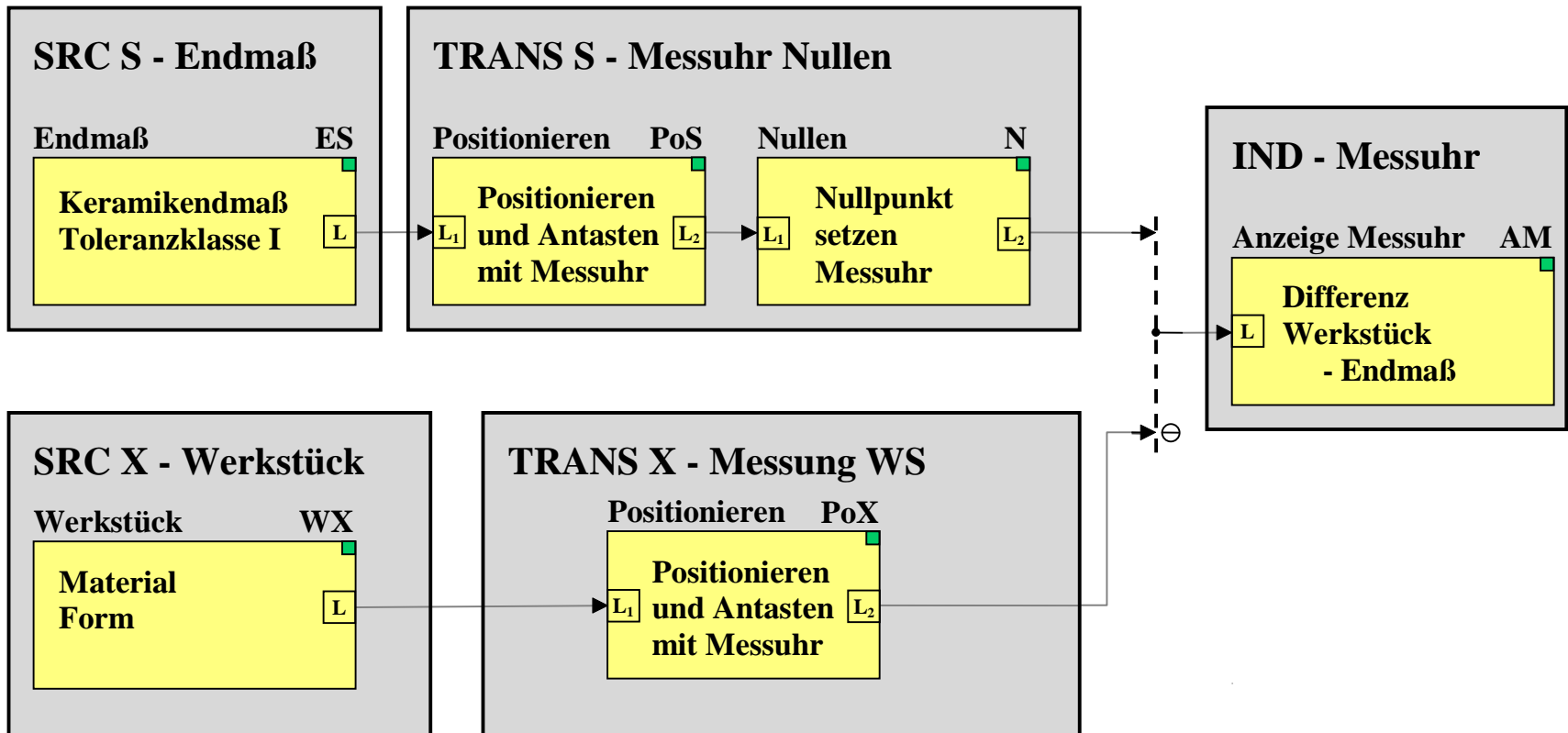
# Beispiel: Endmaßprüfung I



Darstellung der Endmaßprüfung im Überblick

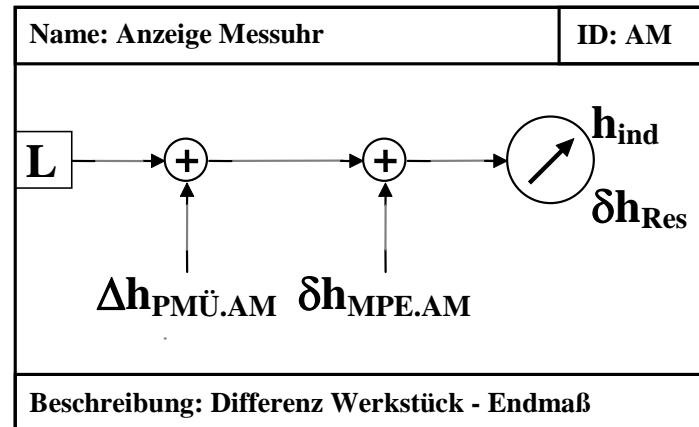
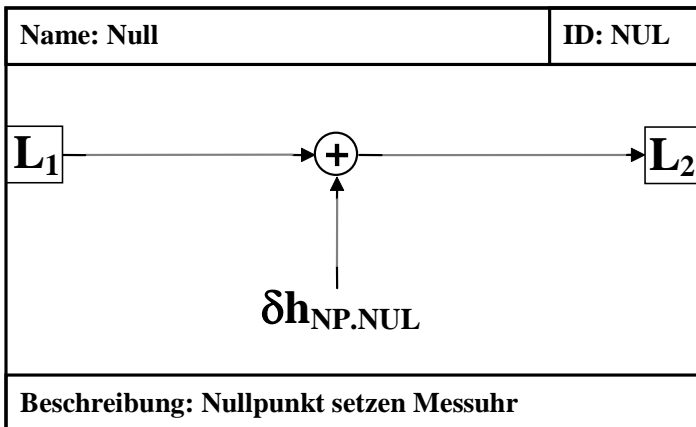
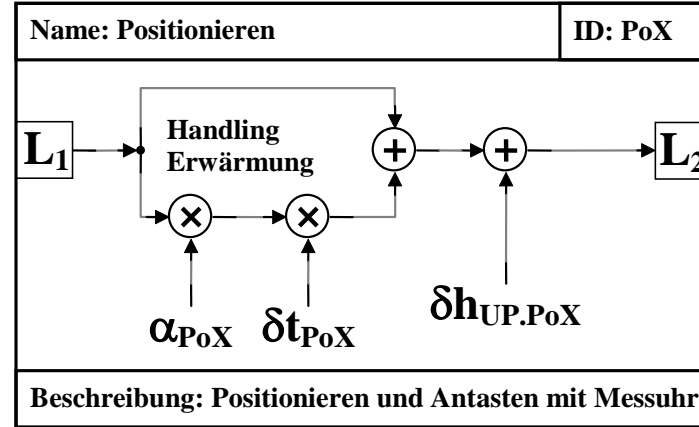
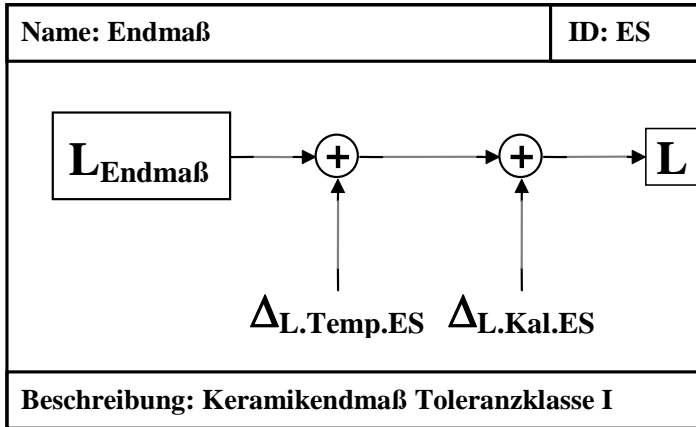


# Beispiel: Endmaßprüfung II



Darstellung der Endmaßprüfung mit Details zum Messablauf

# Beispiel: Endmaßprüfung III



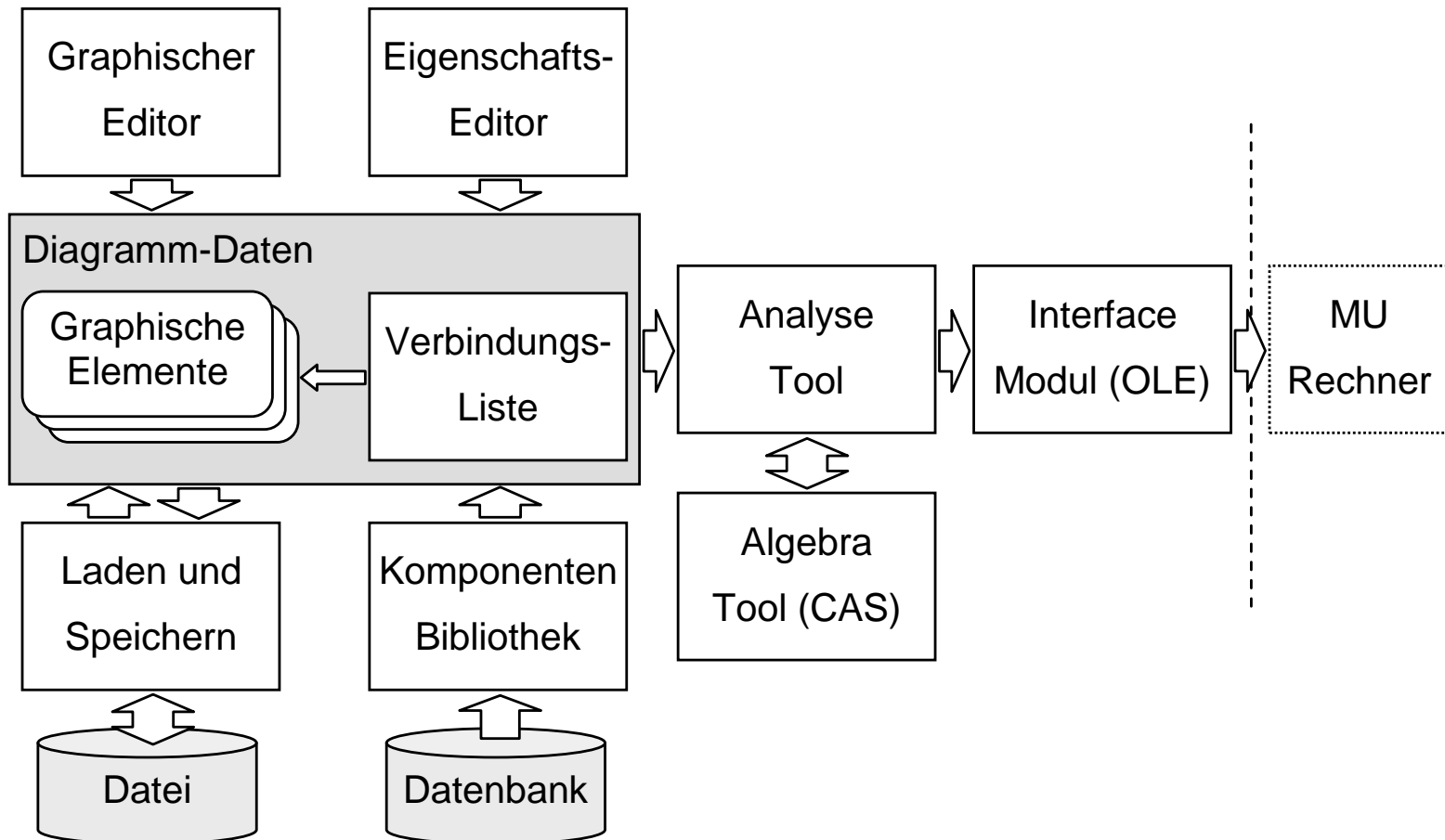
Details der Prozesskomponenten für die Endmaßprüfung

# Aufstellen eines Prozessmodells

Die Beschreibung eines Systems erfolgt in folgenden gedanklichen Schritten, die parallel oder iterativ ausgeführt werden können:

- Beschreibung der grundsätzlichen Methode der Messung, d. h. direkte oder indirekte Messung und Erfassung der Werte über Ausschlag-, Differenz-, Substitutions- oder Kompensationsmethode
- Beschreibung des groben Ablaufs durch Eingangs- und Ausgangsgrößen sowie Prozessbausteine, mit denen diese verknüpft werden
- Detailbeschreibung der einzelnen Prozessbausteine durch die relevanten physikalischen Größen und deren Verknüpfung
- Analyse der dargestellten Prozesse und Ergänzung von Einflussgrößen auf den Prozess, die zu einer Abweichung von der idealen Messung führen
- Mathematische Beschreibung der Zusammenhänge der verschiedenen Größen

# Softwareunterstützung



Strukturdiagramm eines Software-Systems zur Unterstützung der graphischen Modellbildung

# Konsistenzprüfung

Ein vollständiges Prozessmodell muss folgende Anforderungen erfüllen:

- Alle Ein- und Ausgänge müssen verbunden sein.
- Die Verbindungen dürfen keine Schleifen enthalten.
- Namen dürfen nur einmal verwendet werden.
- Verbindungen müssen hinsichtlich der angegebenen Einheiten zusammenpassen.
- Die Anzahl der Messgrößen muss gleich der Anzahl der Anzeigen sein.

# Nutzung von Expertenwissen für Komponenten

Mathematische und statistische Kenntnisse werden hauptsächlich bei der Erstellung der Details zu den Prozesskomponenten benötigt.

Damit ergibt sich eine Schnittstelle zwischen Experten, die die Komponenten entwickeln und Messtechnikern, die diese Komponenten in ihre Diagramme einbauen.

Komponenten besitzen deshalb zwei Ansichten:

- Blockansicht zum Einbau in andere Diagramme.
- Detailansicht zum Erstellen der Funktion.

Physikalische Instrumente können sinnvoll als Komponenten implementiert und z.B. vom Hersteller mitgeliefert werden.

# Zusammenfassung

- Die Bestimmung und Analyse der Messunsicherheit nach GUM bietet für die industrielle Praxis viele wichtige Informationen.
- Als besonders problematisch gilt dabei die Aufstellung eines geeigneten Modells.
- Eine handlungsorientierte Beschreibung der Messung und die sukzessive Sammlung und Zuordnung von relevanten Informationen erleichtert die Modellierung.
- Die Modellierung von Messungen entlang der Ursache-Wirkungskette erlaubt die Wiederverwendung von vordefinierten Prozesskomponenten.
- Das beschriebene Konzept soll dazu beitragen, die Messunsicherheit stärker in die industrielle messtechnische Praxis zu integrieren.

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

Danksagung:

Besonderer Dank geht an Frau Teresa  
Werner für die Mitarbeit an diesem  
Konzept.