



Das weltweit erste Tool, das mittels künstlicher Intelligenz Produkt- und Prozesskurven sowohl zur **Fehleranalyse und Behebung** als auch zur **Kontrolle, Steuerung und Optimierung** von **Produkten und Prozessen** verwendet werden kann.

Inhalt

- **mts Consulting & Engineering und Contech Software & Engineering in Zahlen**
- **Der Analyser® im Überblick**
- **Die Vorteile auf einem Blick**
- **Was kann das Kurvenmodul?**
 - Fallbeispiel Kurvenmodul
 - Kurvenmodul implementieren
 - Kurvenmodul - Mögliche Anwendungsbeispiele (Auszug)
- **Was kann das Transferfunktionsmodul?**
 - Fallbeispiel Modul Transferfunktionen
 - Modul Transferfunktion implementieren
 - Modul Transferfunktion - Mögliche Anwendungsfälle (Auszug)
- **Digitalisierung mit dem Analyser®**
- **Die nächsten Schritte...**

DIE IDEE

„Aus über **12 Jahren Projekterfahrung** im **Lean Six Sigma** und unserer Weiterentwicklung „**Robust Design für robuste Produkte & stabile Prozesse**“ ist die Idee entstanden aus der erfolgreichen Vorgehensweise ein **Produkt für alle Branchen** zu entwickeln – die Geburtsstunde der Contech Software & Engineering GmbH im Jahr 2017. Die Contech GmbH vereint die Projekterfahrung aus dem Schwester-Unternehmen mts Consulting & Engineering GmbH und hat damit ein **Software-Tool** geschaffen, welches **KI-basiert** für **robuste Produkte** und **stabile Prozesse** sorgt, **Mitarbeiter bei ihren Entscheidungen unterstützt** und **Zeit, Kosten & Ressourcen einspart**“



DIE PROJEKTE

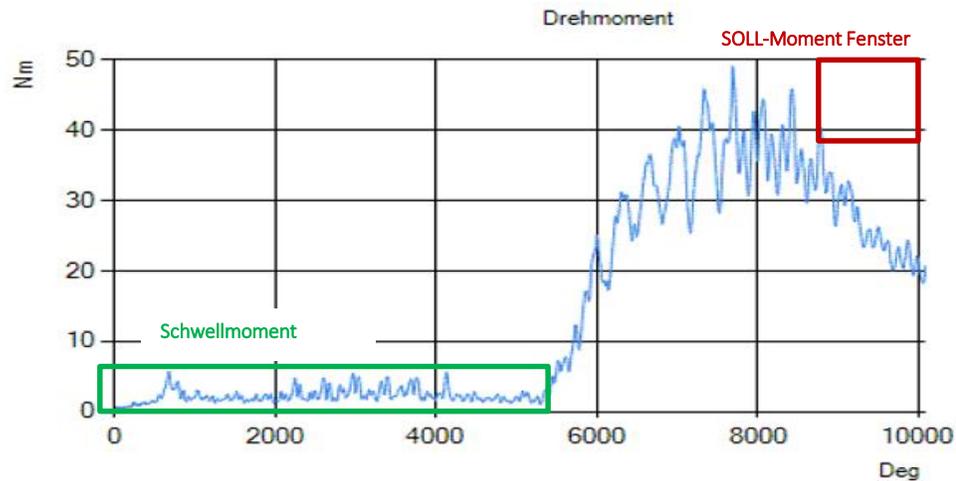
- Rund 150 Design for Six Sigma
- 800 Lean Six Sigma Projekte geleitet / gecoacht
- Rund 2.000 Design for Six Sigma & Lean Six Sigma Green & Black Belts ausgebildet
- Weltweit Projekte: Task Force, Prozessverbesserung in Produktion und Dienstleistung, Entwicklung & Absicherung funktionaler Ketten
- Mitarbeiter mit langjähriger Praxis- und Führungserfahrung (10 plus 15 assoziierte Partner)

DIE BRANCHEN

Automotive (OEM bis TIER3), Kunststoffspritzgießen, Maschinen- & Anlagenbau. Medizintechnik, Feinwerktechnik, Antriebstechnik, Getriebebau, Lebensmittel, IT Services, Chemie, Pharma, Elektronik, Elektro, SMD, Papier, Verpackungen, Verarbeitenden Industrie: Kautschuk, TPE, Thermoplaste, PVC, Werkzeugmaschinenbau, Telekommunikation

Der Analyser[®] im Überblick

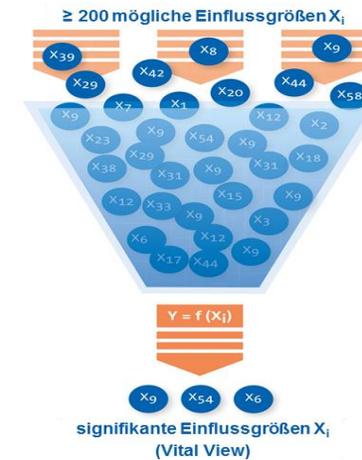
Das Kurvenmodul



Mitarbeiter bei Ihren Entscheidungen unterstützen:

- Fehlerbilder mit Ursachen & Maßnahmen werden als Handlungsempfehlungen in Echtzeit ausgegeben
- Der Mitarbeiter kann damit nun gezielte Maßnahmen ergreifen

Das Transferfunktionsmodul



Ursachen der Kosten- und Qualitätsprobleme aufdecken:

- Aufdecken der unbekanntenen Wirkmechanismen zwischen Anforderungen & Qualitätsmerkmalen Y_n und Einflussgrößen X_i → Erstellung Transferfunktion
- Transferfunktion dient nun zum steuern & regeln für robuste Produkte und stabile Prozesse

Die Vorteile auf einem Blick

- Reduktion der Fehlerraten
- Sinkende Projektlaufzeiten durch Prozessoptimierung: 2-3 Monate auf nur 8-10 Stunden
- Reduktion von über 50% der Fehler- und Nacharbeitskosten, sowie Gewährleistungsrisiken innerhalb von 3-9 Monaten
- ROI von meist unter einem halben Jahr
- Reduzierung der Produkt-Herstellkosten um 10-30% durch Öffnen der Toleranzen
- Optimierte Parametrierung und Tolerierung für Produkte und Prozesse
- Absicherung von Entwicklung und Serienanlauf
- Alleinstellungsmerkmale:
 - Patentierter KI-Algorithmus zur Fehlerbildererkennung
 - Einzelwerte und Kurvenverläufe können als Einflussgrößen zu multiplen Vorhersagemodellen verarbeitet werden
 - Wenige Anlernvorgänge (1-6 je Kategorie) → kein Deep-Learning erforderlich
 - Automatisierte Modellbildung → kein Data Analyst/Scientist erforderlich
 - Automatisierte Stichprobenziehung aus großen Datenmengen

Was kann das Kurvenmodul?

Vollautomatische Erkennung der Fehlerbilder aus Produktvalidierungs- und Prozesskurven in **Echtzeit**

- 1 Automatisiertes Erkennen von Fehlern und Fehlerbildern
 - 2 Unterstützung der Mitarbeiter: Aufzeigen der Fehlerhäufigkeiten mit den wahrscheinlichsten Ursachen, Lösungen und Maßnahmen als Handlungsempfehlungen in Echtzeit
- Transparenz des Expertenwissens mit unternehmenseigenem Buch des Wissens (Fehlerursachen mit Maßnahmen und Handlungsempfehlungen)

Selbstlernender Algorithmus für Fehlerbild, Ursache und Lösungen (Rückmeldung nach erfolgter Maßnahme durch Mitarbeiter)

- 1 Produkt- / Prozesskurvenverläufe aus Sensordaten

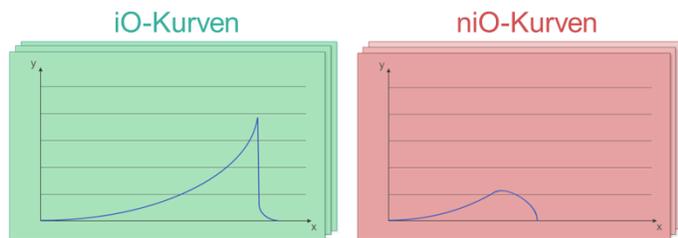
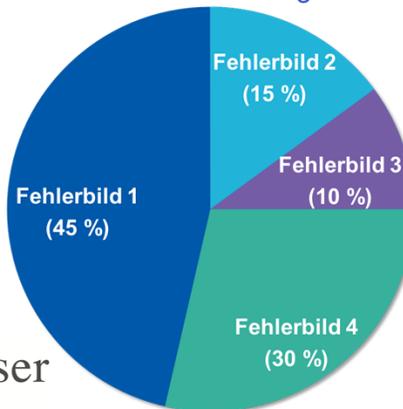
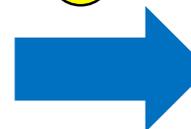


Diagramm mit Fehlerbildern + Häufigkeiten



2



Ergebnisse aus dem "Buch des Wissens"

| Grundursachen | Maßnahmen Produktion | Maßnahmen Design | Maßnahmen Planung | Summe |
|---------------|--|------------------|-------------------|---------|
| | Maßnahmen Produktion | | | |
| | Überprüfung der Leistung der einzelnen Schichtgruppen. Suche des "Best Practice" Mitarbeiters und Anal... | | | 10,55 % |
| | Wartung / Instandhaltung von Werkzeug / Nuss ist wichtig für die Verschraubungsqualität. Überprüfung der... | | | 9,05 % |
| | Überprüfung, ob Hindernisse oder unzulängliche Ausleuchtung Einfluss auf die Qualität der Verschraubun... | | | 9,05 % |
| | Überprüfung, ob Mitarbeiter in einer unergonomischen Position (auf beiden Seiten) arbeiten müssen. Mitar... | | | 9,05 % |
| | Überprüfung, ob eine bestimmte Montagereihenfolge der Schrauben (bzw. der Schrauben in Zusammenh... | | | 9,05 % |
| | SPC Überwachung (Wareneingang oder Lieferant): Kontaminationen, Schweißspritzer, Öl etc. | | | 7,54 % |
| | Geometrische Spezifikation und SPC Überwachung (Wareneingang oder Lieferant): Abmessungen, Toler... | | | 6,78 % |
| | SPC Überwachung (Wareneingang oder Lieferant): Härte. | | | 6,78 % |
| | Schraubkurvenanalyse (Vorspannung, Winkel, Drehmoment) in der Planung. | | | 6,03 % |
| | SPC Überwachung (Wareneingang oder Lieferant): Beschädigungen. | | | 5,28 % |
| | Überprüfung, ob eine Montagevorrichtung verwendet wird und ordnungsgemäß funktioniert. | | | 3,77 % |
| | Überprüfung, ob die verwendete Nuss die Richtige für die verwendete Schraube ist. | | | 3,02 % |
| | Überprüfung, ob die dominante Hand einen Einfluss auf die Qualität haben kann. Suche des "Best Practic... | | | 3,02 % |
| | Überprüfung, ob die Verwendung einer Zentrier- / Montagevorrichtung in der Arbeitsanweisung vorgeschri... | | | 3,02 % |
| | Überprüfung, ob die vorgegebene Taktzeit für die Anzahl der Aufgaben, die auszuführen sind, ausreicht. | | | 3,02 % |
| | Erfahrung und Routine beeinflussen die Qualität. Überprüfung auffälliger Mitarbeiter direkt auf Basis der P... | | | 2,51 % |
| | Überprüfung der Schulungspläne in Kombination mit der Leistung der Schichtgruppen. | | | 1,51 % |
| | Überprüfung, ob unterschiedliche Derivate unterschiedliche Schraubentypen innerhalb des gleichen Takt... | | | 1,01 % |

Kurvenmodul implementieren



Produktions- und Montageprozesse

Digitale Überwachung und Aufzeichnung von Prozesskenngrößen und deren Kurvenverläufe.

Datenschnittstelle, grafische Darstellung

Flexible Schnittstelle zum Import der Kurvendaten (online oder über Datenbank). Grafische Darstellung der Einzelkurven. Unsere Standardschnittstelle **zu den marktüblichen Sensordaten und Steuerungen: Analyser® ↔ Prozessdatenmanagement System / Prozessdaten aus MES-System**

Buch des Wissens

Hinterlegte Fehlerursachen, zugehörige Maßnahmen und Lösungsvorschläge zur Fehlerbehebung (optional). Aufwand: ca. 2 Tage für Startfüllung

Teach-In-Verfahren

Hinterlegen von kurvenspezifischem Expertenwissen zu Fehlerbildern oder anderen Unregelmäßigkeiten.
Aufwand: 5 – 20 min pro neu zu teachende Arbeitsfolge (AFO)

Fehlerursachenanalyse

Automatisierte Analyse der gesamten Eingangsdaten und Auswertung der im Prozessverlauf aufgetretenen Fehler. Grafische Darstellung der Auswertung mit Fehlerhäufigkeiten und priorisierten Ursachen und Maßnahmen / Lösungen (optional über Buch des Wissens).

Echtzeitverhalten: 1 – 2 sec. ab Übertragung Sensordaten bis Darstellung Fehlerbild + Maßnahmen

Kurvenmodul - Mögliche Anwendungsbeispiele (Auszug)

Alle digital überwachten Produkt- und Prozessmerkmale in Form von Kurvenverläufen können mit Hilfe des Analyser® analysiert, kontrolliert und optimiert werden.

1. Digital überwachte Schraubverbindungen, Pressvorgänge (und ähnliche Montageprozesse)

- Drehmomentverlauf [Nm] über Drehwinkel [°] mit Anzugsverfahren in mehreren Stufen
- Kraft [N] über Weg [mm]

2. Hysterese Schleifen

- Werkstofftechnik: Spannungs-Dehnungs-Diagramme
- Ventile: Kraft [N] über Weg [mm] an bestimmten Wegpunkten und F_{max} .
- Regelungstechnik, Schaltungen

3. Akustik und Schwingungsthemen:

- Vibrationen, NVH Themen (Schalldruckpegel [dB] über Drehzahl [U/min])
- Akustik- und Geräuschoptimierung

4. Kunststoffspritzgießen

- Druck [bar] über Zeit [s] oder Weg [mm]
- Temperatur [°C] über Zeit [s] oder Weg [mm]
- Optimierung der Steuerungs- und Regelungstechnik

und viele mehr...

Was kann das Transferfunktionsmodul?

Bildet **vollautomatisch** und **in Echtzeit, Wirkzusammenhänge** (für Einzelwerte und **Kurvenverläufe**) des Gesamtprozesses ab, um Produkte und Prozesse zu optimieren

- Analysiert unbekannte Wirkmechanismen und ermittelt die relevanten Einflussgrößen für Produkte und Prozesse
- Kontinuierliche Vorhersage der Produkt- und Prozessparameter durch Prognoserechnungen auf Basis der Maschinen-Lern-Modelle
- Aktive Steuerung der Einflussgrößen X_i , um die Anforderungen (Y_n) mit Spezifikationsgrenzen einzuhalten
- Kontrolle, Steuerung und Optimierung von Produkten und Prozessen
- Optimierte Parametrierung und Tolerierung für Produkte und Prozesse

Fallbeispiel Modul Transferfunktionen (1)

Anforderung: Es soll beispielsweise ein Bauteil in der Länge von 30,00 mm produziert werden $\rightarrow Y = 30,00 (+ - 0,3)$ mm

Einflussgrößen (zu steuernde Prozessparameter), die sich auf die Länge des Bauteils auswirken: X_1, X_2, X_3, \dots

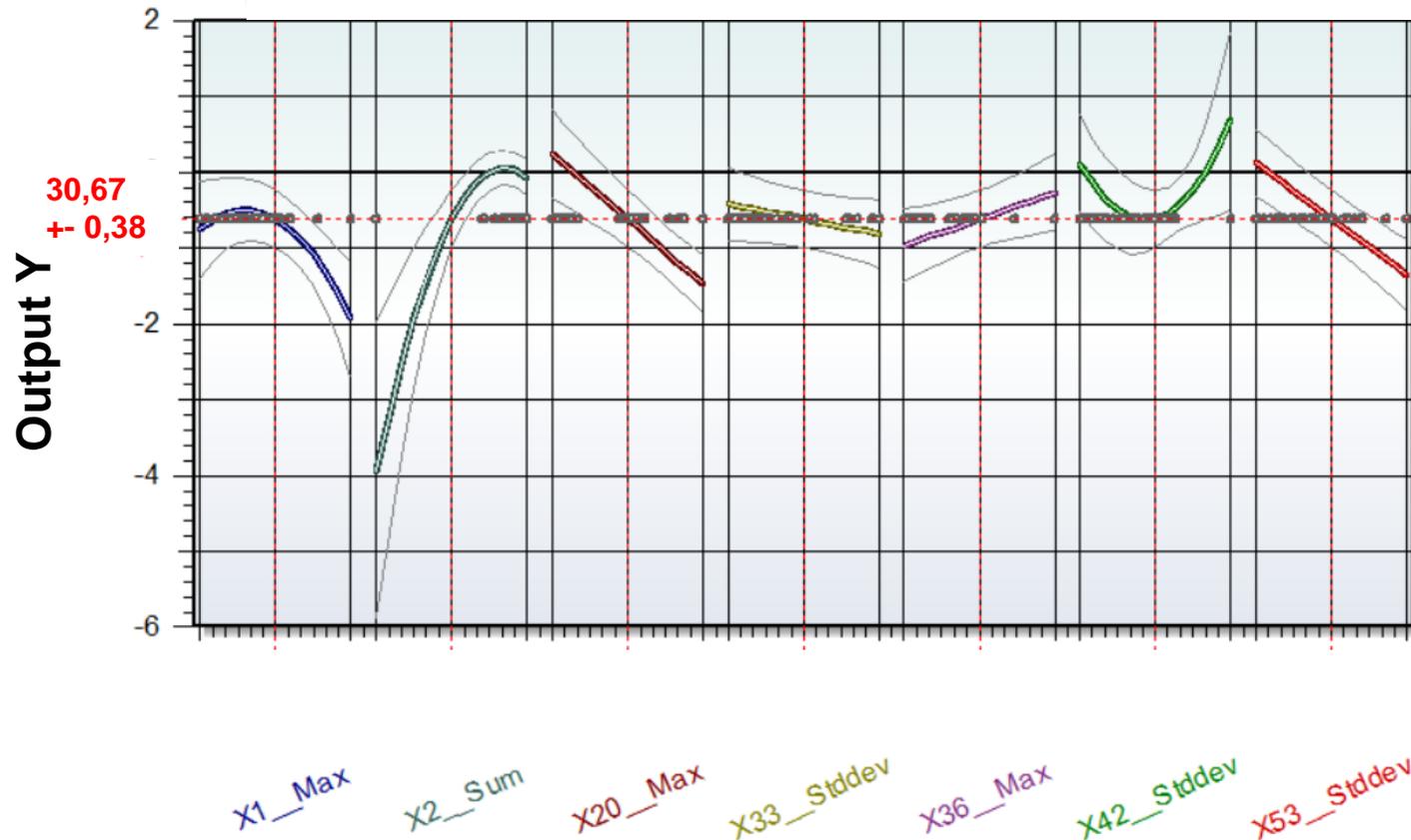
Ziel: Aufstellen einer Transferfunktion, die den Prozess mit seinen relevanten Prozessparametern abbildet. Mit dem Aufstellen der Transferfunktion wissen wir nun, welche Prozessparameter wichtig für die jeweilige Anforderung sind und wie die Prozessparameter einzustellen sind, um die Anforderung dauerhaft zu gewährleisten.

Schritt 1: Stichprobe aus Kurvenschar(en) und / oder Einzeldaten aus dem Prozess wird für das Teach-In ausgewählt. Anhand der Stichprobe soll die Transferfunktion für den Prozess aufgestellt werden.

Schritt 2: Dank des Patents können Abschnitte aus den Prozesskurven markiert und definiert werden. Dieser festgelegte Abschnitt kann damit mit seinen Charakteristika nun als Einflussfaktor des Prozesses und damit in der Transferfunktion $Y = f(X_i)$ mit aufgenommen werden.

Schritt 3: Die Berechnung der Transferfunktion(en) erfolgt mittels multiple nicht-linearer Regression (Interpretation siehe nächste Folie)

Fallbeispiel Modul Transferfunktionen (2)



Ergebnis 1: Es gibt insgesamt nur 7 relevante Einflussgrößen bezüglich der Anforderung Y.

Ergebnis 2: Einflussgrößen X33 und X36 haben einen geringen Einfluss auf die Anforderung Y. Hier können Toleranzen aufgemacht und damit Herstellkosten gespart werden.

Ergebnis 3: Einflussgröße X2 hat einen starken Einfluss auf die Anforderung Y. Mit dieser Variable sollte vorwiegend gesteuert werden.

Ergebnis 4: Aus der momentanen Einstellung der 7 Einflussgrößen ergibt sich eine Länge von 30,67 mm.

Ergebnis 5: Wir können nun die Einflussfaktoren steuern und sehen sofort (mit Wechselwirkungen), wie sich meine Anforderung verändert.

Modul Transferfunktion implementieren



Produktions- und Montageprozesse

Digitale Überwachung und Aufzeichnung von messbaren Produkt- oder Prozessparametern und Kenngrößen.



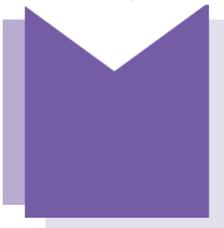
Teach-In - Haupteinflussparameter

Sammeln und priorisieren der möglichen Haupteinflussparameter und definieren in der Import-Schnittstelle des Analyser®



„Buch des Wissens“ für Transferfunktionen

Ermittlung der Transferfunktion(en) und Wirkzusammenhänge für Produkte oder (Teil-) Prozesse mittels statistischer Datenanalyse. Speicherung in der Technologiedatenbank
„Buch des Wissens für Transferfunktionen & KI-Modelle“.



Qualitätsmanagement und Produkt- / Prozessoptimierung

Optimierte Parametrierung und Tolerierung der Produkte und Prozesse durch kontinuierliche Vorhersage mittels Prognoserechnungen anhand der Transferfunktion(en).

Echtzeitverhalten: 1 – 2 sec. ab Übertragung Sensordaten bis Prognosewert inklusive Wert für Steuervariable

Modul Transferfunktion - Mögliche Anwendungsfälle (Auszug)

Alle überwachten Produkt- und Prozessmerkmale können mit Hilfe des Moduls Transferfunktion vorhergesagt, kontrolliert und optimiert werden

1. Überwachte Klebeverbindungen (und ähnliche Montageprozesse)

- Adhäsions-, Kohäsions- und Abschälkräfte = $f(\text{Viskosität, Temperatur, Raupenbreite / -höhe, etc.})$

2. Hystereseschleifen

- Bremsysteme: Ansprechzeiten = $f(X_i)$
- Ventile: Rückholkräfte = $f(X_i)$

3. Akustik und Schwingungsthemen

- Vibrationen, NVH Themen: Schalldruckpegel [dB] über Drehzahl [U/min] = $f(X_i)$
- Akustik- und Geräuschoptimierung

4. Kunststoffspritzgießen

- Schrumpfung, Welligkeit, Längenmaß = $f(\text{Druck [bar], Nachdruckzeit [s], Werkzeugtemp. [°C], etc.})$

5. Extrusion von Kunststoffen / Kautschuk

- Profilgeometrie, Härte, Kraft-Dehnungs-Koeffizient = $f(X_i)$

und viele mehr...

Digitalisierung mit dem Analyser®

Typische Projektumfänge mit ROI von 3-9 Monaten:

1) Kundenseitiges Prozessdatenmanagement- MES-System vorhanden: 50.000€ - 60.000€

- Engineering-Projekt im Vorlauf & Inbetriebnahme
- 5 Arbeitsfolgen/ Devices*
- Schulung der Mitarbeiter
- Schnittstellen Analyser-MES-System*

2) Analyser® + IPM 6.0 Bundle: 80.000€ - 100.000€

- Engineering-Projekt im Vorlauf & Inbetriebnahme
- 5 Arbeitsfolgen/ Devices*
- Schulung der Mitarbeiter
- Schnittstellen Analyser-MES-System*
- IPM 6.0 Integriertes Prozessdatenmanagement*:
 - 5 GB Datenvolumen
 - Datenauflistung
 - Einzelwertkarte – Statistische Prozesskontrolle (SPC)
 - NIO-Liste, Fehlerverfolgung
 - Produktlebenslauf
 - Kurvennavigator

Die nächsten Schritte...

- **Kostenfreies Infowebinar:** [Hier klicken](#)
- **Kostenfreies (Telefon-)Beratungsgespräch:** Weitere Fragen, Einschätzung des Datenbestandes
- **Beratungs- und Validierungstag:**
 - Begutachtung der aktuellen Situation und vorhandenen Erkenntnisse, sowie der gemessenen Produktions- und Produktvalidierungsdaten Y_n , Einflussgrößen X_i
 - Ergebnis: Erstellung des Maßnahmenplan zur Erhebung bzw. Validierung und Aufbereitung der notwendigen Daten zur Aufdeckung der Wirkzusammenhänge $Y_n = f(X_i)$
 - Ergebnis (wenn Daten vorhanden sind): Multiples Vorhersagemodell zur aktiven Steuerung der Einflussgrößen zur Kontrolle, Steuerung und Optimierung von Produkten und Prozessen
 - Kosten: 2.500€ für einen Beratungstag zzgl. Reisekosten & MwSt
- **Analyse Ihrer Themen und Wirkzusammenhänge auf Basis Ihrer Daten im Analyser-csv-Format:**
 - Unbekannte Wirkmechanismen und die relevanten Einflussgrößen für Produkte und Prozesse werden ermittelt
 - Multiples Vorhersagemodell mit seinen Einflussgrößen erstellen
 - Ergebnis: Vorhersagemodell ermöglicht eine aktive Steuerung der Einflussgrößen zur Kontrolle, Steuerung und Optimierung von Produkten und Prozessen
 - Kosten: Kostenfrei, wenn die Daten im Analyser-csv-Format geliefert werden (Kontaktieren Sie uns diesbezüglich)