

Software: SimX - Nadelantrieb - Struktur-Optimierung

Aus OptiYummy

↑

← →

5. Etappe im Übungskomplex "Nadelantrieb" Struktur-Optimierung (Stabilität) Autor: Dr.-Ing. Alfred Kamusella

*Es steckt oft mehr Geist und Scharfsinn
in einem Irrtum als in einer Entdeckung.
- Joseph Joubert -*

- **Grundlagen**
- **Schwachstellen-Analyse (Optimierungsziele)**
- **Ablauf eines Optimierungsschrittes:**
 1. Struktur-Modifikation (Modell)
 2. Nennwert-Optimierung
 3. Probabilistische Simulation
 4. Bewertung der Struktur-Modifikation

Einzusendende Ergebnisse:

- Teilnehmer der Lehrveranstaltung "Konstruktionstechnik" schicken ihre Ergebnisse per Mail an **a.kamusella@ifte.de**
- Als Anhang dieser Mail sind mit (xx=Teilnehmer-Nummer 01...99) folgende konfigurierte Modelldateien möglichst in einem Archiv-File zu senden:

Etappe5_xx.ism
Etappe5_xx_Nennwert.opy
Etappe5_xx_Streuung.opy

- Einsendeschluss ist die Nacht vor der nächsten Übungsetappe.

← →

Von „[http://www.optiyummy.de/index.php/Software: SimX - Nadelantrieb - Struktur-Optimierung](http://www.optiyummy.de/index.php/Software:_SimX_-_Nadelantrieb_-_Struktur-Optimierung)“

Software: SimX - Nadelantrieb - Struktur-Optimierung - Grundlagen

Aus OptiYummy

↑

← →

Grundlagen (Struktur-Optimierung)

Struktur-Optimierung wird im Folgenden unter dem Aspekt der ganzheitlichen Optimierung eines Gerätes (bzw. einer gerätetechnischen Baugruppe) betrachtet:

- Die Struktur eines Gerätes ergibt sich aus der wechselwirkenden Verbindung seiner Komponenten.
- Bisher haben wir mittels Parameter-Optimierung versucht, für eine vorhandene Struktur im Sinne der Bewertungskriterien optimale Lösungen zu finden. Die Struktur des Gerätes wurde dabei nicht verändert.

Es existiert ein qualitativer Unterschied zwischen den Optimierungstypen:

- **Parameter-Optimierung** befasst sich in diesem Sinne nur mit der *Dimensionierung* der zum Gerät verbundenen Komponenten. Das wird in der Literatur nicht einheitlich betrachtet. In der unten angegebenen Literatur-Empfehlung wird z.B. die *Dimensionierung* als ein Typ der Struktur-Optimierung behandelt.
- **Struktur-Optimierung** im Sinne einer ganzheitlichen Geräte-Optimierung bezieht sich auf die zielgerichtete Veränderung der Geräte-Struktur durch Änderung von Komponenten und ihrer wechselwirkenden Verbindungen. Veranschaulicht am Beispiel einer elektronischen Schaltungen werden dabei Bauelemente oder Verbindungen entfernt bzw. hinzugefügt.

Industriell nutzbare Software-Pakete zur Struktur-Optimierung beschränken sich auf Topologie-Optimierung unter Nutzung von Finite Element Modellen:

- Damit kann man einzelne Geräte-Komponenten (Bauteile) in Hinblick auf ihre räumlich-stofflichen Struktur optimieren.
- Dies ist meist beschränkt auf die Berücksichtigung einer physikalischen Domäne (Strukturmechanik bzw. diverse Potential- und Strömungsprobleme).
- Das "Erfinden" einer neuen Geräte-Struktur durch freie Kombination und Verbindung unterschiedlichster Komponenten ist mit heutiger Software praktisch nicht möglich!

Favorisierte Lösungsvarianten für ein Gerät werden trotz optimaler Dimensionierung aller Komponenten noch Schwächen aufweisen. In der Praxis wird man versuchen, durch möglichst geringe Änderungen der Funktions- oder auch der Wirkstruktur diese Schwachstellen zu beseitigen:

- Der Austausch bzw. die Ergänzung einzelner Gerätekomponenten erfordert die Modifikation der vorhandenen Simulationsmodelle. Der Prozess der Modellbildung einschließlich der Modellvalidierung muss für jede Strukturänderung erneut durchlaufen werden!
- Jede Änderung einzelner Komponenten erfordert infolge der starken Wechselwirkung zwischen den Gerätekomponenten eine erneute ganzheitliche parametrische Optimierung des Gerätes.
- Die Analyse und Bewertung in Hinblick auf vorhandene Schwachstellen muss für die veränderten optimalen Lösungen erneut vorgenommen werden.
- Die Optimierung struktureller Details einer Lösungsvariante gestaltet sich zu einem iterativen Prozess. Infolge des hohen Anteils kreativer Ingenieur Tätigkeit ist dieser Prozess der Struktur-Optimierung noch nicht vollständig automatisierbar!

Im Rahmen dieser Übung werden wir einen derartigen Prozess der gerätetechnischen Struktur-Optimierung gestalten. Damit werden wir die mittels Probabilistischer Simulation aufgedeckten Schwachstellen unseres

Magnet-Antriebs beseitigen.

Literatur-Empfehlung:

Harzheim, Lothar: **Strukturoptimierung: Grundlagen und Anwendungen** (ISBN 978-3-8171-1809-0)

← →

Von „http://www.optiyummy.de/index.php/Software:_SimX_-_Nadelantrieb_-_Struktur-Optimierung_-_Grundlagen“

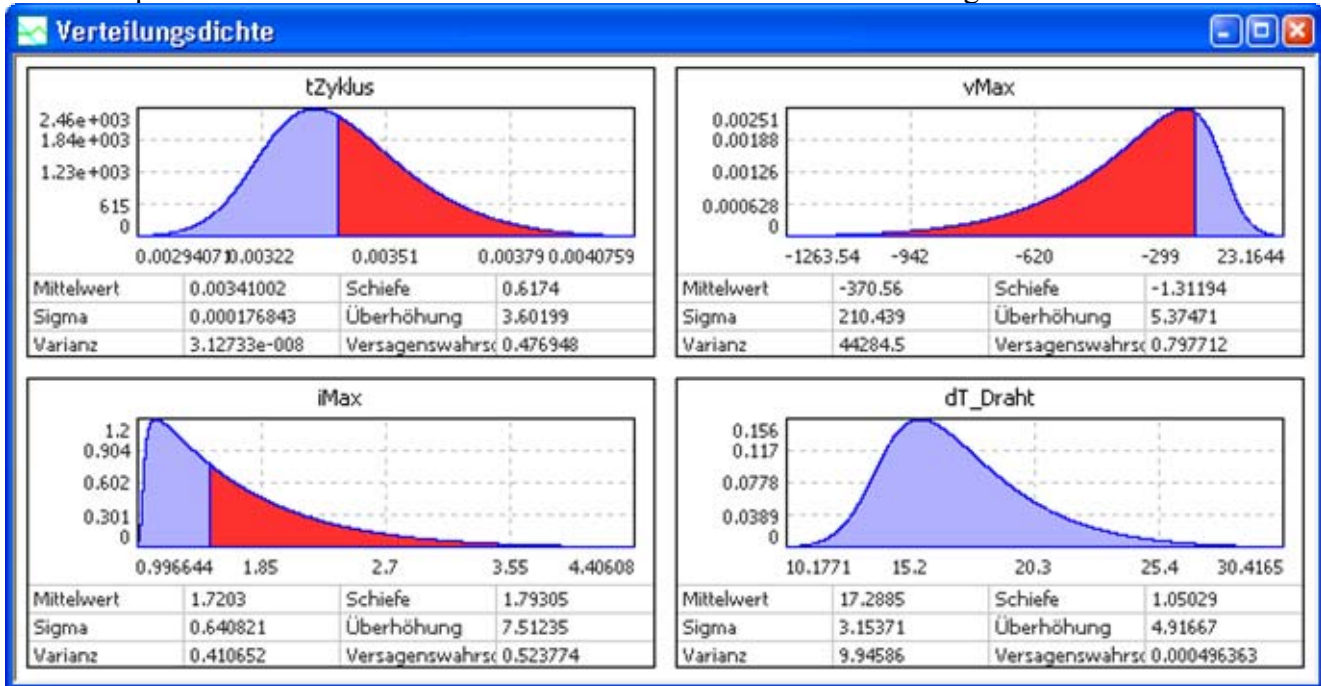
Software: SimX - Nadelantrieb - Struktur-Optimierung - Schwachstellen-Analyse

Aus OptiYummy

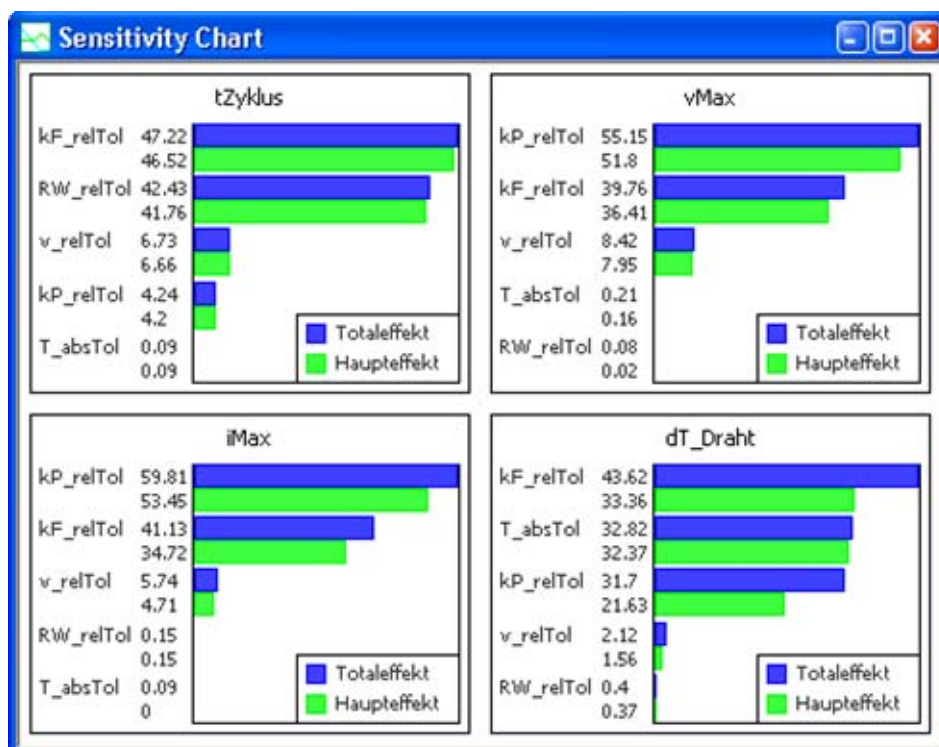
↑
← →

Schwachstellen-Analyse (Optimierungsziele)

Die Nennwert-Optimierung führte zu einer idealen Lösung, welche alle Forderungen erfüllte. Erst durch die anschließende probabilistische Simulation wurden die Schwächen dieser Lösung sichtbar:

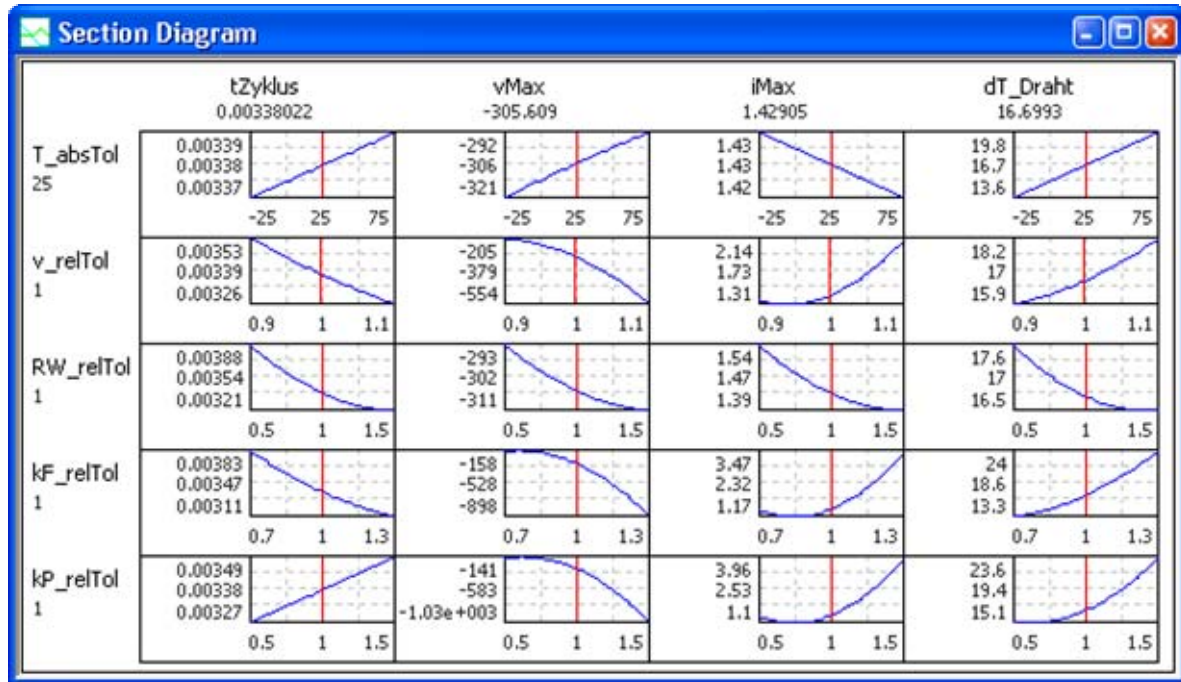


Infolge der Verhaltensstreuung arbeitet der Antrieb in über 50% der Fälle außerhalb der Spezifikation. Kritisch sind dabei die sehr selten auftretenden Maximalströme von ca. 5 A und vor allem die Spannungsspitzen von über 1 kV.

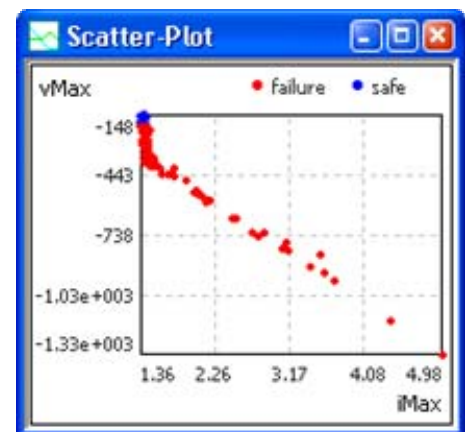


Das Optimierungsziel einer Struktur-Optimierung sollte darin bestehen, eine sichere Begrenzung von Maximalstrom und -spannung unter allen Umständen zu gewährleisten. Auch hier helfen uns die Ergebnisse der probabilistischen Simulation, einen Ansatz für eine Strukturänderung in unserem Magnetantrieb zu finden:

- Den größten Effekt (= größte Auswirkung) auf die Maximalstrom und -spannung besitzt die Streuung der Papiersteife.
- Die Schnittdiagramme zeigen, dass insbesondere steiferes Papier ($kP_relTol > 1$) zu ungünstigeren elektrischen Maximalwerten führt:



- Im Extremfall des Verklemmens der Präge-Nadel infolge eines harten Fremdkörpers, der das Prägen verhindert, würde der Maximalstrom nur durch den ohmschen Widerstand der Spule begrenzt.
- In diesem Extremfall führt das Abschalten der Spule zu einer Abschaltspannung von mehreren kV, da dann dieser hohe Strom durch den Schutzwiderstand fließt!
- Der Abschaltstrom liegt bei der optimierten Lösung meist zwischen dem halben und vollständigen Maximalstrom. Das widerspiegelt sich als überwiegend linearer Zusammenhang zwischen Maximalstrom und -spannung im Anthill-Plot der Sample-Methode.
- Da die Abschaltspannung ursächlich vom Maximalstrom abhängt, können wir uns auf die Beseitigung der Schwachstelle "Maximalstrom" konzentrieren. Wenn der Maximalstrom nie überschritten wird, können zumindest keine extremen Abschaltspannung auftreten!



Ziele der Struktur-Optimierung:

1. Sichere Begrenzung des Spulenstroms auf den zulässigen Wert.
2. Sichere Begrenzung der Spulenspannung auf den zulässigen Wert.
3. Trotzdem Erreichen eines möglichst kurzen Prägezyklusses.

← →

Von „http://www.optiyummy.de/index.php/Software:_SimX_-_Nadelantrieb_-_Struktur-Optimierung_-_Schwachstellen-Analyse“

Software: SimX - Nadelantrieb - Struktur-Optimierung - Struktur-Modifikation

Aus OptiYummy

↑

← →

Struktur-Modifikation (Modell)

Ausgehend vom Nennwert-optimierten Modell, welches wir in der *Etappe4* probabilistisch untersucht haben, erstellen wir als Kopie ein Modell **Etappe5_xx.ism** (mit xx=Teilnehmer 00..99). An diesem Modell nehmen wir kleine Struktur-Änderungen vor, um die Schwachstellen unserer bisherigen Lösung zu beheben.

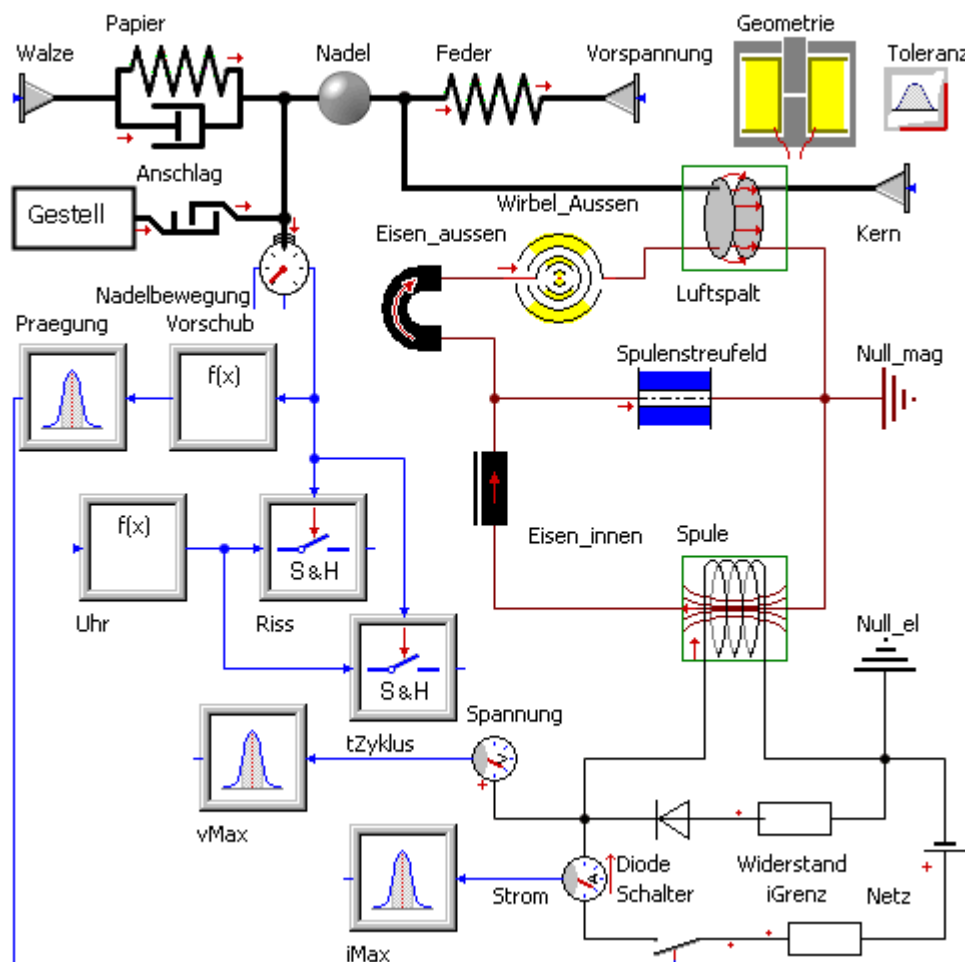
Hinweis zur SimulationX-Studentenversion:

- Ab der Version 3.4 wurde die Anzahl zulässiger Zustandsgrößen von 20 auf 17 reduziert.
- Um die zusätzlichen Elemente zur Strom-/Spannungsbegrenzung ergänzen zu können, muss man anderweitig im Modell eine Zustandsgröße einsparen!
- Der Wirbelstrom für den kurzen Eisenabschnitt im Spulennern kann vernachlässigt werden (**Wirbel_Innen löschen!**).
- Wenn man den kompletten ohmschen Eisenwiderstand dem äußeren Eisenabschnitt zuweist, ergeben sich praktisch deckungsgleiche Signalverläufe:

$$\text{Wirbel_Aussen.Reddy} = \text{Geometrie.Re_Eisen}$$

Strombegrenzung

Wir werden die naheliegende Idee aufgreifen und das Netzteil mit einem Strombegrenzungselement *iGrenz* versehen:



- Leider enthält die Modell-Bibliothek keinen Strombegrenzer als Elementtyp, so dass wir selbst ein solches Element entwickeln müssen.
- Wir benutzen dafür direkt einen normalen elektrischen Widerstand, dessen Widerstandswert **R** sich in Abhängigkeit vom durchfließenden Strom ändern soll:

$$R = |i / i_{\text{Grenz}}|^{512}$$

- Der Wert für den Maximalstrom **i_{Grenz}** wird im **Geometrie**-Element als zusätzlicher Parameter definiert.
 1. Für $i < i_{\text{Grenz}}$ geht der Widerstandswert gegen Null.
 2. Für $i > i_{\text{Grenz}}$ nimmt der Widerstandswert große Werte an, um den Strom zu begrenzen.
- Der **Exponent=512** hat sich als numerisch günstiger Kompromiss zwischen numerischer Stabilität und Begrenzungsfunktion erwiesen.
- Insbesondere der 2. Fall führt infolge der Exponentialfunktion im Zusammenspiel mit den Eigenarten der numerischen Simulation schnell zu numerischen Problemen. Deshalb erfolgt für den Widerstandsparameter **i_{Grenz}.R** eine Begrenzung der Exponentialfunktion unter Berücksichtigung der Ereignisbehandlung:

```
if noEvent(abs(self.i/Geometrie.iGrenz)<1.1)then pow(abs(self.i/Geometrie.iGrenz), 512)else pow(1.1,512)
```

Spannungsbegrenzung

Würde man den Schutz-Widerstand wie bisher in die Nennwert-Optimierung einbeziehen, so wird das Abschalten der Spule wahrscheinlich nicht beim Maximalstrom erfolgen:

- Damit kann weiterhin eine zu hohe Abschaltspannung auftreten (z.B. bei Behinderung des Prägens).
- Diese Abschaltspannung ist dann ca. doppelt so groß wie zulässig und würde wahrscheinlich zur Zerstörung der Spule führen.

Falls man ein zusätzliches Begrenzer-Element für die Spannung vermeiden will, so muss man den Abschaltwiderstand so dimensionieren, dass bei max. zulässigem Strom höchstens die max. zulässige Spannung anliegt:

$$\text{Widerstand.R} = v_{\text{Grenz}} / i_{\text{Grenz}}$$

- Der Wert für die Maximalspannung **v_{Grenz}** wird im **Geometrie**-Element als zusätzlicher Parameter definiert.
- Der Wert des Schutz-Widerstandes ist nun durch die laut Anforderungsliste gegebenen elektrischen Grenzwerte vollständig bestimmbar. Deshalb muss er nicht mehr als Entwurfparameter in den folgenden Optimierungsschritten berücksichtigt werden. Liegt der berechnete Wert außerhalb z.B. der **E24-Widerstandsreihe**, so könnte man ihn technisch z.B. durch Parallelschaltung zweier E24-Widerstände kostengünstig realisieren!

Numerische Stabilität

- Bei Berücksichtigung der Hinweise zur Simulationssteuerung aus den vorherigen Etappen erfolgt die Simulation stabil.
- Falls es Probleme beim Abschaltvorgang auftreten, muss man jedoch die Schutzdiode aus dem Modell entfernen. Dies ist der Fall, wenn bei der Optimierung gehäuft die Meldung auftritt: *"Kann nach einer Unstetigkeit keinen konsistenten Zustand herstellen."*

← →

Von „http://www.optiyummy.de/index.php/Software:_SimX_-_Nadelantrieb_-_Struktur-Optimierung_-_Struktur-Modifikation“

Software: SimX - Nadelantrieb - Struktur-Optimierung - Nennwert-Optimierung

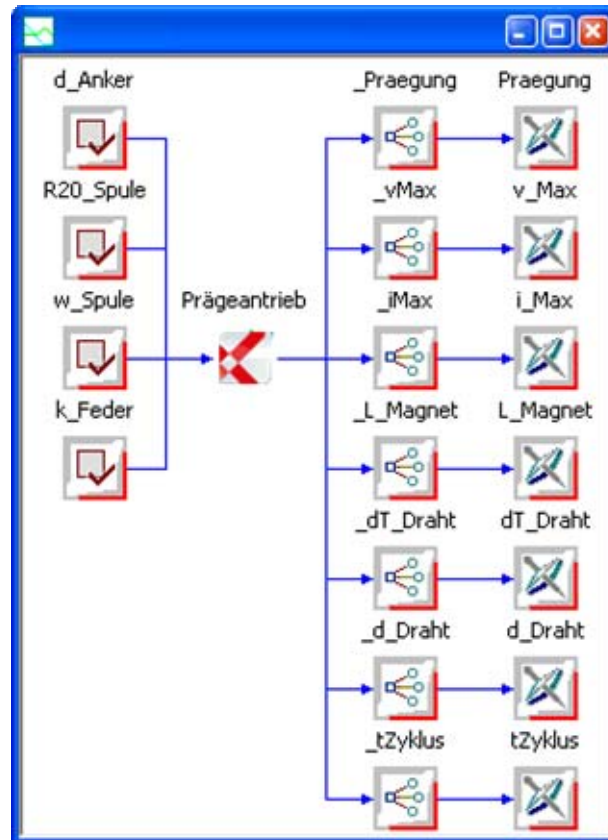
Aus OptiYummy

↑

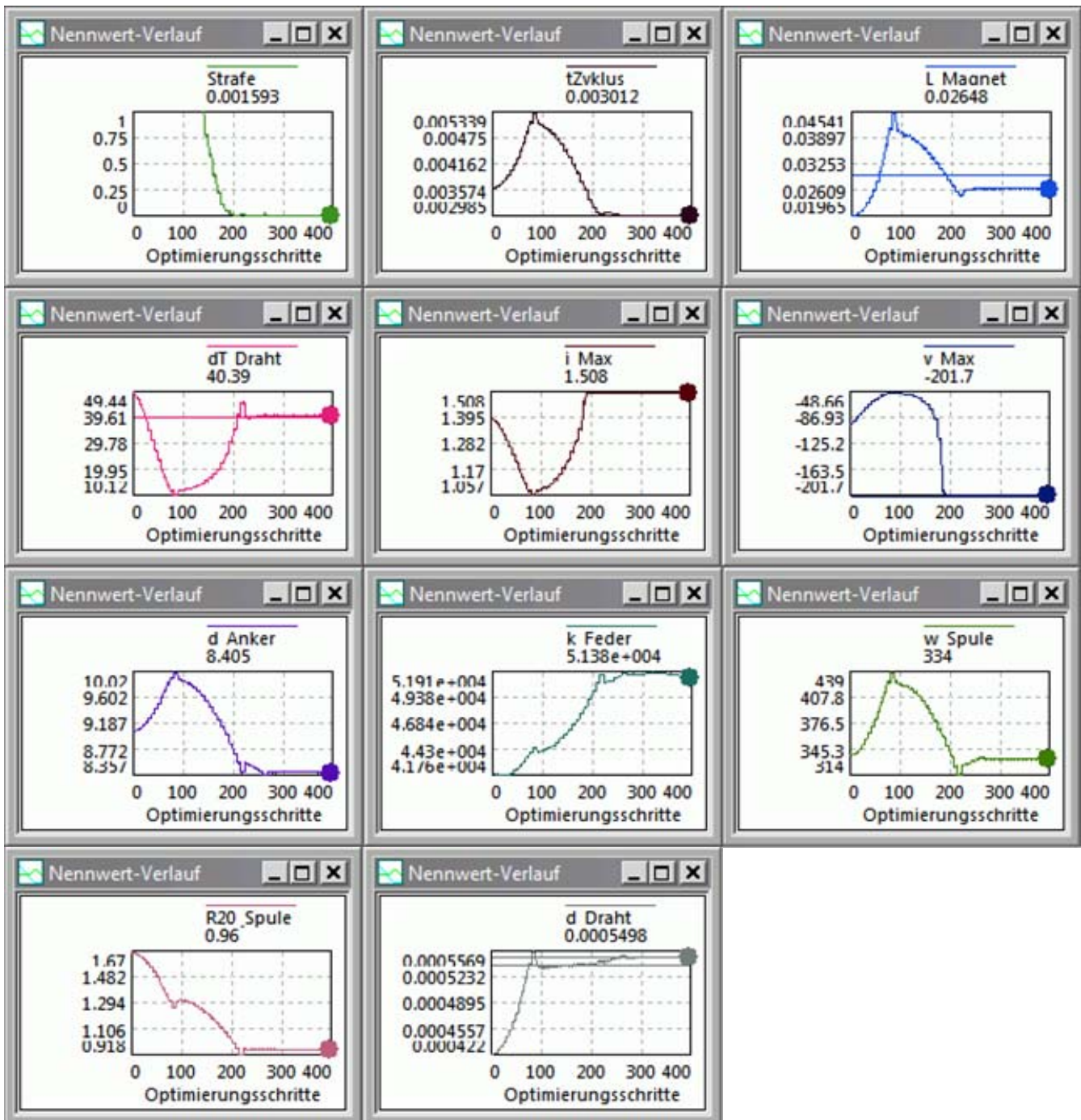
← →

Nennwert-Optimierung

Bei der Nennwert-Optimierung brauchen wir im Experiment-Workflow des OptiY-Versuchsstands **Etappe5_xx_Nennwert.opy** nur noch vier Entwurfsparameter berücksichtigen:

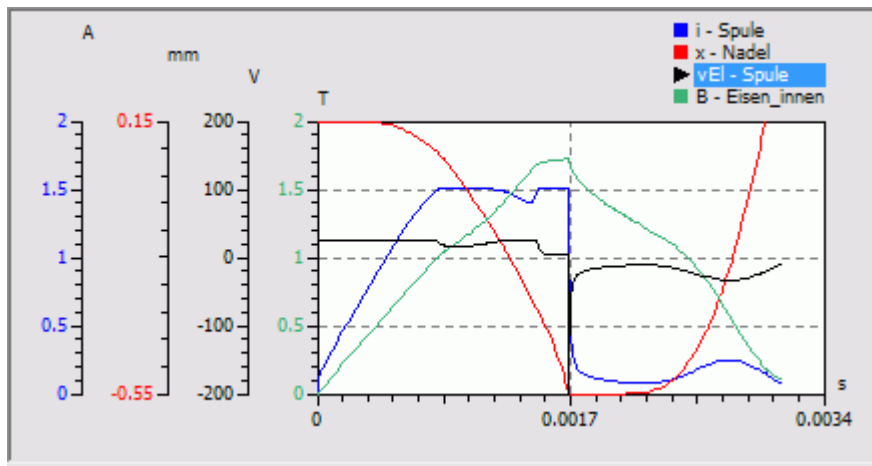


- Am schnellsten gelangt man zu diesem Versuchsstand, wenn man eine Kopie von der Datei **Etappe3_xx.opy** erzeugt.
- Nach dem Öffnen im OptiY ändert man den Modellnamen für das SimX-Modell und löscht den Abschalt-Schutzwiderstand im Workflow. Nach dem Speichern des geänderten Workflows sollte das erneute Öffnen ohne Fehlermeldung gelingen.
- Die Nennwert-Optimierung erfolgt einschließlich der Berücksichtigung der Draht-Normreihe wie in *Etappe3* beschrieben:



Hinweise:

- Die Restriktionsgrößen **iMax** und **vMax** werden zu Kontrollzwecken angezeigt. Die geringfügige Überschreitung von **iMax** resultiert aus der nicht ganz idealen Wirkung des Begrenzungselements und hat praktisch keine Bedeutung. Damit daraus kein Anteil in der Straffunktion resultiert, sollte man den zulässigen Grenzwert für die Restriktionsgröße im Experiment etwas erhöhen (z.B. auf **1.51 A**).
- Hinweis:** Hat man aus Gründen der numerischen Stabilität die Schutzdiode entfernt, so fließt nicht der komplette Strom durch die Spule, sondern ein Teil fließt durch den parallel liegenden Widerstand. Der Wert von **vMax** ist dann infolger dieser Modellvereinfachung immer kleiner als der zulässige Grenzwert.
- Da der vorgegebene Wert des Schutzwiderstand viel kleiner ist, als bei der Nennwert-Optimierung in der *Etappe3*, ermöglicht dies eine qualitativ andere Lösung. Der Magnetkreis kann nun so dimensioniert werden, dass das Abschalten immer beim zulässigen Maximalstrom erfolgt.
- Da eine aktive Strombegrenzung existiert, kann mittels kleiner Windungszahl ein möglichst schneller Stromanstieg erreicht werden. Mit einem kleineren Eisenquerschnitt gelangt das Eisen schneller in die magnetische Sättigung, was zu einem noch schnelleren Stromanstieg führt.
- Die geringere Windungszahl ermöglicht im Wickelraum einen größeren Drahtdurchmesser mit geringeren ohmschen Verlusten, was günstig für die Erwärmung ist.
- Die neue Verhaltensqualität kann man deutlich in den Signalverläufen des Nennwert-Optimums erkennen:



← →

Von „http://www.optiyummy.de/index.php/Software:_SimX_-_Nadelantrieb_-_Struktur-Optimierung_-_Nennwert-Optimierung“

Software: SimX - Nadelantrieb - Struktur-Optimierung - Probabilistische Simulation

Aus OptiYummy

↑

← →

Probabilistische Simulation

Inhaltsverzeichnis

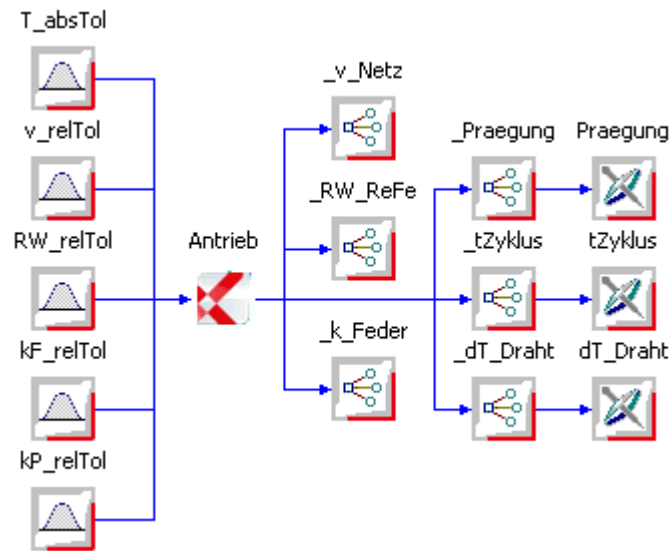
- 1 Experiment-Planung
- 2 Sample-Methode
- 3 Moment-Methode
- 4 Modellreduktion bei un stetigem Modellverhalten

Experiment-Planung

Die Funktionalität unseres Antriebs hat sich für die exakten Nennwerte durch die Struktur-Änderung nicht verschlechtert. In Hinblick auf die Zykluszeit erreicht man durch Ausschöpfen aller Restriktionen wieder den gleichen Wert.

Erst die probabilistische Simulation kann zeigen, in welchen Maße wir durch die Struktur-Änderung eine akzeptable Verbesserung unserer Antriebslösung in Hinblick auf die Robustheit gegen Parameter-Streuungen erreichen konnten.

Wir benutzen dafür einen neuen OptiY-Versuchsstand **Etappe5_xx_Streuung.opy**:



- Diesen kann man wie für die Nennwert-Optimierung aus einer Kopie von *Etappe4_xx.opy* mit anschließender Änderung der Modellnamen in beiden Experimenten gewinnen:
- Da wir wissen, dass **iMax** und **vMax** die vorgegebenen Grenzen nicht mehr überschreiten können, ersparen wir uns bei der probabilistischen Simulation die zugehörigen Restriktionsgrößen.
- Sowohl mit der Sample-Methode als auch mit der Moment-Methode soll in Anlehnung an die *Etappe4* eine probabilistische Simulation der neuen Nennwert-optimalen Lösung vorgenommen werden.

Hinweise zur Modell- und Lösungsstabilität:

- Unter Umständen werden während der probabilistischen Simulation Lösungsexemplare generiert, deren Magnet zu schwach ist, um das Papier zu Prägen. Dabei ergibt sich eine Zykluszeit nahe Null. Man sollte deshalb die Untergrenze der Restriktion für die zulässige Zykluszeit auf Null setzen.

- Ohne *Praegung* des Papiers erfolgt im Modell kein Abschalten des Elektro-Magneten, der nun komplett in die Sättigung gelangt. Dabei kann sich der Solver in einer Rechenschleife verfangen und die Modellrechnung endet nicht selbständig. Deshalb sollte man den Term für die Abbruchbedingung im Simulationsmodell wie folgt umformulieren:

```
((Praegung.y>=1)and(tZyklus.y>2e-3)and((t-tZyklus.y)>1e-4))or((Riss.y==0)and(Nadel.v>0)and(Nadel.x<Nadel.x0))
```

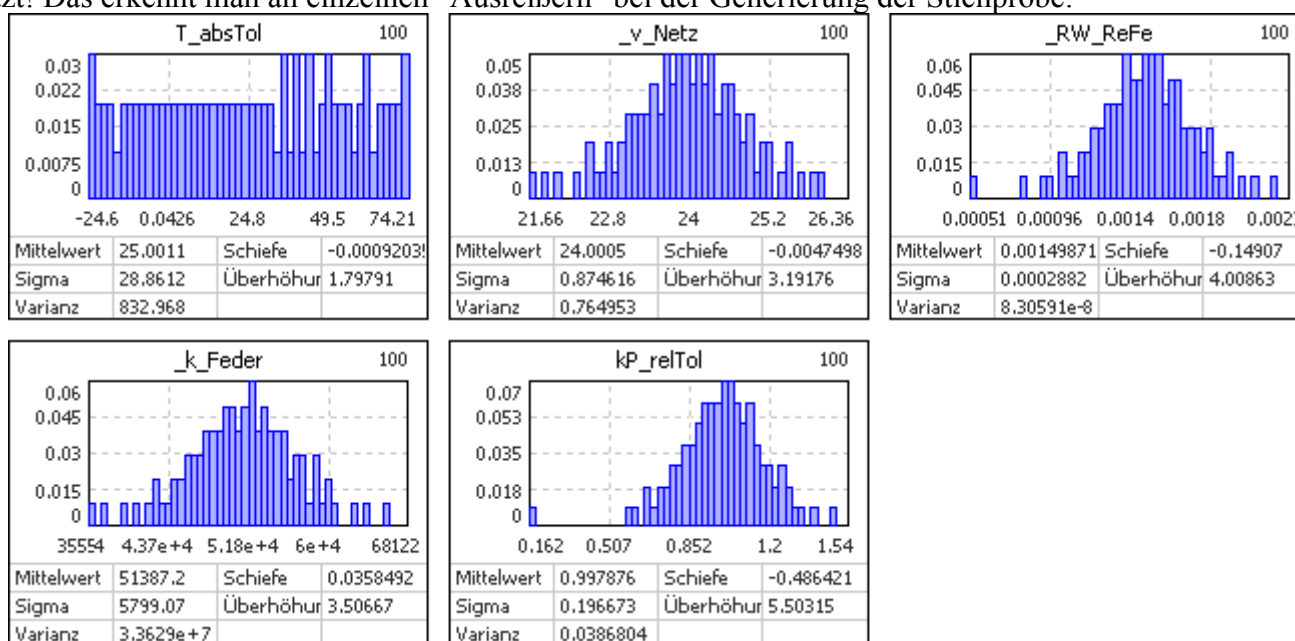
- Wenn das Papier noch nicht gerissen ist und die Nadel trotzdem zurückfliegt, dann federte die Nadelspitze nur auf der Papieroberfläche ab und es wird kein Prägevorgang erfolgen. In diesem Fall soll die Simulation enden.
- Bevor die Nadel durch die Magnetkraft in das Papier gedrückt wird, erfolgt durch die Feder-Vorspannung ein Zurückziehen in den Anschlag. Das wird als ein tZyklus-Ereignis interpretiert. Es entsteht ein Wert $tZyklus < 2e-3$ s. Mit dem bisherigen Spulenmodell wird beim Nichtprägen damit eine Erwärmung von ca. 1000 K berechnet! Wir ändern deshalb mit dem Typedesigner das Verhalten des Spulenelements wie folgt:

```
PW:=Rel*i*i;
EW:=integral(PW,0);
if noEvent(t_Zyklus>2e-3) then
  PW_mittel:=EW/t_Zyklus;
else
  PW_mittel:=EW/(time+1e-6);
end if;
dT_Spule:=Rth_Kuehl*PW_mittel;
```

- Die Spulen-Erwärmung dT_{Spule} erhält damit beim Nichtprägen einen Wert, der ca. doppelt so groß ist, wie bei einem normalen Prägevorgang. Ursache ist, dass innerhalb der Simulationszeit keine Abschaltpause existiert, was die mittlere Verlustleistung erhöht. Das entspricht im Wesentlichen den realen Vorgängen.
- **Achtung:** Man sollte sich bewusst sein, dass diese Trickereien nur unter konkreten Bedingungen funktionieren. Falls man z.B. einen Antrieb erhält, dessen Zykluszeit < 2 ms ist, so funktioniert der Test auf 2 ms natürlich nicht mehr richtig!

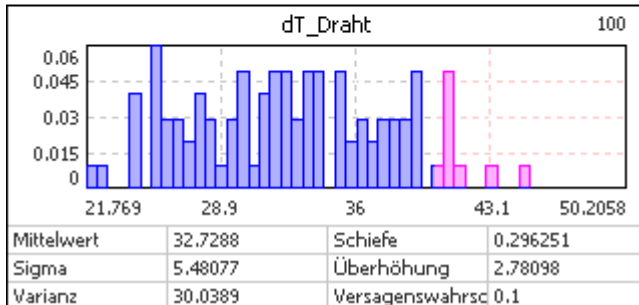
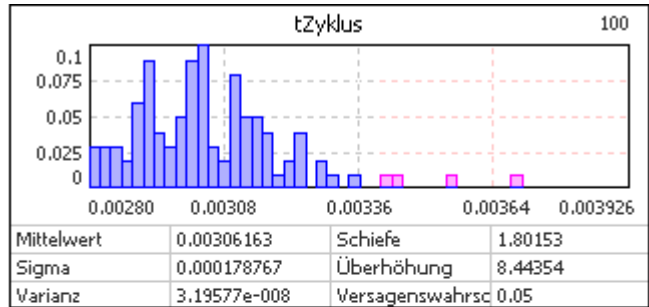
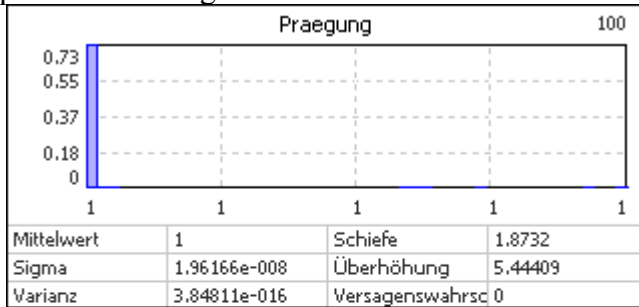
Sample-Methode

Hier soll das Augenmerk darauf gerichtet werden, dass eine Normalverteilung laut Definition keine Grenzen besitzt! Das erkennt man an einzelnen "Ausreißern" bei der Generierung der Stichprobe:

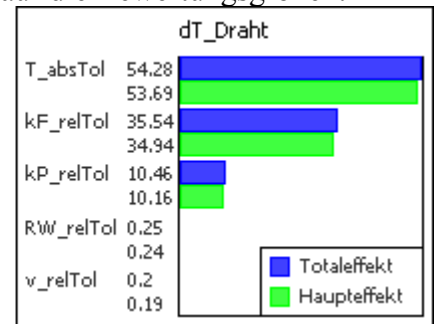
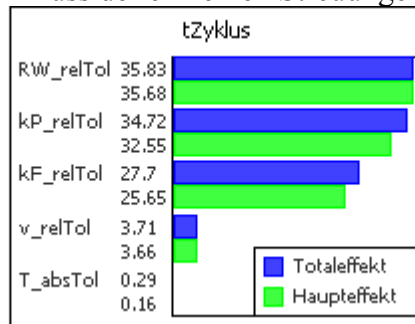
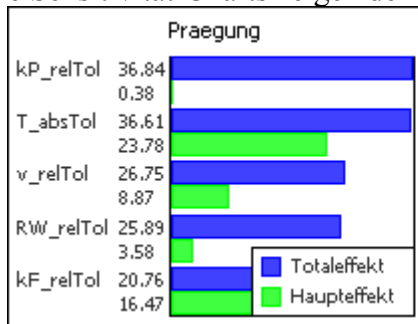


- Solche "Ausreißer" bewirken bei grenzwertigen Lösungen häufig ein unzulässiges Verhalten.
- Alle nicht normalverteilten Streuungen (im Beispiel die Spulentemperatur) bewegen sich nur innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte.

Falls die gesamte berechnete Stichprobe zu einer vollständigen Praegung des Papiers führt, so ist die Interpretation der Ergebnisse relativ einfach:

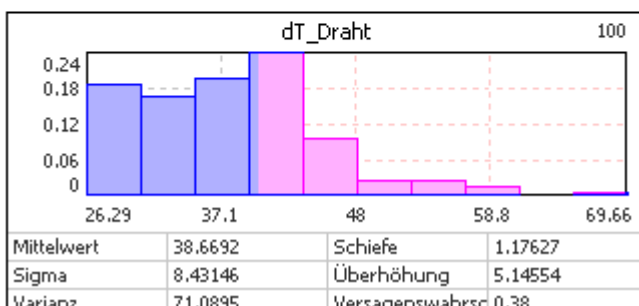
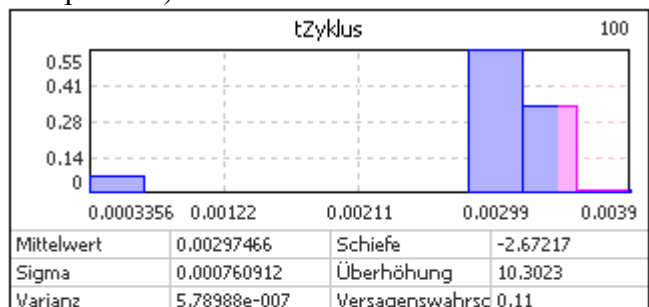
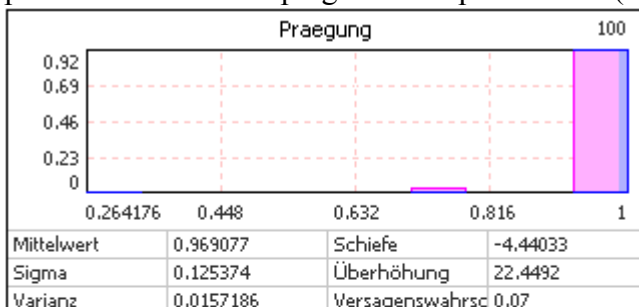


- Die Sensitivität-Charts zeigen den Einfluss der einzelnen Streuungen auf die Bewertungsgrößen:



- Bei vollständigem Prägen der Stichprobe zeigt der Sensitivity-Chart für die Praegung nur das Rauschen. Die Ergebnisse des Praegung-Charts können also ignoriert werden.
- Die Charts der anderen Bewertungsgrößen zeigen jedoch deutlich den unterschiedlichen Einfluss der einzelnen Streuungen. Die Effekte aus den Streuungen der Betriebsspannungen und der Spulentemperatur könnte man im Beispiel wie bereits in der vorherigen Übungsetappe vernachlässigen.

Kritisch wird die Interpretation der Ergebnisse, wenn man im Histogramm der *Praegung* sieht, dass ein Teil der Stichprobe zu einem Nichtprägen des Papiers führte (im Beispiel 7%):

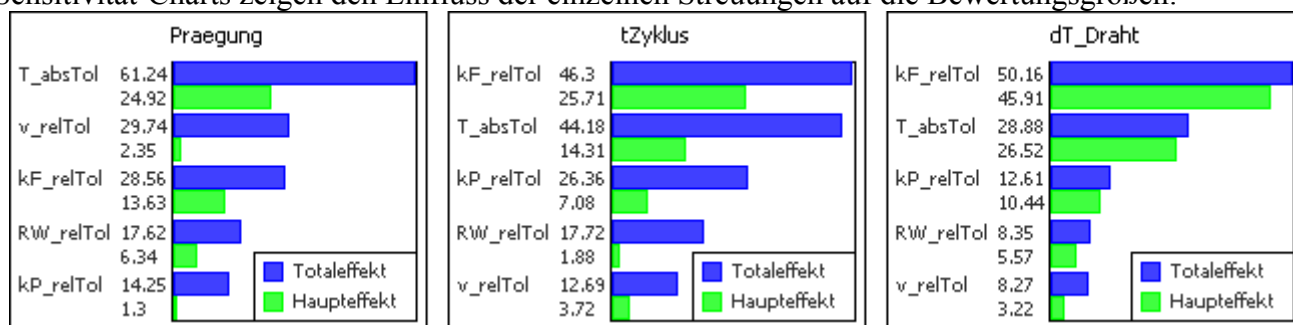


Hinweis: Falls "nichtprägende" Lösungen im Histogramm nicht dargestellt werden, obwohl dafür eine

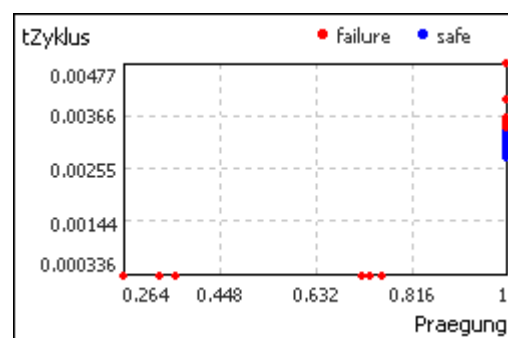
Versagenswahrscheinlichkeit >0 angezeigt wird, kann man die Anzahl der Balken im Histogramm verringern (im Beispiel auf 10). Das muss aber nicht zum Erfolg führen, denn in den Histogrammen werden nur Balken ab einer gewissen prozentualen Höhe berücksichtigt! In der DOE-Tabelle erhält man die Werte der kompletten realen Stichprobe.

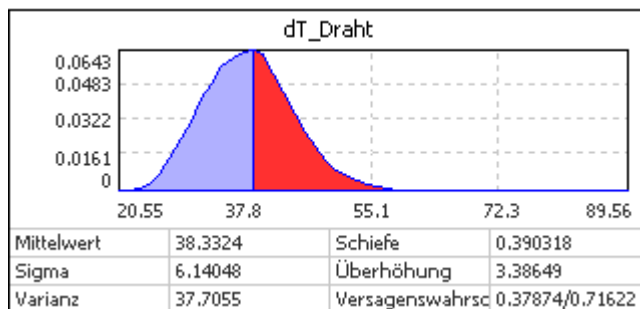
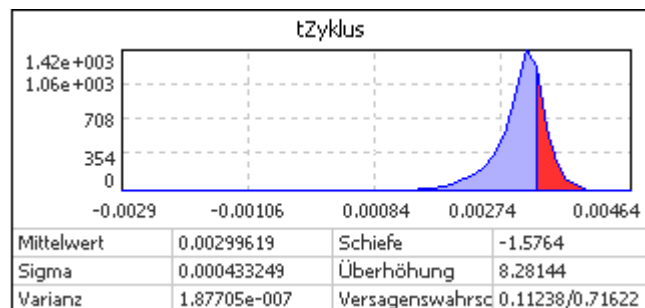
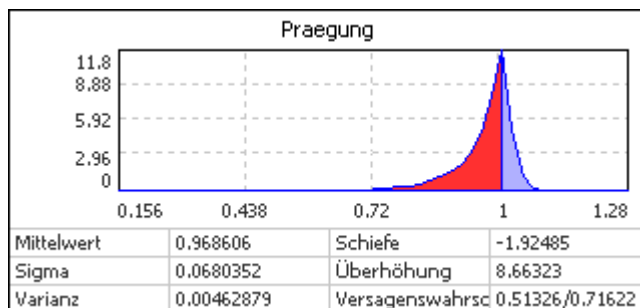
- Die "nichtprägenden" Antriebe widerspiegeln sich auch im Histogramm der Zykluszeit, wo sie mit einer sehr kleinen Zykluszeit von ca. 0,3 ms vermerkt sind.
- Weniger Augenscheinlich sind diese Exemplare im Histogramm der Spulenerwärmung. Hier führen sie zu einer erhöhten Temperatur von etwas über 50 K.

Die Sensitivität-Charts zeigen den Einfluss der einzelnen Streuungen auf die Bewertungsgrößen:

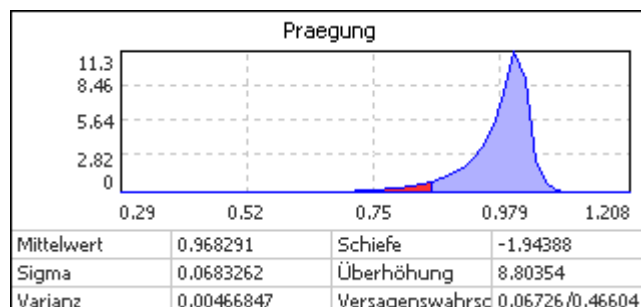


- Der Effekt (=Einfluss) der einzelnen Streuung auf das Verhalten (abgebildet durch die Bewertungsgrößen) wird für den aktuellen Arbeitspunkt bestimmt (=aktuelle Nennwerte).
- Für die Effekt-Berechnung wird nicht das Original-Modell benutzt. Verwendet werden dafür die Antwortflächen (=Ersatzfunktionen) der einzelnen Bewertungsgrößen.
- Die gebildeten Ersatzfunktionen (im Beispiel Polynome 2. Ordnung) sind nur für stetige Verhaltensänderungen hinreichend genau.
- Wir haben hier jedoch den typischen Fall, dass zulässige und unzulässige Lösungen nicht stetig ineinander übergehen:
- Es entstehen im Beispiel zwei Teilmengen in der Stichprobe, welche sich in Ihren Eigenschaften markant voneinander unterscheiden.
- Dieser Fall ist typisch bei Totalversagen von Lösungen ("Sein oder Nichtsein"), was sich im Beispiel in "Prägen oder Nichtprägen" äußert.
- In der realen Monte-Carlo-Stichprobe wird dieses Verhalten exakt abgebildet. Man kann die "räumlich" getrennten Lösungsmengen sehr gut über Anthill-Plots visualisieren (Bild rechts).
- Der Wert von $t_{\text{Zyklus}}=0,336$ ms beim "Nichtprägen" repräsentiert keinen besonders schnellen Antrieb. Es handelt sich um einen Zufallswert, der aus dem Hineinziehen der Prägenadel in den Anschlag durch die Federvorspannung vor dem Wirken einer ausreichenden Magnetkraft resultiert.
- Für unstetige Bewertungsgrößen (z.B. Praegung) ist es kaum möglich sein, die Streuung der Bewertungsgrößen mittels eines Polynom-Ansatzes befriedigend abzubilden, wie man anhand der virtuellen Stichprobe auf einem Polynom 2. Ordnung erkennt:



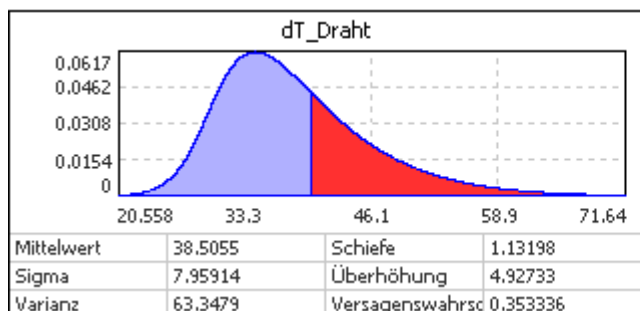
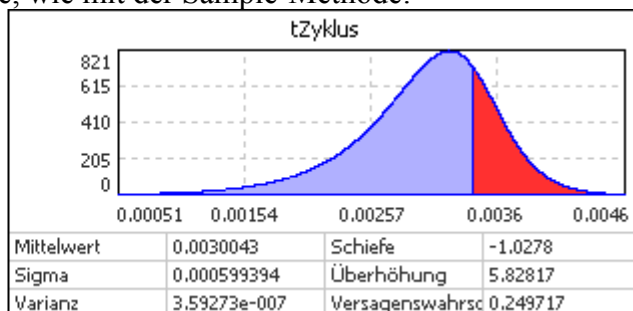
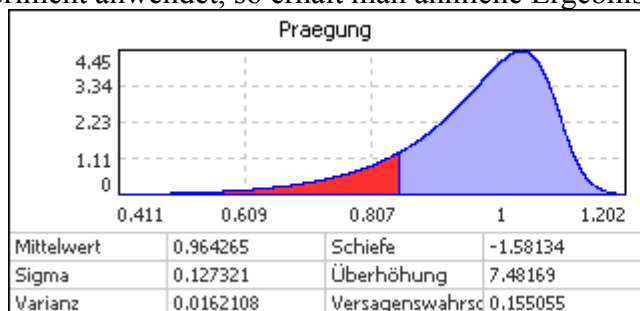


- Die Teilversagenswahrscheinlichkeit für das Prägen wird im Beispiel extrem verfälscht. Das hat auch Auswirkung auf die angebliche Gesamtversagenswahrscheinlichkeit (im Beispiel über 50%). Hier kann man sich mit einem Trick behelfen, indem man die untere Grenze des zulässigen Bereichs z.B. auf 0.85 setzt. Erreicht die Nadelspitze diese Position, dann erfolgt in jedem Fall ein Prägen.
- Nach *Analyse > Probabilistik > Neu berechnen* ergeben sich sinnvollere Versagenswerte (Bild rechts).

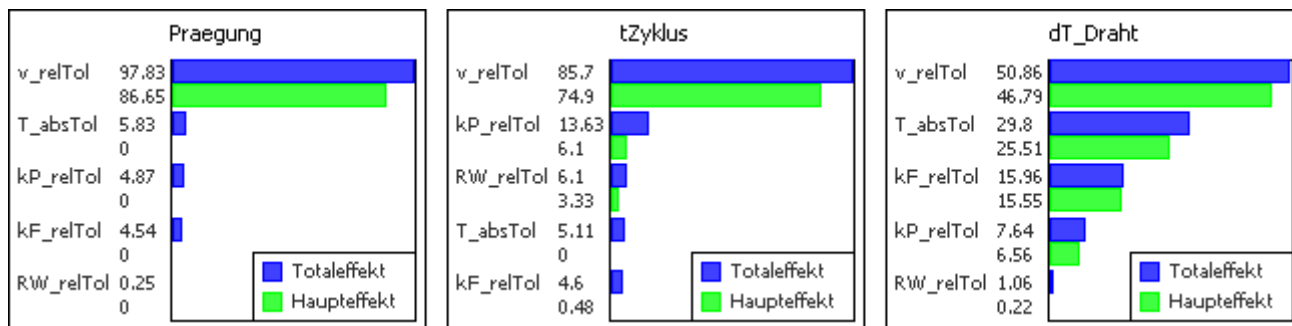


Moment-Methode

Es ist zu erwarten, dass die Genauigkeit der Moment-Methode einer unstetigen Lösungsmenge ebenfalls nicht befriedigen kann. Wenn man den Trick mit der korrigierten unteren Grenze für die *Praegung* auch in diesem Experiment anwendet, so erhält man ähnliche Ergebnisse, wie mit der Sample-Methode:



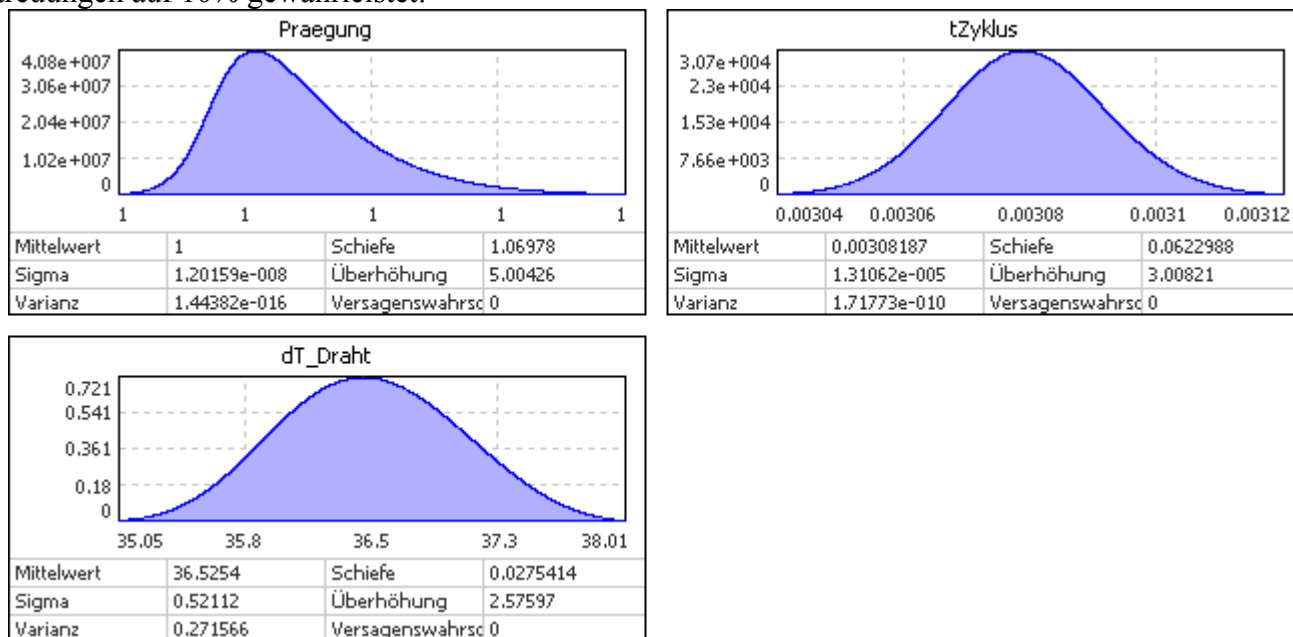
Die Rangfolge der Effekte ist jetzt anders als bei der Sample-Methode, aber sicher genauso falsch:



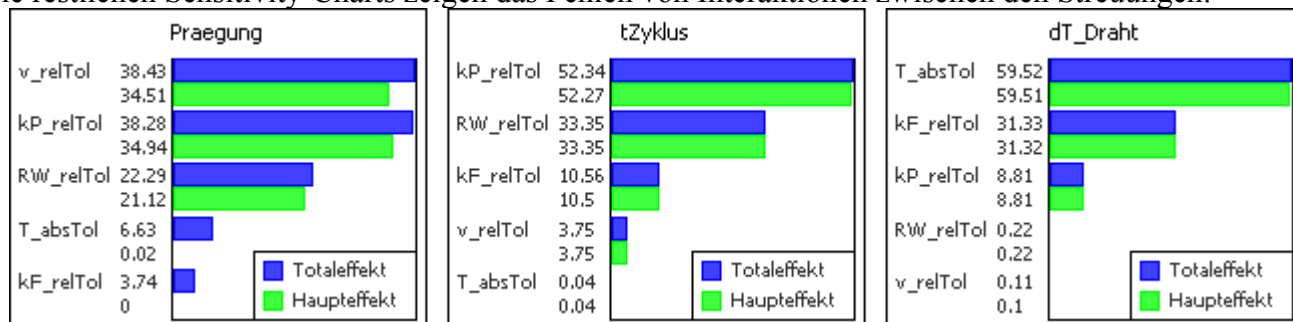
Modellreduktion bei unstetigem Modellverhalten

Ein wichtiges Ziel der probabilistischen Analyse dürfen wir nicht aus den Augen verlieren - die Minimierung der erforderlichen Modellberechnungen durch Vernachlässigung unwesentlicher Streu-Effekte:

- Wir haben erkannt, dass man bei Existenz von Verhaltensunstetigkeiten im Streu-Bereich keine sinnvollen Ergebnisse in Hinblick auf die Rangfolge der Effekte und das Maß ihrer Interaktionen erhält.
- Der Pfad einer späteren Optimierung soll sich möglichst von unstetigem Verhalten fernhalten. Es ist deshalb ausreichend, die Sensitivitäten des Verhaltens in einem engeren Streubereich zu untersuchen. Die ermittelten Sensitivitäten werden sich während der Optimierung nicht total verändern.
- Wir verringern temporär die Toleranzen der Streuungen proportional soweit, dass kein unstetiges Verhalten für die simulierte Stichprobe mehr auftritt. Im Beispiel war dies bei einer Verringerung aller Streuungen auf 10% gewährleistet:



- Die Ergebnisse für die Praegung können wir weiterhin ignorieren, da diese nur das Rauschen der Zahl 1 abbilden.
- Die restlichen Sensitivity-Charts zeigen das Fehlen von Interaktionen zwischen den Streuungen:



- Außerdem kann man im Beispiel auf die Streuungen der Betriebsspannung und der Spulentemperatur für die probabilistische Simulation verzichten.

Merke:

- Kommt es innerhalb der Stichprobe zu unstetigem Modellverhalten (z.B. Nichtprägen), so verringert man

die Toleranzen aller Streuungen proportional, bis stetigen Verhalten erreicht wird. Bei Verwendung einer Sample-Methode muss man dabei auch die Toleranzen für den "virtuellen Entwurf" mit ändern.

- Konfiguriert man dafür kein separates Experiment, so sollte man nach Ermittlung der globalen Sensitivitäten und Festlegung der Modellreduktion die Änderung wieder rückgängig machen. Nur so ist gewährleistet, dass man später wieder das Verhalten der realen Stichprobe simuliert.

← →

Von „http://www.optiyummy.de/index.php/Software:_SimX_-_Nadelantrieb_-_Struktur-Optimierung_-_Probabilistische_Simulation“

Software: SimX - Nadelantrieb - Struktur-Optimierung - Bewertung

Aus OptiYummy

↑

← →

Bewertung der Struktur-Modifikation

Die am Magnetantrieb vorgenommene Änderung der Schutzbeschaltung führte zu einer qualitativ veränderten Lösung. Daraus resultieren sowohl die gewünschten positiven Auswirkungen, als auch unerwünschte negative Nebeneffekte:

Positiv

1. Die Überschreitung von vorgegebenen Maximalströmen und -spannungen kann zuverlässig verhindert werden.
2. Die bei der Nennwert-Optimierung erreichte Zeit für einen Prägezyklus hat sich im Vergleich zur vorherigen Lösung nicht verschlechtert.

Negativ

1. Für die Nennwert-optimierte Lösung kann es anteilig zu einem Versagen des Antriebs infolge "Nichtprägens" des Papiers kommen. Diese Schwachstelle existierte in der ursprünglichen Antriebsstruktur nicht, da mit beliebig viel Strom immer ein Prägen erzwungen werden konnte.
2. Für den Fall des Nichtprägens müsste jetzt eine Sicherheitsabschaltung des Magneten erfolgen, um eine zu starke Erwärmung durch permanenten Stromfluss zu verhindern.

Es liegt nun in unserer Verantwortung zu entscheiden, ob wir mit der neuen Schwachstelle besser umgehen können, als mit der elektrischen Überlastung. Dazu muss man überlegen, ob man durch Optimierung von Entwurfsparametern eine Lösung erreichen kann, die innerhalb des Streubereiches stabil funktioniert:

- Es existieren zur Zeit Konfigurationen, bei denen die Energie des Ankers nicht ausreicht, dass Papier zu prägen.
- Infolge der Schutzbeschaltung liegt das neue Nennwert-Optimum im Sättigungsbereich des Eisenkreises.
- Um in die magnetische Sättigung zu gelangen, wurde der Ankerdurchmesser verringert. Dies führte zu einer geringeren Ankermasse und damit zu einer geringeren kinetischen Energie der prägenden Masse.
- Wahrscheinlich muss für ein sicheres Prägen die Masse des Ankers vergrößert werden. Das hat jedoch ungünstige Auswirkungen auf die Bewegungsdynamik.
- Es besteht die Hoffnung, dass eine akzeptable Kompromisslösung existiert, die innerhalb des Streubereiches eine sichere Prägung erreicht und trotzdem hinreichend schnell arbeitet.

Da jede Strukturänderungen meist zu unerwarteten negativen Nebenwirkungen führt, sollte man im Zweifelsfall Veränderungen an einem funktionierenden System vermeiden:

- Wir verschieben unsere endgültige Entscheidung auf die nächste Entwurfsetappe, in der wir mit der neuen Struktur unter Einbeziehung der probabilistischen Simulation eine Parameter-Optimierung im Sinne einer Ausschussminimierung und Robustheitsmaximierung durchführen.
- Erst wenn damit bestehende Hoffungen auf eine befriedigende Lösung nicht erfüllt werden können, werden wir über eine weitere Struktur-Optimierung nachdenken!

Ergebnisse der Struktur-Optimierung:

- Wie groß ist Gesamtversagenswahrscheinlichkeit des Nennwert-optimierten Antriebs?
- Wie groß sind die Teilversagenswahrscheinlichkeiten (Zykluszeit, Prägen, Erwärmung)?
- Welche drei streuungsbehafteten Parameter besitzen den größten Einfluss auf das Verhalten des

Prägenadel-Antriebs?

- Kann man die Interaktionen zwischen den streuungsbehafteten Parametern vernachlässigen? (Mit Begründung der Entscheidung!)

Diese Ergebnisse sind als Bestandteil der Lösung einzusenden.

← →

Von „http://www.optiyummy.de/index.php/Software:_SimX_-_Nadelantrieb_-_Struktur-Optimierung_-_Bewertung“
