



Sensitivitätsstudie bei AUDI mit LS-OPT und D-SPEX

Katharina Witowski
kaw@dynamore.de

DYNAmore GmbH
Industriestr.2
70565 Stuttgart
0711-4596000

Übersicht

DYNA
MORE

- Einführung
 - *Problembeschreibung / Vorgehensweise*
- Durchführung der DOE-Sensitivitätsanalyse
 - *Variablendefinition*
 - *Ausgewertete Ergebnisgrößen*
 - *Ablauf / Prozesskette*
- Auswertung und Darstellung der Sensitivitäten mit D-SPEX

Modell: Dieselpartikelfilter

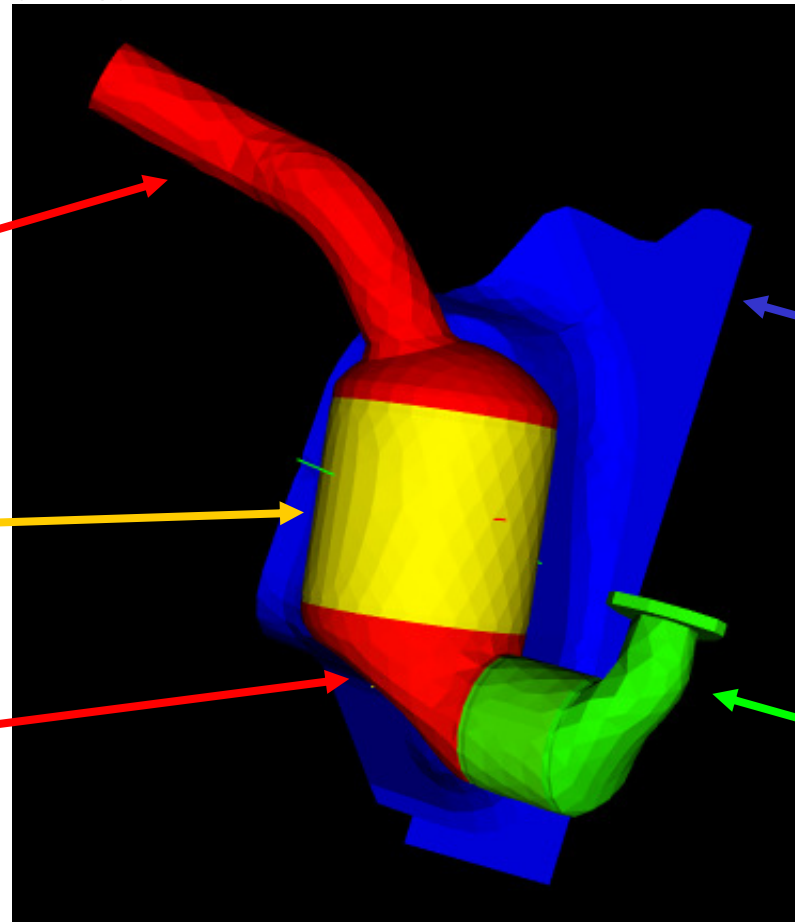
Trichter_Aus
Strahler

DPF
Dieselpartikelfilter
Strahler

Trichter_Ein
Strahler

WASB
Wärmeabschirm-
blech

Krümmen
Strahler



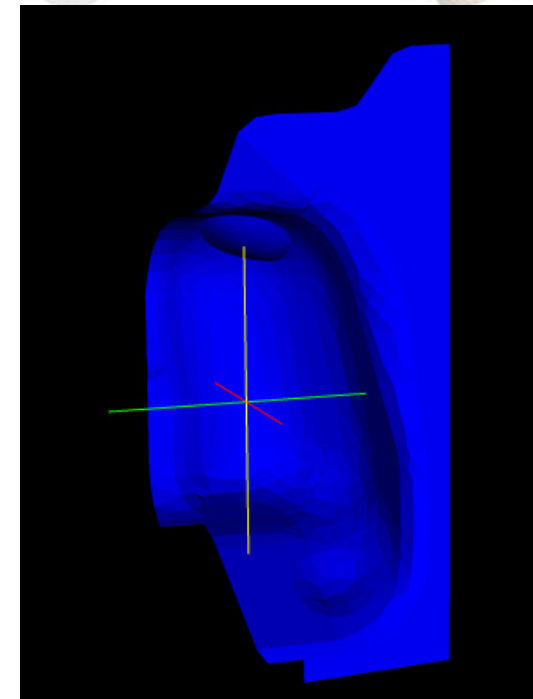
Problembeschreibung / Vorgehensweise

Fragestellung:

- Welchen Einfluss haben bestimmte Parameter auf die Wirkung des Wärmeabschirmblechs?

Vorgehensweise:

- Mit Hilfe von **LS-OPT** werden 100 Variablenkombinationen (Design of Experiments – DOE) bestimmt und die Rechnungen mit **AURA** durchgeführt
- Mit Hilfe von **ANSA** als Preprozessor können auch Geometrieänderungen vorgenommen werden, z.B. Verschieben oder Drehen einzelner Bauteile
- **LS-OPT** wertet Ergebnisgrößen aus
- Die Ergebnisse werden mit **D-SPEX** visualisiert



Wärmeabschirmblech

Einführung

DYNA
MORE

Kurzbeschreibung der verwendeten Software Tools:

- **LS-OPT:** Optimierungssoftware von LSTC (Livermore Software Technology Corporation)
- **ANSA:** Preprozessor, wird hier zur Modifikation der Geometrie verwendet
- **AURA:** Software zur Strahlungsberechnung von AUDI und der Firma CFD Consultants
- **D-SPEX:** Matlab-basierte Software zur Visualisierung von Optimierungsergebnissen aus LS-OPT

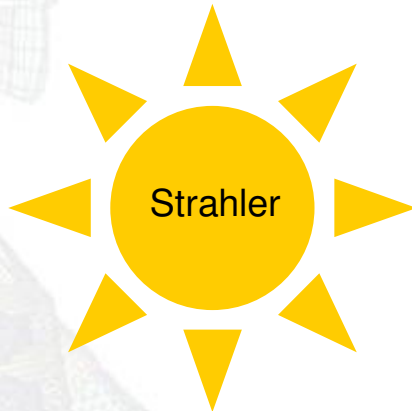
Variablendefinition

Querschnitt Wärmeabschirmblech

Schicht 1 Schicht 2 Schicht 3

(Luft)

Umgebungs-
temperatur



Umgebungstemperaturen
links (2)

Umgebungstemperaturen
rechts (2)

Emissionskoeffizienten
links (2)

Emissionskoeffizienten
rechts (2)

Wärmeübergangs-
koeffizienten
links (2)

Wärmeübergangs-
koeffizienten
rechts (2)

Anfangswerte, Extremwerte, Endwerte
in den vorgegebenen Temperatur-
verläufen der Strahler

Dicken der Schichten 1, 2 und 3

Verschiebung des
Wärmeabschirmblechs

Material Schicht 1 und 3

→ Insgesamt 21 Variablen

○ = Variable

Variablendefinition in LS-OPT

Type	Name	Starting	Range	Minimum	Maximum
Variable	dicke_air	0.005		0.002	0.025
Variable	tumgl_alu	363.15		293.15	493.15
Variable	tumgr_alu	363.15		293.15	493.15
Variable	alfal_alu	10		5	50
Variable	alfar_alu	5		5	50
Variable	epsil_alu	0.1		0.1	0.9
Variable	epsir_alu	0.1		0.1	0.9
Variable	tumgl_stahl	363.15		293.15	493.15
Discrete Var	lambda_stahl	40	values	0.05 0.3 40 273	
Variable	tumgr_stahl	363.15		293.15	493.15
Variable	alfal_stahl	5		5	50
Variable	alfar_stahl	5		5	50
Variable	epsil_stahl	0.8		0.1	0.9
Variable	epsir_stahl	0.8		0.1	0.9
Discrete Var	dicke_alu	0.002	values	0.0005 0.0011 0.002 0.0	
Variable	dicke_stahl_sca	0.0222222		0	1
Variable	tumgebung	363.15		293.15	493.15

Für Variablen können entweder **diskrete Werte** angegeben werden oder ein Bereich, in dem sie **kontinuierlich** variiert werden. Die **Startwerte** werden für die erste Rechnung verwendet

Gekoppelte Variablen (Material)

- Material Schicht 1 (Vier diskrete Kombinationen)

Dicke	Wärmeleitfähigkeit	Dichte	Wärmekapazität
0.0005	273	2700	909
0.0011	0.261	1470	110
0.002	0.232	1728	505
0.005	0.475	324	110

- Material Schicht 3 (Vier diskrete Kombinationen mit “Dicke” jeweils als kontinuierliche Variable)

Material	Dicke	Wärmeleitfähigkeit	Dichte	Wärmekapazität
Alu	0.0005 – 0.005	273	2700	909
Stahl	0.0005 – 0.005	40	7800	450
Kunststoff	0.001 – 0.005	0.3	1300	1800
Dämmung	0.005 – 0.015	0.05	200	2000

→ Je eine Größe wird in LS-OPT als diskrete Variable definiert, die anderen dazugehörigen Größen werden mit einem Perl-Programm in der “layer-Datei” eingefügt

DOE-Sensitivitätsanalyse

DYNA
MORE

ANSA als Preprozessor

- ANSA kann über die Verwendung von Sessionfiles oder ANSA_TRANS� Files automatisiert werden
- LS-OPT ersetzt im ANSA_TRANS� File Variablen
- Hier wird das Wärmeabschirmblech um einen variablen Wert verschoben

Definition des Preprozessors

LS-OPT Variable

Pre-Processor Package Name: User-Defined
Command: ../drive.sh
Input File: translate.c

```
def translate_WASB()  
{  
    i=0;  
    part = GetPartFromModuleId(6);  
    for( ent = GetFirstPartEntity(part); ent ; ent = GetNextPartEntity(part, ent) ) {  
        entity[i]=ent;  
        i++;  
    }  
    GeoTranslate( "MOVE", 0, "SAME PART", "NONE", <<Verschiebung_WASB>>, 0, 0, entity );  
    ALL();  
}
```

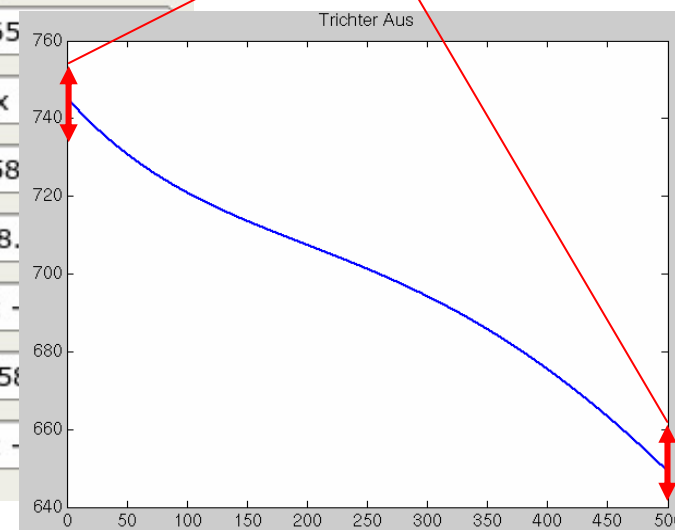
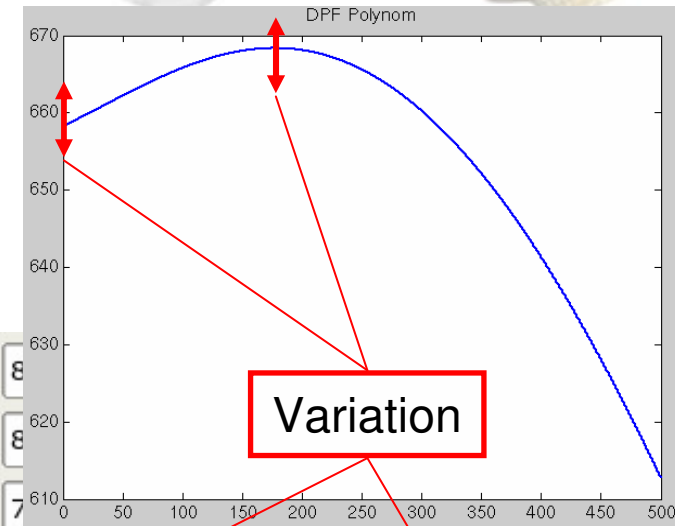
DOE-Sensitivitätsanalyse



Variation der Temperaturverläufe

- Anfangswerte, Extremwerte, Endwerte in den vorgegebenen Temperaturverläufen der Strahler
- Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Kurven wurde in LS-OPT über Dependents geregelt

Variable	temp_DPF_0	658.25	508.25
Variable	temp_DPF_max	668.36	518.25
Variable	temp_Trichter_A	649.36	499.36
Dependent	temp_Kruemmer	Definition	$579.07 + \text{temp_DPF_0} - 658.25$
Dependent	temp_Kruemmer	Definition	$584.18 + \text{temp_DPF_max} - 668.36$
Dependent	temp_Trichter_A	Definition	$745.5 + \text{temp_DPF_0} - 658.25$
Dependent	temp_Trichter_E	Definition	$734.8 + \text{temp_DPF_0} - 658.25$
Dependent	temp_Trichter_E	Definition	$751.77 + \text{temp_DPF_max} - 668.36$
Dependent	temp_Vorkat_0	Definition	$588.73 + \text{temp_DPF_0} - 658.25$
Dependent	temp_Vorkat_ma	Definition	$654.97 + \text{temp_DPF_max} - 668.36$



DOE-Sensitivitätsanalyse



Variation der Temperaturverläufe: Vorgehensweise

- Für jeden Temperaturverlauf werden in einer Datei Stützstellen mit zugehörigen Funktions- und Ableitungswerten vorgegeben, diese können auch Variablen sein
- Die Werte werden mit Splines approximiert, das Perl-Programm *calculate_splines.pl* berechnet die Funktion und schreibt sie als Tabelle in eine Datei, die von AURA eingelesen werden kann
- Die Anzahl der vorgegebenen Werte bestimmt die Ordnung der Polynome in den einzelnen Intervallen (bis kubisch möglich)

Beispiel: DPF

- Eingabefile: DPF.txt

1	0	temp_0	0
2	177.37	temp_max	
1	500	612.81	

Variablen

Anzahl
vorgege-
bener Werte

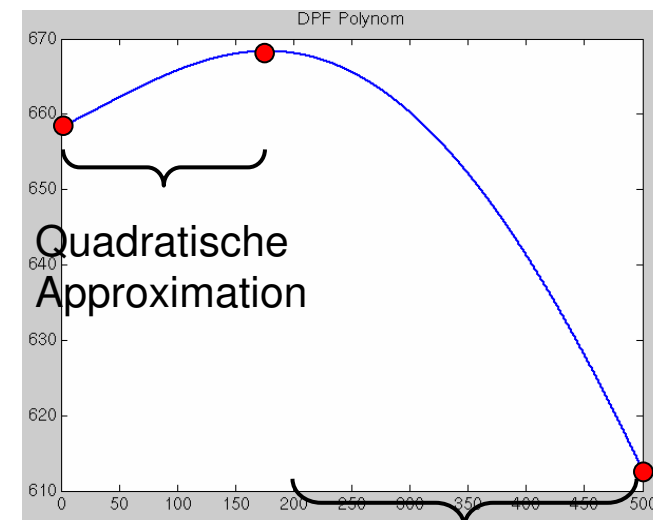
Stütz-
stellen

Funktions-
werte

1. Ableitung

1 – Funktionswert

2 – Funktionswert und 1. Ableitung



Quadratische
Approximation

Auswertegrößen (Histories und Responses)

- Ausgewertet wird die **Temperatur innen und außen** an verschiedenen Elementen. Dazu werden in der .simul Datei entsprechende **Monitorpunkte** definiert.

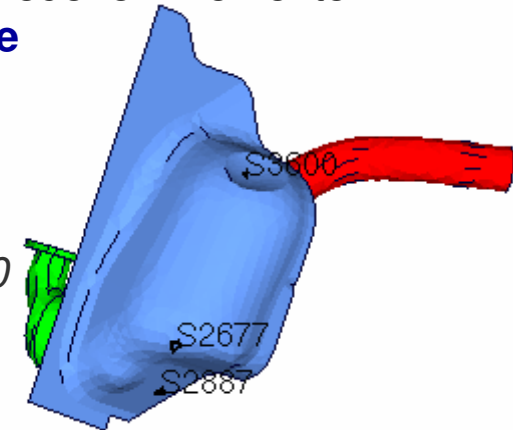
Beispiel:

```
BEGIN_MONITOR
```

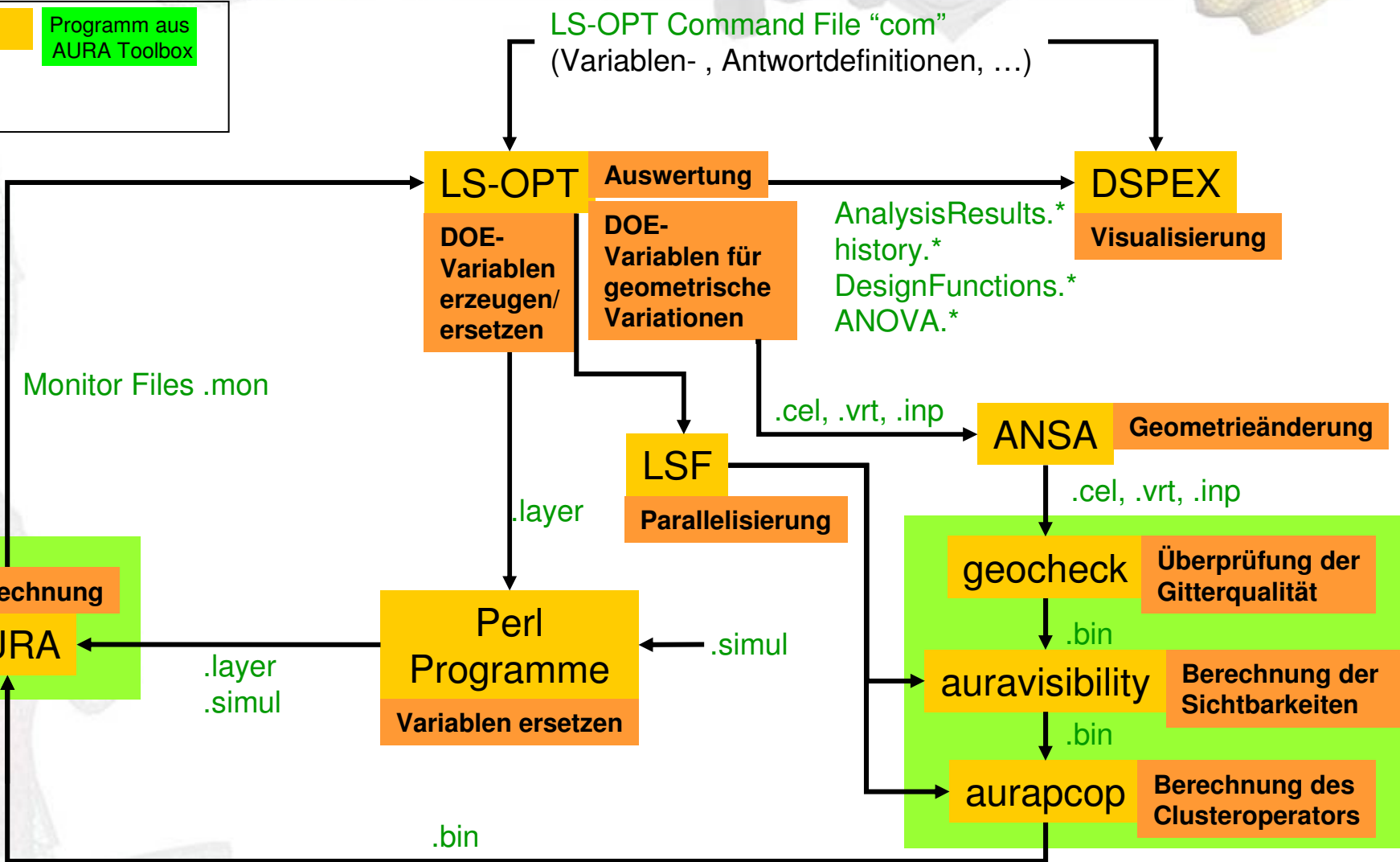
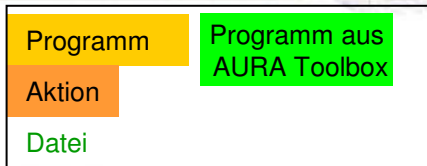
```
MonWASB_3600 Monitor/MonPkt_WASB_3600.mon 3600
```

```
MONITOR_END
```

- Datei MonPkt_WASB_3600.mon enthält **Temperaturen, Strahlungs- und Wärmestrom mit zugehöriger Zeit**
- Über Perl-Skript werden daraus gewünschte Spalten extrahiert und in LS-OPT als **History** (Kurve) eingelesen (z.B. Zeit – Temperatur)
- LS-OPT kann daraus **Extremwerte** oder Werte zu einer bestimmten Zeit bestimmen
- LS-OPT berechnet die **Sensitivitäten zwischen Variablen und** den ausgewählten **Ergebnisgrößen** (Responses)



Prozesskette



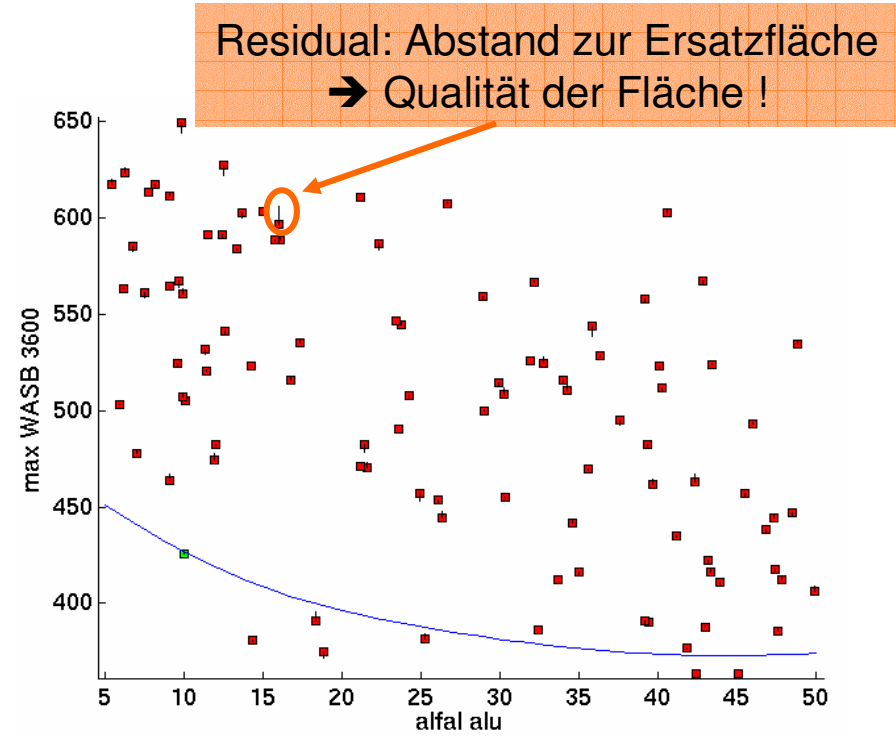
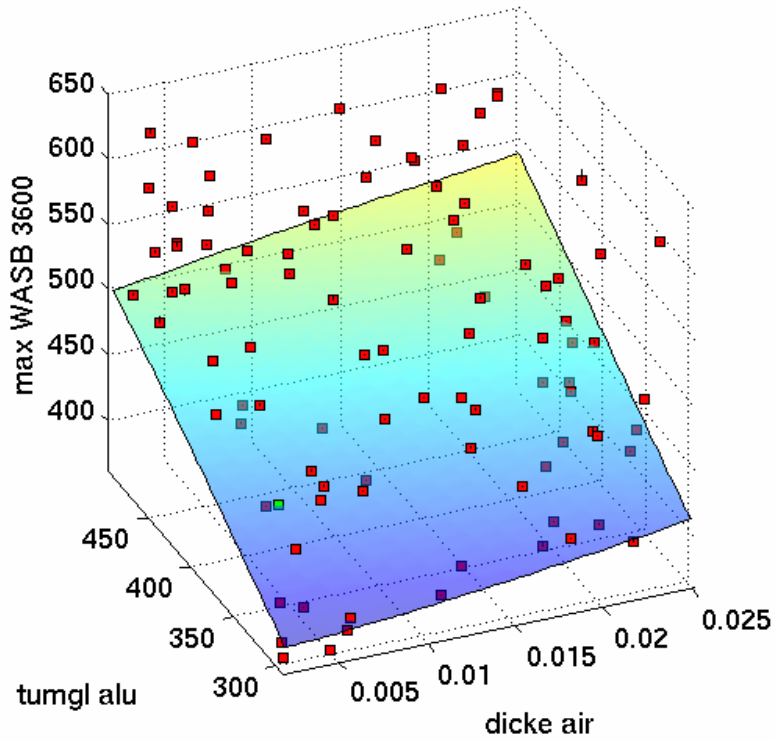
ausgewählte Variablen, andere Variablen können über Slider verändert werden

name	min	max	value
X dicke_air	0,002	0,025	0,005
Y tumgl_alu	293,15	493,15	363,15
tumgr_alu	293,15	493,15	363,15
alfal_alu	5	50	10
alfar_alu	5	50	5
epsil_alu	0,1	0,9	0,1
epsir_alu	0,1	0,9	0,1
tumgl_stahl	293,15	493,15	363,15
lambda_stahl (discrete)	0,05	273	40
tumgr_stahl	293,15	493,15	363,15
alfal_stahl	5	50	5
alfar_stahl	5	50	5
epsil_stahl	0,1	0,9	0,8
epsir_stahl	0,1	0,9	0,8
dicke_alu (discrete)	0,0005	0,005	0,002
dicke_stahl_scal	0	1	0,022222
tumgebung	293,15	493,15	363,15

ausgewählte Antwort

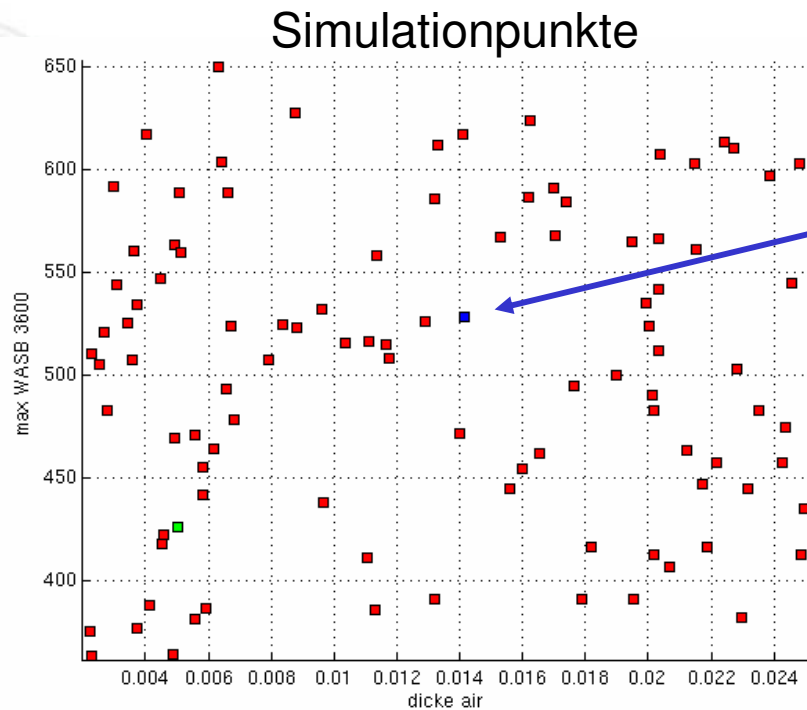
Punkte plotten

Ersatzflächen (Approximationen) und Simulationpunkte



Schnitte durch den 21-dimensionalen Parameterraum

Simulationsergebnisse als Punktwolken (Ant-Hill Plots)



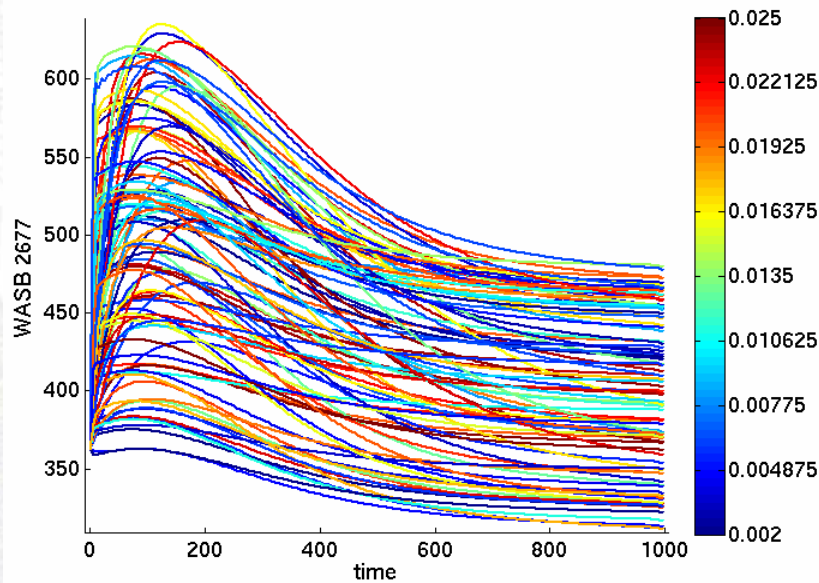
name	value for point
	1.86
COM-File <Dieselpartikelfilter>	
Variables	
dicke_air	0.014168
tumgl_alu	486.64
tumgr_alu	486.44
alfal_alu	36.3402
alfar_alu	44.8156
epsil_alu	0.20068
epsir_alu	0.24292
tumgl_stahl	438.78
lambda_stahl	40
tumgr_stahl	482.16
alfal_stahl	8.3547
alfar_stahl	11.6532

start postprocessor
center on point

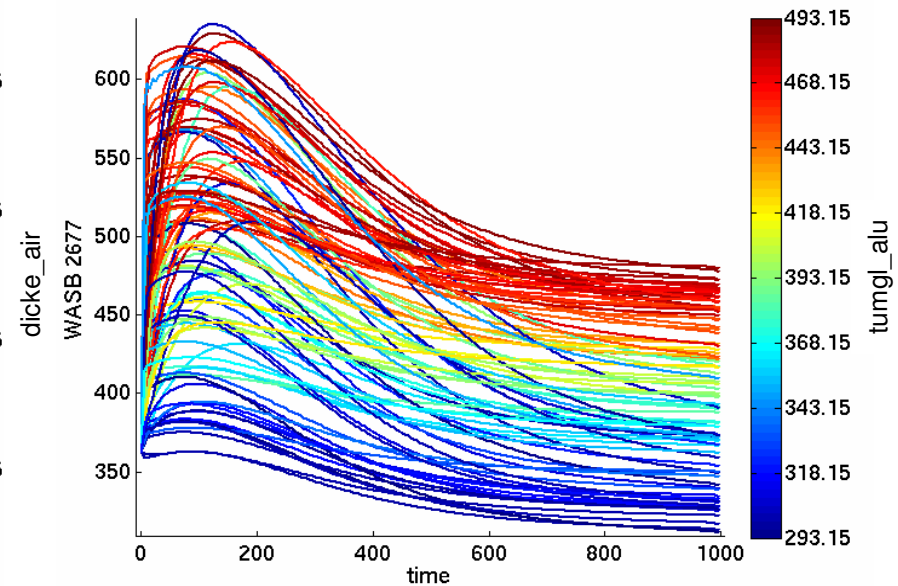
Punkte können angeklickt werden, es öffnet sich ein Fenster, in dem alle Variablen- und Responsewerte für diesen Punkt angezeigt werden. Hier kann direkt ein Postprozessor gestartet werden (z.B. Animator), um die Ergebnisse der ausgewählten Rechnung zu visualisieren.

Kurvenstatistik (Histories)

Temperaturen über die Zeit für alle Simulationen dargestellt - als Farbe kann beliebige Variable gewählt werden



kein Einfluss der Variablen
auf die Antwort erkennbar



je größer "tumgl_alu", desto größer
ist die Temperatur

Korrelationsmatrix

Variablen

Antworten

	dicke air	tumgl alu	tumgr alu	alfal alu	alfar alu	epsil alu	epsir alu	tumgl stahl	lambda stahl
max WASB 3600	0.06	0.56	-0.01	-0.54	0.08	0.63	0.37	0.03	0.13
max WASB 2677	0.06	0.58	-0.03	-0.58	0.11	0.58	0.34	-0.01	0.11
max WASB 2887	0.06	0.59	-0.02	-0.54	0.1	0.62	0.35	0	0.12

rot: Variable hat großen Einfluss auf Antwort

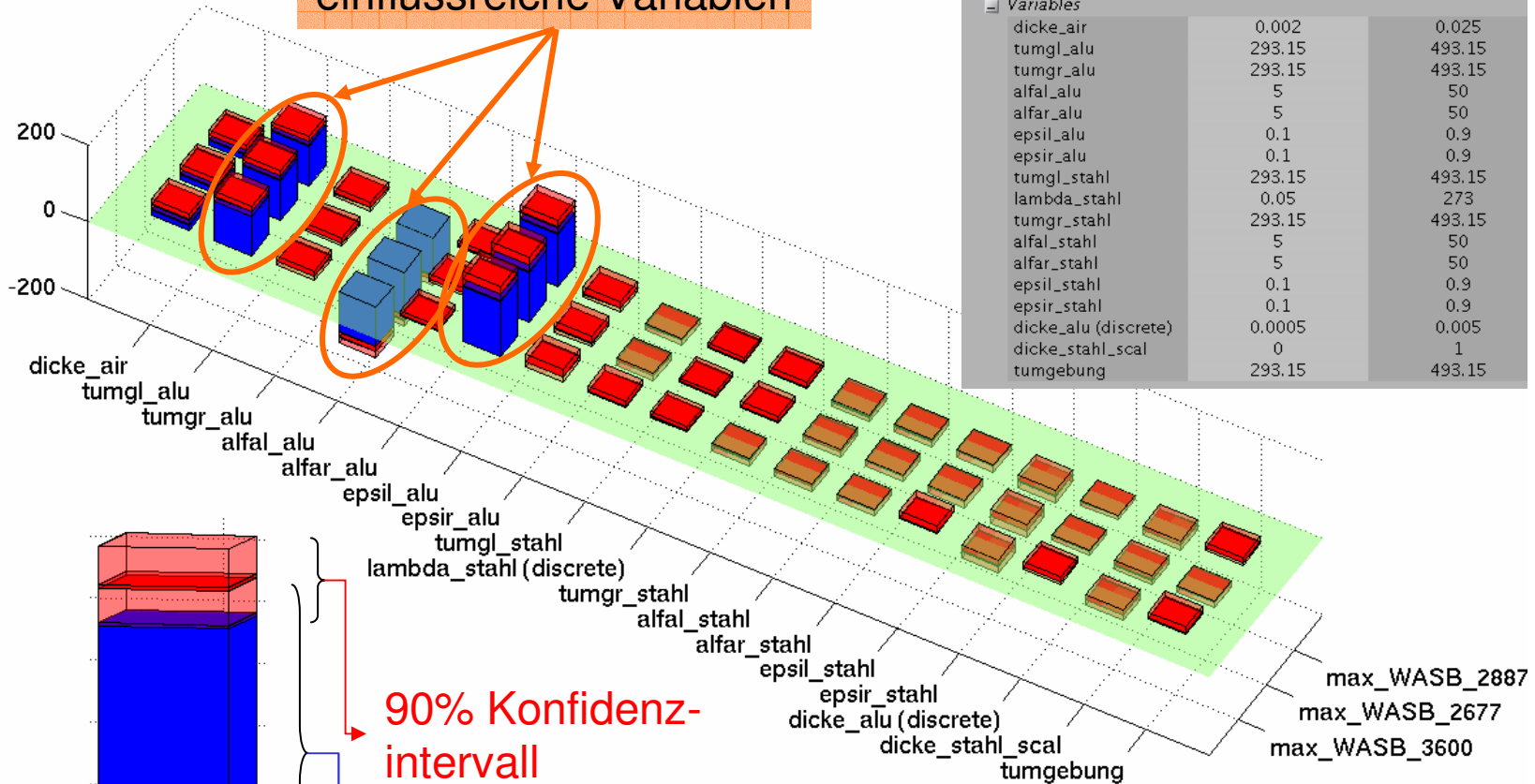
grün: Variable hat geringen Einfluss auf Antwort

➔ Wichtige Variablen: tumgl_alu, alfal_alu, epsil_alu

(Umgebungstemperatur, Wärmeübergangs- und Emissionskoeffizient der 1. Schicht auf der Strahlungsseite)

Analysis of Variance (ANOVA)

einflussreiche Variablen



90% Konfidenzintervall

Änderung der Antwort, wenn sich Variable von minimalem (L) auf maximalen (U) Wert ändert

Zusammenfassung

DYNA
MORE

- DOE Sensitivitätsanalyse mit LS-OPT wurde durchgeführt
- Schwierigkeit: richtige Interpretation der Ergebnisse wegen hoher Dimension des Problems
 - ➔ D-SPEX liefert Möglichkeiten, die Ergebnisse zu visualisieren, Sensitivitäten zwischen Variablen und Antworten zu bestimmen und so signifikante von insignifikanten Variablen zu unterscheiden



Thanks for your attention!

