

RWTH AACHEN

# CES Softwareentwicklungspraktikum

Analyse- und Entwurfsdokument - Wärmeleitung

Christian BILAS  
 christian.bilas@rwth-aachen.de, Matrikelnummer: 334829

Robin Tim BROESKE  
 robin.tim.broeske@rwth-aachen.de, Matrikelnummer: 334031

Konstantin KEY  
 konstantin.key@rwth-aachen.de, Matrikelnummer: 332523

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>2</b>
<b>1 Vorwort</b>	<b>3</b>
1.1 Aufgabenstellung und Struktur des Dokument . . . . .	3
1.2 Projektmanagement . . . . .	3
1.3 Lob und Kritik . . . . .	3
<b>2 Analyse</b>	<b>4</b>
2.1 Anforderungsanalyse . . . . .	4
2.1.1 Benutzeranforderungen . . . . .	4
2.1.2 Anwendungsfallanalyse . . . . .	4
2.1.2.1 Anwendungsfalldiagramm . . . . .	4
2.1.2.2 Beschreibungen der Anwendungsfälle . . . . .	5
2.1.2.3 Aktivitätsdiagramme . . . . .	10
2.1.2.4 Systemanforderungen . . . . .	15
2.2 Begriffsanalyse . . . . .	16
2.2.1 Klassenkandidaten . . . . .	16
2.2.2 Begriffsnetz . . . . .	17
<b>3 Entwurf</b>	<b>18</b>
3.1 Pakete . . . . .	18
3.2 Abstrakte Datentypen . . . . .	18
3.3 Klassen . . . . .	18
3.3.1 Paket algorithms . . . . .	19
3.3.1.1 IntMethod . . . . .	19
3.3.1.2 IterativeSolver . . . . .	21
3.3.2 Paket model . . . . .	22
3.3.2.1 model . . . . .	23
3.3.3 Paket presentation . . . . .	28
3.3.3.1 UI . . . . .	29
3.3.3.2 Controller . . . . .	33
<b>4 Benutzerdokumentation</b>	<b>42</b>
4.1 Installation . . . . .	42
4.2 Installation . . . . .	42
4.2.1 Linux . . . . .	42
4.2.1.1 Installation . . . . .	42
4.2.1.2 Deinstallation . . . . .	42
4.2.1.3 Doxygen . . . . .	42
4.2.2 Windows . . . . .	42
4.2.2.1 Installation . . . . .	42
4.2.2.2 Deinstallation . . . . .	43

4.2.2.3	Doxygen . . . . .	43
4.3	Beispielsitzung . . . . .	44
4.4	Fehlersituationen . . . . .	52
<b>5</b>	<b>Entwicklerdokumentation</b>	<b>53</b>
5.1	Codestruktur . . . . .	53
5.2	Detaillierte Dokumentation des Codes . . . . .	53
5.3	Software Tests . . . . .	53
5.3.1	algorithms . . . . .	53
5.3.1.1	CRS . . . . .	53
5.3.2	Solver . . . . .	54
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>56</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>57</b>

# **Kapitel 1**

## **Vorwort**

**1.1 Aufgabenstellung und Struktur des Dokument**

**1.2 Projektmanagement**

**1.3 Lob und Kritik**

# Kapitel 2

## Analyse

### 2.1 Anforderungsanalyse

#### 2.1.1 Benutzeranforderungen

Es soll eine Software zur Simulation der zeitlichen Entwicklung einer Temperaturverteilung in Metallplatten entwickelt werden. Diese sollen die Abmessungen 1 Meter x 1 Meter besitzen und können weiterhin bezüglich der örtlichen Verteilung der Temperaturleitkoeffizienten inhomogen sein. Des Weiteren bietet sich dem Benutzer die Möglichkeit Wärmequellen und deren Intensität einzugeben. Außerdem ist es dem Benutzer möglich zur vollständigen Spezifikation eines Simulationsexperiments die Start- und Randbedingungen des Wärmeleitungsproblems, den Endzeitpunkt der Simulation sowie die Simulationsparameter der Orts- beziehungsweise Zeitdiskretisierung vorzugeben. Jegliche Benutzereingaben erfolgen über eine grafische Oberfläche. Nach Abschluss der Berechnung wird das Ergebnis visualisiert und die zeitliche Entwicklung der Temperaturverteilung kann in Form eines Videos untersucht werden.

#### 2.1.2 Anwendungsfallanalyse

##### 2.1.2.1 Anwendungsfalldiagramm

Das Anwendungsfalldiagramm zeigt die Abbildung 2.1.

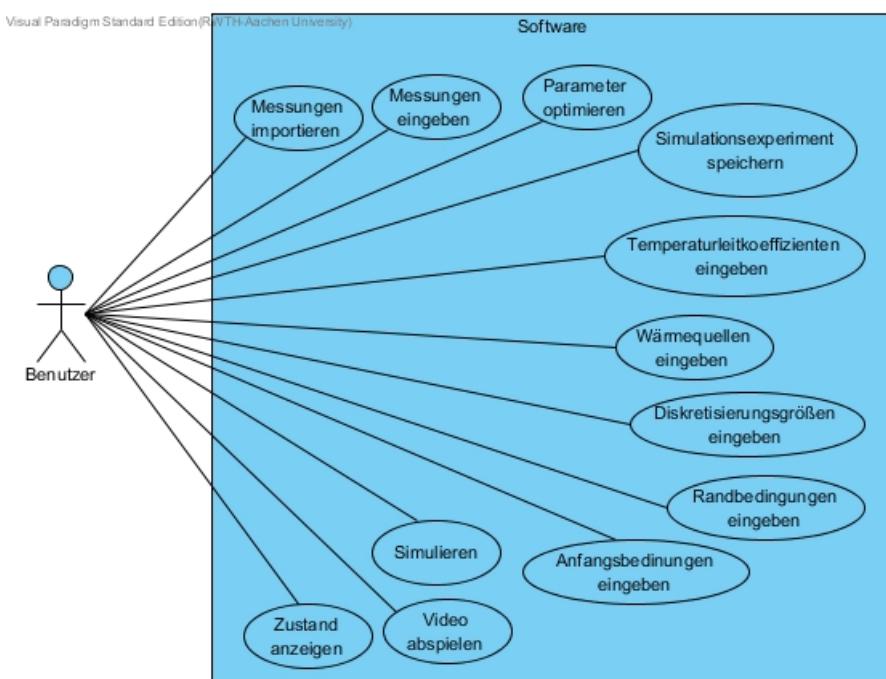


Abbildung 2.1: Anwendungsfalldiagramm

### 2.1.2.2 Beschreibungen der Anwendungsfälle

Die folgenden Tabellen (Tab. 2.1 - 2.12) zeigen die Beschreibungen der Anwendungsfälle.

<b>Name</b>	Anfangsbedingungen eingeben	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte Anfangsbedingungen vorgeben.	
<b>Einordnung</b>	Basisfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Die Anfangsbedingungen wurden vorgegeben und gespeichert.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Anfangsbedingungen wurden nicht geändert und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte Anfangsbedingungen vorgeben.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Anfangsbedingungen</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer gibt die Anfangsbedingungen vor.
	4	Die Software prüft die eingegebenen Anfangsbedingungen.
	5	Die Software speichert die Anfangsbedingungen.
<b>Nebenfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
<b>Anfangsbedingungen nicht akzeptiert</b>	5a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	5a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	5a.3	→ Schritt 4

Tabelle 2.1: Beschreibung Use Case Anfangsbedingungen eingeben

<b>Name</b>	Diskretisierungsgrößen eingeben	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte Diskretisierungsgrößen eingeben.	
<b>Einordnung</b>	Basisfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Die Diskretisierungsgrößen wurden vorgegeben und gespeichert.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Diskretisierungsgrößen wurden nicht geändert und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte Diskretisierungsgrößen eingeben.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Diskretisierungsgrößen</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer gibt die Stützstellenzahl der Ortsdiskretisierung $n$ ein.
	4	Der Benutzer gibt die Stützstellenzahl der Zeitdiskretisierung $m$ ein.
	5	Der Benutzer gibt den Endzeitpunkt $T$ ein.
	6	Die Software prüft die eingegebenen Größen.
	7	Die Software speichert die eingegebenen Größen.
<b>Nebenfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
<b>Eingegebene Größen nicht akzeptiert</b>	7a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	7a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	7a.3	→ Schritt 6

Tabelle 2.2: Beschreibung Use Case Diskretisierungsgrößen eingeben

<b>Name</b>	Messungen eingeben	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte experimentelle Daten eingeben.	
<b>Einordnung</b>	Basisfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Die eingegebenen Daten wurden gespeichert.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Daten wurden nicht geändert und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte Messdaten eingeben.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Optimierung</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer gibt die Messungen ein.
	4	Die Software prüft die eingegebenen Messwerte.
	5	Die Software speichert die Daten.
<b>Nebenfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
Randbedingungen nicht akzeptiert	5a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	5a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	5a.3	→ Schritt 4

Tabelle 2.3: Beschreibung Use Case Messungen eingeben

<b>Name</b>	Messungen importieren	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte experimentelle Daten importieren.	
<b>Einordnung</b>	Basisfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Die ausgewählten Daten wurden geladen.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Daten wurden nicht geändert und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte Messdaten importieren.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Optimierung</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer wählt die entsprechende Datei aus.
	4	Die Software prüft die angegebene Datei.
	5	Die Software wertet die Datei aus.
<b>Nebenfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
Randbedingungen nicht akzeptiert	5a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	5a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	5a.3	→ Schritt 4

Tabelle 2.4: Beschreibung Use Case Messungen importieren

<b>Name</b>	Randbedingungen eingeben	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte Randbedingungen vorgeben.	
<b>Einordnung</b>	Basisfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Die Randbedingungen wurden vorgegeben und gespeichert.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Randbedingungen wurden nicht geändert und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte Randbedingungen vorgeben.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Randbedingungen</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer gibt die Randbedingungen vor.
	4	Die Software prüft die eingegebenen Randbedingungen.
	5	Die Software speichert die Randbedingungen.
<b>Nebenfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
Randbedingungen nicht akzeptiert	5a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	5a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	5a.3	→ Schritt 4

Tabelle 2.5: Beschreibung Use Case Randbedingungen eingeben

<b>Name</b>	Parameter optimieren	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte die Temperaturleitkoeffizienten optimal im Sinne kleinsten Fehlerquadrate an experimentelle Daten anpassen lassen.	
<b>Einordnung</b>	Hauptfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Die Parameter wurden optimiert.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Daten wurden nicht geändert und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte die Temperaturleitkoeffizienten optimieren lassen.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Optimierung</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer startet die Optimierung.
	4	Die Software setzt das Ergebnis als aktuelle Temperaturleitkoeffizienten.

Tabelle 2.6: Beschreibung Use Case Parameter optimieren

<b>Name</b>	Simulationsexperiment laden/speichern	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte ein Simulationsexperiment laden/spichern.	
<b>Einordnung</b>	Hauptfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Das eingegebene Simulationsexperiment wurde geladen/gespeichert.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Daten wurden nicht geändert und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte ein Simulationsexperiment laden/speichern.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Simulation</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer wählt die gewünschte Datei aus.
	4	Die Software prüft die angegebene Datei.
	5	Die Software lädt/speichert das Simulationsexperiment.
<b>Nebenfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
Randbedingungen nicht akzeptiert	5a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	5a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	5a.3	→ Schritt 4

Tabelle 2.7: Beschreibung Use Case Simulationsexperiment laden/speichern

<b>Name</b>	Simulieren	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte simulieren.	
<b>Einordnung</b>	Hauptfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Die Simulation wurde ausgeführt.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Simulation wurden nicht ausgeführt und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte die Simulation starten.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Simulieren</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer drückt den Knopf <i>Simulieren</i> .
	4	Die Software simuliert.
	5	Die Software wechselt zu dem Menü <i>Visualisierung</i> .
	6	Die Software stellt den Endzustand dar.

Tabelle 2.8: Beschreibung Use Case Simulieren

<b>Name</b>	Temperaturleitkoeffizienten eingeben	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte Temperaturleitkoeffizienten eingeben.	
<b>Einordnung</b>	Basisfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Die Temperaturleitkoeffizienten wurden eingegeben und gespeichert.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Temperaturleitkoeffizienten wurden nicht geändert und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte Temperaturleitkoeffizienten eingeben.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Temperaturleitkoeffizienten</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer wählt auf der Darstellung der Platte die gewünschten Gebiete.
	4	Die Software prüft die eingegebenen Gebiete.
	5	Der Benutzer wählt die Werte für die einzelnen Gebiete.
	6	Die Software prüft die eingegebenen Werte.
	7	Die Software speichert die Gebiete und die Werte.
<b>Nebenfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
Gebiet nicht akzeptiert	5a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	5a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	5a.3	→ Schritt 4
Werte nicht akzeptiert	7a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	7a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	7a.3	→ Schritt 6

Tabelle 2.9: Beschreibung Use Case Temperaturleitkoeffizienten eingeben

<b>Name</b>	Video abspielen	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte die zeitliche Entwicklung der Temperaturverteilung untersuchen.	
<b>Einordnung</b>	Hauptfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt und es wurde eine Simulation erfolgreich durchgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Das Video wird abgespielt.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Das Video wurde nicht abgespielt und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte die zeitliche Entwicklung der Temperaturverteilung untersuchen.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Visualisierung</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer startet das Video.
	4	Die Software spielt das Video ab.

Tabelle 2.10: Beschreibung Use Case Video abspielen

<b>Name</b>	Wärmequellen eingeben	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte Wärmequellen eingeben.	
<b>Einordnung</b>	Basisfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Die Wärmequellen wurden eingegeben und gespeichert.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Die Wärmequellen wurden nicht geändert und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte Wärmequellen eingeben.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Wärmequellen</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer wählt auf der Darstellung der Platte die gewünschten Gebiete.
	4	Die Software prüft die eingegebenen Gebiete.
	5	Der Benutzer wählt die Werte für die einzelnen Gebiete.
	6	Die Software prüft die eingegebenen Werte.
	7	Die Software speichert die Gebiete sowie die Werte.
<b>Nebenfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
Gebiet nicht akzeptiert	5a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	5a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	5a.3	→ Schritt 4
Werte nicht akzeptiert	7a.1	Eine Fehlermeldung wird angezeigt.
	7a.2	Der Benutzer korrigiert seine Eingabe.
	7a.3	→ Schritt 6

Tabelle 2.11: Beschreibung Use Case Wärmequellen eingeben

<b>Name</b>	Zustand anzeigen	
<b>Ziel</b>	Der Benutzer möchte ein Zustand anzeigen lassen.	
<b>Einordnung</b>	Hauptfunktion	
<b>Vorbedingung</b>	Die Software wird korrekt ausgeführt und es wurde eine Simulation erfolgreich durchgeführt.	
<b>Nachbedingung</b>	Der Zustand wird angezeigt.	
<b>Nachbedingung im Fehlerfall</b>	Der Zustand wurde nicht angezeigt und entsprechende Fehlermeldungen wurden ausgegeben.	
<b>Haupt-Neben-Akteur</b>	Benutzer	
<b>Auslöser</b>	Der Benutzer möchte ein Zustand anzeigen lassen.	
<b>Standardfluss</b>	<b>Schritt</b>	<b>Aktion</b>
	1	Der Benutzer wählt den Menüpunkt <i>Visualisierung</i> aus.
	2	Die Software wechselt zu dem entsprechenden Menü.
	3	Der Benutzer wählt per Maus den Zeitpunkt des Zustands, den er betrachten möchte, aus.
	4	Die Software zeigt den Zustand an.

Tabelle 2.12: Beschreibung Use Case Zustand anzeigen

### 2.1.2.3 Aktivitätsdiagramme

Die folgenden Abbildungen (Abb. 2.2 - 2.13) zeigen die Aktivitätsdiagramme der Anwendungsfälle.

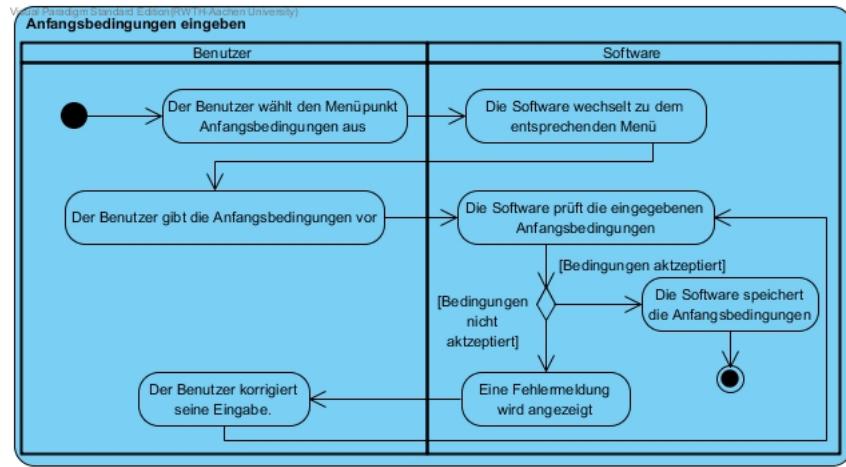


Abbildung 2.2: Aktivitätsdiagramm Use Case Anfangsbedingungen eingeben

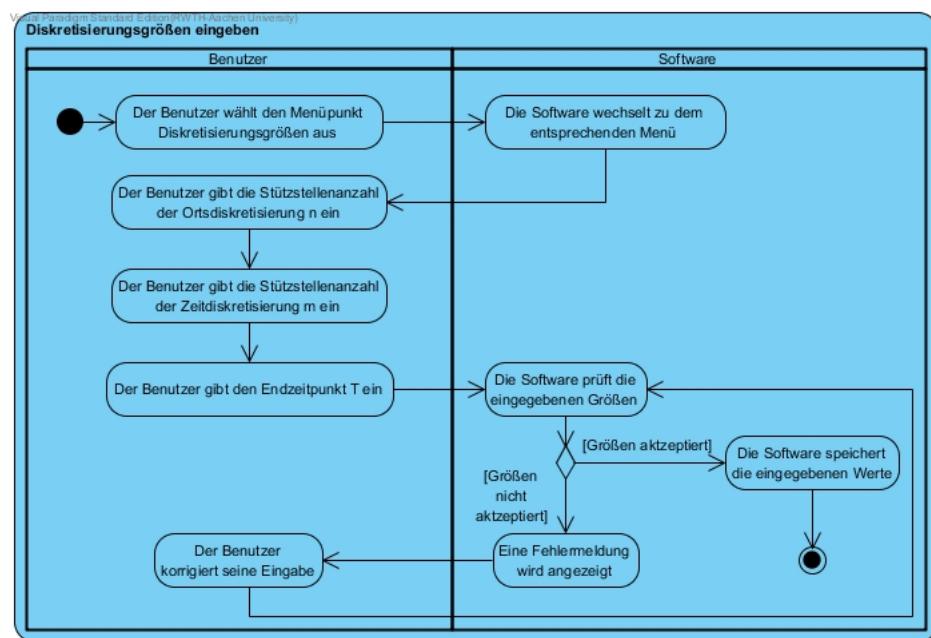


Abbildung 2.3: Aktivitätsdiagramm Use Case Diskretisierungsgrößen eingeben

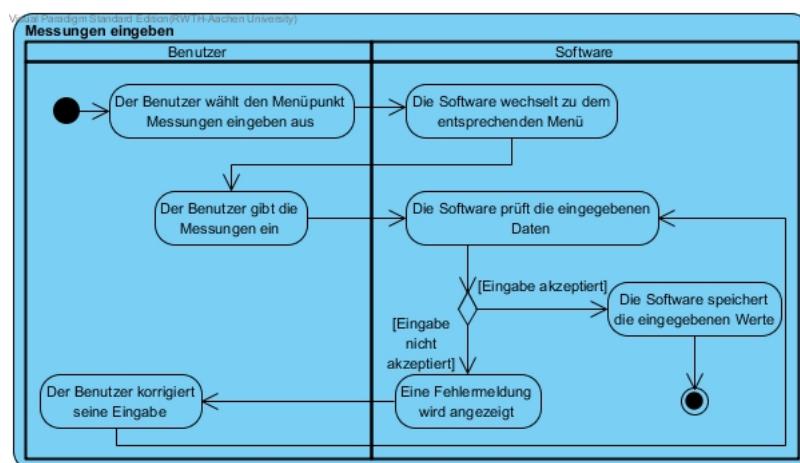


Abbildung 2.4: Aktivitätsdiagramm Use Case Messungen eingeben

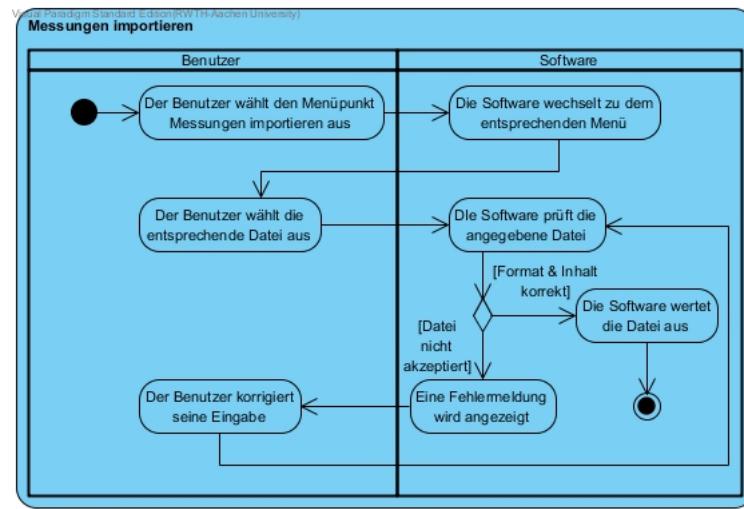


Abbildung 2.5: Aktivitätsdiagramm Use Case Messungen importieren

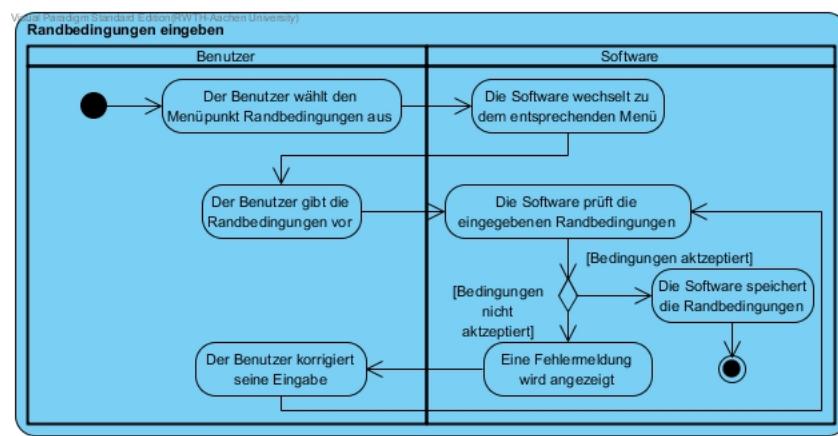


Abbildung 2.6: Aktivitätsdiagramm Use Case Randbedingungen eingeben

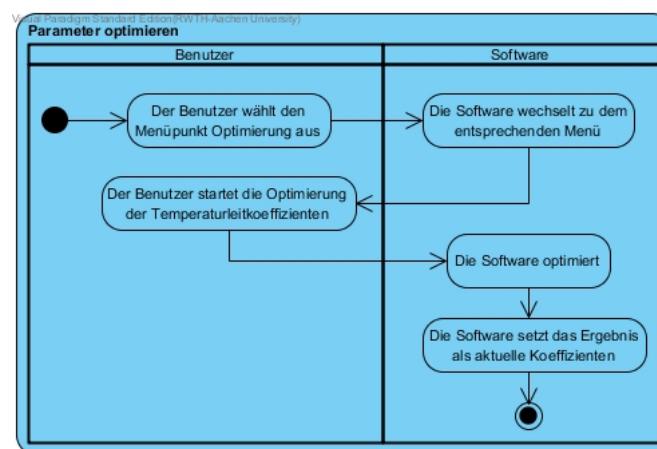


Abbildung 2.7: Aktivitätsdiagramm Use Case Parameter optimieren

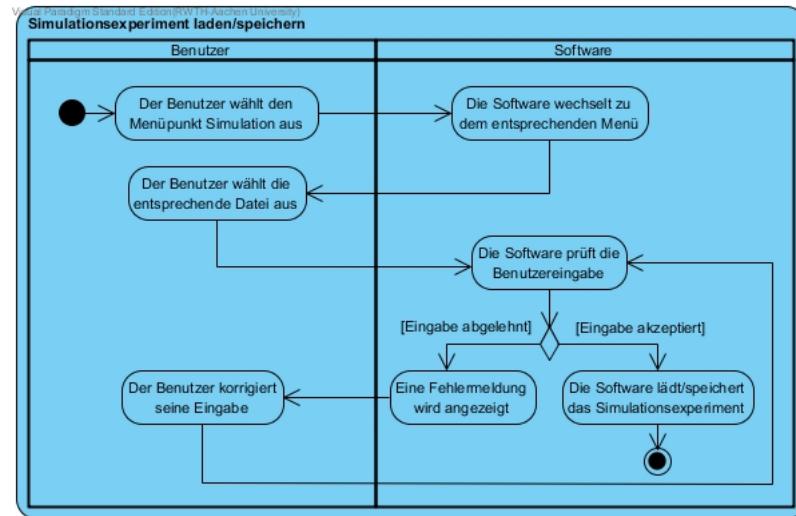


Abbildung 2.8: Aktivitätsdiagramm Use Case Simulationsexperiment laden/speichern

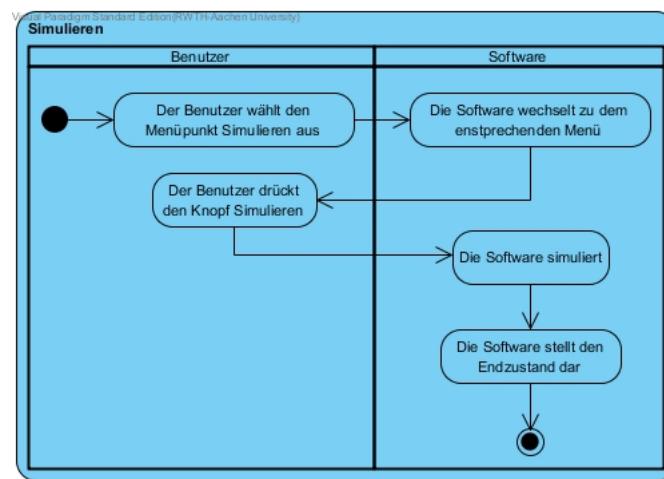


Abbildung 2.9: Aktivitätsdiagramm Use Case Simulieren

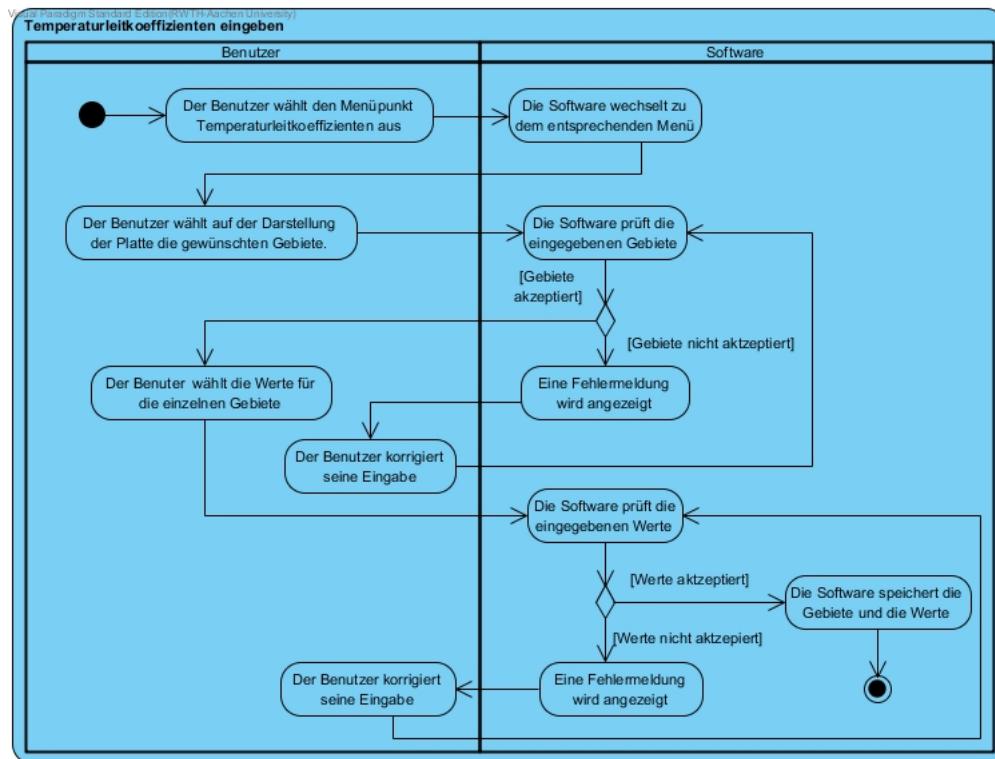


Abbildung 2.10: Aktivitätsdiagramm Use Case Temperaturleitkoeffizienten eingeben

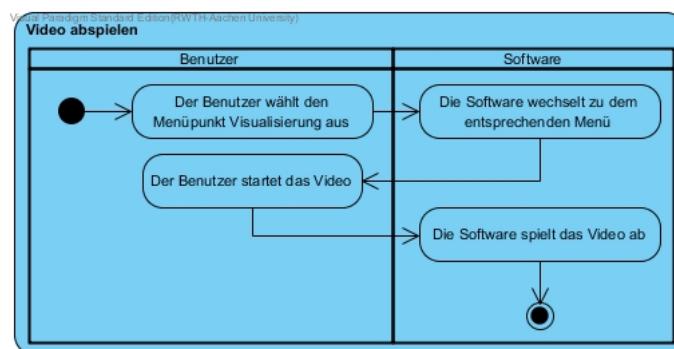


Abbildung 2.11: Aktivitätsdiagramm Use Case Video abspielen

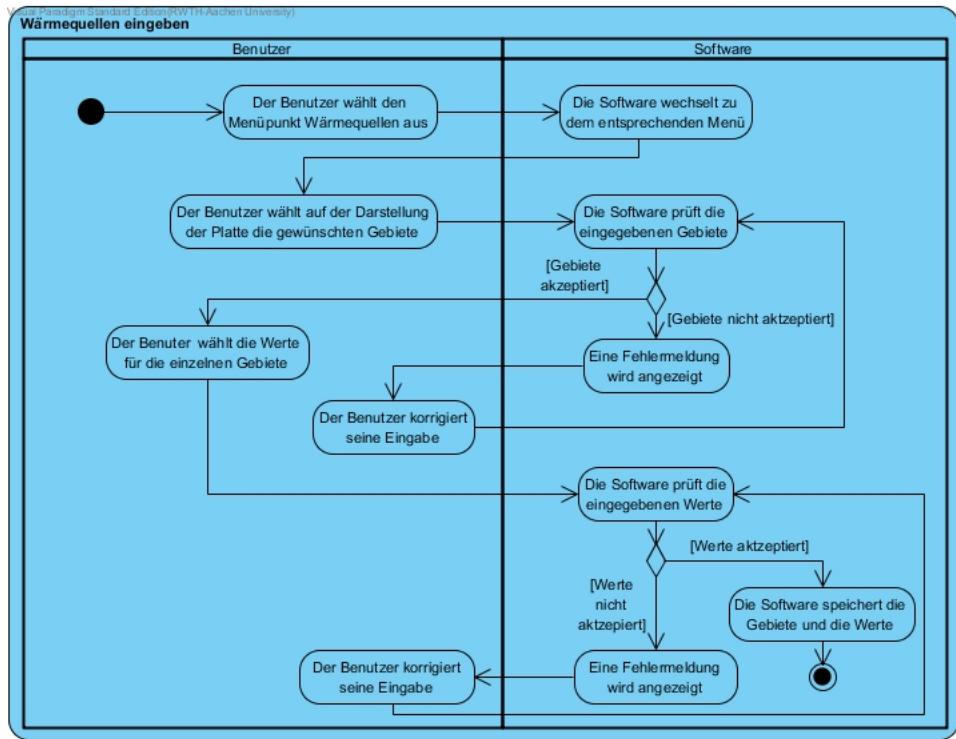


Abbildung 2.12: Aktivitätsdiagramm Use Case Wärmequellen eingeben

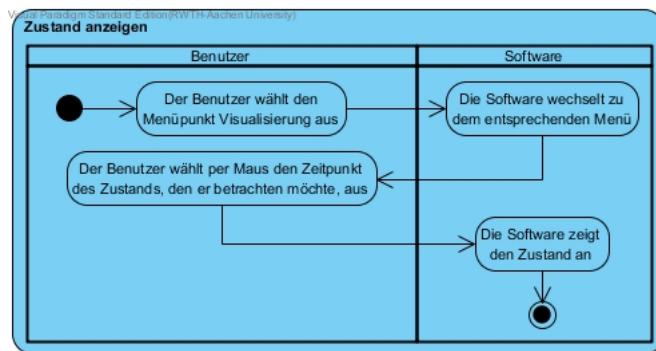


Abbildung 2.13: Aktivitätsdiagramm Use Case Zustand anzeigen

#### 2.1.2.4 Systemanforderungen

##### Funktionale Anforderungen

- Der Benutzer kann mit linken Mausklicks Gebiete der Temperaturleitkoeffizienten eingeben und deren Werte per Tastatur festlegen.
- Der Benutzer kann mit linken Mausklicks Wärmequellen eingeben und deren Werte per Tastatur festlegen.
- Um das Problem zu spezifizieren, kann der Benutzer die Anfangs- und Randbedingungen vorgeben.
- Die Diskretisierungsparameter (Stützstellenzahlen der Orts- beziehungsweise Zeitdiskretisierungen sowie den Endzeitpunkt der Simulation) & Simulationsparameter (Integrationsverfahren, LGS-Löser) können durch den Benutzer festgelegt werden.
- Die Simulation kann per Knopfdruck durch den Benutzer gestartet werden.

6. Der Benutzer kann sich die zeitliche Entwicklung der Temperaturverteilung als Video oder einen Zustand als Standbild anzeigen lassen.
7. Der Benutzer kann sich eine Hilfe zur Benutzung der Software anzeigen lassen.

## Nicht-funktionale Anforderungen

1. Dokumentation der Implementierung mittels Doxygen
2. Grafische Oberfläche mit Qt
3. Einfache Erweiterbarkeit um weitere Simulationsmethoden
4. Lauffähig unter Windows und Linux (insbesondere auf dem RWTH Aachen Cluster)
5. Grafische Oberfläche skaliert korrekt bei Veränderung der Fenstergröße

## 2.2 Begriffsanalyse

### 2.2.1 Klassenkandidaten

- Platte → Gitter
- Temperaturverteilung
- Temperaturleitkoeffizient ( $\rightarrow$  durch *Area* implementiert)
- Wärmequellen ( $\rightarrow$  durch *Area* implementiert)
- Startbedingung
- Randbedingung
- Endzeitpunkt, Stützstellenzahl (Ort- & Zeitdiskretisierung)
- Simulation
- Problem + Ergebnis → **Model**
- Zustand/Video
- Fehlermeldung ( $\rightarrow$  durch GUI implementiert)
- **Area**
- **IntMethod** → **ImpEuler**, ...
- **Solver** → **Jacobi**, ...

## 2.2.2 Begriffsnetz

Abbildung 2.14 zeigt das Begriffsnetz.

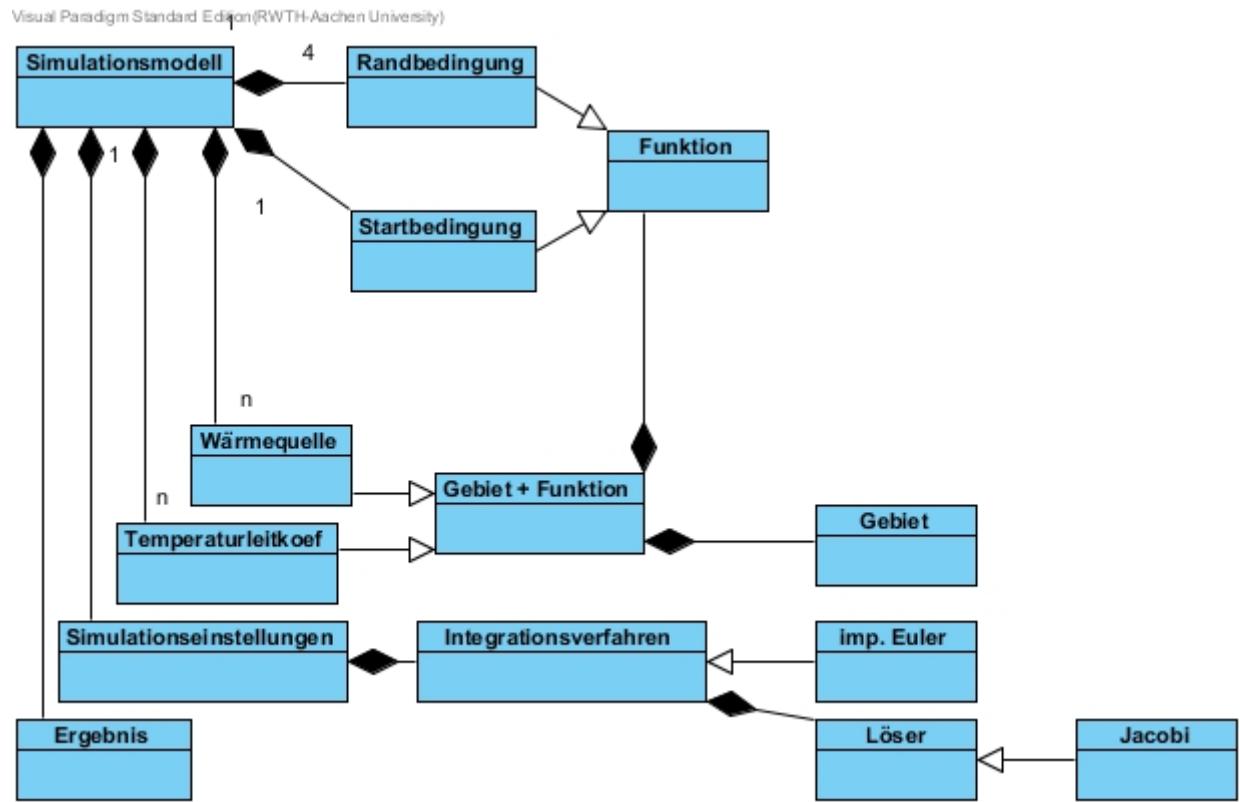


Abbildung 2.14: Begriffsnetz

# Kapitel 3

## Entwurf

### 3.1 Pakete

Unsere Software gliedert sich in drei Pakete, deren Struktur in Abbildung 3.1 dargestellt ist.

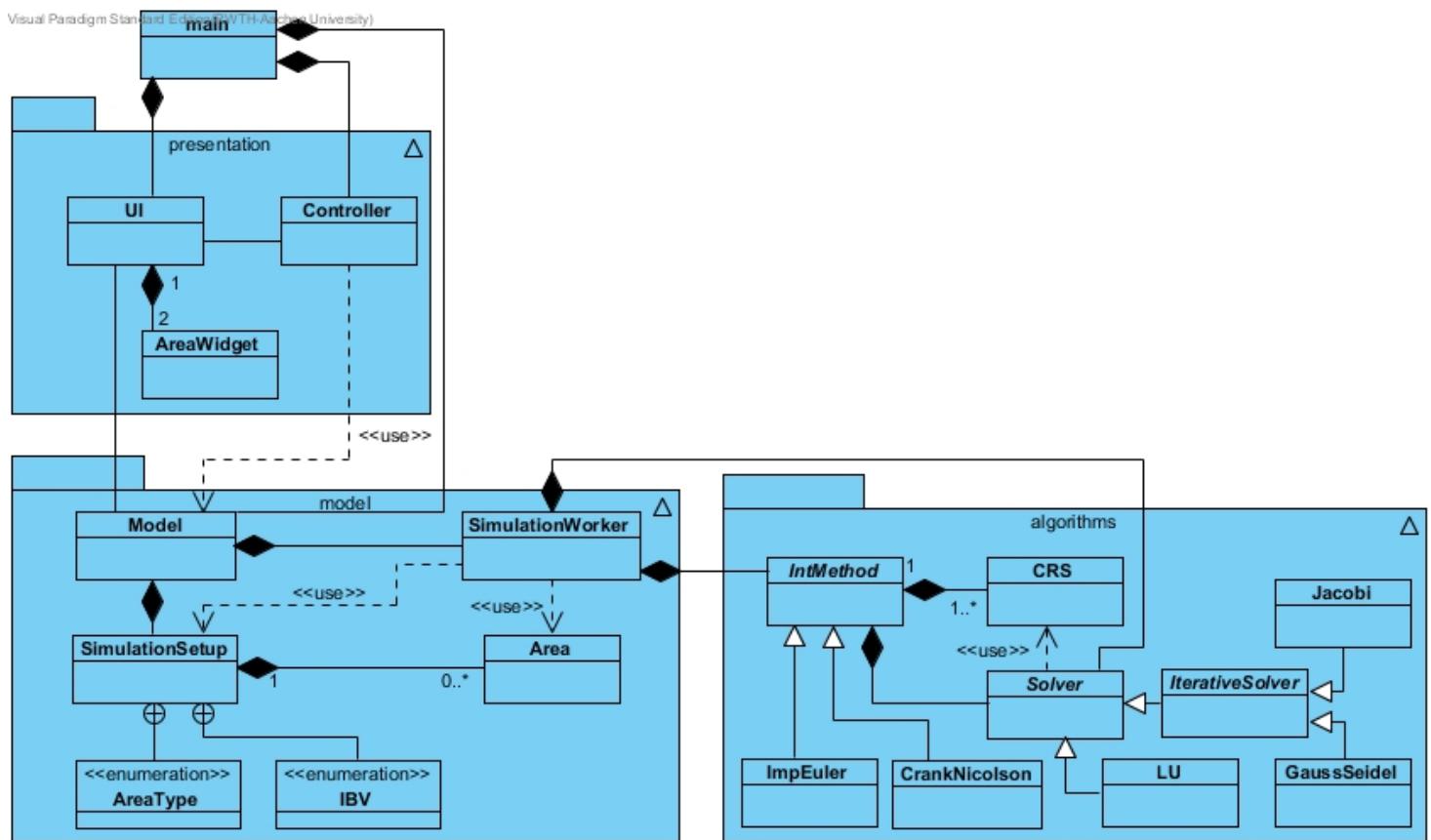


Abbildung 3.1: Paketstruktur

### 3.2 Abstrakte Datentypen

### 3.3 Klassen

Nachfolgend sind die Klassen-/Sequenzdiagramme nach Paketen sortiert aufgelistet.

Dabei werden keine Sequenzdiagramme gezeigt, falls es sich um Methoden ohne Kommunikation mit anderen Objekten handelt, insbesondere auch getter-Funktionen oder Funktionen die Algorithmen implementieren.

### 3.3.1 Paket algorithms

Das Klassendiagramm in Abbildung 3.2 zeigt alle im Paket *algorithms* enthaltene Klassen.

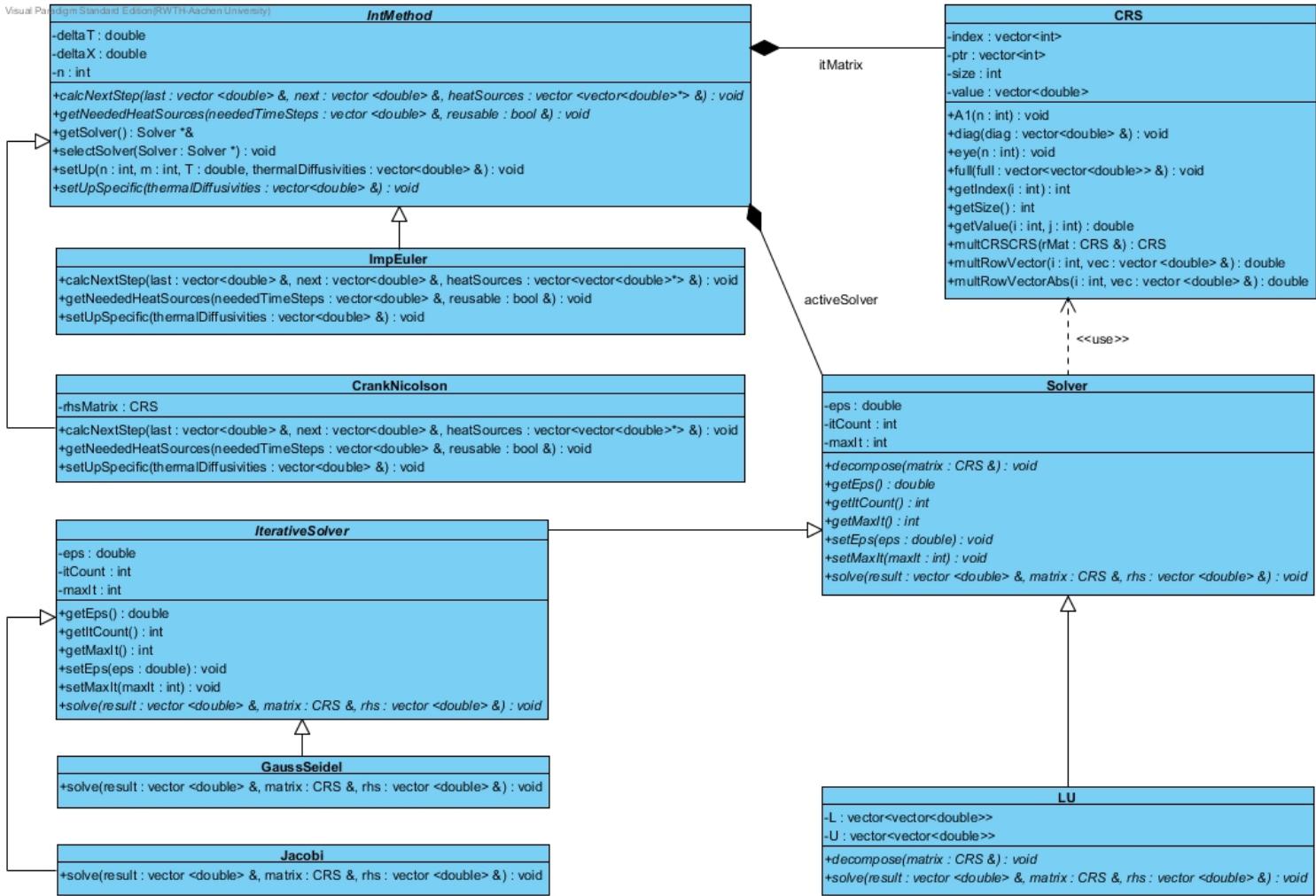


Abbildung 3.2: Klassendiagramm algorithms

#### 3.3.1.1 IntMethod

##### calcNextStep

Das Sequenzdiagramm für *calcNextStep* ist in Abbildung 3.3 dargestellt. *calcNextStep* berechnet die Approximation der Temperaturverteilung zum nächsten Zeitpunkt unter Verwendung der aktuellen Verteilung sowie der eingegebenen Temperaturleitkoeffizienten und Wärmequellen.

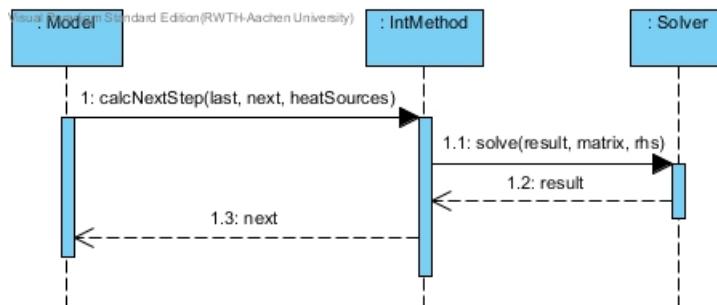


Abbildung 3.3: Sequenzdiagramm calcNextStep

## selectSolver

Das Sequenzdiagramm für *selectSolver* ist in Abbildung 3.4 dargestellt. *selectSolver* setzt den gewählten Löser für lineare Gleichungssysteme.

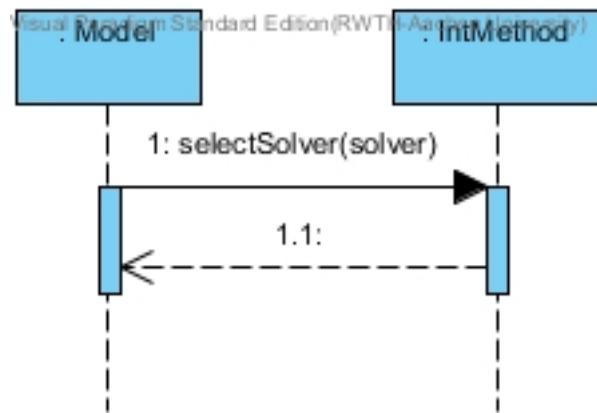


Abbildung 3.4: Sequenzdiagramm selectSolver

## setUp

Das Sequenzdiagramm für *setUp* ist in Abbildung 3.5 dargestellt. *setUp* bereitet die Simulationsberechnung vor.

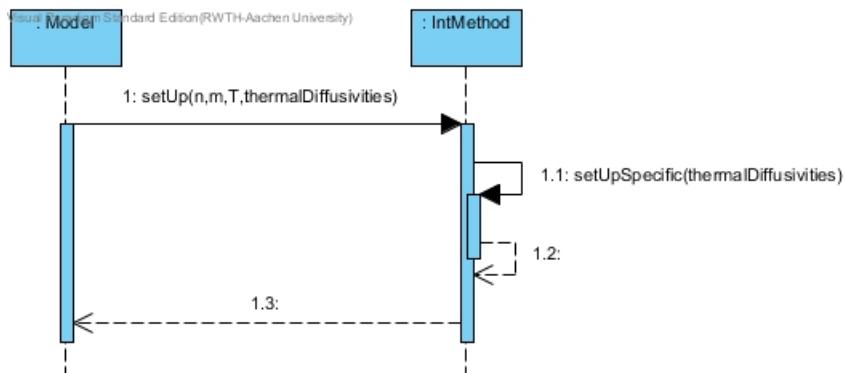


Abbildung 3.5: Sequenzdiagramm setUp

## setUpSpecific

Das Sequenzdiagramm für *setUpSpecific* ist in Abbildung 3.6 dargestellt. *setUpSpecific* trifft für die gewählte Integrationsmethode spezifische Vorbereitungen.

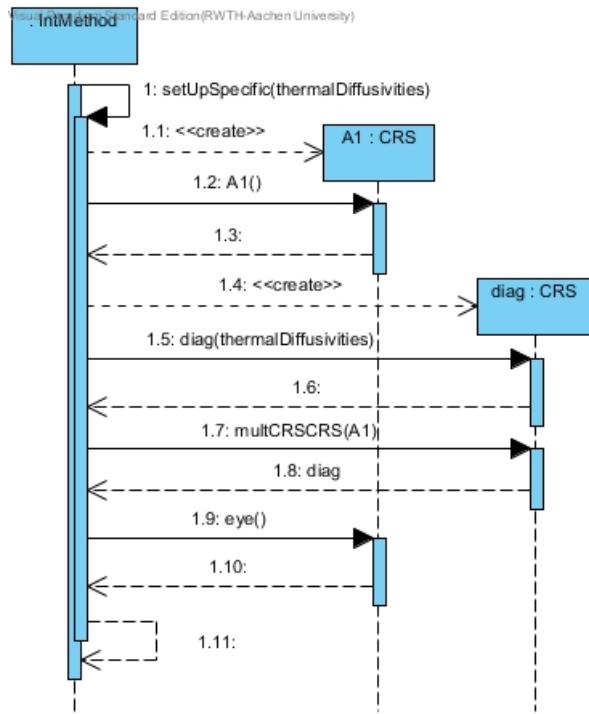


Abbildung 3.6: Sequenzdiagramm `setUpSpecific`

### 3.3.1.2 IterativeSolver

#### setEps

Das Sequenzdiagramm für `setEps` ist in Abbildung 3.7 dargestellt. `setEps` setzt die gewählte relative Genauigkeit.

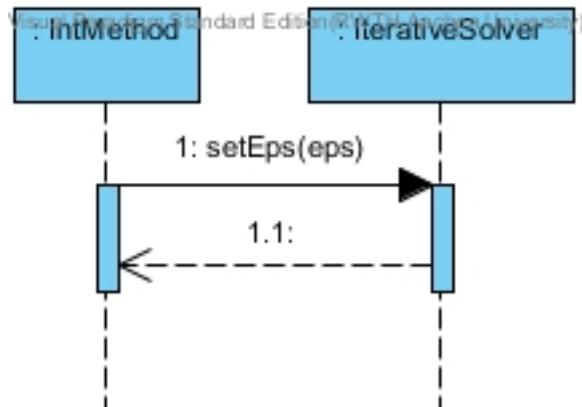


Abbildung 3.7: Sequenzdiagramm `setEps`

#### setMaxIt

Das Sequenzdiagramm für `setMaxIt` ist in 3.8 dargestellt. `setMaxIt` setzt die gewählte maximale Iterationsanzahl.

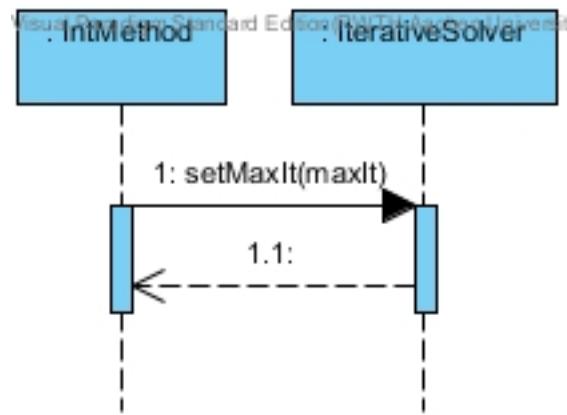


Abbildung 3.8: Sequenzdiagramm `setMaxIt`

### 3.3.2 Paket model

Das Klassendiagramm in Abbildung 3.9 zeigt alle im Paket *model* enthaltene Klassen.

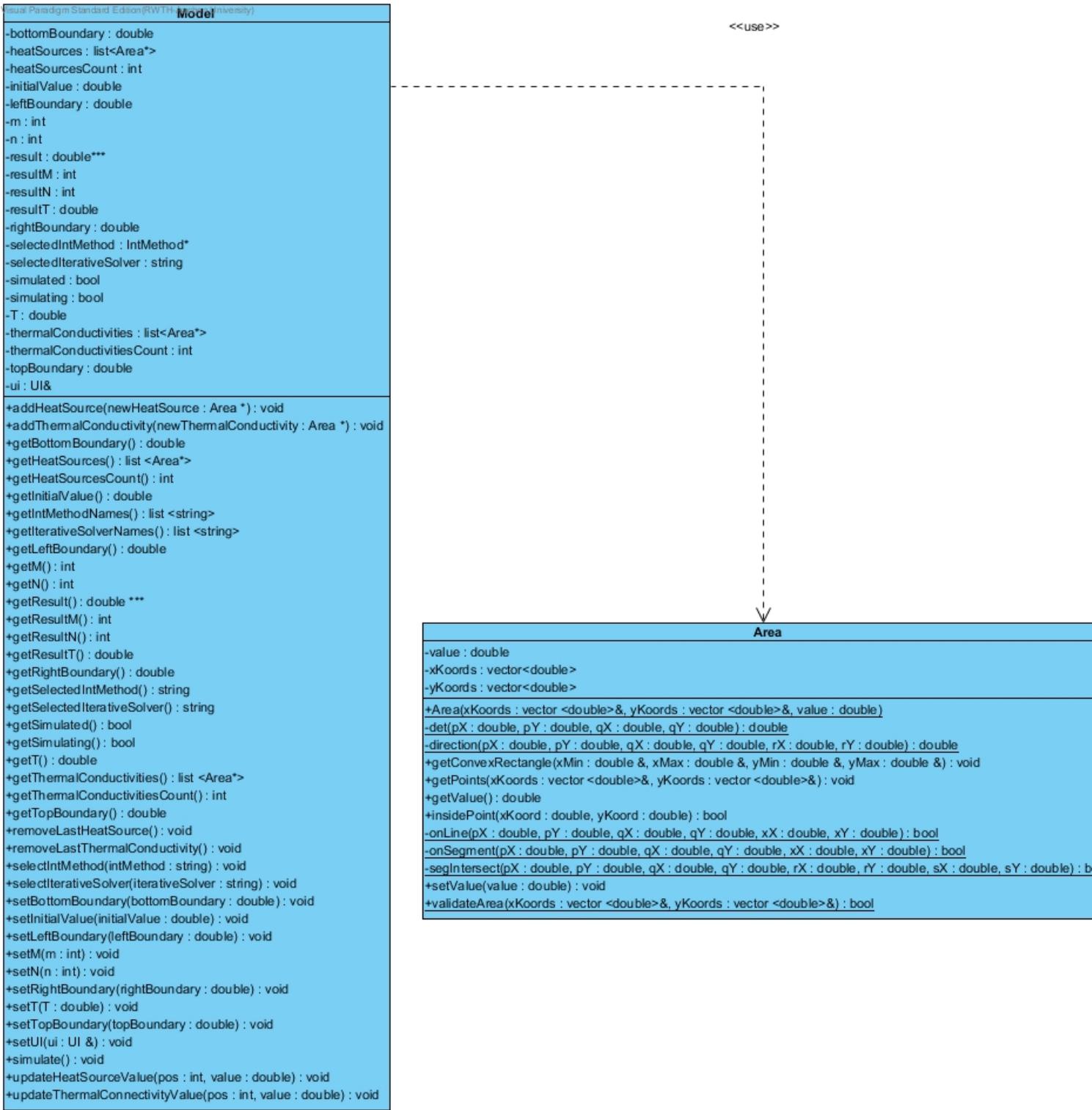


Abbildung 3.9: Klassendiagramm model

### 3.3.2.1 model

#### addHeatSource

Das Sequenzdiagramm für *addHeatSource* ist in 3.10 dargestellt. *addHeatSource* fügt eine weitere Wärmequelle hinzu.

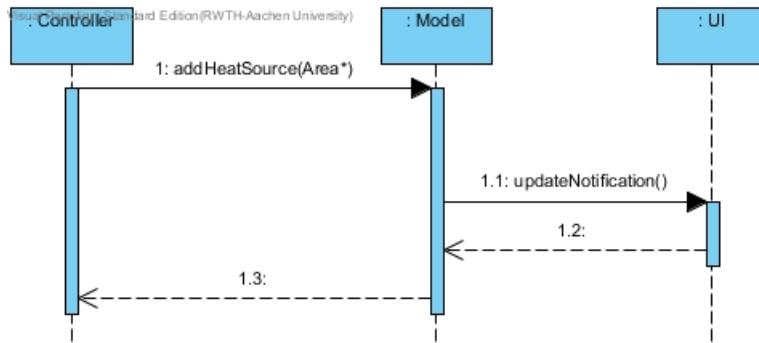


Abbildung 3.10: Sequenzdiagramm addHeatSource

### **addThermalDiffusivity**

Das Sequenzdiagramm für `addThermalDiffusivity` ist in 3.11 dargestellt. `addThermalDiffusivity` fügt ein durch den Nutzer gewähltes Gebiet mit zugehörigem Temperaturleitkoeffizienten hinzu.

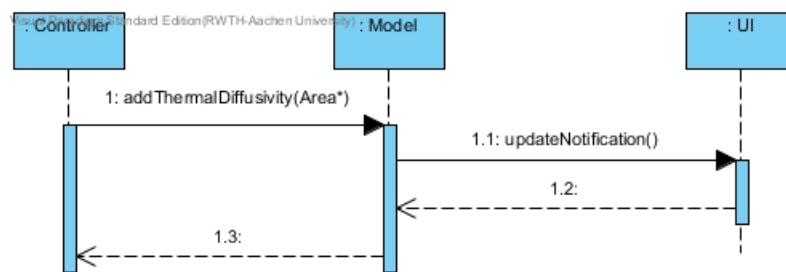


Abbildung 3.11: Sequenzdiagramm addThermalDiffusivity

### **removeLastHeatSource**

Das Sequenzdiagramm für `removeLastHeatSource` ist in 3.12 dargestellt.

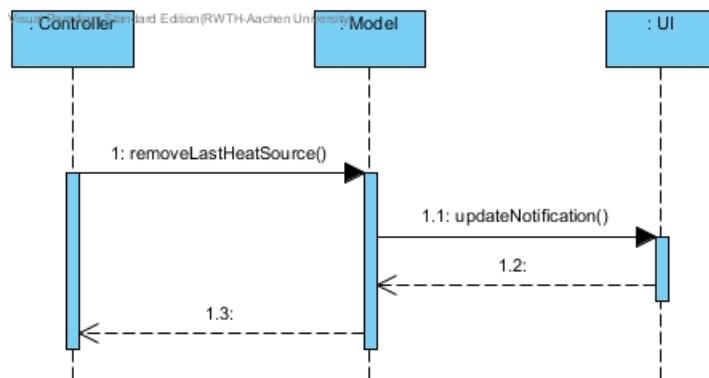


Abbildung 3.12: Sequenzdiagramm removeLastHeatSource

### **removeLastThermalDiffusivity**

Das Sequenzdiagramm für `removeLastThermalDiffusivity` ist in 3.13 dargestellt.

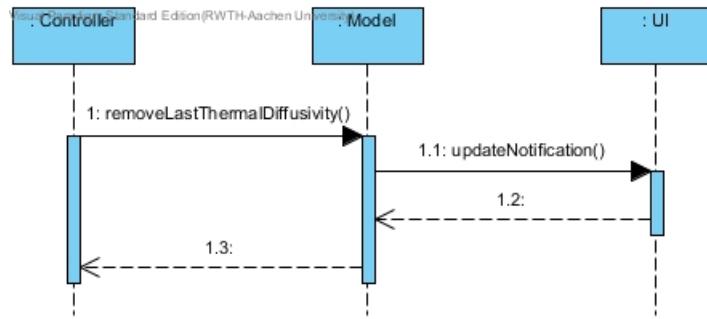


Abbildung 3.13: Sequenzdiagramm `removeLastThermalDiffusivity`

### **selectIntMethod**

Das Sequenzdiagramm für `selectIntMethod` ist in 3.14 dargestellt.

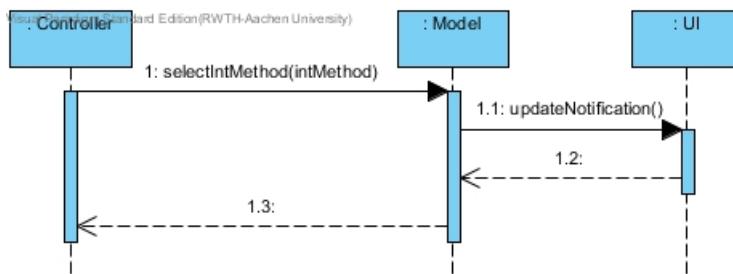


Abbildung 3.14: Sequenzdiagramm `selectIntMethod`

### **selectSolver**

Das Sequenzdiagramm für `selectSolver` ist in 3.15 dargestellt.

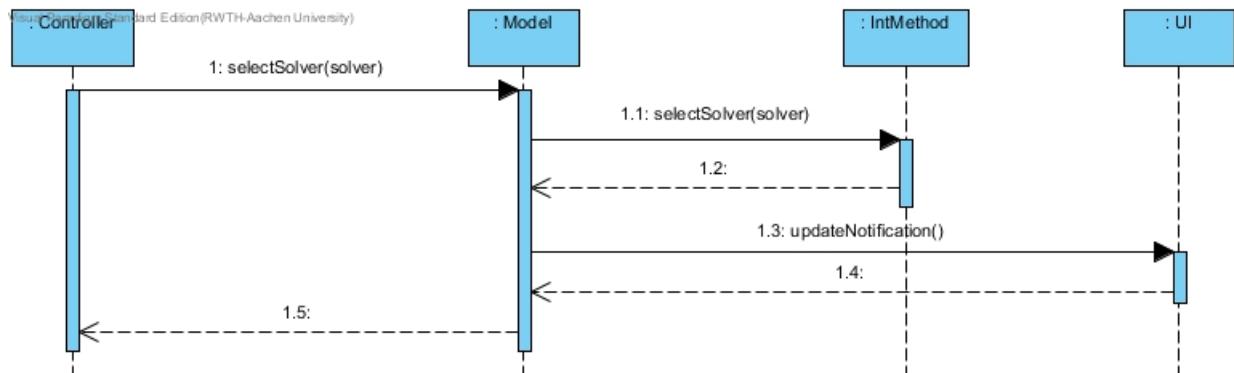


Abbildung 3.15: Sequenzdiagramm `selectSolver`

### **setBottomBoundary**

Das Sequenzdiagramm für `setBottomBoundary` ist in 3.16 dargestellt.

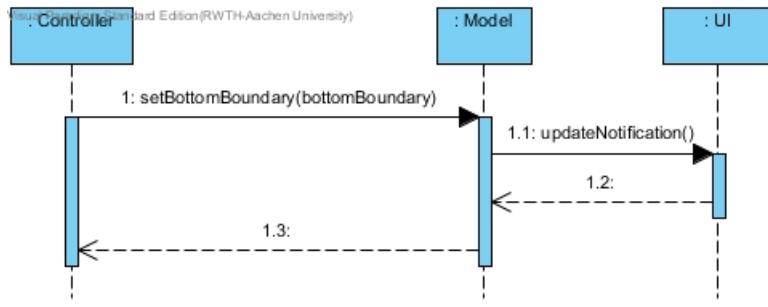


Abbildung 3.16: Sequenzdiagramm `setBottomBoundary`

### `setInitialValue`

Das Sequenzdiagramm für `setInitialValue` ist in 3.17 dargestellt.

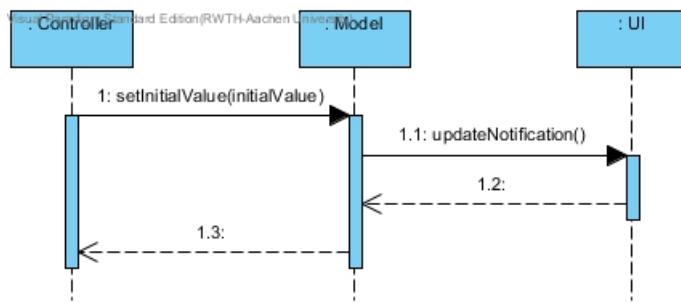


Abbildung 3.17: Sequenzdiagramm `setInitialValue`

### `setLeftBoundary`

Das Sequenzdiagramm für `setLeftBoundary` ist in 3.18 dargestellt.

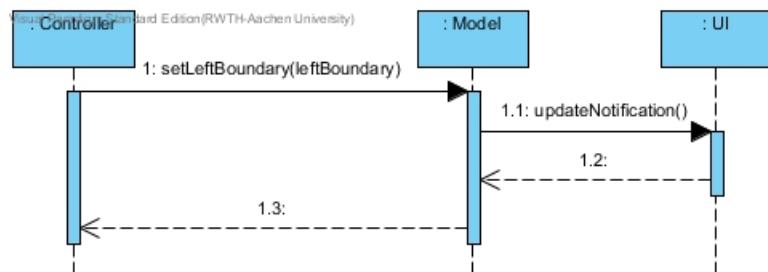


Abbildung 3.18: Sequenzdiagramm `setLeftBoundary`

### `setM`

Das Sequenzdiagramm für `setM` ist in 3.19 dargestellt.

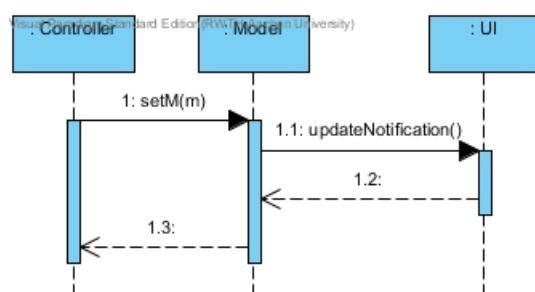


Abbildung 3.19: Sequenzdiagramm `setM`

## setN

Das Sequenzdiagramm für *setN* ist in 3.20 dargestellt.

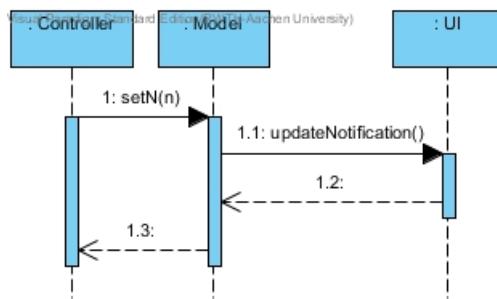


Abbildung 3.20: Sequenzdiagramm setN

## setRightBoundary

Das Sequenzdiagramm für *setRightBoundary* ist in 3.21 dargestellt.

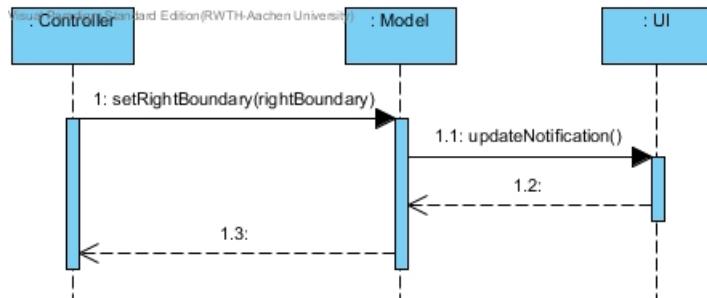


Abbildung 3.21: Sequenzdiagramm setRightBoundary

## setT

Das Sequenzdiagramm für *setT* ist in 3.22 dargestellt.

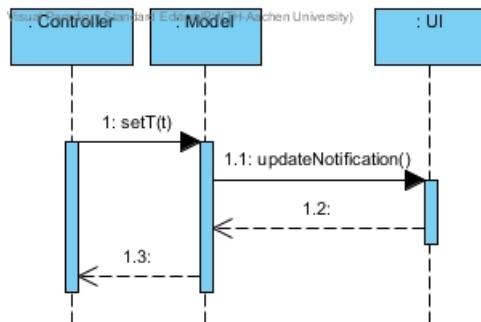


Abbildung 3.22: Sequenzdiagramm setT

## setTopBoundary

Das Sequenzdiagramm für *setTopBoundary* ist in 3.23 dargestellt.

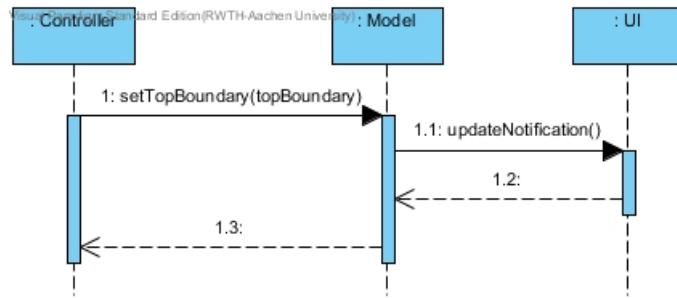


Abbildung 3.23: Sequenzdiagramm setTopBoundary

## simulate

Das Sequenzdiagramm für *simulate* ist in 3.24 dargestellt.

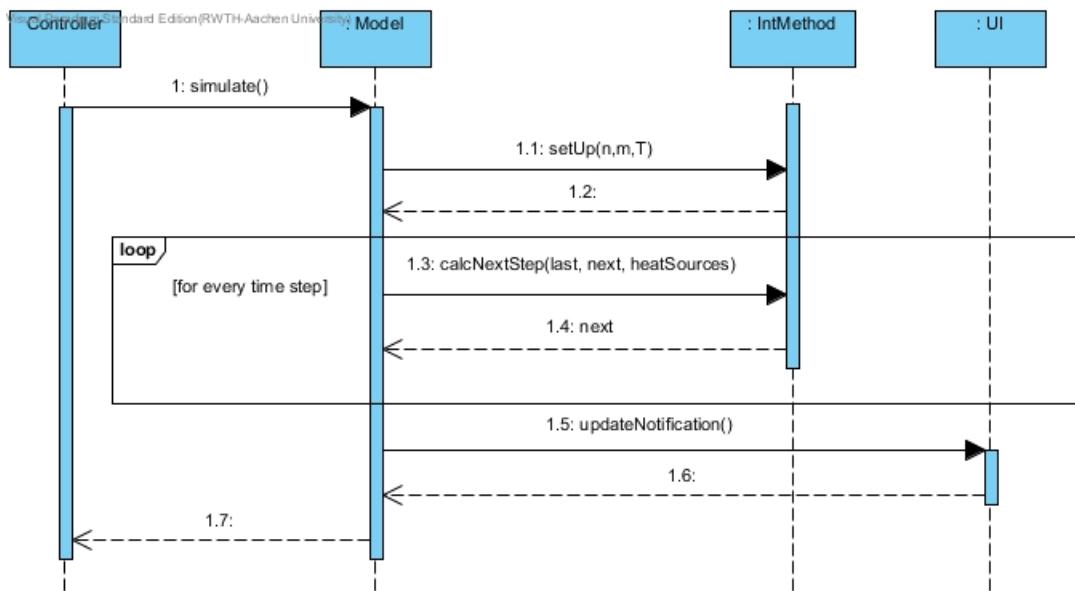


Abbildung 3.24: Sequenzdiagramm simulate

### 3.3.3 Paket presentation

Das Klassendiagramm in Abbildung 3.25 zeigt alle im Paket *presentation* enthaltene Klassen.

```

- activeTab : int
- model : Model&
- result : double*** &
- resultM : int&
- resultN : int&
- resultT : double&

+drawPartialHeatSource(partialAreaX : vector <double>&, partialAreaY : vector <double>&) : void
+drawPartialThermalConductivity(partialAreaX : vector <double>&, partialAreaY : vector <double>&) : void
+testFocusChange(old : QWidget *) : bool
+getInitialFrame() : int
+getNewHeatSourceValue(row : int) : double
+getNewThermalConductivityValue(row : int) : double
+heatSourcePixelToCoords(mouseX : double, mouseY : double, x : double &, y : double &) : void
+revertFocusChange(old : QWidget *, now : QWidget *) : void
+setActiveTab(tab : int) : void
+setController(controller : Controller &) : void
+setModel(model : Model &) : void
+thermalConductivityPixelToCoords(mouseX : double, mouseY : double, x : double &, y : double &) : void
-updateHeatSources() : void
-updateIBVs() : void
+updateNotification() : void
-updateSimulating() : void
-updateThermalConductivities() : void
-updateVisualization() : void
-visualizeHeatSourceArea(area : Area *) : void
+visualizeState(frame : int) : void
-visualizeThermalConductivityArea(area : Area *) : void

```

```

- model : mo
- partialArea
- partialArea
- startedNew
- startedNew
+ focusChan
+ heatSource
+ heatSource
+ newBottom
+ newInitialV
+ newLeftBo
+ newMSlot(
+ newNSlot(
+ newRightB
+ newTopBo
+ newTSlot(r
+ playVideoS
+ selectIntM
+ selectIterat
+ setModel(r
+ setUI(ui : U
+ simulateSk
+ testPartial
+ testPartial
+ thermalCon
+ thermalCon
+ undoHeatS
+ undoTherm
+ visualize St

```

Abbildung 3.25: Klassendiagramm presentation

### 3.3.3.1 UI

Es werden lediglich die Sequenzdiagramme der Update-Methoden dargestellt.

#### updateHeatSources

Das Sequenzdiagramm für *updateHeatSources* ist in 3.26 dargestellt.

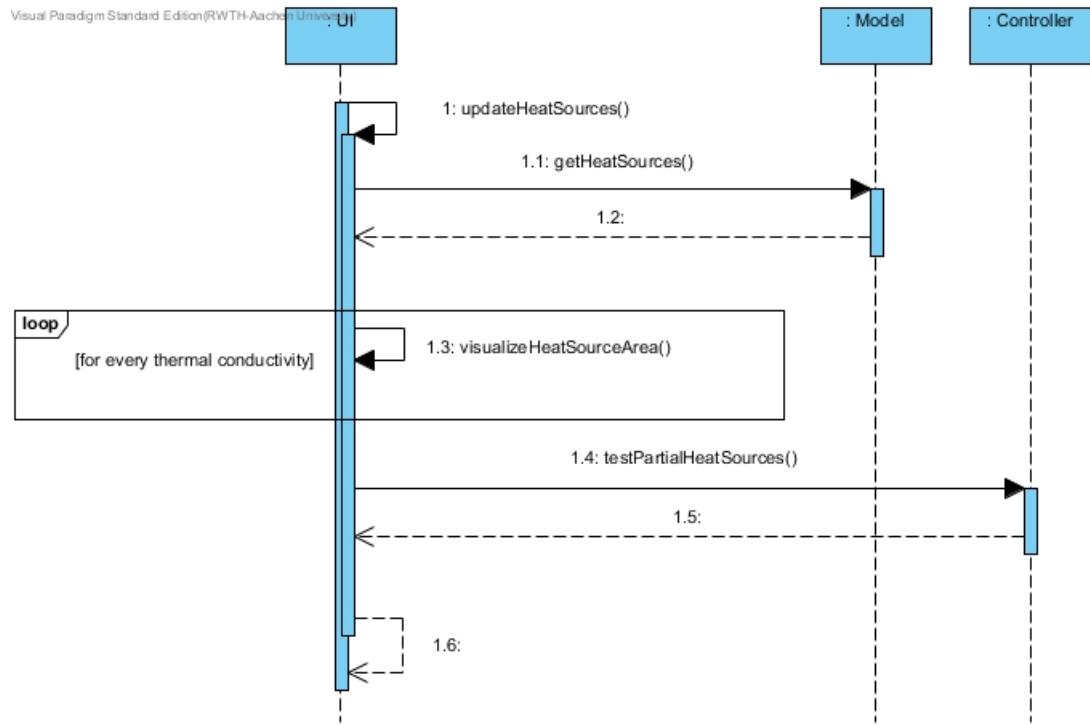


Abbildung 3.26: Sequenzdiagramm updateHeatSources

### updateIBVs

Das Sequenzdiagramm für *updateIBVs* ist in 3.27 dargestellt.

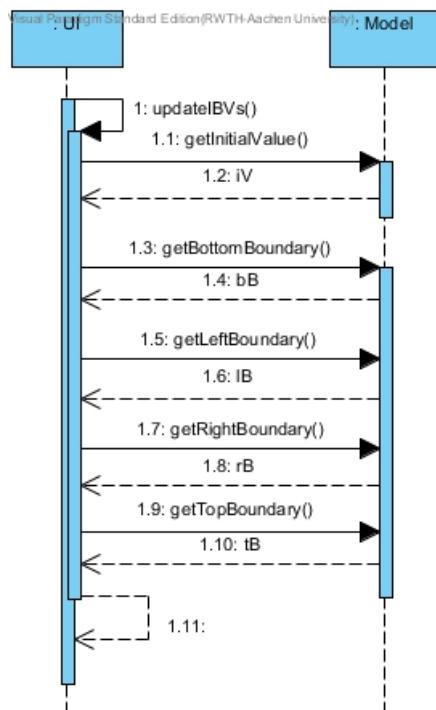


Abbildung 3.27: Sequenzdiagramm updateIBVs

### updateNotification

Das Sequenzdiagramm für *updateNotification* ist in 3.28 dargestellt.

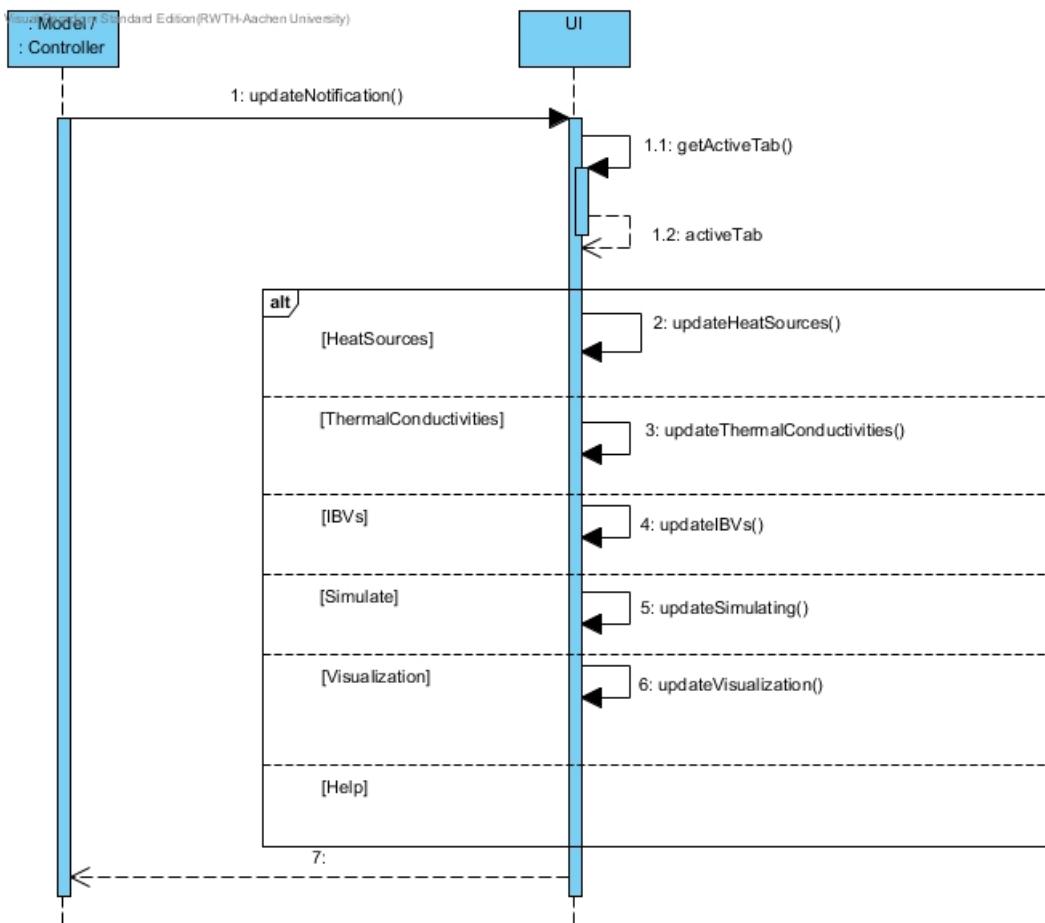


Abbildung 3.28: Sequenzdiagramm `updateNotification`

### updateSimulating

Das Sequenzdiagramm für `updateSimulating` ist in 3.29 dargestellt.

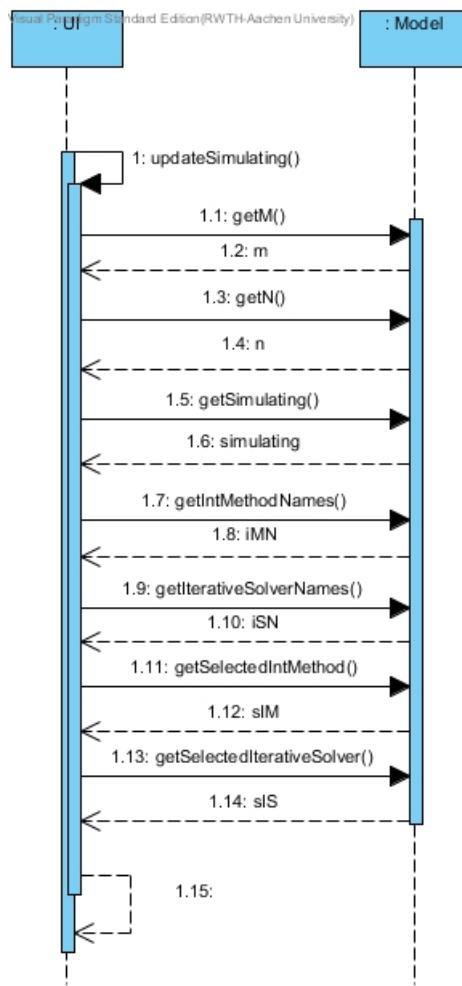


Abbildung 3.29: Sequenzdiagramm `updateSimulating`

### updateThermalConductivities

Das Sequenzdiagramm für `updateThermalConductivities` ist in 3.30 dargestellt.

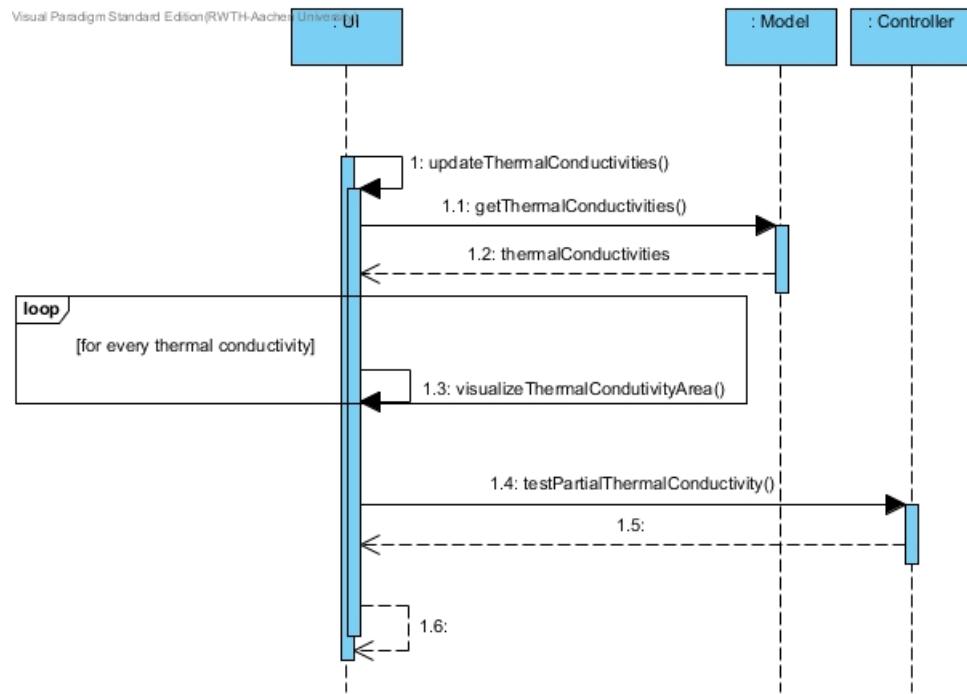


Abbildung 3.30: Sequenzdiagramm `updateThermalConductivities`

## updateVisualization

Das Sequenzdiagramm für *updateVisualization* ist in 3.31 dargestellt.

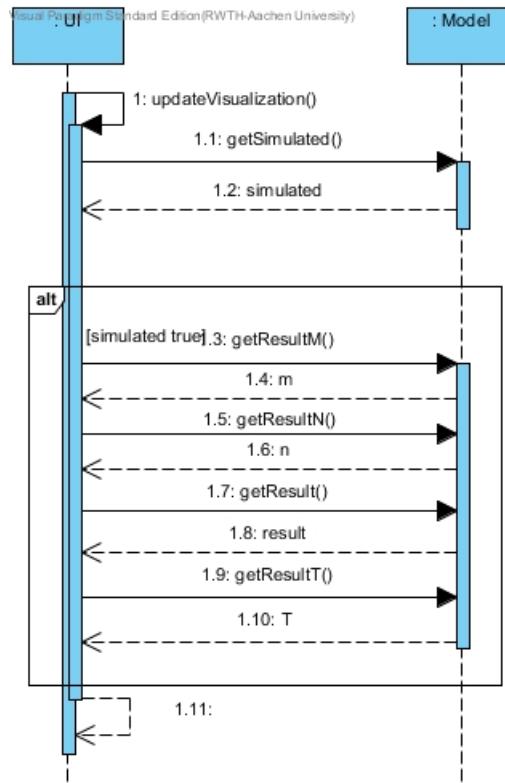


Abbildung 3.31: Sequenzdiagramm updateVisualization

### 3.3.3.2 Controller

#### focusChangedSlot

Das Sequenzdiagramm für *focusChangedSlot* ist in 3.32 dargestellt.

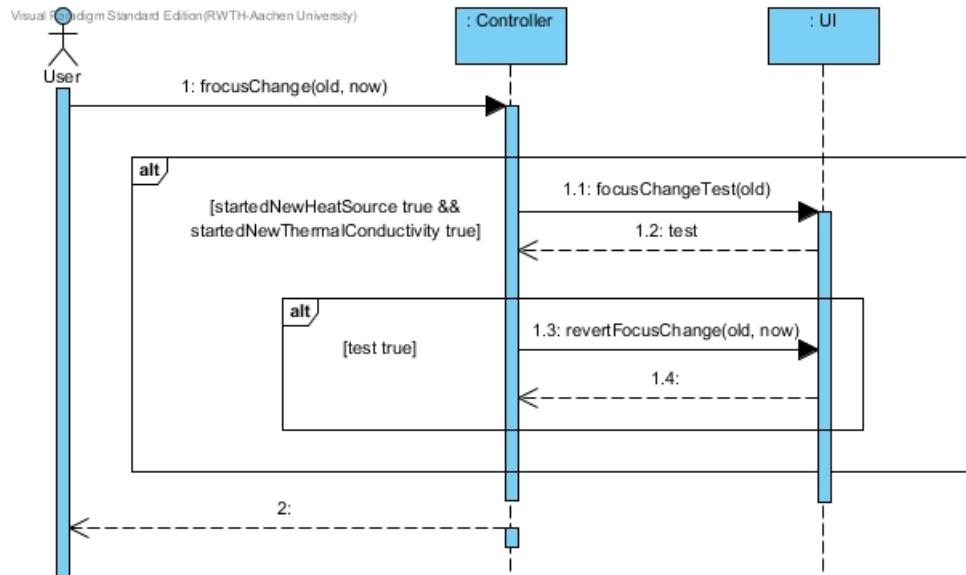


Abbildung 3.32: Sequenzdiagramm focusChangedSlot

#### heatSourceClickSlot

Das Sequenzdiagramm für *heatSourceClickSlot* ist in 3.33 dargestellt.

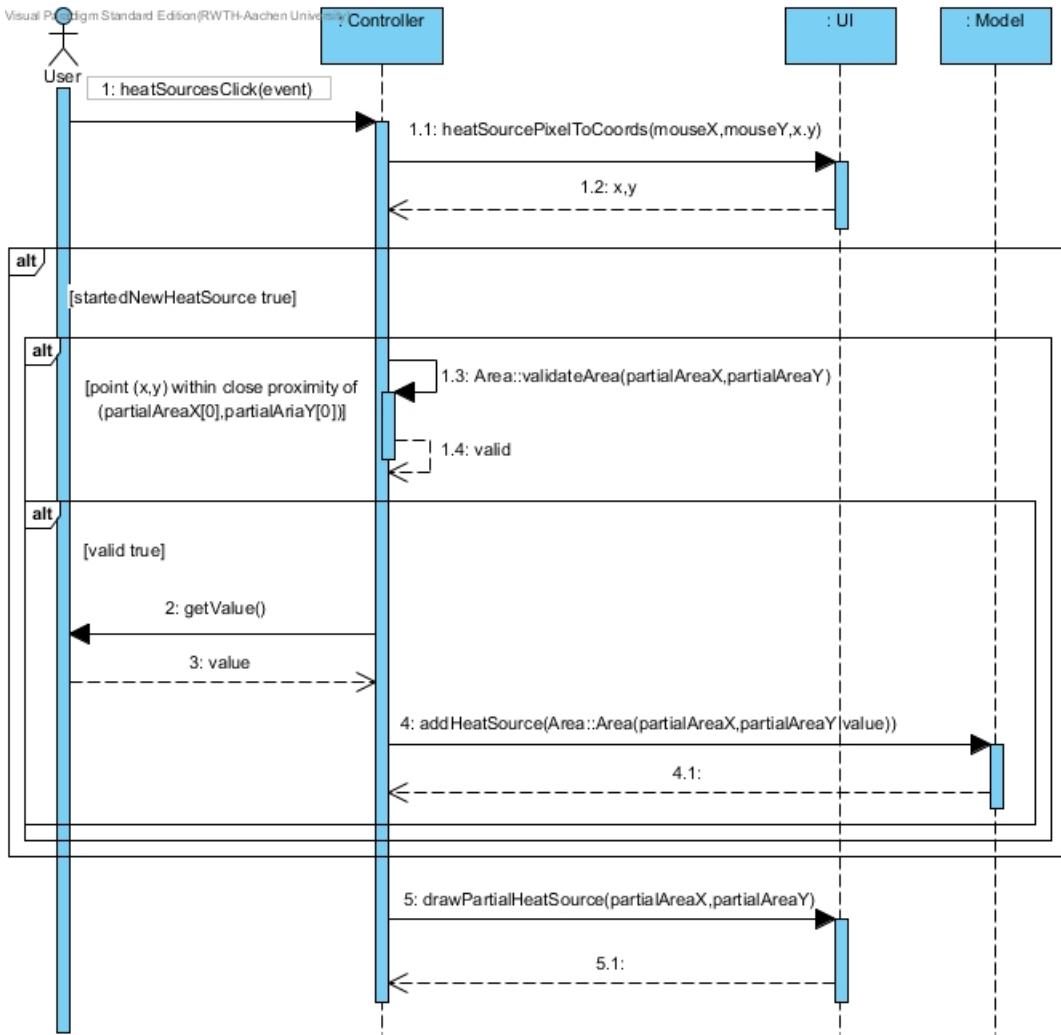


Abbildung 3.33: Sequenzdiagramm heatSourceClickSlot

### newBottomBoundarySlot

Das Sequenzdiagramm für *newBottomBoundarySlot* ist in 3.34 dargestellt.

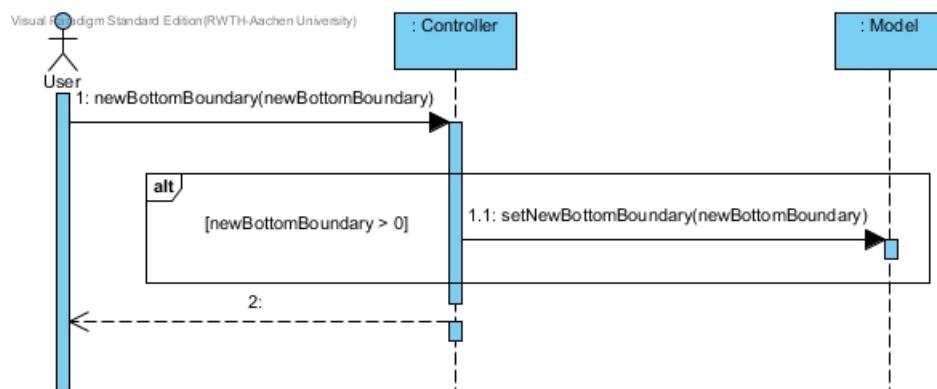


Abbildung 3.34: Sequenzdiagramm newBottomBoundarySlot

### newInitialValueSlot

Das Sequenzdiagramm für *newInitialValueSlot* ist in 3.36 dargestellt.

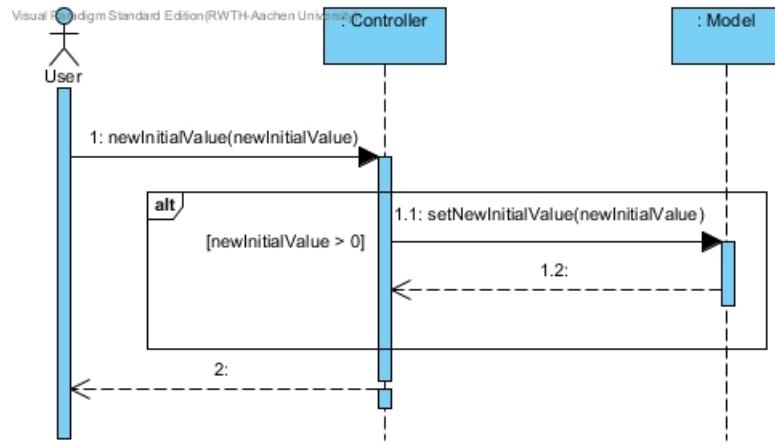


Abbildung 3.35: Sequenzdiagramm *newInitialValueSlot*

### **newInitialValueSlot**

Das Sequenzdiagramm für *newInitialValueSlot* ist in 3.36 dargestellt.

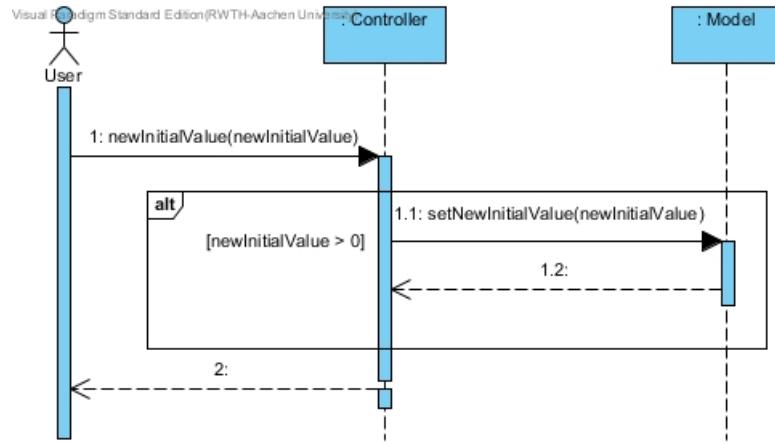


Abbildung 3.36: Sequenzdiagramm *newInitialValueSlot*

### **newLeftBoundarySlot**

Das Sequenzdiagramm für *newLeftBoundarySlot* ist in 3.37 dargestellt.

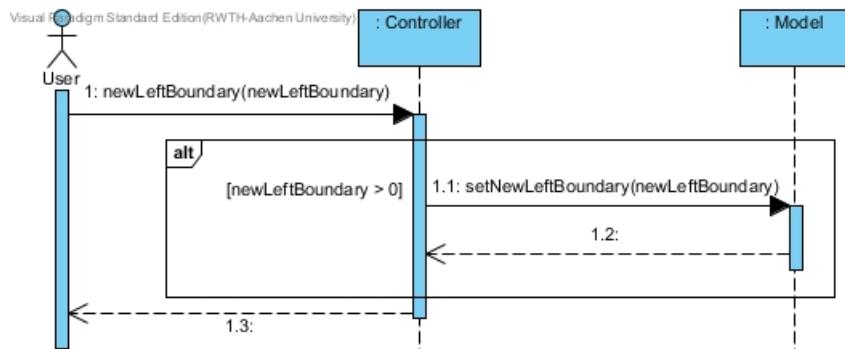


Abbildung 3.37: Sequenzdiagramm *newLeftBoundarySlot*

### **newMSlot**

Das Sequenzdiagramm für *newMSlot* ist in 3.38 dargestellt.

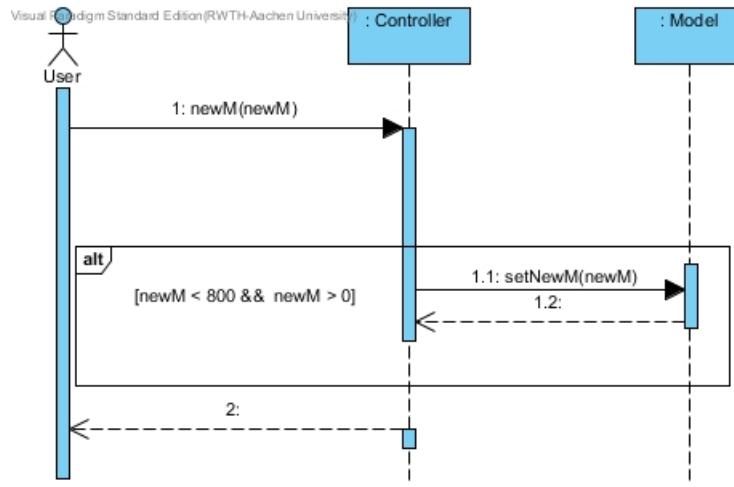


Abbildung 3.38: Sequenzdiagramm newMSlot

### newNSlot

Das Sequenzdiagramm für *newNSlot* ist in 3.39 dargestellt.

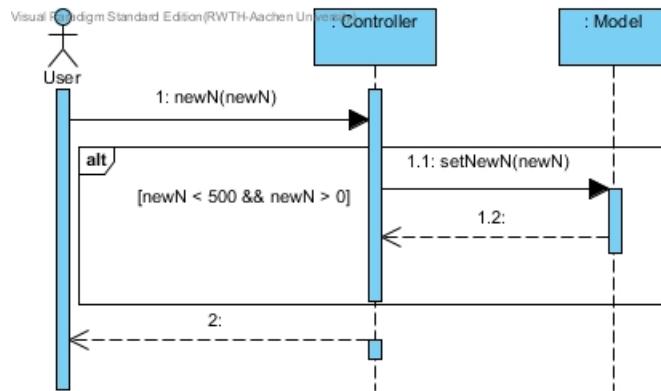


Abbildung 3.39: Sequenzdiagramm newNSlot

### newRightBoundarySlot

Das Sequenzdiagramm für *newRightBoundarySlot* ist in 3.40 dargestellt.

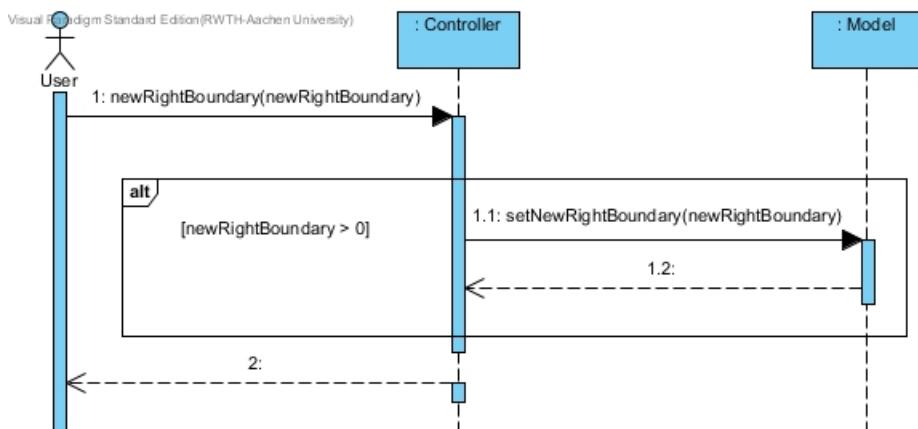


Abbildung 3.40: Sequenzdiagramm newRightBoundarySlot

### newTopBoundarySlot

Das Sequenzdiagramm für *newTopBoundarySlot* ist in 3.41 dargestellt.

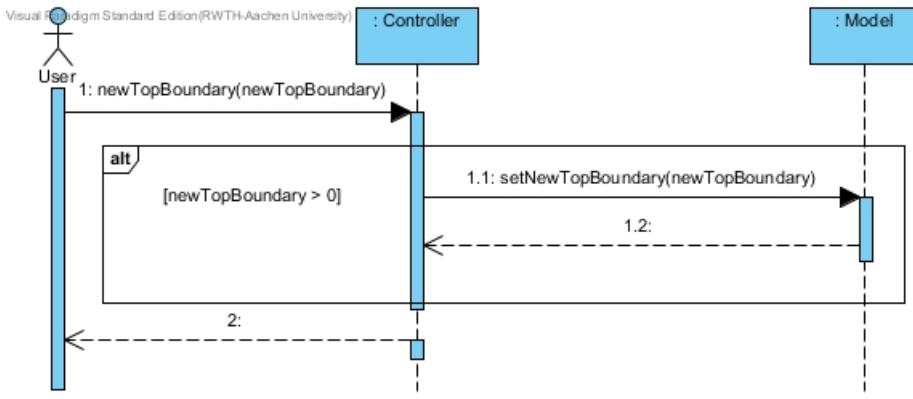


Abbildung 3.41: Sequenzdiagramm newTopBoundarySlot

## newTSlot

Das Sequenzdiagramm für *newTSlot* ist in 3.43 dargestellt.

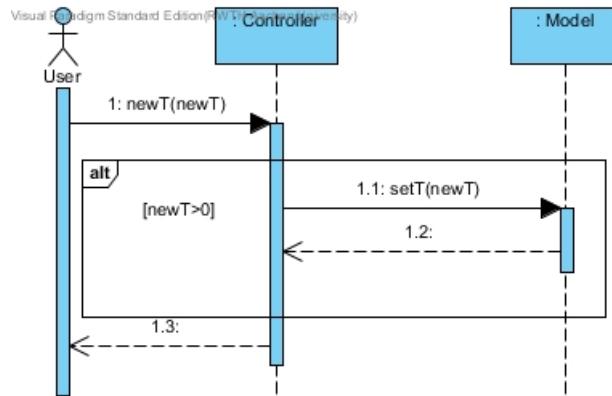


Abbildung 3.42: Sequenzdiagramm newTSlot

## newTSlot

Das Sequenzdiagramm für *newTSlot* ist in 3.43 dargestellt.

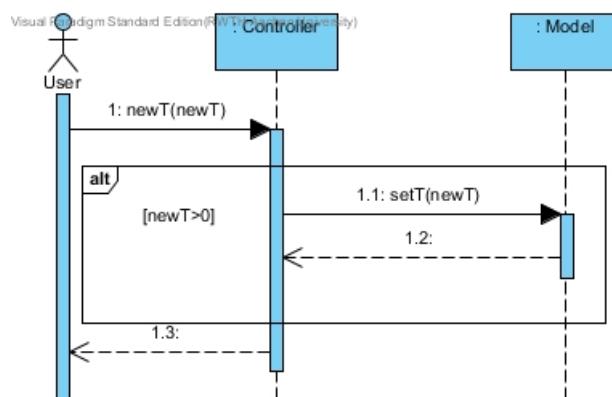


Abbildung 3.43: Sequenzdiagramm newTSlot

## playVideoSlot

Das Sequenzdiagramm für *playVideoSlot* ist in 3.44 dargestellt.

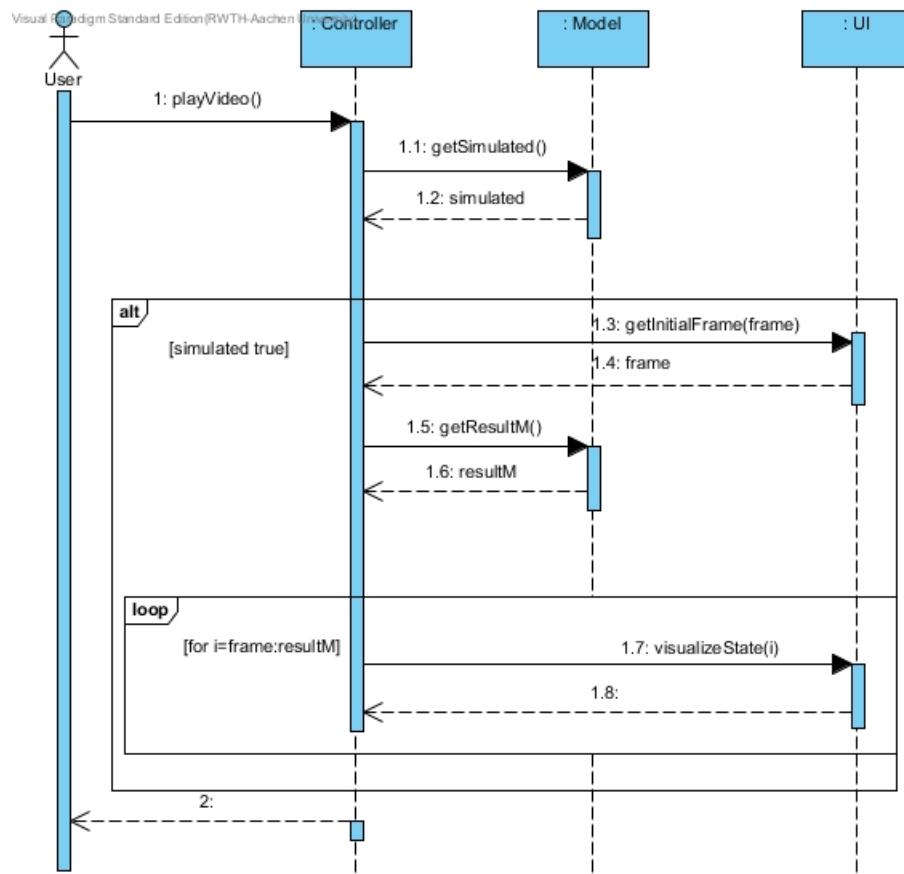


Abbildung 3.44: Sequenzdiagramm `playVideoSlot`

### `selectIntMethodSlot`

Das Sequenzdiagramm für `selectIntMethodSlot` ist in 3.45 dargestellt.

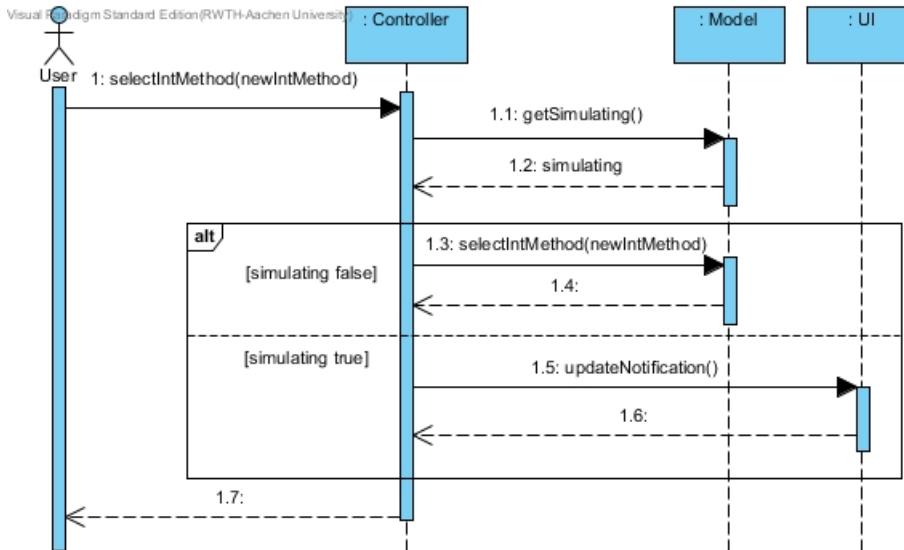


Abbildung 3.45: Sequenzdiagramm `selectIntMethodSlot`

### `selectIterativeSolverSlot`

Das Sequenzdiagramm für `selectIterativeSolverSlot` ist in 3.46 dargestellt.

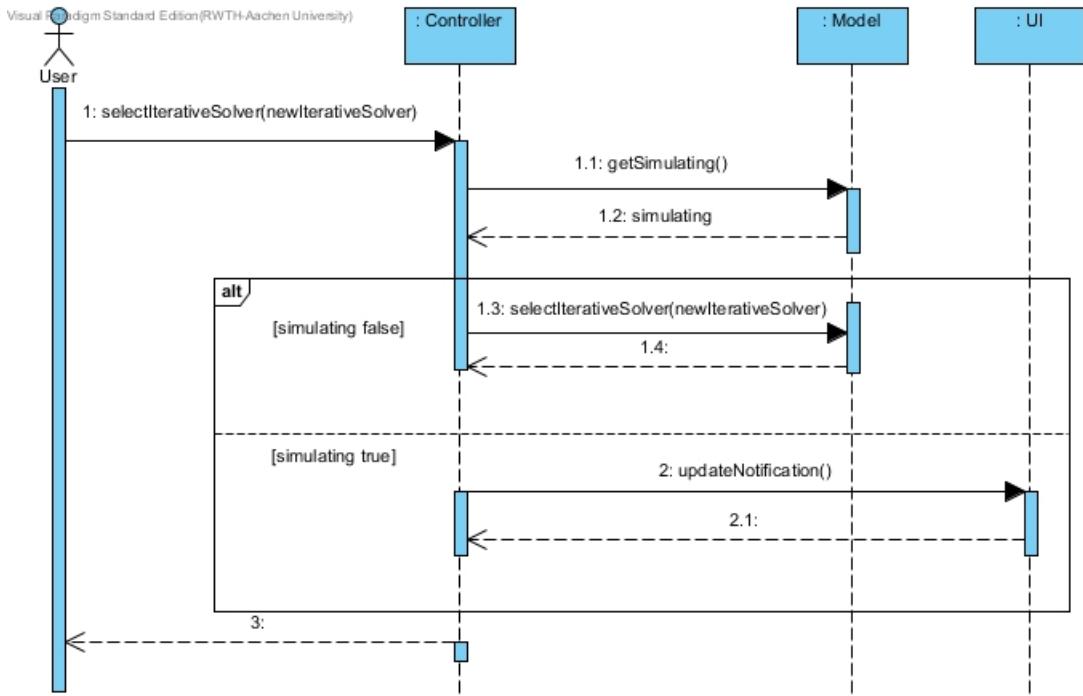


Abbildung 3.46: Sequenzdiagramm selectIterativeSolverSlot

### simulateSlot

Das Sequenzdiagramm für *simulateSlot* ist in 3.47 dargestellt.

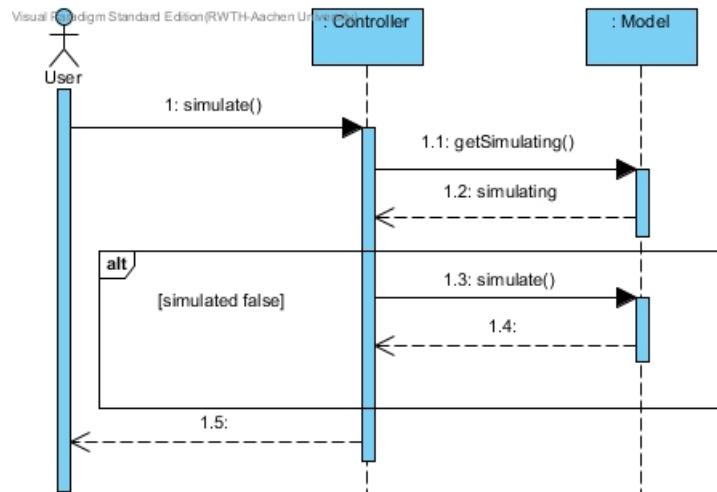


Abbildung 3.47: Sequenzdiagramm simulateSlot

### thermalConductivitiesClickSlot

Das Sequenzdiagramm für *thermalConductivitiesClickSlot* ist in 3.48 dargestellt.

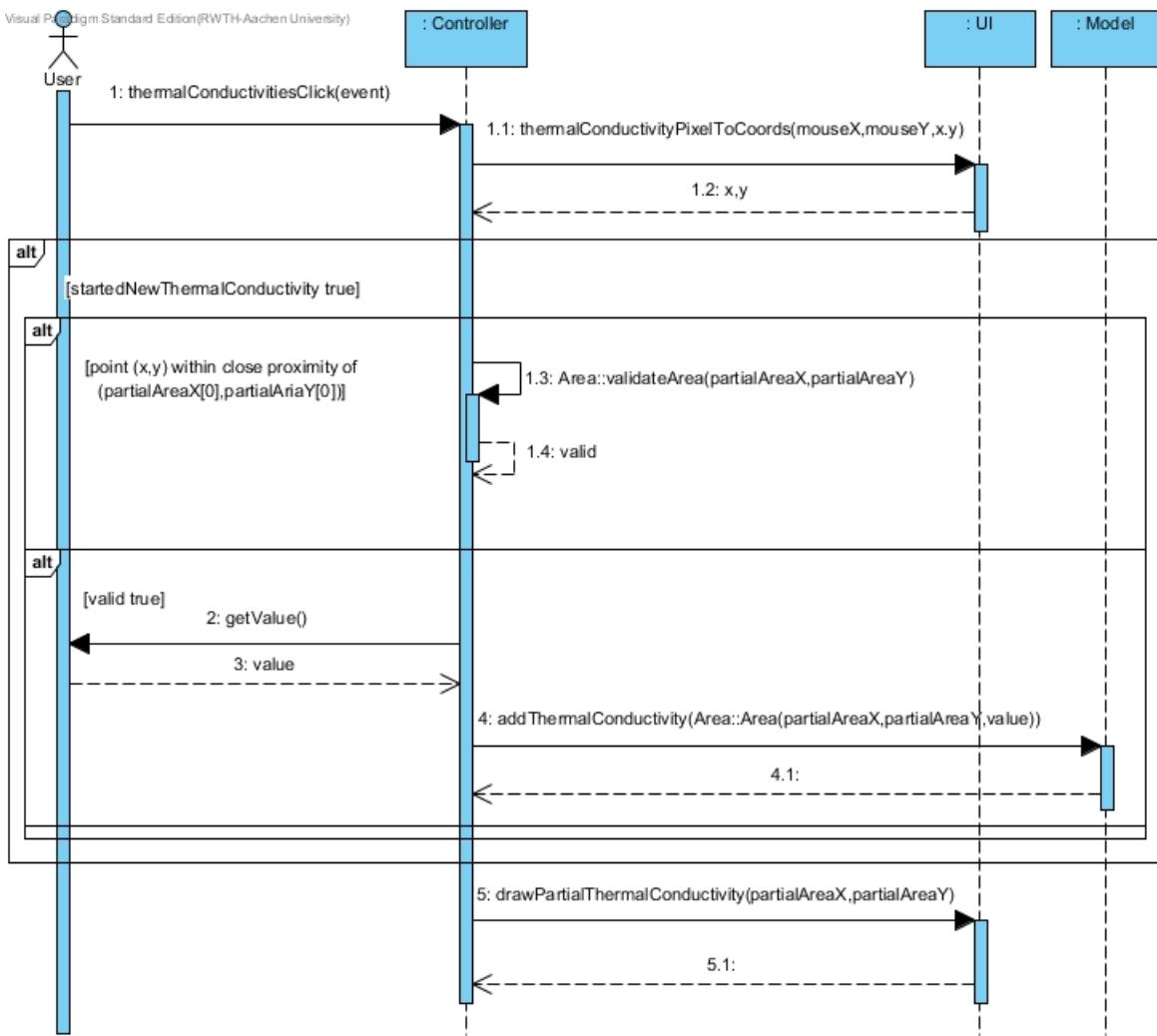


Abbildung 3.48: Sequenzdiagramm `thermalConductivitiesClickSlot`

### undoHeatSourceSlot

Das Sequenzdiagramm für `undoHeatSourceSlot` ist in 3.49 dargestellt.

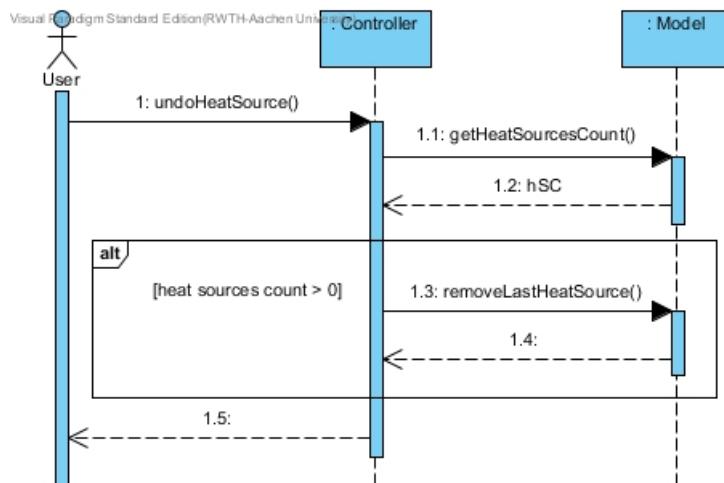


Abbildung 3.49: Sequenzdiagramm `undoHeatSourceSlot`

### undoThermalConductivitySlot

Das Sequenzdiagramm für `undoThermalConductivitySlot` ist in 3.50 dargestellt.

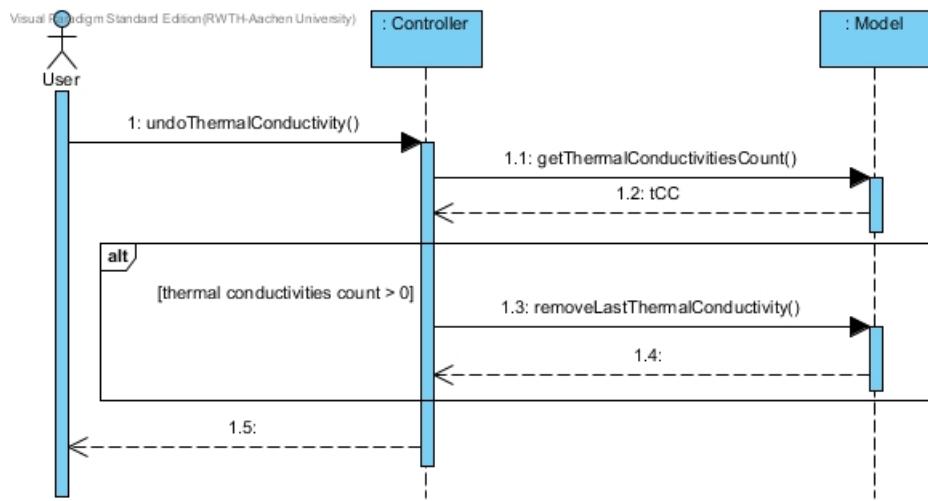


Abbildung 3.50: Sequenzdiagramm `undoThermalConductivitySlot`

### visualizeStateSlot

Das Sequenzdiagramm für `visualizeStateSlot` ist in 3.51 dargestellt.

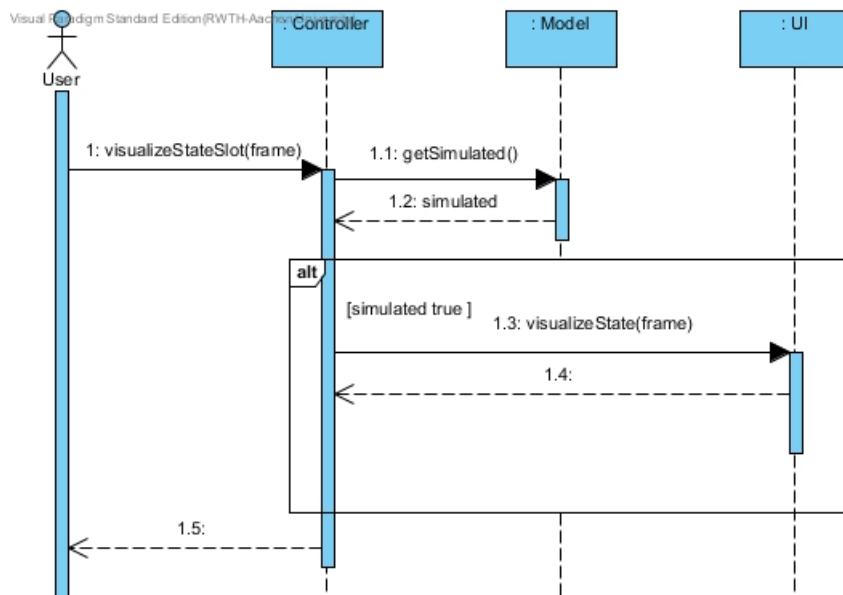


Abbildung 3.51: Sequenzdiagramm `visualizeStateSlot`

# Kapitel 4

## Benutzerdokumentation

### 4.1 Installation

### 4.2 Installation

Die Software wird als SEPGruppe11.zip ausgeliefert. Der erste Schritt ist die zip-Datei zu entpacken. Abhängig davon wo die zip-Datei entpackt wird, ist sicherzustellen, dass man sich im Ordner befindet, der den Ordner *Code* und die vier *sh*-Dateien enthält . Die Voraussetzung, dass die Software installiert werden kann, ist ein QT5 fähiger Compiler. Die Voraussetzung, dass die Doxygen Dokumentation erstellt werden kann, muss Doxygen installiert sein.

#### 4.2.1 Linux

##### 4.2.1.1 Installation

Zur Installation unter Linux muss das Skript *install.sh* ausgeführt werden. Gegebenenfalls muss das Skript mit den entsprechenden Rechten versehen werden, dies geschieht über den Befehl *chmod 755 install.sh*.

##### 4.2.1.2 Deinstallation

Zur Deinstallation unter Linux muss das Skript *deinstall.sh* ausgeführt werden. Gegebenenfalls muss das Skript mit den entsprechenden Rechten versehen werden, dies geschieht über den Befehl *chmod 755 deinstall.sh*.

##### 4.2.1.3 Doxygen

Zur Erstellung der Doxygen Dokumentation muss das Skript *makeDoxygen.sh* ausgeführt werden. Anschließend muss die *starteDoxygen*-Datei ausgeführt werden, um die Doxygen Dokumentation zu starten. Zur Bereinigung der Doxygen Dokumentation muss das Skript *cleanDoxygen.sh* ausgeführt werden. Gegebenenfalls müssen die beiden Skripte mit den entsprechenden Rechten versehen werden, dies geschieht über die Befehle *chmod 755 makedoxygen.sh* oder *chmod 755 cleanDoxygen.sh*.

#### 4.2.2 Windows

##### 4.2.2.1 Installation

Zur Installation unter Windows muss die *SEP\_WLeitung.pro* Datei im Ordner *Code* über Qt-creator geöffnet werden und dort kompiliert werden.

#### **4.2.2.2 Deinstallation**

Zur Deinstallation unter Windows muss das Projekt bereinigt werden, dies geschieht im Qt-creator über den Knopf *Bereinigen*.

#### **4.2.2.3 Doxygen**

## 4.3 Beispielsitzung

Bevor der Benutzer eine Simulation startet, legt er die folgenden Einstellungen fest:

- Temperaturleitkoeffizienten
- Wärmequellen
- Anfangs- und Randwerte
- Diskretisierungsparameter

Nach Start des Programms wird die graphische Benutzeroberfläche angezeigt.

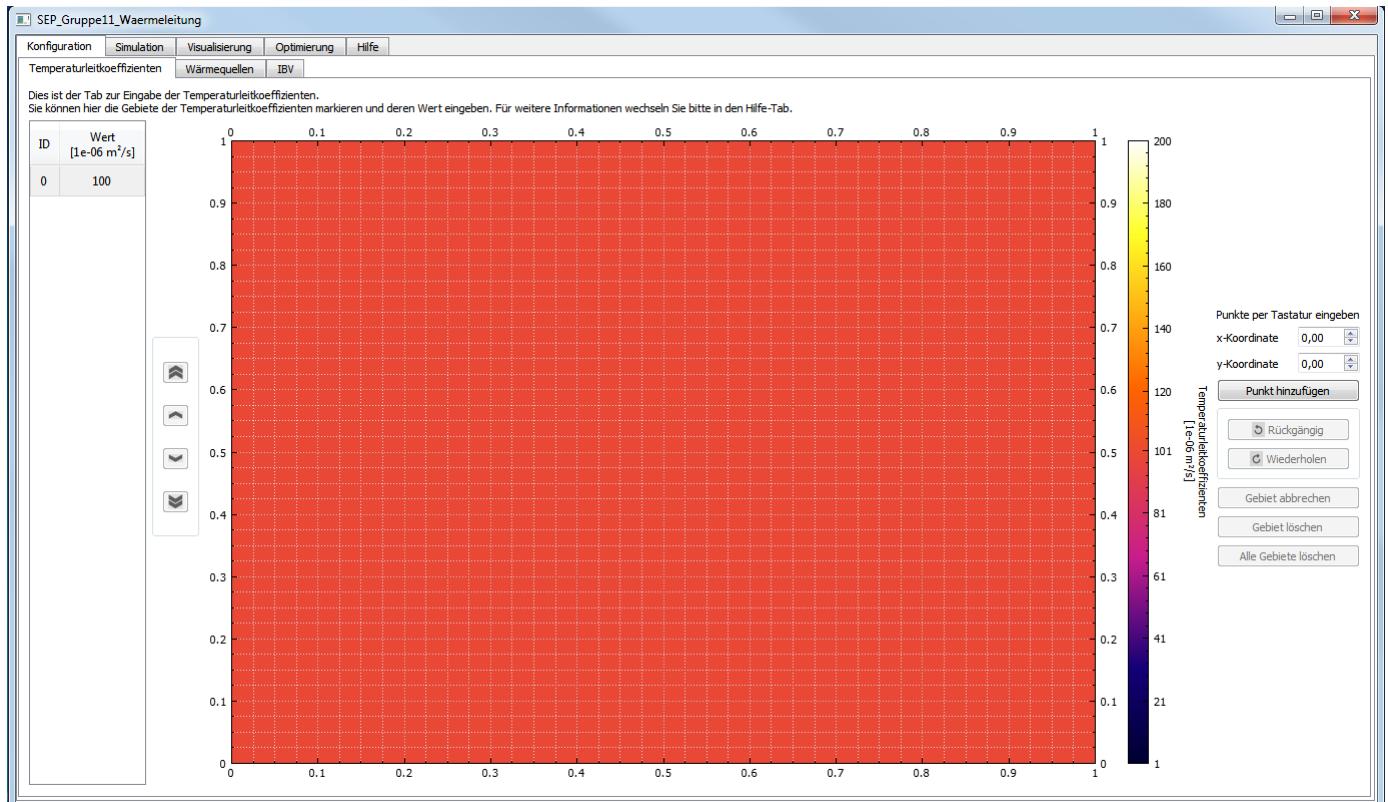


Abbildung 4.1: grpaphische Benutzeroberfläche

Im Temperaturleitkoeffizienten- und Wärmequellen-Tab kann der Benutzer Gebiete festlegen. In den beiden Tabs stehen dem Benutzer die folgenden Funktionalitäten zur Verfügung:

Neues Gebiet hinzufügen: Klicken Sie entweder mit der linken Maustaste an die gewünschte Stelle auf der Platte oder geben Sie die Koordinaten über die Felder 'x-Koordinate' und 'y-Koordinate' ein und bestätigen Sie mit 'Punkt hinzufügen'. Um die Eingabe eines Gebietes abzuschließen müssen Sie auf den Startpunkt des Gebietes klicken. Ein Gebiet ist nur dann korrekt, wenn es einfach wegzusammenhängend ist, d.h. Kanten dürfen sich nicht schneiden und es muss abgeschlossen sein. Wurde ein Gebiet korrekt eingegeben können Sie den Temperaturleitkoeffizienten (in  $1e-06 \text{ m}^2/\text{s}$ ) bzw den Wert der Wärmequelle zu diesem Gebiet eingeben.

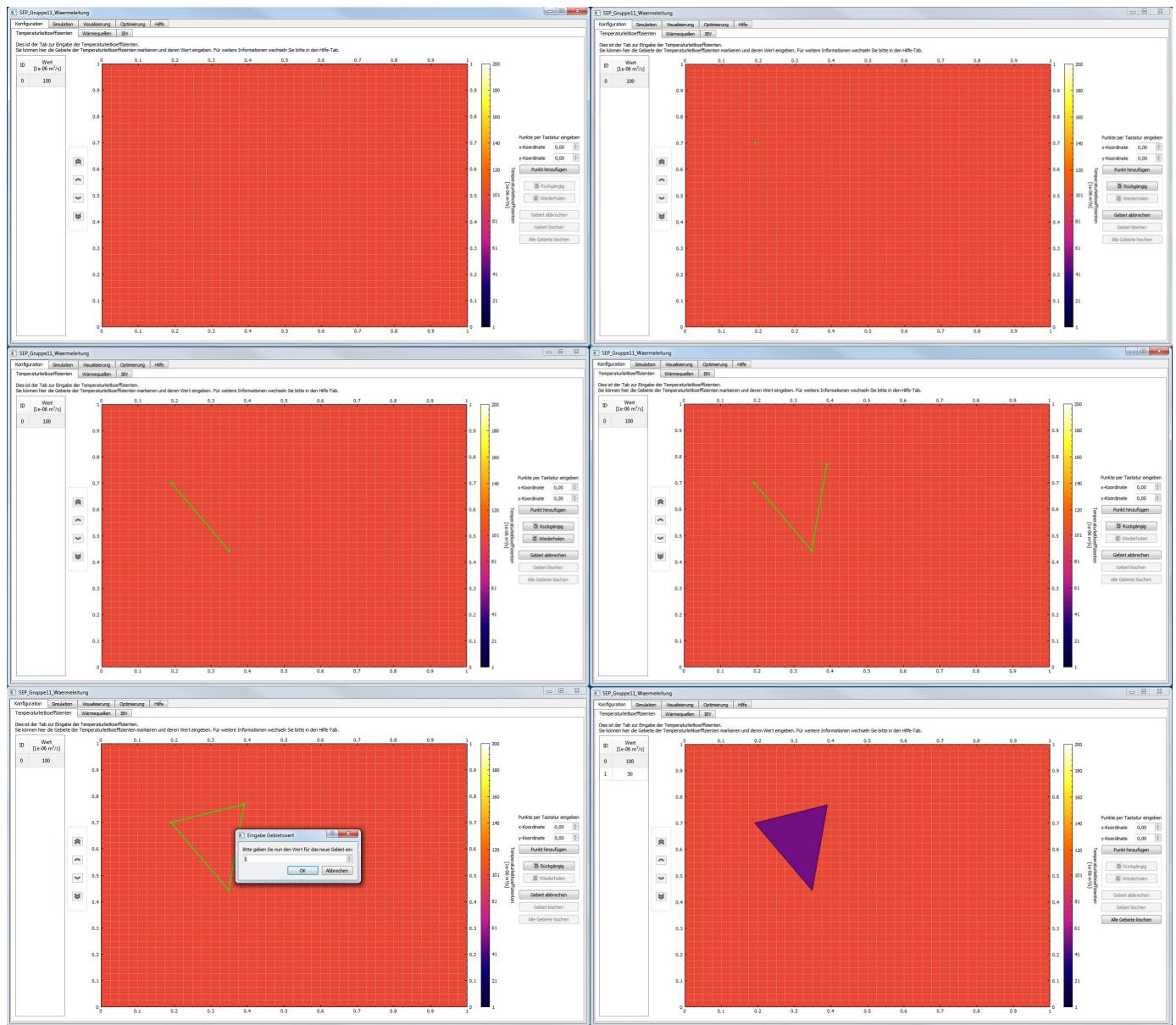


Abbildung 4.2: Gebiet hinzufügen

Einen Punkt rückgängig machen: Um während der Eingabe eines neuen Gebietes einen Punkt rückgängig zu machen, klicken Sie auf den Knopf 'Rückgängig'.

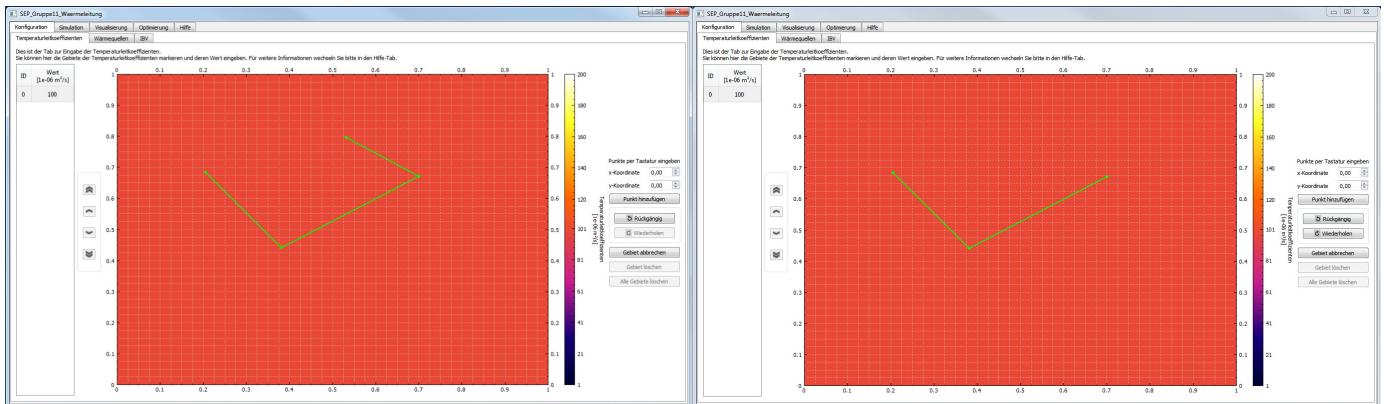


Abbildung 4.3: Einen Punkt rückgängig machen

Ein Gebiet abbrechen: Um das aktuell begonnene Gebiet zu löschen, klicken Sie auf den Knopf 'Gebiet abbrechen'.

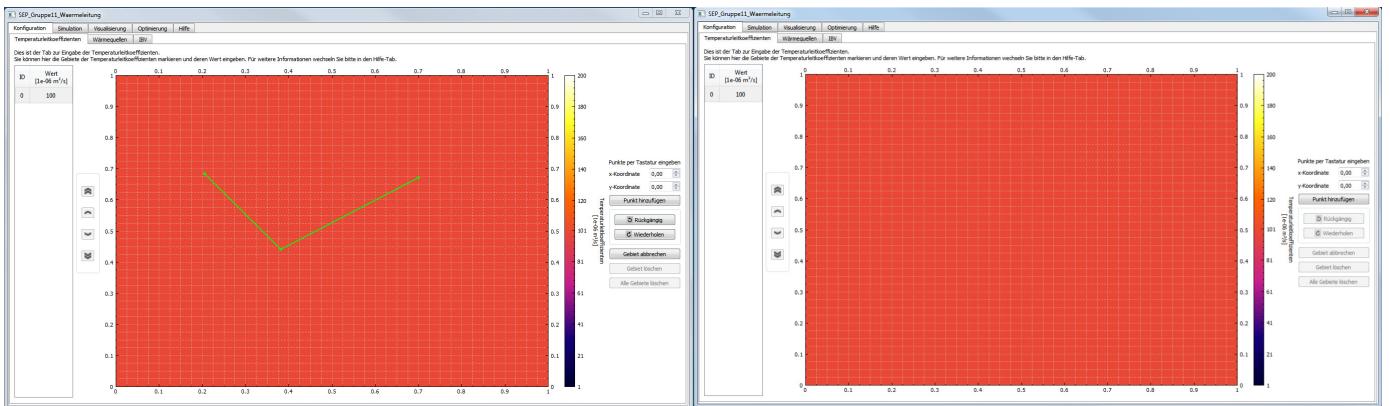


Abbildung 4.4: Ein Gebiet abbrechen

Ein Gebiet löschen: Um ein beliebiges Gebiet zu löschen muss der Radio-Button 'Gebiet auswählen', aktiviert sein. Wählen Sie nun auf der Platte das Gebiet aus, welches Sie löschen wollen und klicken Sie anschließend auf den Knopf 'Gebiet löschen'.

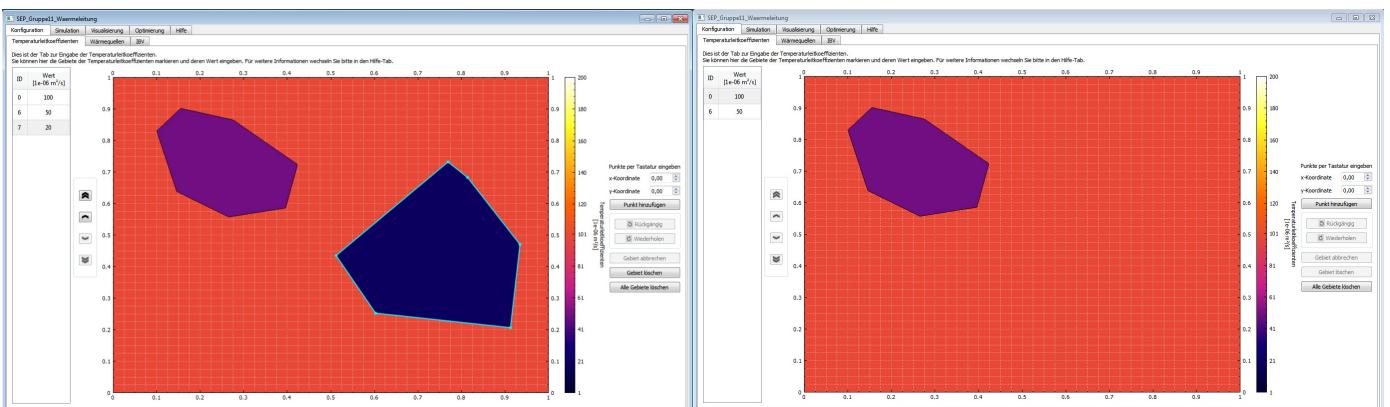


Abbildung 4.5: Ein Gebiet löschen

Alle Gebiete löschen: Um alle Gebiete zu löschen, klicken Sie auf den Knopf 'Alle Gebiete löschen'.

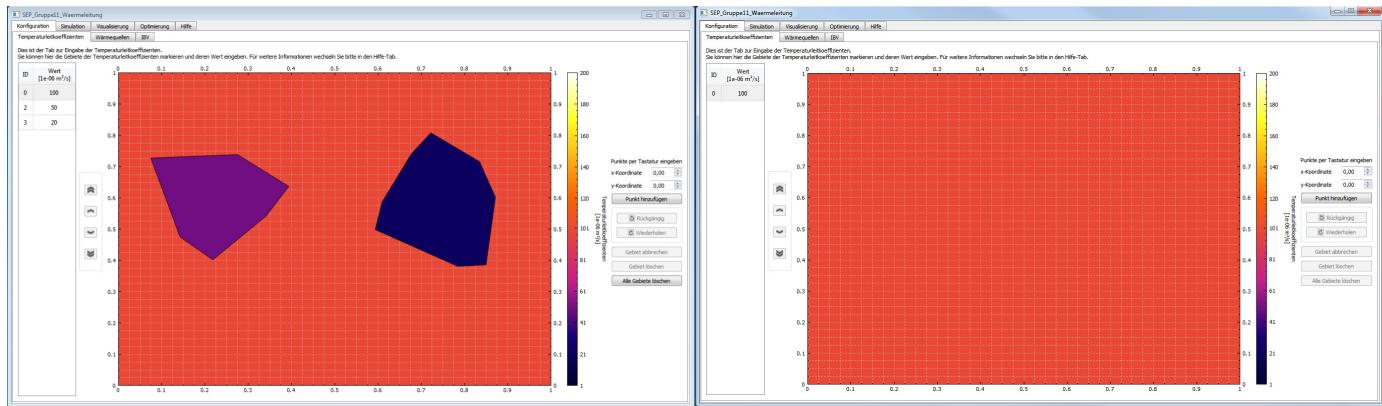


Abbildung 4.6: Alle Gebiete löschen

Reihenfolge der Gebiet tauschen: Sie können die Reihenfolge der eingegebenen Gebiete in der Tabelle ändern. Hierfür muss mehr als ein Gebiet auf der Platte eingegeben worden sein. Klicken Sie entweder mit der rechten Maustaste auf das gewünschte Gebiet auf der Platte oder klicken Sie auf die Zeile des entsprechenden Gebietes um dieses zur markieren. Anschließend können Sie die Reihenfolge mit den Pfeiltasten neben der Tabelle ändern. Mit einem Klick auf den einfachen Pfeil wird das ausgewählte Gebiet entweder um eine Position nach oben oder nach unten in der Tabelle verschoben. Mit einem Klick auf den doppelten Pfeil wird das ausgewählte Gebiet entweder an den Anfang oder ans Ende der Tabelle verschoben. Das Gebiet welches in der Tabelle an letzter Position steht, wird auf der Platte als oberstes Gebiet angezeigt.

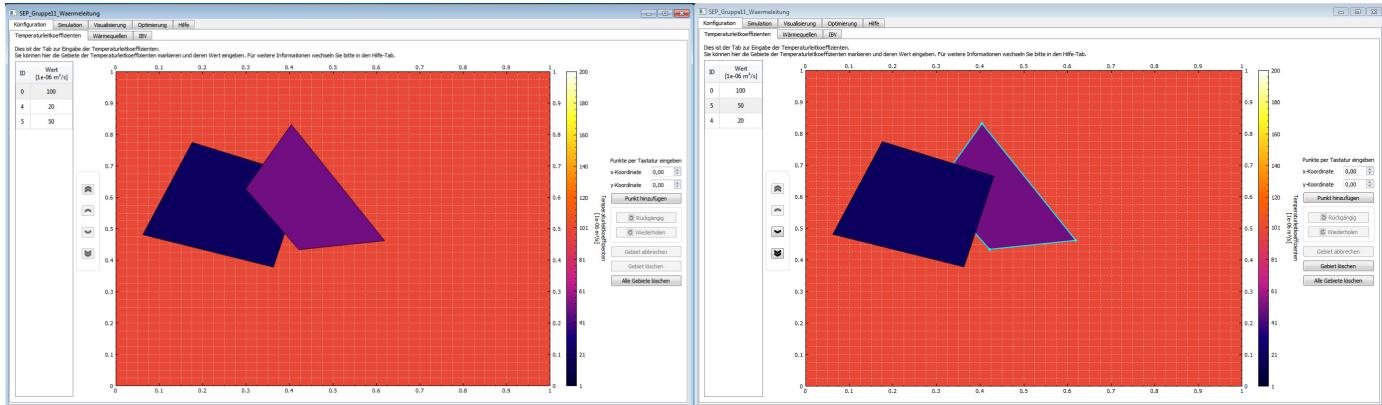


Abbildung 4.7: Reihenfolge ändern

Wert eines Gebietes ändern: Um den Temperaturleitkoeffizienten bzw den Wert der Wärmequelle eines Gebietes zu ändern, klicken Sie mit einem Doppelklick auf den Wert in der Tabelle in der Spalte 'Werte'. Anschließend wird das ausgewählte Gebiet auf der Platte markiert und Sie können den neuen Wert eingeben.

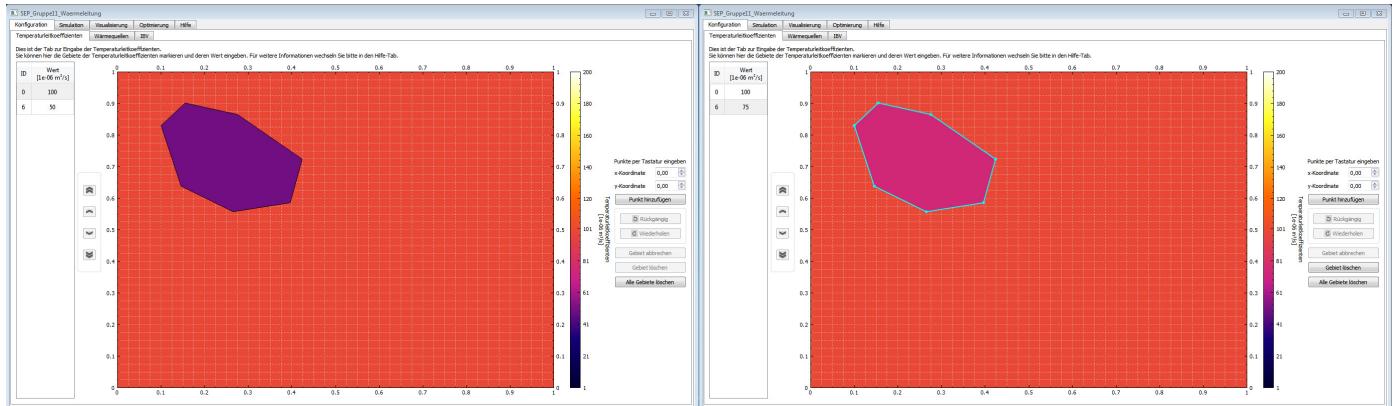


Abbildung 4.8: Wert eines Gebiets ändern

Der dritte Tab ist zur Einstellung der Anfangs- und Randwerte.

Der IBV-Tab bietet Ihnen folgende Funktionalitäten:

Um die Anfangswerte und Randwerte zu ändern, ändern Sie den gewünschten Wert in den Feldern 'Anfangswert eingeben', 'unteren Randwert eingeben', 'linken Randwert eingeben', 'rechten Randwert eingeben' oder 'oberen Randwert eingeben'.

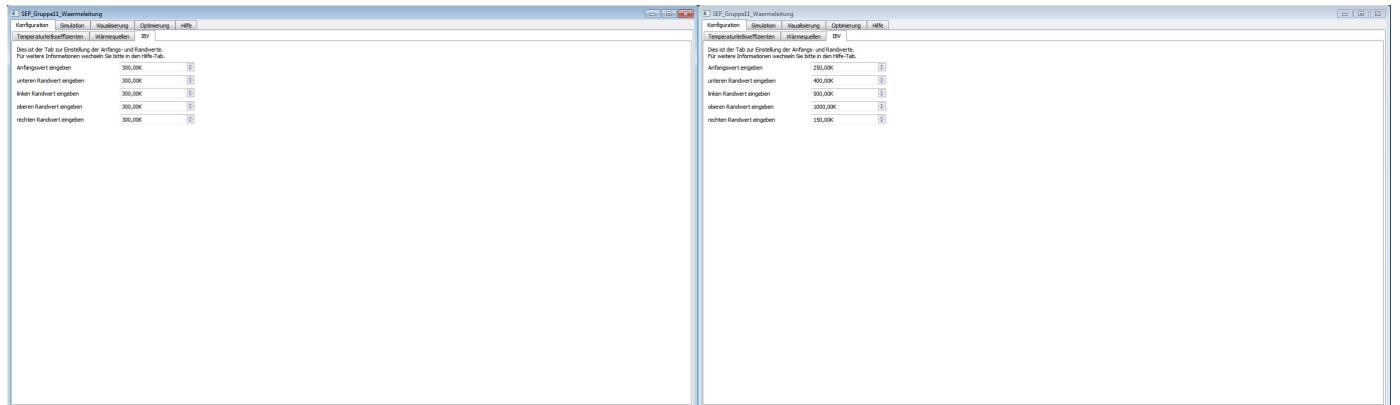


Abbildung 4.9: Anfangs- und Randwerte ändern

Der Simulations-Tab bietet Ihnen folgende Funktionalitäten:

1. Zeitdiskretisierung ändern: In der Box 'Zeitdiskretisierung' können Sie die Integrationsmethode, die Zeitschritte M und den Endzeitpunkt T ändern.
2. Linearen Gleichungssystemlöser einstellen: In der Box 'LGS Löser' können Sie den Löser, die relative Genauigkeit und die maximale Iterationszahl ändern.
3. Ortsdiskretisierung einstellen: In der Box 'Ortsdiskretisierung' können Sie die Stützstellen N eingeben und die Simulation starten, indem Sie auf den Knopf 'Simulieren' drücken. Außerdem können Sie eine gestartete Simulation abbrechen, hier wird das Ergebnis der vorherigen Simulation ungültig.
4. Simulationseinstellungen: In der Box 'Simulationseinstellungen' können Sie durch Klick auf den Knopf 'Speichern' alle gesetzten Einstellungen speichern. Ebenso können Sie zuvor gesetzte Einstellungen Laden, indem Sie auf den Knopf 'Laden' klicken. Indem Sie auf den Knopf 'Zurücksetzen' klicken, werden alle zuvor gemachten Einstellungen auf den Anfangszustand zurückgesetzt.

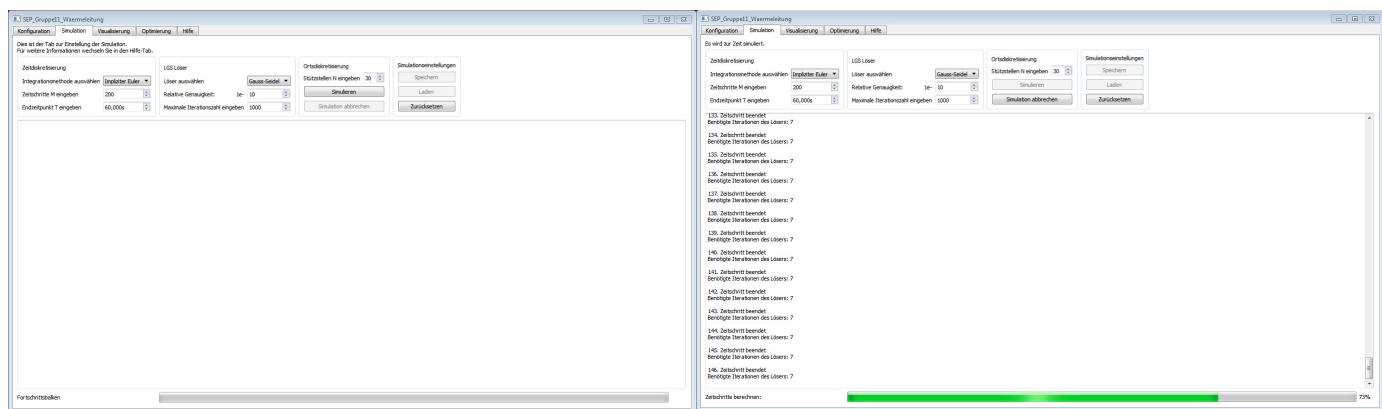


Abbildung 4.10: Start einer beliebigen Simulation

Der Visualisierungs-Tab bietet Ihnen folgende Funktionalitäten:

Nachdem eine Simulation erfolgreich angeschlossen worden ist, können Sie sich die Visualisierung der Temperaturverteilung als Video oder als Einzelbild anschauen.

1. Video starten: Um das Video zu starten, drücken Sie auf den Knopf 'Play'.
2. Bild anzeigen: Um ein Einzelbild anzeigen zu lassen, bewegen Sie den Schieberegler unter der Platte an die gewünschte Position.
3. Video versetzt anfangen lassen: Bewegen Sie den Schieberegler an die Position von der Sie das Video starten möchten und klicken Sie anschließend auf den Knopf 'Play'.

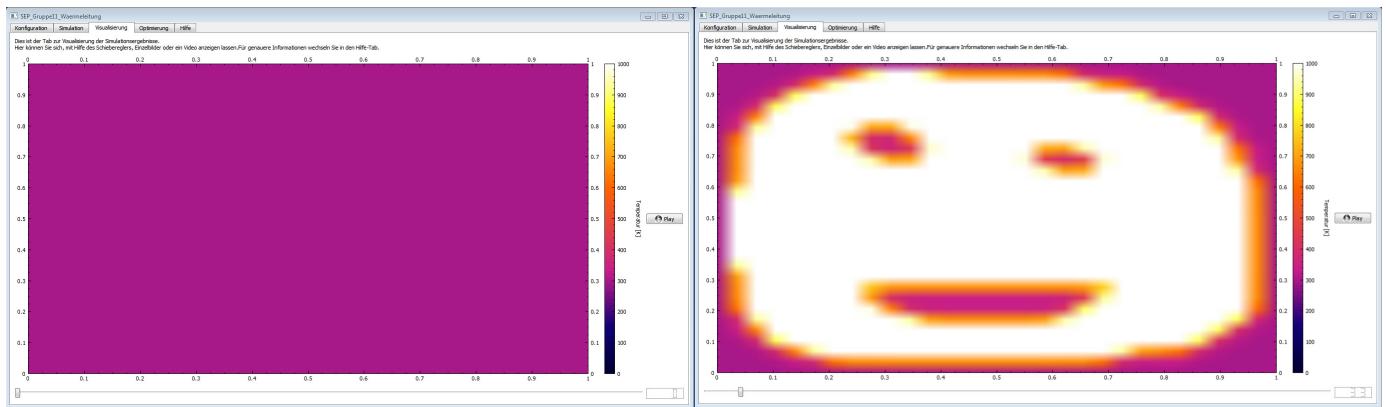


Abbildung 4.11: Visualisierung eines beliebigen Zustands

Der Optimierungs-Tab besteht aus zwei weiteren Tabs:

Der Konfigurations-Tab bietet Ihnen folgende Funktionalitäten:

1. Laden von Messungen/Beobachtungen: Indem Sie auf den Knopf 'Laden' klicken, können Sie Messungen/Beobachtungen einlesen lassen.
2. Vorhandene Wärmequellen nutzen: Indem Sie die Checkbox 'Nutze bereits vorhandene Wärmequellen zur Simulation' aktivieren, werden die eingegebenen Wärmequellen aus dem Tab Wärmequellen für die Simulation übernommen.
3. Anfangs Temperaturleitkoeffizienten ändern: Um die Anfangs Temperaturleitkoeffizienten zu ändern, aktivieren Sie die Checkbox 'Überschreibe bereits vorhandene Temperaturleitkoeffizienten zur Simulation' und ändern Sie anschließend den Wert im entsprechenden Feld.
4. Simulationseinstellungen ändern: Um die Simulationseinstellungen zu ändern wechseln Sie in den Simulations-Tab und ändern Sie dort die gewünschten Werte.
5. Optimierung starten: Indem Sie auf den Knopf 'Optimierung starten' klicken, wird die Optimierung gestartet und anhand eines Fortschrittsbalken wird der Fortschritt angezeigt.

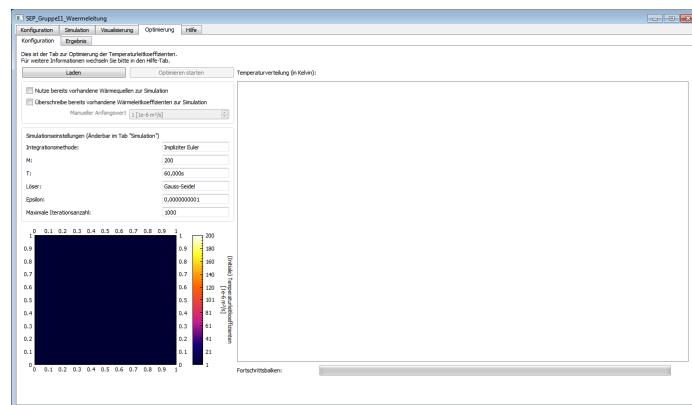


Abbildung 4.12: Optimierung starten

Der Ergebnis-Tab zeigt die gefitteten Temperaturleitkoeffizienten in Form einer Tabelle an.

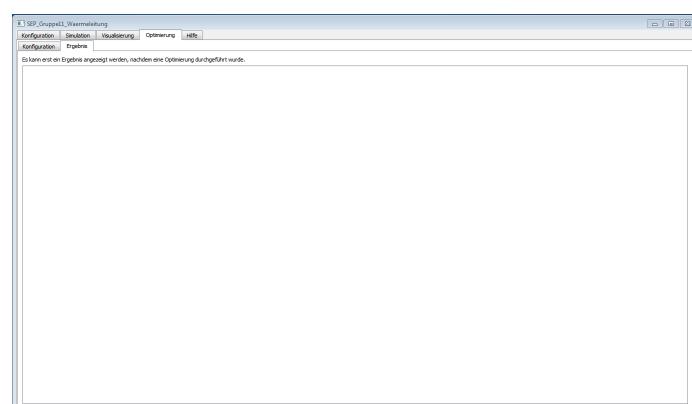


Abbildung 4.13: gefitteten Temperaturleitkoeffizienten

## 4.4 Fehlersituationen

Während der Benutzer ein Gebiet eingibt, darf er den Tab nicht wechseln.

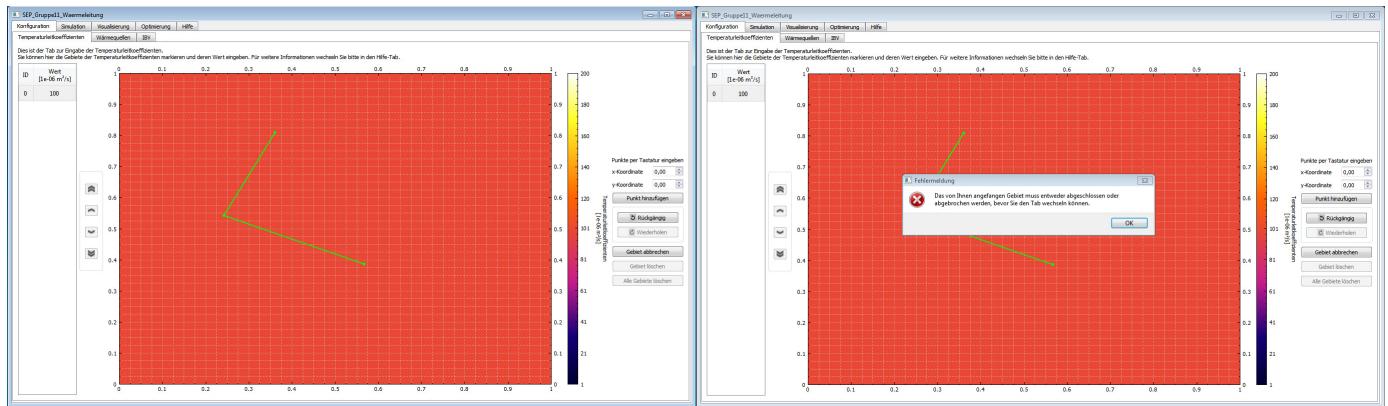


Abbildung 4.14: Fehler Tab Wechseln

Ein korrektes Gebiet muss einfach wegzusammenhängend sein, d.h. Kanten dürfen sich nicht schneiden.

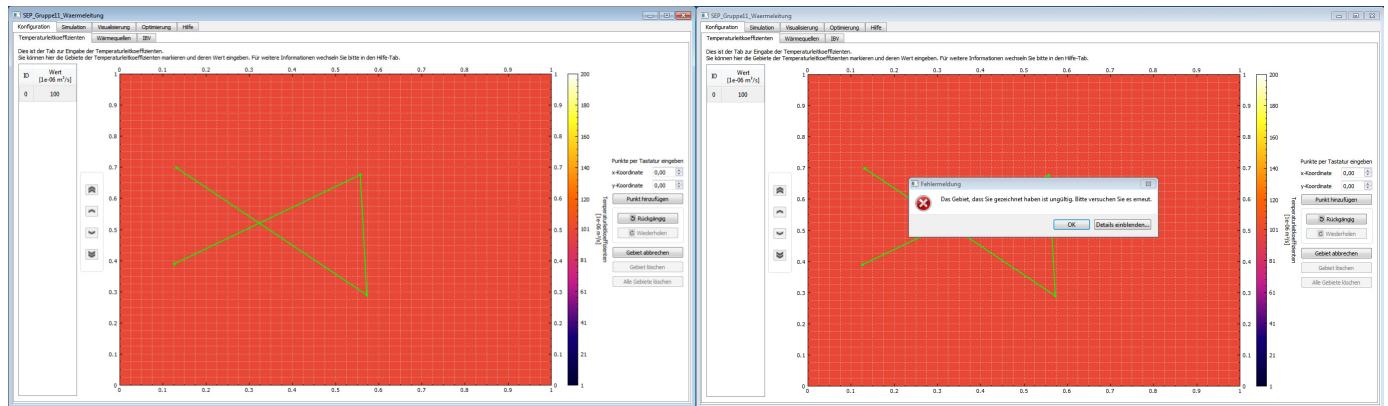


Abbildung 4.15: Fehler Gebiet eingeben

# Kapitel 5

## Entwicklerdokumentation

### 5.1 Codestruktur

### 5.2 Detaillierte Dokumentation des Codes

### 5.3 Software Tests

Zur Verifikation der Software haben wir verschiedene Testmethoden verwendet. Im Folgenden werden diese Tests nach Code-Zugehörigkeit sortiert aufgelistet:

Die Simulationsergebnisse der Software wurden unter Auswahl der Kombination "Impliziter Euler - Jacobi" gegen einen im Zuge der Veranstaltung "Mathematische Grundlagen IV" verifizierten Matlab-Simulationscode getestet, der zugehörige Code wird im Anhang präsentiert. Die weiteren numerischen Methoden wurden anschließend gegen dieses Referenzergebnis getestet.

#### 5.3.1 algorithms

##### 5.3.1.1 CRS

Die folgenden Funktionalitäten wurden vom Programmierer per Ausgabe (Vergleich Zahlenwerte) verifiziert:

1. A1
2. diag
3. diffCRS
4. full
5. eye
6. multCRSCRS
7. multCRSQVector
8. multRowQVector
9. multRowQVectorAbs
10. scalarCRS
11. scalarQVector
12. sumCRS
13. sumQVector

### 5.3.2 Solver

Die folgenden Löser per Ausgabe (Vergleich Zahlenwerte) anhand von Beispielsystemen verifiziert:

1. Jacobi
2. Gauss-Seidel
3. LU (direkter Löser)

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Anwendungsfalldiagramm	4
2.2	Aktivitätsdiagramm Use Case Anfangsbedingungen eingeben	11
2.3	Aktivitätsdiagramm Use Case Diskretisierungsgrößen eingeben	11
2.4	Aktivitätsdiagramm Use Case Messungen eingeben	11
2.5	Aktivitätsdiagramm Use Case Messungen importieren	12
2.6	Aktivitätsdiagramm Use Case Randbedingungen eingeben	12
2.7	Aktivitätsdiagramm Use Case Parameter optimieren	12
2.8	Aktivitätsdiagramm Use Case Simulationsexperiment laden/speichern	13
2.9	Aktivitätsdiagramm Use Case Simulieren	13
2.10	Aktivitätsdiagramm Use Case Temperaturleitkoeffizienten eingeben	14
2.11	Aktivitätsdiagramm Use Case Video abspielen	14
2.12	Aktivitätsdiagramm Use Case Wärmequellen eingeben	15
2.13	Aktivitätsdiagramm Use Case Zustand anzeigen	15
2.14	Begriffsnetz	17
3.1	Paketstruktur	18
3.2	Klassendiagramm algorithms	19
3.3	Sequenzdiagramm calcNextStep	19
3.4	Sequenzdiagramm selectSolver	20
3.5	Sequenzdiagramm setUp	20
3.6	Sequenzdiagramm setUpSpecific	21
3.7	Sequenzdiagramm setEps	21
3.8	Sequenzdiagramm setMaxIt	22
3.9	Klassendiagramm model	23
3.10	Sequenzdiagramm addHeatSource	24
3.11	Sequenzdiagramm addThermalDiffusivity	24
3.12	Sequenzdiagramm removeLastHeatSource	24
3.13	Sequenzdiagramm removeLastThermalDiffusivity	25
3.14	Sequenzdiagramm selectIntMethod	25
3.15	Sequenzdiagramm selectSolver	25
3.16	Sequenzdiagramm setBottomBoundary	26
3.17	Sequenzdiagramm setInitialValue	26
3.18	Sequenzdiagramm setLeftBoundary	26
3.19	Sequenzdiagramm setM	26
3.20	Sequenzdiagramm setN	27
3.21	Sequenzdiagramm setRightBoundary	27
3.22	Sequenzdiagramm setT	27
3.23	Sequenzdiagramm setTopBoundary	28
3.24	Sequenzdiagramm simulate	28
3.25	Klassendiagramm presentation	29
3.26	Sequenzdiagramm updateHeatSources	30
3.27	Sequenzdiagramm updateIBVs	30
3.28	Sequenzdiagramm updateNotification	31

3.29	Sequenzdiagramm updateSimulating . . . . .	32
3.30	Sequenzdiagramm updateThermalConductivities . . . . .	32
3.31	Sequenzdiagramm updateVisualization . . . . .	33
3.32	Sequenzdiagramm focusChangedSlot . . . . .	33
3.33	Sequenzdiagramm heatSourceClickSlot . . . . .	34
3.34	Sequenzdiagramm newBottomBoundarySlot . . . . .	34
3.35	Sequenzdiagramm newInitialValueSlot . . . . .	35
3.36	Sequenzdiagramm newInitialValueSlot . . . . .	35
3.37	Sequenzdiagramm newLeftBoundarySlot . . . . .	35
3.38	Sequenzdiagramm newMSlot . . . . .	36
3.39	Sequenzdiagramm newNSlot . . . . .	36
3.40	Sequenzdiagramm newRightBoundarySlot . . . . .	36
3.41	Sequenzdiagramm newTopBoundarySlot . . . . .	37
3.42	Sequenzdiagramm newTSlot . . . . .	37
3.43	Sequenzdiagramm newTSlot . . . . .	37
3.44	Sequenzdiagramm playVideoSlot . . . . .	38
3.45	Sequenzdiagramm selectIntMethodSlot . . . . .	38
3.46	Sequenzdiagramm selectIterativeSolverSlot . . . . .	39
3.47	Sequenzdiagramm simulateSlot . . . . .	39
3.48	Sequenzdiagramm thermalConductivitiesClickSlot . . . . .	40
3.49	Sequenzdiagramm undoHeatSourceSlot . . . . .	40
3.50	Sequenzdiagramm undoThermalConductivitySlot . . . . .	41
3.51	Sequenzdiagramm visualizeStateSlot . . . . .	41
4.1	grpaphische Benutzeroberfläche . . . . .	44
4.2	Gebiet hinzufügen . . . . .	45
4.3	Einen Punkt rückgängig machen . . . . .	46
4.4	Ein Gebiet abbrechen . . . . .	46
4.5	Ein Gebiet löschen . . . . .	46
4.6	Alle Gebiete löschen . . . . .	47
4.7	Reihenfolge ändern . . . . .	47
4.8	Wert eines Gebiets ändern . . . . .	48
4.9	Anfangs- und Randwerte ändern . . . . .	48
4.10	Start einer beliebigen Simulation . . . . .	49
4.11	Visualisierung eines beliebigen Zustands . . . . .	50
4.12	Optimierung starten . . . . .	51
4.13	gefitteten Temperaturleitkoeffizienten . . . . .	51
4.14	Fehler Tab Wechseln . . . . .	52
4.15	Fehler Gebiet eingeben . . . . .	52

# Tabellenverzeichnis

2.1 Beschreibung Use Case Anfangsbedingungen eingeben . . . . .	5
2.2 Beschreibung Use Case Diskretisierungsgrößen eingeben . . . . .	5
2.3 Beschreibung Use Case Messungen eingeben . . . . .	6
2.4 Beschreibung Use Case Messungen importieren . . . . .	6
2.5 Beschreibung Use Case Randbedingungen eingeben . . . . .	7
2.6 Beschreibung Use Case Parameter optimieren . . . . .	7
2.7 Beschreibung Use Case Simulationsexperiment laden/speichern . . . . .	8
2.8 Beschreibung Use Case Simulieren . . . . .	8
2.9 Beschreibung Use Case Temperaturleitkoeffizienten eingeben . . . . .	9
2.10 Beschreibung Use Case Video abspielen . . . . .	9
2.11 Beschreibung Use Case Wärmequellen eingeben . . . . .	10
2.12 Beschreibung Use Case Zustand anzeigen . . . . .	10