

**Weierstraß-Institut  
für Angewandte Analysis und Stochastik**

im Forschungsverbund Berlin e.V.

**Anleitung zur Spezialversion von**

**WIAS SharP 2.0**

**zur Berechnung von Temperaturfeldern  
beim Elektronenstrahl-Schweißen**

Wolf Weiss

Weierstraß-Institut für  
Angewandte Analysis und Stochastik  
Mohrenstr. 39  
10117 Berlin  
e-mail: [weiss@wias-berlin.de](mailto:weiss@wias-berlin.de)

Berlin 2008



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Das Hauptfenster WIAS-SHarP 2.0.....	3
3	Das File Menü.....	3
3.1	Neues Projekt.....	3
3.2	Projekt laden.....	4
3.3	Projekt speichern.....	4
3.4	Projekt speichern unter.....	4
3.5	Resultat speichern unter.....	4
3.6	Resultat anzeigen.....	4
3.7	Exit.....	5
4	Das Geometrie Menü.....	5
5	Das Material Menü:.....	6
6	Das Strahlungsquellen Menü:.....	6
6.1	Der Unterpunkt Volumenquellen.....	6
6.1.1	Das Fenster Parameter für Tifenberechnung.....	7
6.2	Der Unterpunkt Flächenquellen.....	8
6.2.1	Das Fenster zur Eingabe der Rechteck-Flächen Parameter.....	9
6.2.2	Das Fenster zur Eingabe der Gauss-Flächen Parameter.....	10
7	Das Parameter Menü:.....	10
7.1	Der Unterpunkt Prozess.....	10
7.2	Das Ansicht Menü.....	11
7.2.1	Der Unterpunkt dT/dt.....	11
7.2.2	Der Unterpunkt Schweißstrahlen.....	11
8	Ein einfaches Projekt.....	11
9	Die Viewer.....	12
9.1	Das File Menü.....	13
9.2	Das View Menü.....	14
9.3	Das Color Menü.....	14
9.4	Das Function Menü.....	15
9.5	Das Windows Menü.....	15
9.6	Die Schaltflächen.....	16

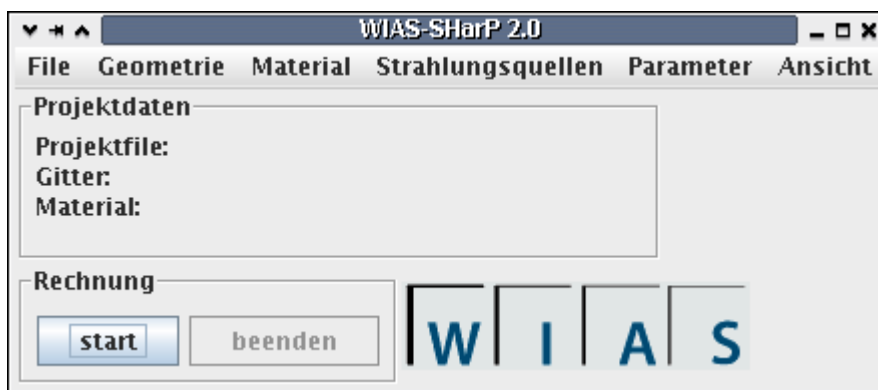
# 1 Einleitung

Diese Bedienungsanleitung bezieht sich auf eine Spezialversion des Programms WIAS SharP 2.0 (Surface **H**ardening **P**rogram) zur Berechnung von Temperaturfeldern beim Elektronenstrahl-Schweißen.

Im Folgenden wird die grafische Oberfläche des Programms beschrieben.

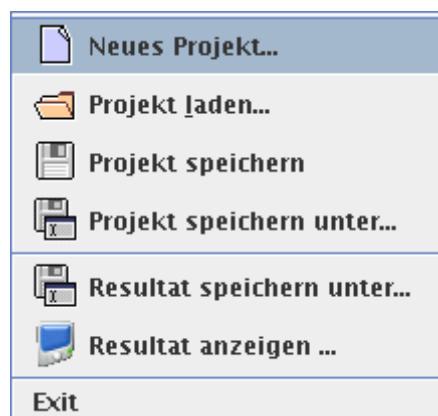
## 2 Das Hauptfenster WIAS-SHarP 2.0

Das Programm wird mit dem Befehl `sharp` gestartet. Das folgende Bild zeigt das Hauptfenster des Programms.



## 3 Das File Menü

Das File Menü enthält die folgenden sieben Unterpunkte.



### 3.1 Neues Projekt...

Alle benötigten Daten für eine Rechnung werden in Projekt-Dateien gespeichert. Diese Dateien sind an der Endung `*.pro` erkennbar. Das Standardverzeichnis für die Projekt-Dateien ist `projects`. Mit dem Menüpunkt **Neues Projekt...** erhält man einen Datei-Dialog, mit welchem eine neue Projekt-Datei angelegt werden kann.

### 3.2 Projekt laden...

Ein Datei-Dialog, mit welchem eine vorhandene Projekt-Datei eingeladen werden kann.

### 3.3 Projekt speichern...

Das aktuelle Projekt wird unter seinem aktuellen Namen gespeichert. Der aktuelle Name wird im Hauptfenster im Rahmen **Projektdaten** unter **Projektfile** angezeigt.

### 3.4 Projekt speichern unter...

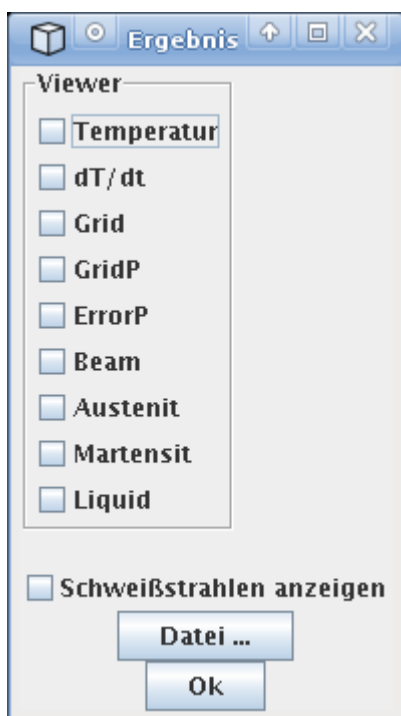
Ein Datei-Dialog, mit welchem das aktuelle Projekt unter einem anderen Namen gespeichert werden kann.

### 3.5 Resultat speichern unter...

Ein Datei-Dialog, mit welchem die Resultate der letzten Rechnung unter einem beliebigen Namen abgespeichert werden können. Die Standard Dateiendung ist hier `*.res`. Das Standardverzeichnis für die Projekt-Dateien ist `resultate`. Die Resultate befinden sich danach in einer Datei mit dem gewählten Namen und einem Verzeichnis mit dem gleichen Namen und der Erweiterung `*.sdf`.

### 3.6 Resultat anzeigen...

Mit Hilfe dieses Menüpunktes können zuvor berechnete Resultate angezeigt werden. Es öffnet sich das folgende Fenster:



Im Rahmen **Viewer** können die einzelnen Grafikmonitore, kurz Viever genannt, ausgewählt werden, welche angezeigt werden sollen.

Mit der Auswahl-Box **Schweißstrahlen anzeigen** kann gewählt werden, ob die Schweißstrahlen durch eine dünne Linie symbolisiert werden sollen.

Die Auswahl muss vor der Anzeige der Ergebnisse erfolgen.

Mit dem Knopf **Datei...** können die anzuzeigenden Resultate ausgewählt werden.

Der Knopf **Ok** schließt das **Ergebnis** Fenster und alle Viewer.

Es stehen insgesamt die folgenden neun Viewer zur Verfügung:

1. **Temperatur** Anzeige des Temperaturfeldes
2. **dT/dt** Anzeige der Zeitableitung des Temperaturfeldes

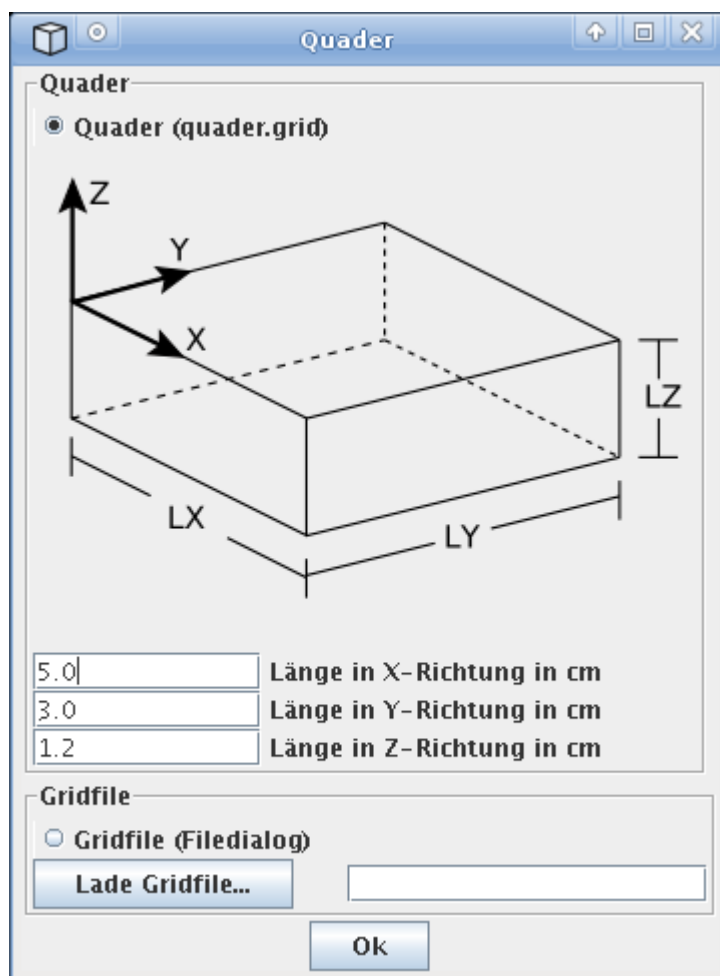
- 3. **Grid**           Anzeige des Gitters auf welchem die Temperatur berechnet wird
- 4. **GridP**         Anzeige des Gitters auf welchem die Phasen berechnet werden
- 5. **ErrorP**        Anzeige des Fehlers bei der Berechnung der Phasen
- 6. **Beam**         Anzeige der Strahlungsquellen
- 7. **Austenit**     Anzeige der Austenit Phase
- 8. **Martensit**    Anzeige der Martensit Phase
- 9. **Liquid**        Anzeige der flüssigen Phase

### 3.7 Exit

Damit wird das Hauptfenster **WIAS-SHarp 2.0** geschlossen. Die Resultate der letzten Rechnung sind damit jedoch nicht verloren gegangen. Wurde das Hauptfenster geschlossen und sind die Resultate noch nicht abgespeichert worden, so sind diese nicht verloren. Nachdem das Hauptfenster wieder geöffnet ist, lassen sich die Resultate der letzten Rechnung mit **Resultat speichern unter...** abspeichern.

## 4 Das Geometrie Menü

Hier öffnet sich der Unterpunkt **Grid-File...** und mit dessen Hilfe das folgende Fenster:



Es kann zwischen einem einfachen **Quader (quader.grid)** und einem **Gridfile (Filedialog)** ausgewählt werden.

Der einfache Quader wird durch die Länge in X-, Y- und Z-Richtung beschrieben. Der Koordinatenursprung befindet sich dabei an der oberen hinteren linken Ecke, wie es in der Abbildung durch das fett gezeichnete Koordinatensystem dargestellt ist.

Andere Geometrien können durch den Datei-Dialog **Lade Gridfile...** geladen werden. Die Erstellung dieser Gridfiles ist jedoch nicht Bestandteil des Programms **WIAS-SHarP 2.0**.

Die gewählte Geometrie wird im Hauptfenster Rahmen **Projektdaten** angezeigt.

## 5 Das **Material** Menü:

Hier kann aus einer Liste ein Werkstoff ausgewählt werden. Der ausgewählte Werkstoff wird im Hauptfenster-Rahmen **Projektdaten** angezeigt.

## 6 Das **Strahlungsquellen** Menü:

Es gibt zwei Unterpunkte, die **Volumenquellen** und die **Flächenquellen**.

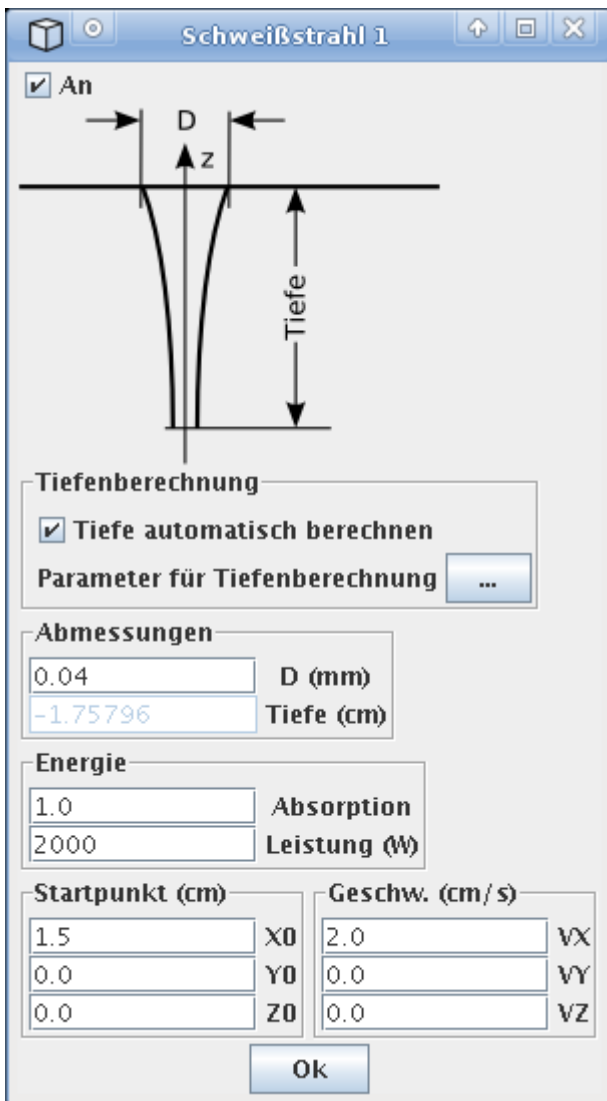
### 6.1 Der Unterpunkt **Volumenquellen**

Hier öffnet sich das folgende Fenster:



Es können bis zu vier **Volumenquellen**, auch **Schweißstrahlen** genannt, ausgewählt werden.

Um die Parameter für die jeweiligen Schweißstrahlen anzugeben, kann auf die jeweiligen **...** Knöpfe geklickt werden. Es öffnet sich dann ein entsprechendes Fenster, welches unten beschrieben ist.



Für jeden **Schweißstrahl** müssen die folgenden Parameter angegeben werden:

**Abmessungen:**

Hier kann der Durchmesser **D**, und die **Tiefe** angegeben werden. Die Tiefe kann dabei automatisch berechnet werden. Mit dem Knopf ... neben **Parameter für Tiefenberechnung** wird ein weiteres Fenster geöffnet. Die Einzelheiten dazu finden sich weiter unten.

**Energie:**

Hier kann die **Absorption** der Oberfläche und die **Leistung** des Strahls angegeben werden.

**Startpunkt:**

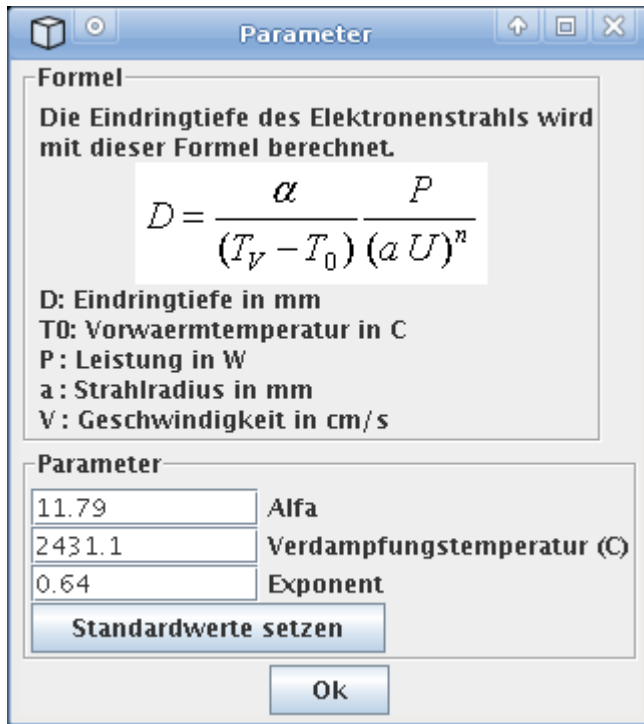
Hier können die X, Y und Z Koordinaten für den Startpunkt angegeben werden.

**Geschwindigkeit:**

Hier kann die Geschwindigkeit in die jeweilige Richtung angegeben werden.

### 6.1.1 Das Fenster **Parameter für Tiefenberechnung**

Hier können Parameter zur Berechnung der Tiefe der Schweißstrahlen eingegeben werden. Die Tiefe wird dabei mit der unten abgebildeten Formel berechnet.



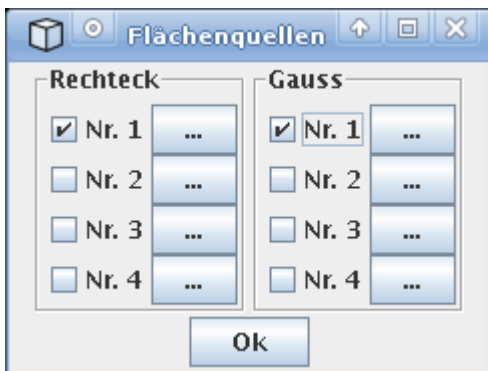
Angegeben werden müssen die zwei dimensionslosen Parameter **Alfa** und **Exponent n**, sowie die **Verdampfungstemperatur** in Celsius.

Diese drei Parameter hängen vom jeweiligen Werkstoff ab.

Mit dem Knopf **Standardwerte setzen** werden die Parameter für den Werkstoff GJS400 gesetzt.

## 6.2 Der Unterpunkt **Flächenquellen**

Hier öffnet sich das folgende Fenster:

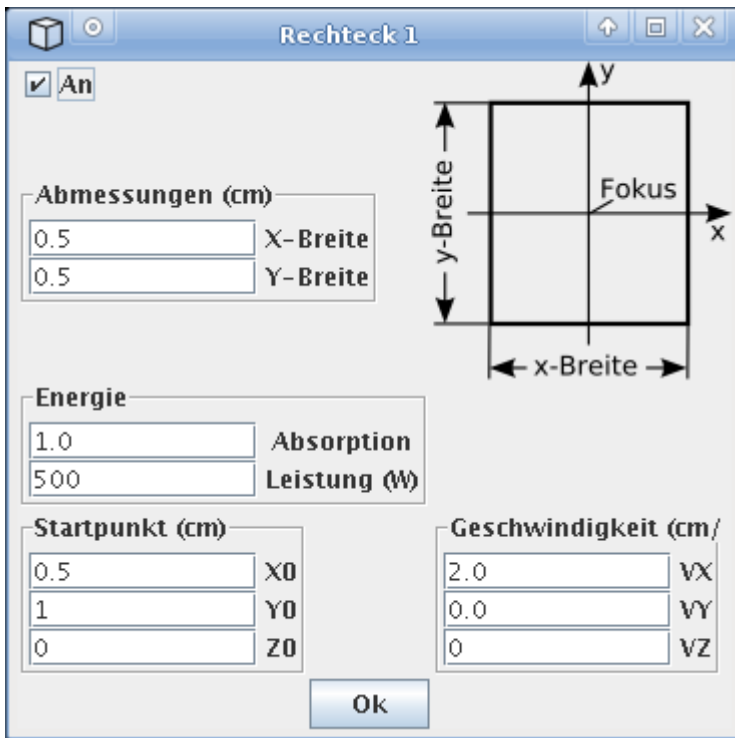


Es können vier **Rechteck**-förmige und vier **Gauss**-förmige Flächenquellen ausgewählt werden.

Die Parameter für die jeweiligen Quellen lassen sich wieder mit Hilfe von Fenstern eingeben, welche sich durch anklicken der ... Knöpfe öffnen.



## 6.2.1 Das Fenster zur Eingabe der Rechteck-Flächen Parameter



### Abmessungen:

Es können die Breite des jeweiligen Rechtecks in X- und Y-Richtung angegeben werden.

### Energie:

Hier kann die **Absorption** der Oberfläche und die **Leistung** des Strahls angegeben werden. Die Energie wird über das Rechteck gleichmäßig verteilt.

### Startpunkt:

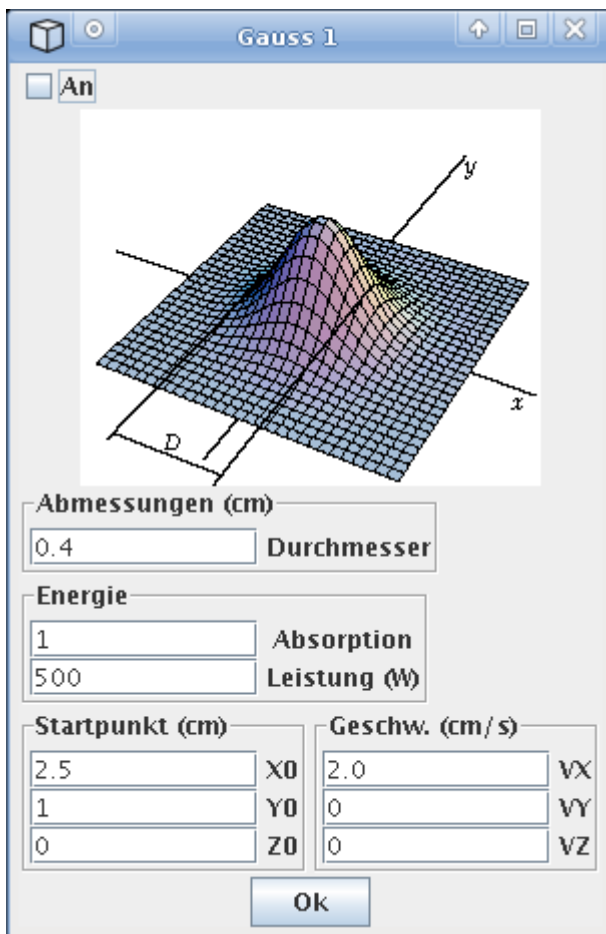
Hier können die X, Y und Z Koordinaten für den Startpunkt angegeben werden.

### Geschwindigkeit:

Hier kann die Geschwindigkeit in die jeweilige Richtung angegeben werden.

Der Startpunkt und die Geschwindigkeit beziehen sich auf den Mittelpunkt bzw. den **Fokus** des Rechtecks.

## 6.2.2 Das Fenster zur Eingabe der Gauss-Flächen Parameter



### Abmessungen:

Es kann der Halbwert-**Durchmesser** angegeben werden.

### Energie:

Hier kann die **Absorption** der Oberfläche und die **Leistung** des Strahls angegeben werden.

### Startpunkt:

Hier können die X, Y und Z Koordinaten für den Startpunkt angegeben werden.

### Geschwindigkeit:

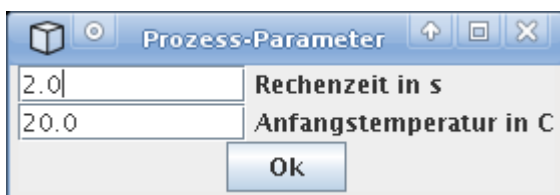
Hier kann die Geschwindigkeit in die jeweilige Richtung angegeben werden.

## 7 Das Parameter Menü:

Es gibt zwei Unterpunkte, für die **Prozess...** Parameter und die **Numerik...** Parameter.

### 7.1 Der Unterpunkt **Prozess...**

Hier öffnet sich das folgende Fenster:



Die **Rechenzeit** ist die Zeit, nach welcher die Rechnung stoppt. Hier ist die physikalische Zeit gemeint, nicht die Zeit der Berechnung. Die **Anfangstemperatur** entspricht der Vorwärmtemperatur des Werkstücks.

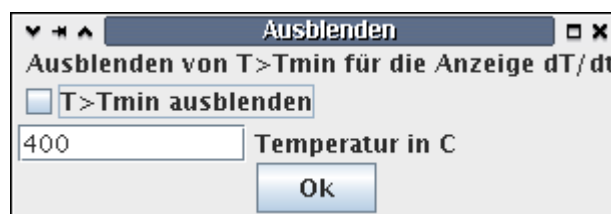
Beim Unterpunkt **Numerik...** öffnet sich ein Fenster, mit dessen Hilfe einige Parameter für den numerischen Algorithmus eingegeben werden können. Die Parameter haben Einfluss auf die Konvergenz und Genauigkeit des Verfahrens, auf eine weitere Beschreibung wird hier verzichtet. Die vorgegebenen Parameter sollten für die meisten Anwendungsfälle ausreichen.

## 7.2 Das **Ansicht** Menü

Hier gibt es die zwei Unterpunkte **dT/dt...** und **Schweißstrahlen...**

### 7.2.1 Der Unterpunkt **dT/dt**

Der Unterpunkt **dT/dt...** bezieht sich auf die Anzeige der Zeitableitung der Temperatur. Dazu gehört das folgende **Ausblenden** Fenster:



Es wird hiermit die Möglichkeit gegeben, den Temperaturbereich oberhalb der Temperatur  $T_{min}$  auszublenden. Das kann nützlich sein, wenn man nur an Abkühlungsraten interessiert ist, welche unterhalb einer bestimmten Temperatur, zum Beispiel der Martensit Starttemperatur, liegen.

### 7.2.2 Der Unterpunkt **Schweißstrahlen**

Hier kann eine symbolische Anzeige der Schweißstrahlen eingeschaltet werden. Damit ist es möglich die Position und Lage der Schweißstrahlen im Temperaturfeld-Viewer oder im dT/dt-Viewer zu beobachten. Die Schweißstrahlen werden nur als dünne Linie dargestellt, welche mit der Achse der jeweiligen Schweißstrahlen (Volumenquellen) übereinstimmt. Die Dicke und die Länge der Linien hat keine Entsprechung zur wahren Dicke und Tiefe der Schweißstrahlen.

## 8 Ein einfaches Projekt

Im Folgenden wird eine einfache Rechnung für einen einfachen Schweißprozess mit einem Schweißstrahl beschrieben.

Start des Hauptfensters **WIAS-SHarP 2.0** mit dem Befehl: `sharp`

Im Menü **File** mit **Neues Projekt...** ein neues Projekt anlegen und unter einem geeigneten Namen abspeichern, zum Beispiel unter `test.pro`.

Im Menü **Geometrie** den Quader auswählen und geeignet dimensionieren, zum Beispiel mit  $XL=5\text{cm}$ ,  $LY=3\text{cm}$  und  $LZ=1\text{cm}$

Im Menü **Material** einen Werkstoff auswählen, zum Beispiel GJS400.

Im Menü **Strahlungsquellen** den Unterpunkt **Volumenquellen** anwählen. Dort die Tifenberechnung automatisch berechnen auswählen und den Durchmesser des Strahles angeben. Weiterhin die Absorption, die Leistung, den Startpunkt und die Geschwindigkeit angeben. Der Startpunkt muss zur gewählten Abmessungen des Quaders passen.

Falls das zu berechnende Problem symmetrisch zur Ausbreitungsrichtung der Strahlungsquellen ist, kann die Zeitdauer der Rechnung verringert werden. Dazu wird nur eine Hälfte des Werkstücks im Menü **Geometrie** eingegeben. Die Schweißstrahlen werden dann genau auf den Rand des Werkstücks gelegt.

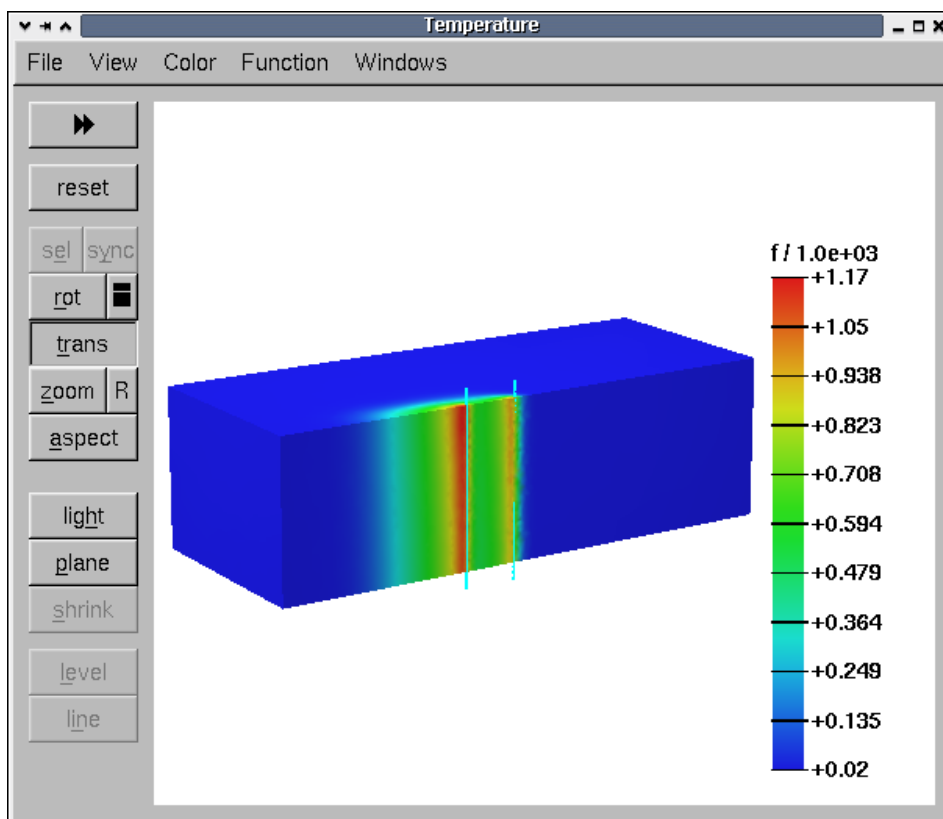
Im Menü **Parameter** den Unterpunkt **Prozess...** anwählen. Dort die Anfangstemperatur des Werkstücks (zB 20C) und die Zeitdauer der Rechnung (hier ist die physikalische Zeit gemeint, zB 2s) angeben.

Damit sind alle notwendigen Parameter angegeben und die Rechnung kann mit dem Knopf **Start** gestartet werden.

## 9 Die Viewer

Nachfolgend wird die Funktionsweise der neun zur Verfügung stehenden **Viewer** (Grafikmonitore) beschrieben, wie sie während der Rechnung zur Verfügung stehen. Die Darstellung und Funktionsweise der **Viewer** unter **Resultate anzeigen...** (im **File** Menü des Hauptfensters), unterscheidet sich geringfügig davon.

Das folgende Bild zeigt einen typischen Viewer, hier ist es die Anzeige des Temperaturfeldes.



Alle Viewer sind mit Menüs und Funktionstasten versehen, nachfolgend werden die wichtigsten davon erklärt.

## 9.1 Das File Menü

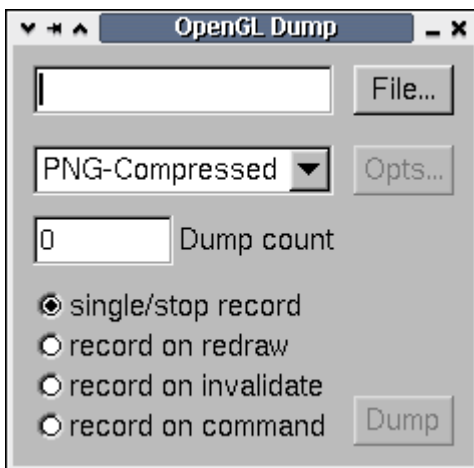


Hier gibt zunächst einige Unterpunkte, die sich auf den so genannten **State** beziehen. Damit ist die Auswahl der Viewer, ihre Position auf dem Bildschirm und ihr jeweiliger Zustand gemeint.

Hat man die interessierenden Viewer ausgewählt und an gewünschte Positionen verschoben, so lässt sich dieser **State** mit **Save State...** abspeichern und mit **Load State...** wieder einladen.

Mit **State...** erhält man ein Fenster, wobei mit der Schaltfläche **Save now** der State abgespeichert wird, welcher standardmäßig beim Programmstart geladen wird.

Der Unterpunkt **Dump**:



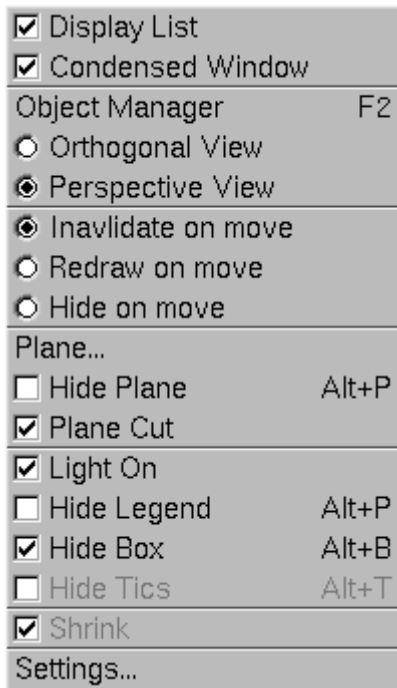
Hiermit lässt sich das aktuell angezeigte Bild in eine Datei abspeichern. Mit der Schaltfläche **File...** kann der Name und der Zielort der Datei bestimmt werden.

In der Auswahlliste stehen die drei Bildformate **png**, **eps** und **ppm**, sowie das Videoformat **mpeg** zur Verfügung.

Soll ein **mpeg**-Film aufgenommen werden, so hat man noch weitere Optionen zur Verfügung.

Mit dem Unterpunkt **Close** kann der Viewer geschlossen werden.

## 9.2 Das View Menü

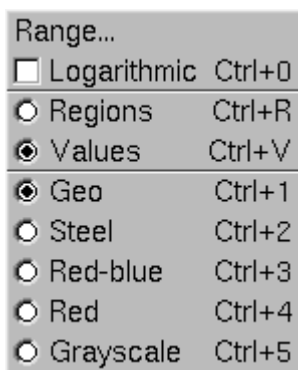


Die meisten Optionen des View Menüs sind selbsterklärend. Auf einige Punkte soll jedoch näher eingegangen werden.

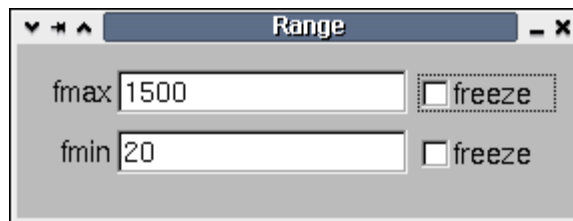
Mit **Plane...** ist eine Ebene gemeint, welche man durch das Werkstück bewegen kann. Damit ist es möglich in das Werkstück hineinzuschauen. Durch klicken auf **Plane...** erhält man ein weiteres Fenster, dort lässt sich, unter anderem, die Orientierung der Ebene auswählen.

**Hide Plane** bezieht sich auf die Anzeige des Farbbalkens, wie er oben, im Bild für die Temperatur, zu sehen ist.

## 9.3 Das Color Menü



Hier ist die wichtigste Option **Range...**. Ein Klicken darauf öffnet das folgende Fenster:



Damit kann der Minimalwert **fmin** und der Maximalwert **fmax** für die Temperaturanzeige beim Farbbalken eingestellt werden.

Damit die Farbbalkenanzeige aktualisiert wird, müssen die eingetragenen Werte mit Return bestätigt werden. Mit **freeze** kann diese Einstellung beibehalten werden. Standardmäßig hat der Farbbalken eine gleitende Anzeige. Das bedeutet, fmin und fmax entsprechen dem momentan kleinsten und größten auftretenden Wert.

Die weiteren Optionen im **Color** Menü sind selbsterklärend bzw. nicht wichtig.

## 9.4 Das Function Menü

<input type="checkbox"/>	Elevation	Shift+Ctrl+E
	Isolevel...	
<input type="checkbox"/>	Isolevel	Shift+Ctrl+L
	Isolines...	
<input type="checkbox"/>	Isolines	Shift+Ctrl+I
<input type="checkbox"/>	Boundary	Shift+Ctrl+B
<input checked="" type="checkbox"/>	Surface	Shift+Ctrl+S

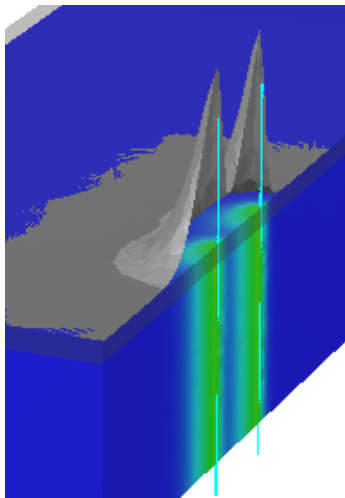
Das **Function** Menü stellt drei sehr wirksame Funktionen zur Verfügung, mit welchen die Visualisierung der Ergebnisse erweitert werden kann. es handelt sich hierbei um:

**Elevation:** Profilartige Anzeige über einer Ebene

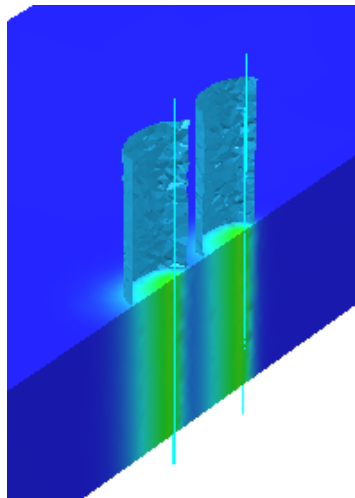
**Isolevel:** Flächen gleichen Wertes

**Isolines:** Linien gleichen Wertes

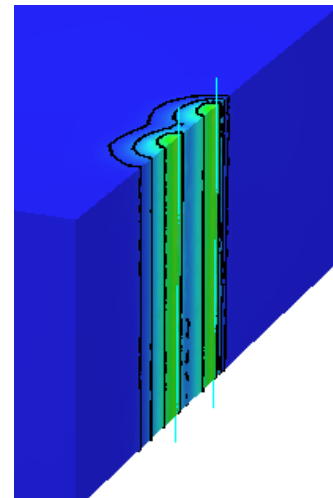
In den folgenden Abbildungen sind die drei Funktionen illustriert.



Elevation



Isolevel



Isolines

## 9.5 Das Windows Menü

Hier können mit dem Fenster **Viewers** die Grafikmonitore, welche angezeigt werden sollen, ausgewählt werden.

## 9.6 Die Schaltflächen

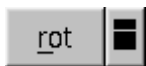
Die Schaltflächen am linken Rand der Viewer haben die folgenden Funktionen:



Damit kann die Rechnung angehalten und wieder weitergeführt werden. Die Rechnung muss hiermit beendet werden, die **beenden** Taste des Hauptfensters hat sonst keine Wirkung.



Damit können die Viewer in einen Grundzustand zurück gesetzt werden.



Wenn diese Schaltfläche gedrückt ist, kann das Werkstück mit der Maus rotiert werden. Ein Klick auf das Menü-Symbol rechts neben der Schaltfläche öffnet ein Menü, womit die Rotation auf eine Koordinaten-Achse beschränkt werden kann.



Wenn diese Schaltfläche gedrückt ist, kann das Werkstück mit der Maus translatorisch bewegt werden.



Wenn diese Schaltfläche gedrückt ist, kann das Werkstück mit der Maus in der Größe verändert werden, durch herauf oder herab ziehen der Maus bei gedrückter linker Maustaste.



Wenn diese Schaltfläche gedrückt ist, kann die Schnitt-Ebene mit der Maus bewegt werden. Ebenfalls durch herauf oder herab ziehen der Maus bei gedrückter linker Maustaste.