

Zyklostratigraphie des Unteren Buntsandsteins in der Hessischen Senke anhand einer numerischen Analyse von Gamma-Ray-Logs

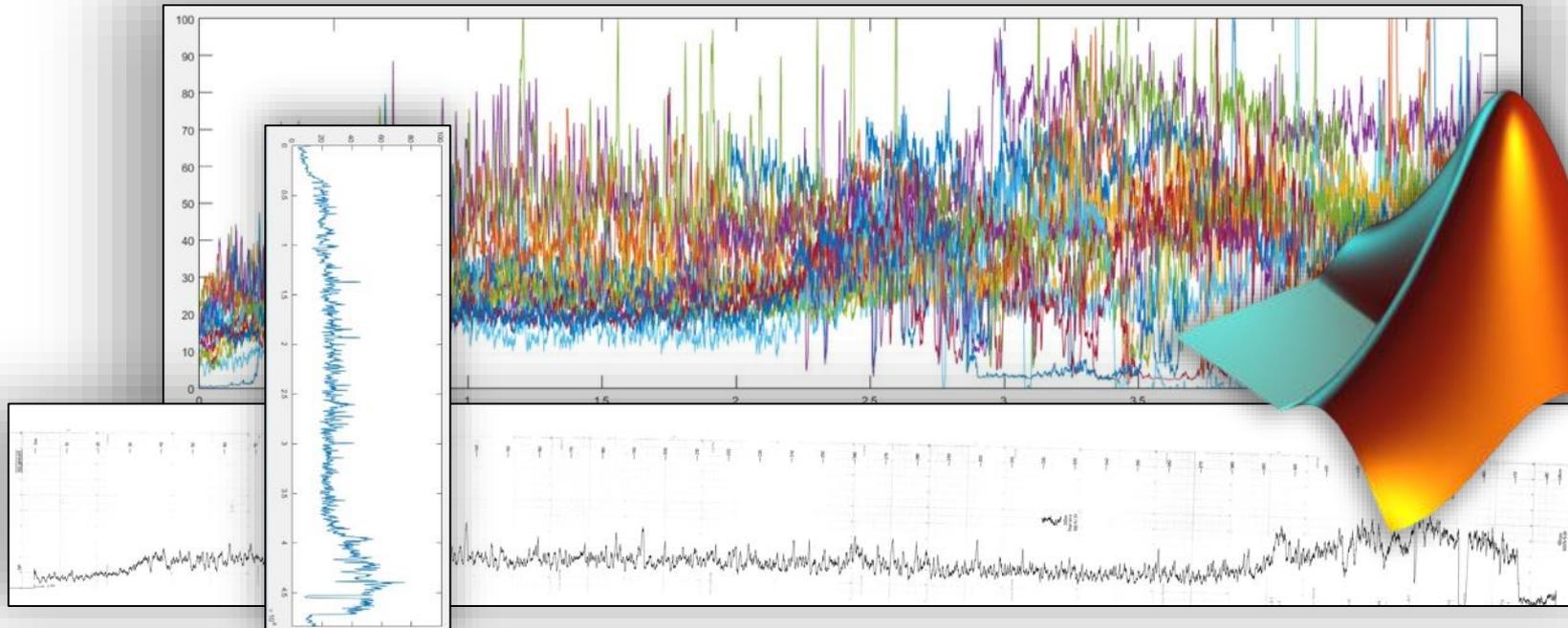


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Vorstellung der Master-Thesis
von Konrad Stühler



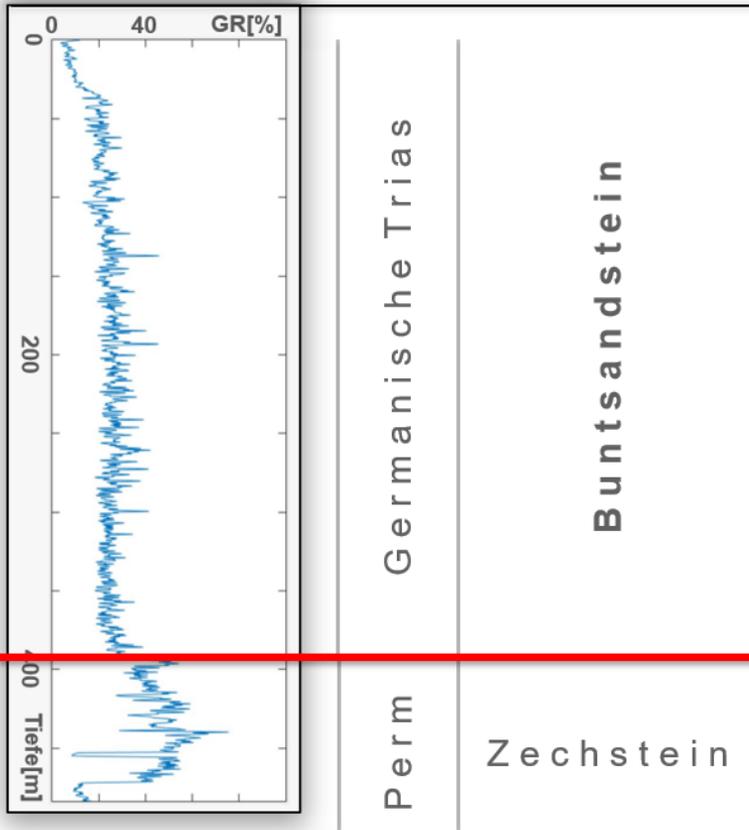
Für eine lebenswerte Zukunft



Thematik & Motivation

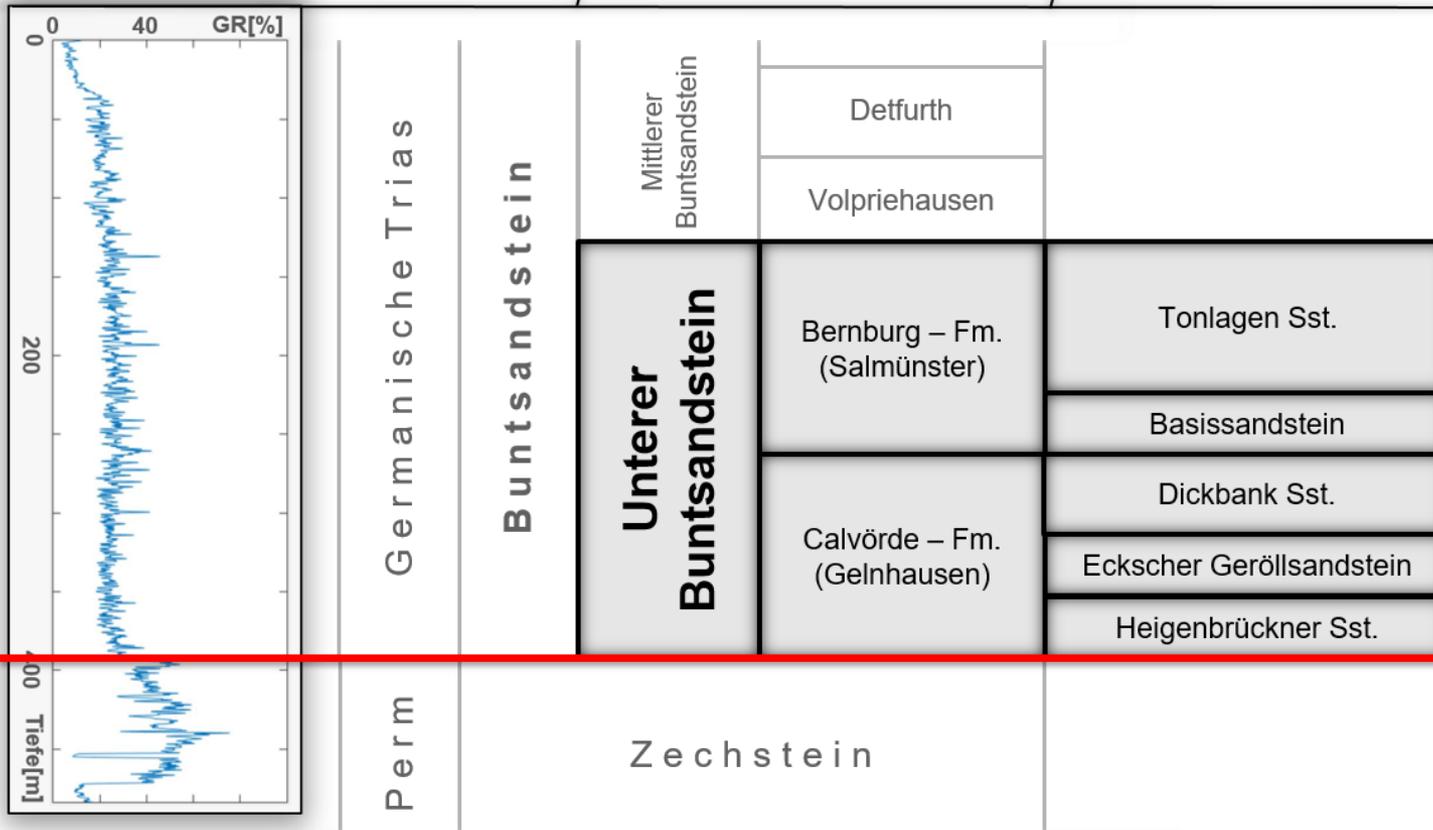


Bsp.: GRL - Bohrung Gelnhaar



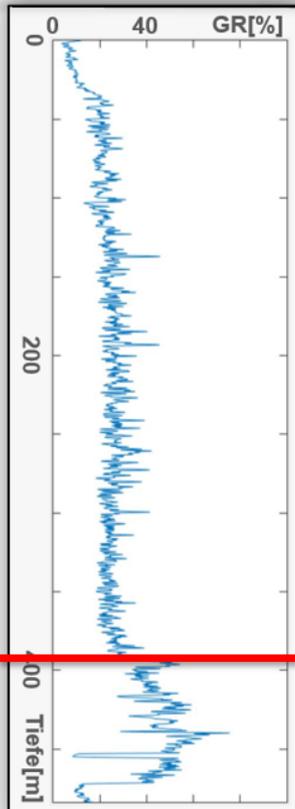
Thematik & Motivation

Lithostratigraphie



Thematik & Motivation

Zyklostratigraphie



Germanische Trias

Buntsandstein

Unterer
Buntsandstein

Mittlerer
Buntsandstein

s1

s2

s3

s4

10 Zyklen

10 Zyklen

Zechstein

→ Kann eine numerische Analyse von Gamma-Ray-Logs (GRL) mehr Hinweise zur Gliederung liefern?

Datengrundlage

- 17 Gamma-Ray-Logs (GRL)
- 2 Bohrkernaufnahmen:
 1. **Bohrung Gelnhaar:** ●
 - nach Lithologie
 - Bohrkernaufnahme: 33-395 m → [sm – su]
 2. **Bohrung Burgjoß:** ●
 - nach Lithofaziestypen
 - Bohrkernaufnahme: 34-342 m → [sm – su]

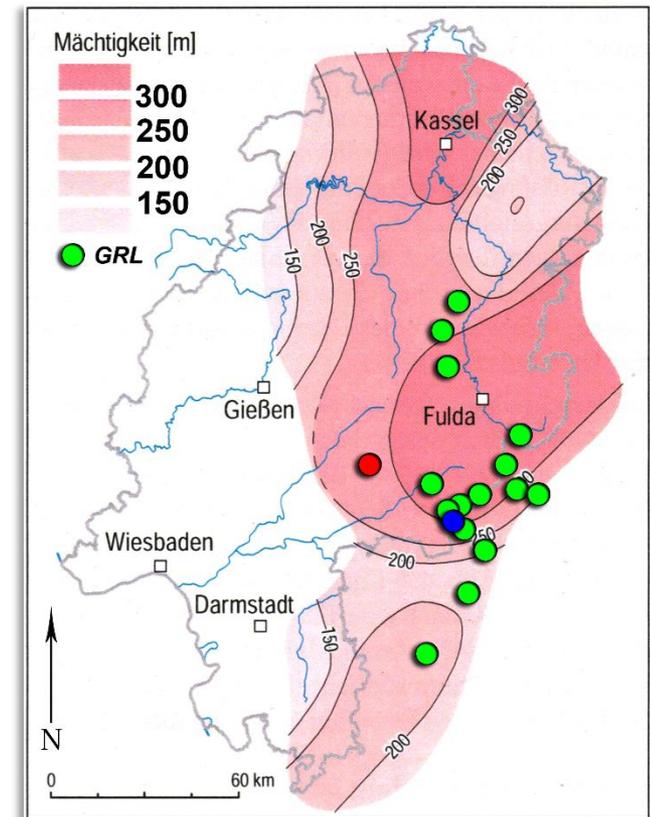
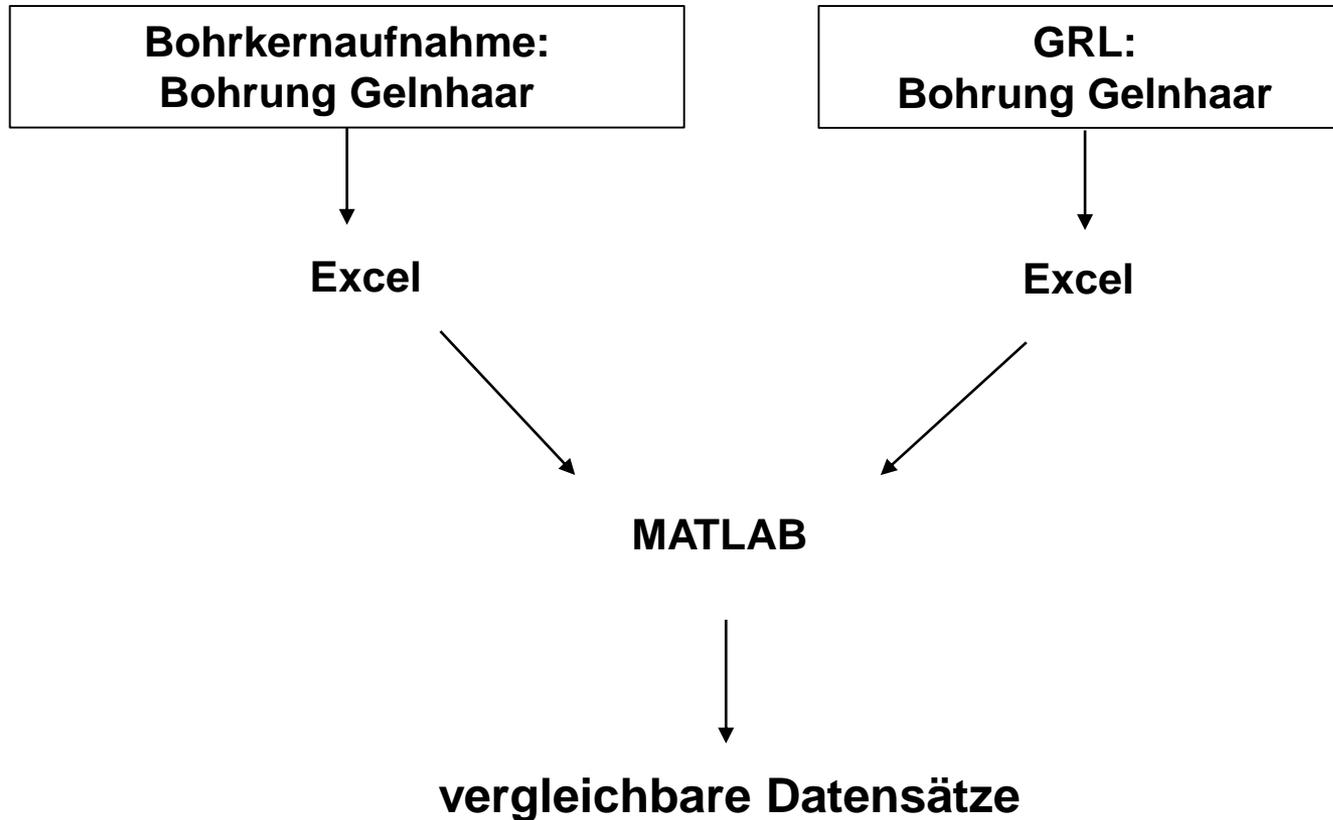


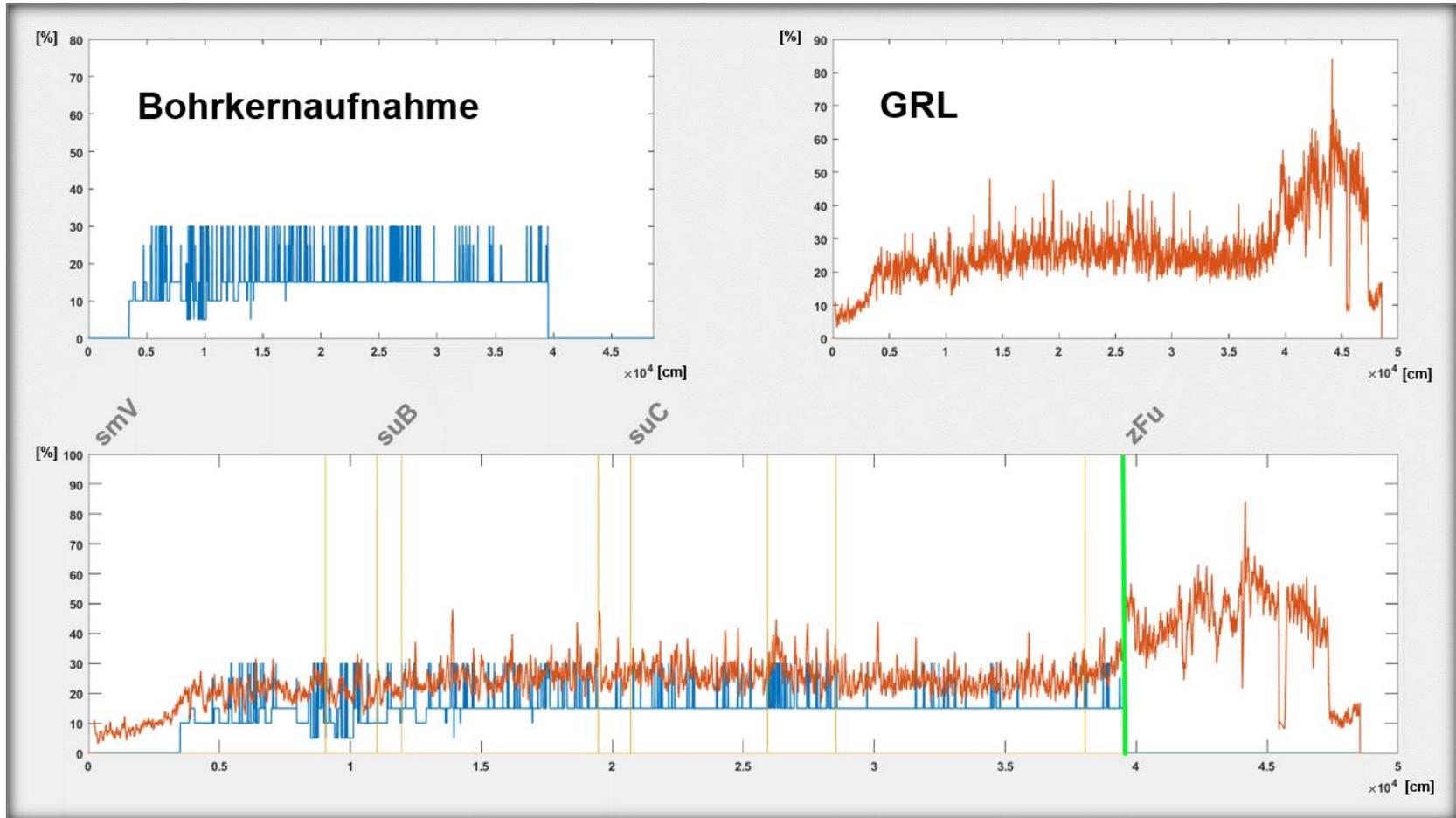
Abb.: Isopachenkarte des Unteren Buntsandsteins für Hessen; verändert nach (REISCHMANN 2013)

Methodik: Bohrkern vs. GRL

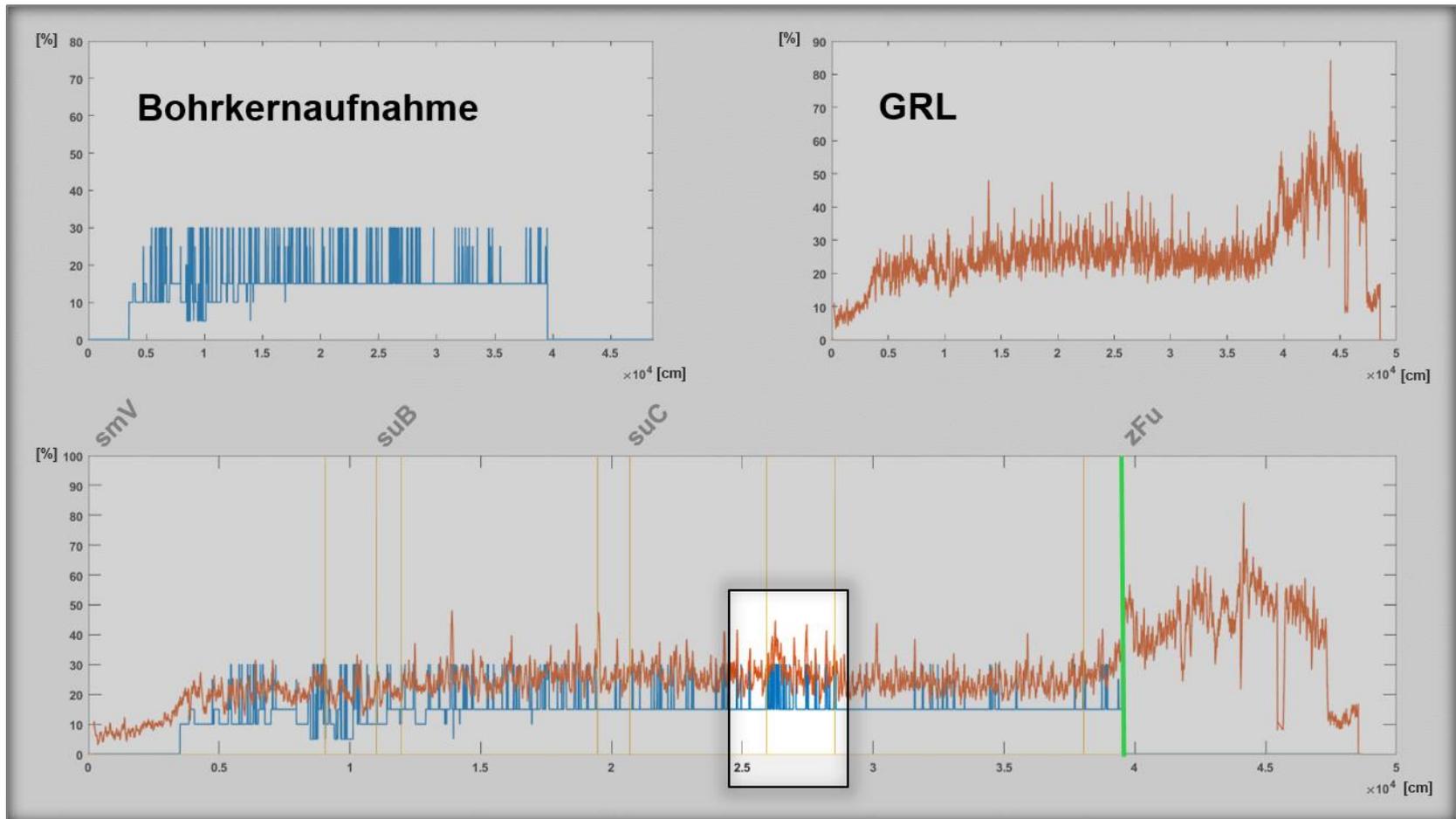


→ für jeden cm einen Wert für Gesteinsart & Gammastrahlung

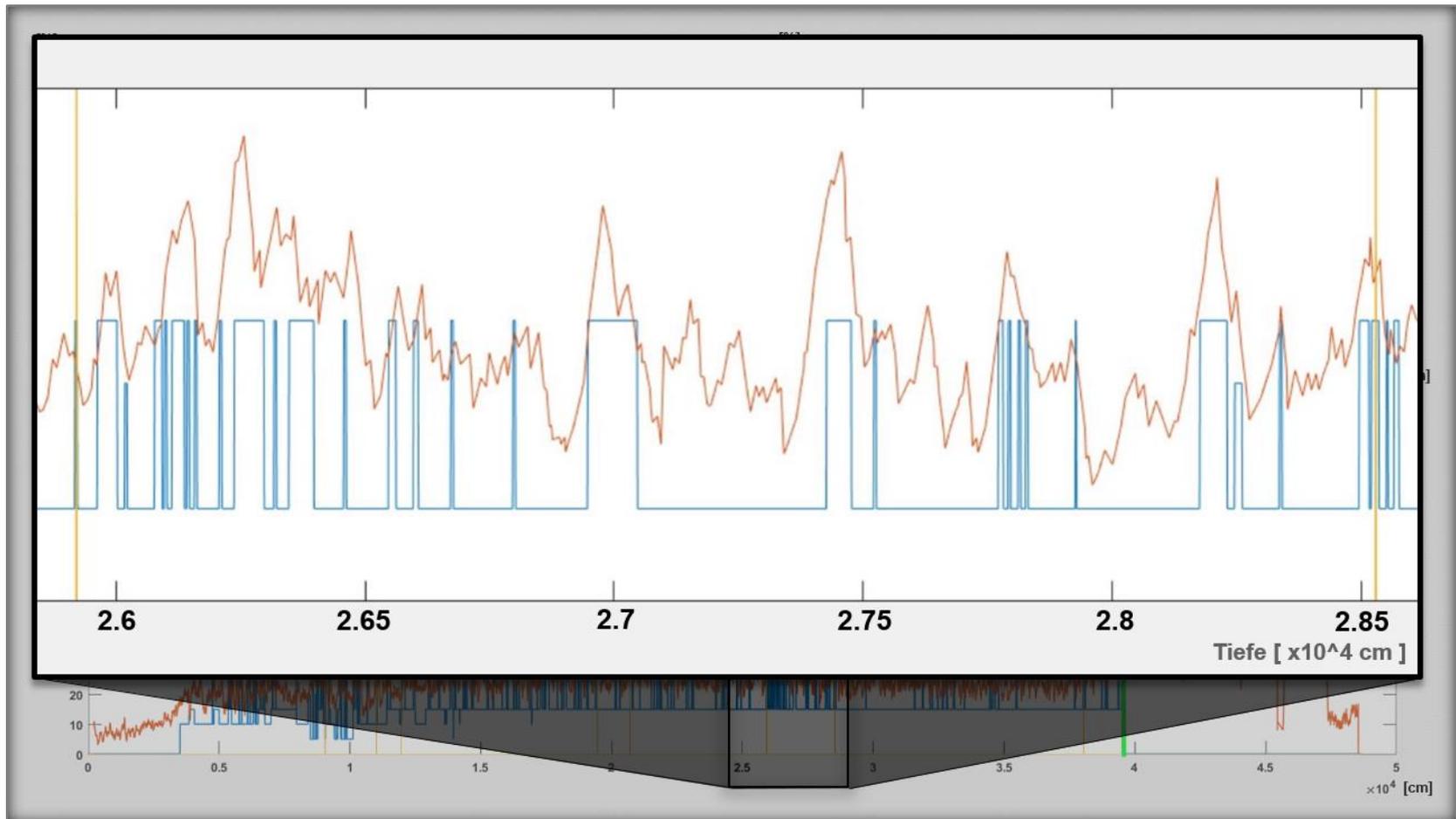
Methodik: Bohrkern vs. GRL



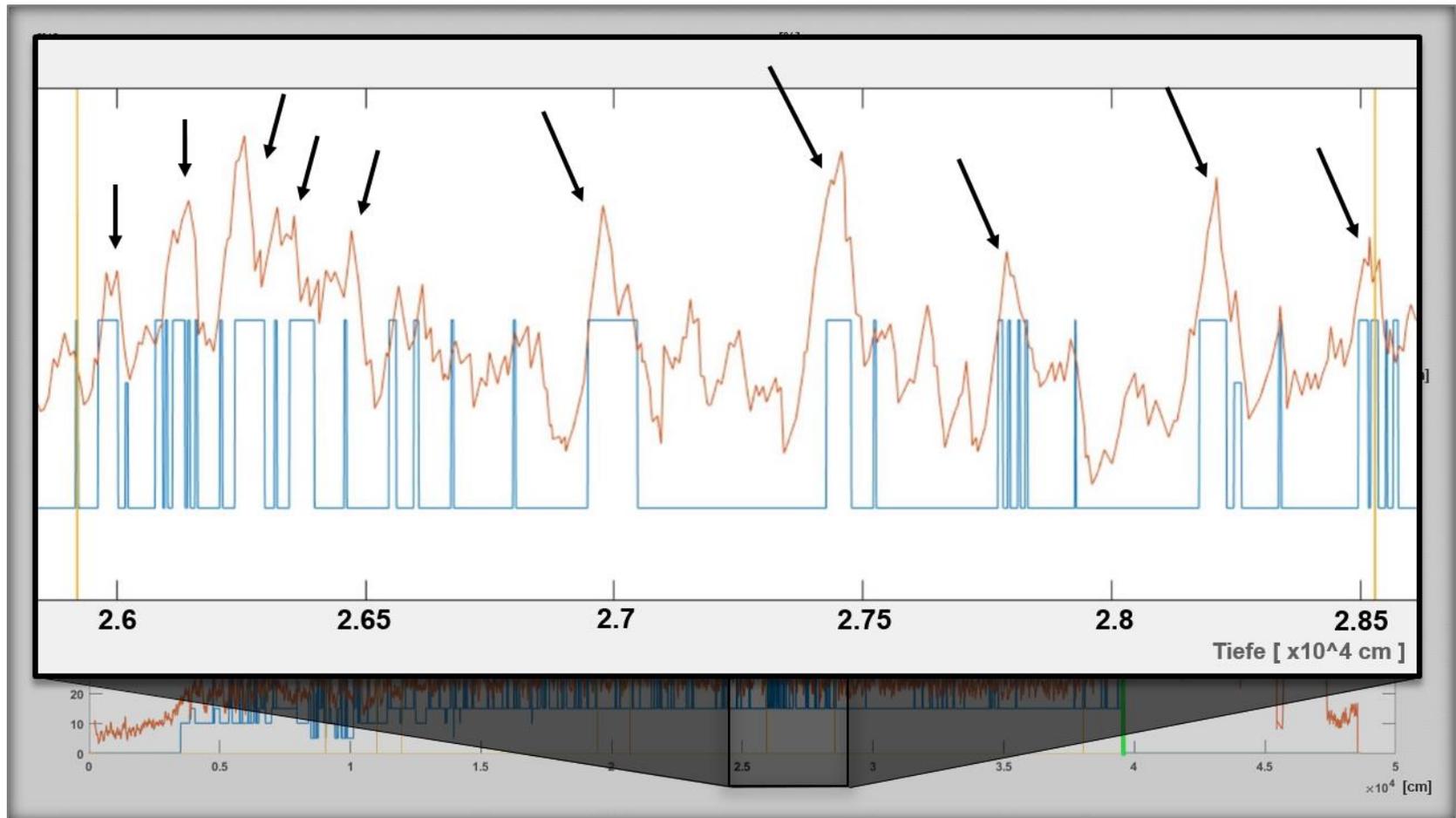
Methodik: Bohrkern vs. GRL



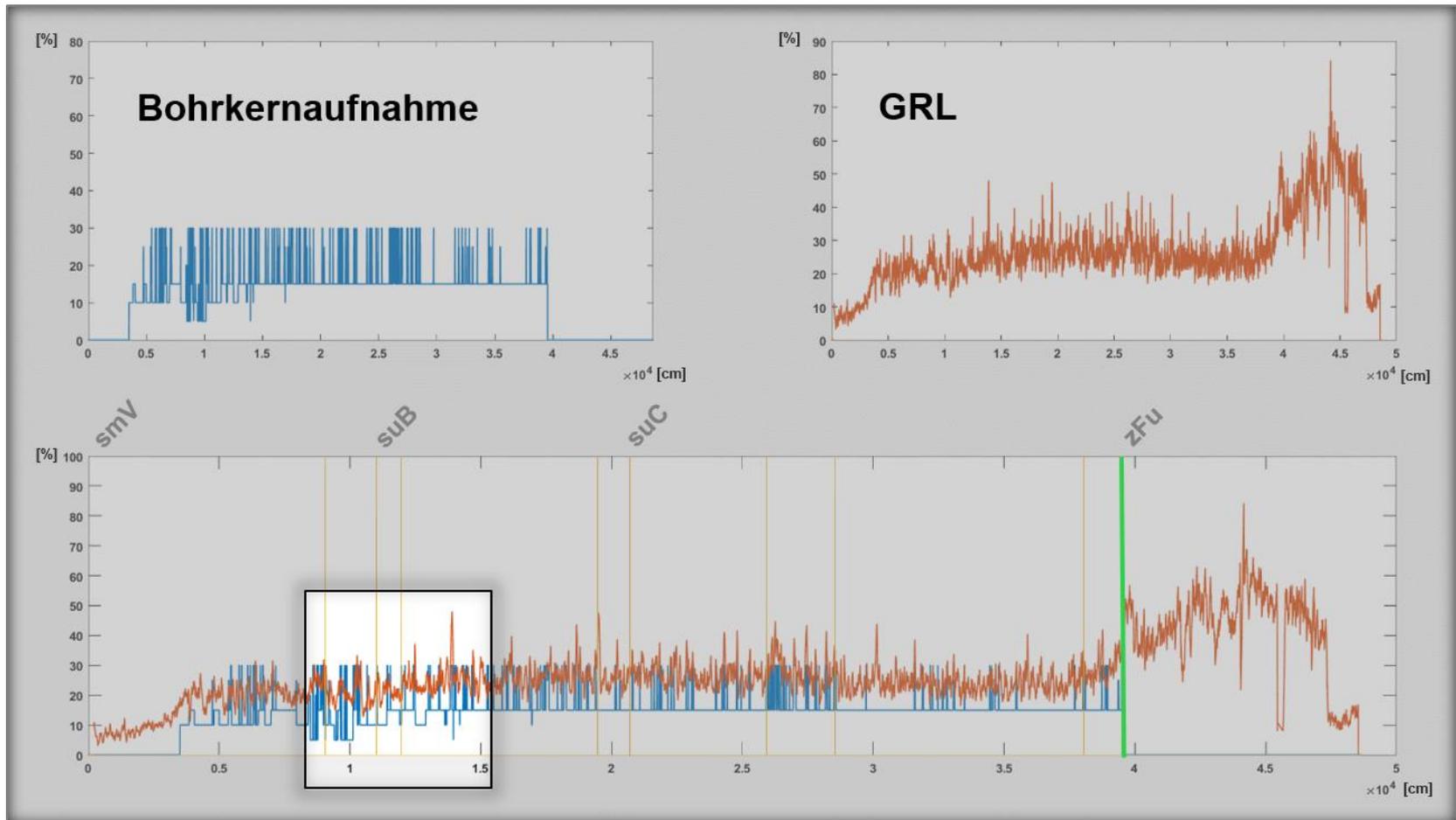
Methodik: Bohrkern vs. GRL



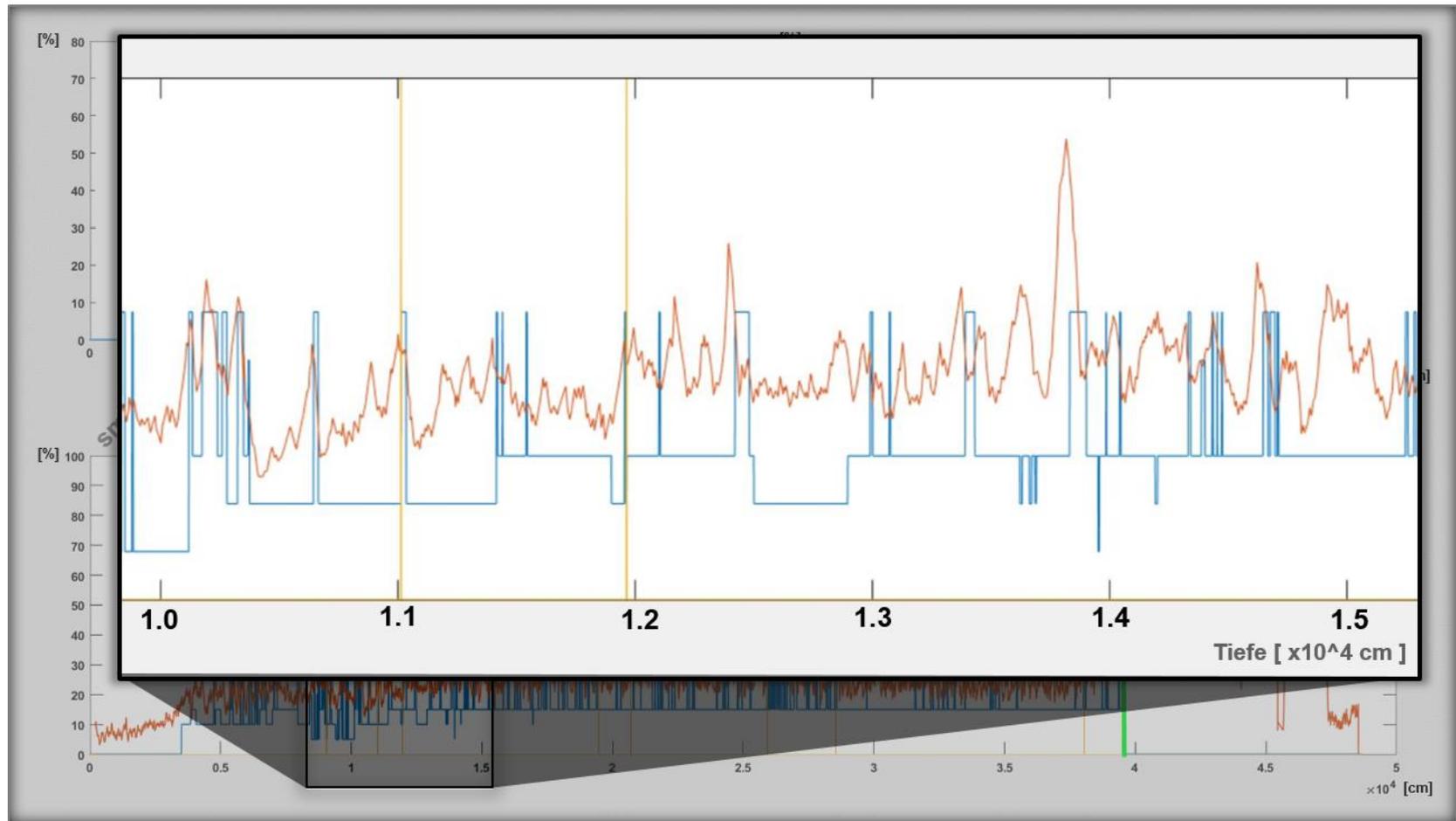
Methodik: Bohrkern vs. GRL



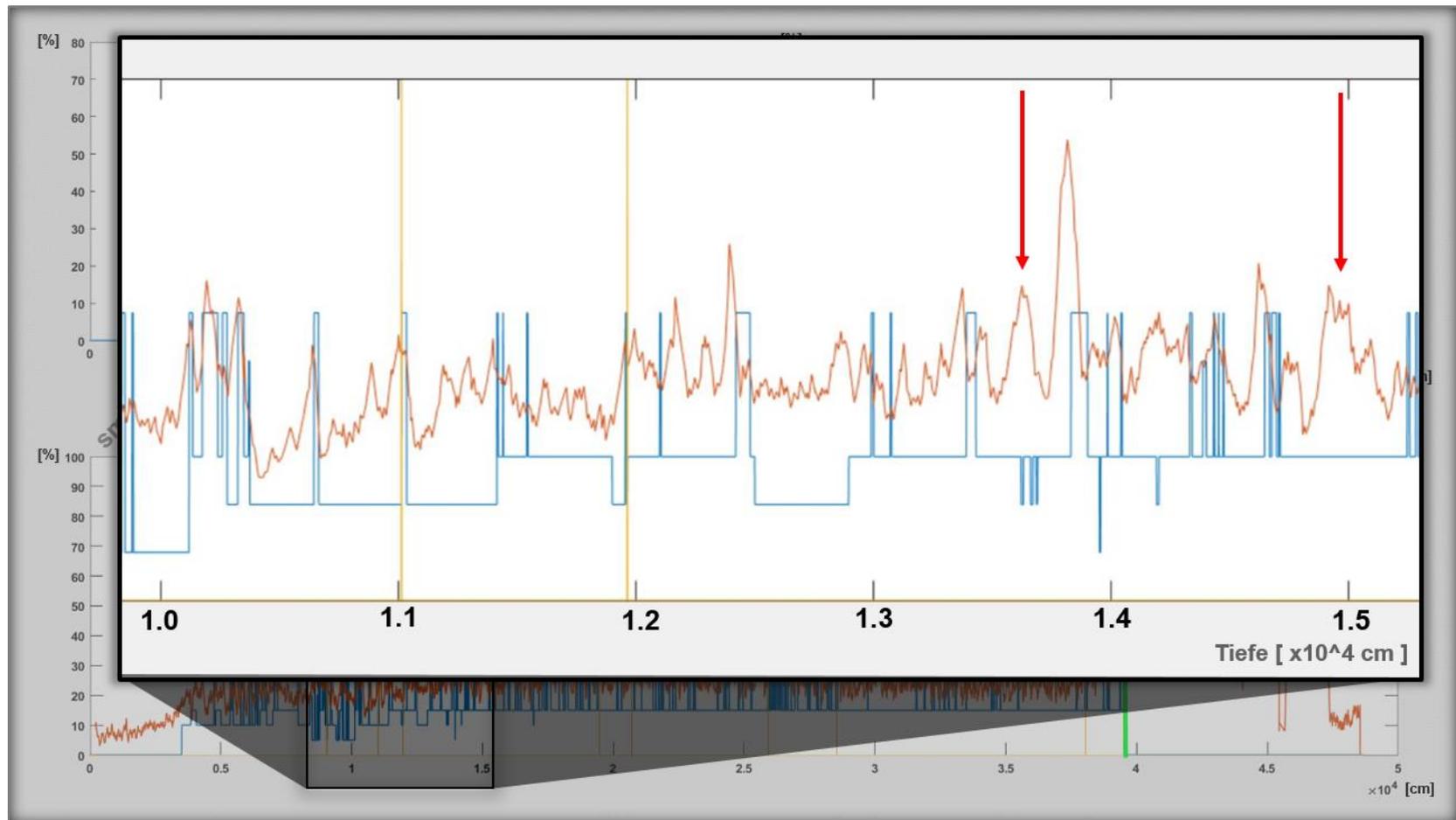
Methodik: Bohrkern vs. GRL



Methodik: Bohrkern vs. GRL



Methodik: Bohrkern vs. GRL



Methodik: Bohrkern vs. GRL

Ergebnisse des Vergleichs:

→ jeder markante Peak = Tonsteinlagen oder -klasten (trifft bei ca. 80% zu)

- die restlichen 20% → Prüfung mit dem spektralen GR-Gerät

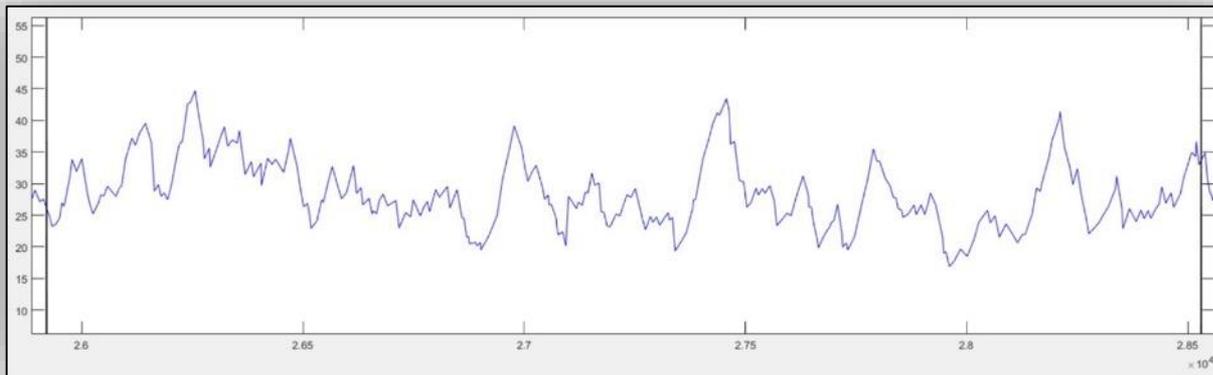
Können Muster erkannt werden in Bezug auf Lithologie oder Lithofaziestypen?

Wie unterscheiden sich diese Peaks optisch?

Methodik: Das Programm

MATLAB: Wie können Peaks sondiert und mathematisch beschrieben werden?

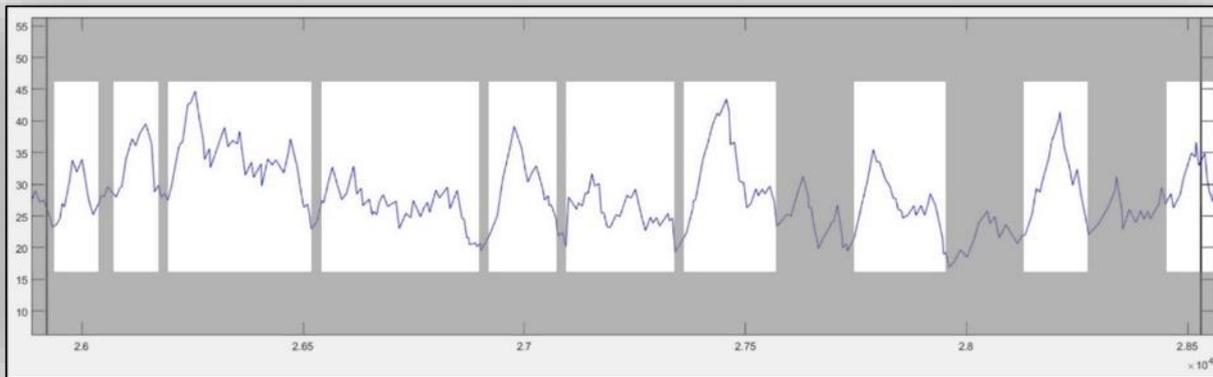
I. Ermittlung von „Strahlungsfenster“



Methodik: Das Programm

MATLAB:

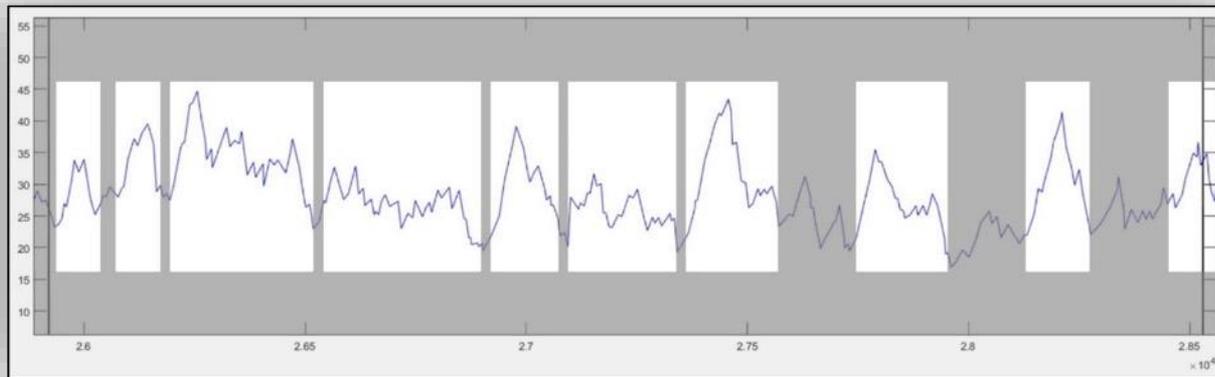
1. Ermittlung von „Strahlungsfenster“



Methodik: Das Programm

MATLAB:

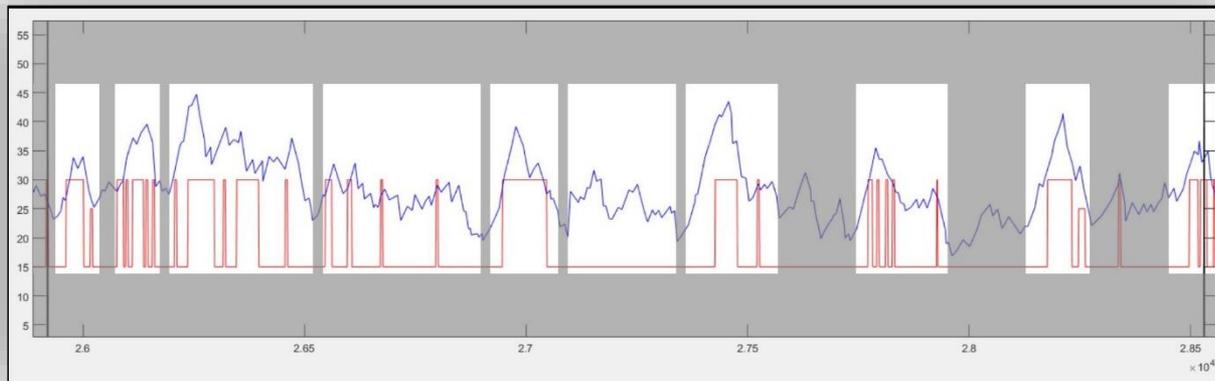
- I. *Ermittlung von „Strahlungsfenster“*
- II. *Sammeln der mathematischen Eigenschaften pro Strahlungsfenster*



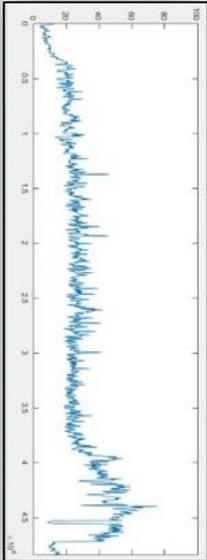
Methodik: Das Programm

MATLAB:

- I. Ermittlung von „Strahlungsfenster“
- II. Sammeln der mathematischen Eigenschaften pro Strahlungsfenster
- III. Vergleich: Strahlungsfenster (GRL) vs. Lithologie (Bohrkern)



Programmierung: Gliederung



I. **Die Extremwerte** - *Ermittlung aller Extremwerte*

II. **1. Filterung** - *Filtern der wichtigen Extremwerte*

III. **Die Minima** – *Die Minima als Grundlage für die Grenzen der Strahlungsfenster*

IV. **2. Filterung** – *Filtern der relevanten Minima*

V. **Die Grenzen** - *Berechnung der Strahlungsgrenzen*

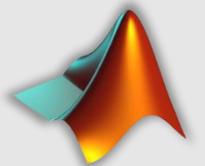
VI. **Die Fenster** - *Bildung der Strahlungsfenster im Original-GRL*

VII. **Die Eigenschaften** – *Sammeln der mathematischen Eigenschaften*

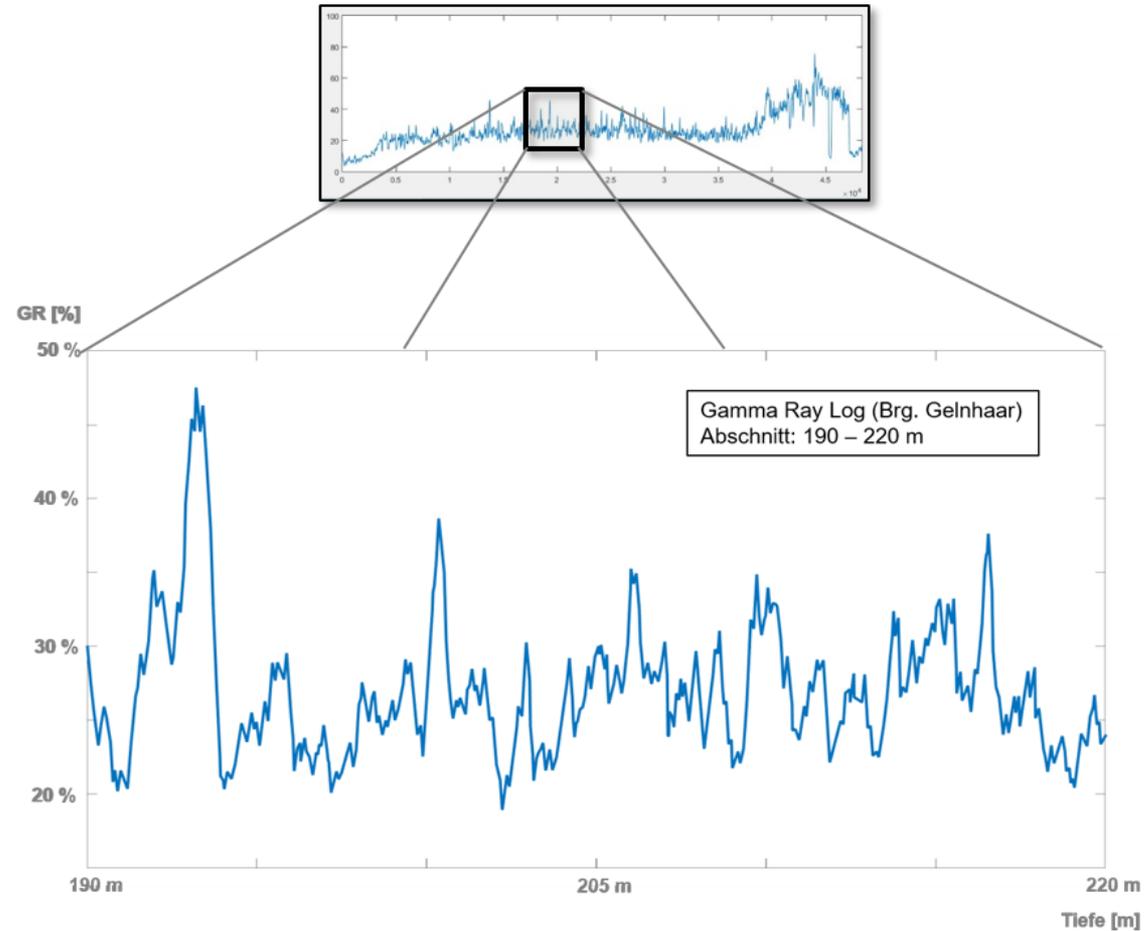


Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



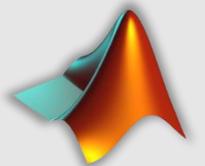
MATLAB



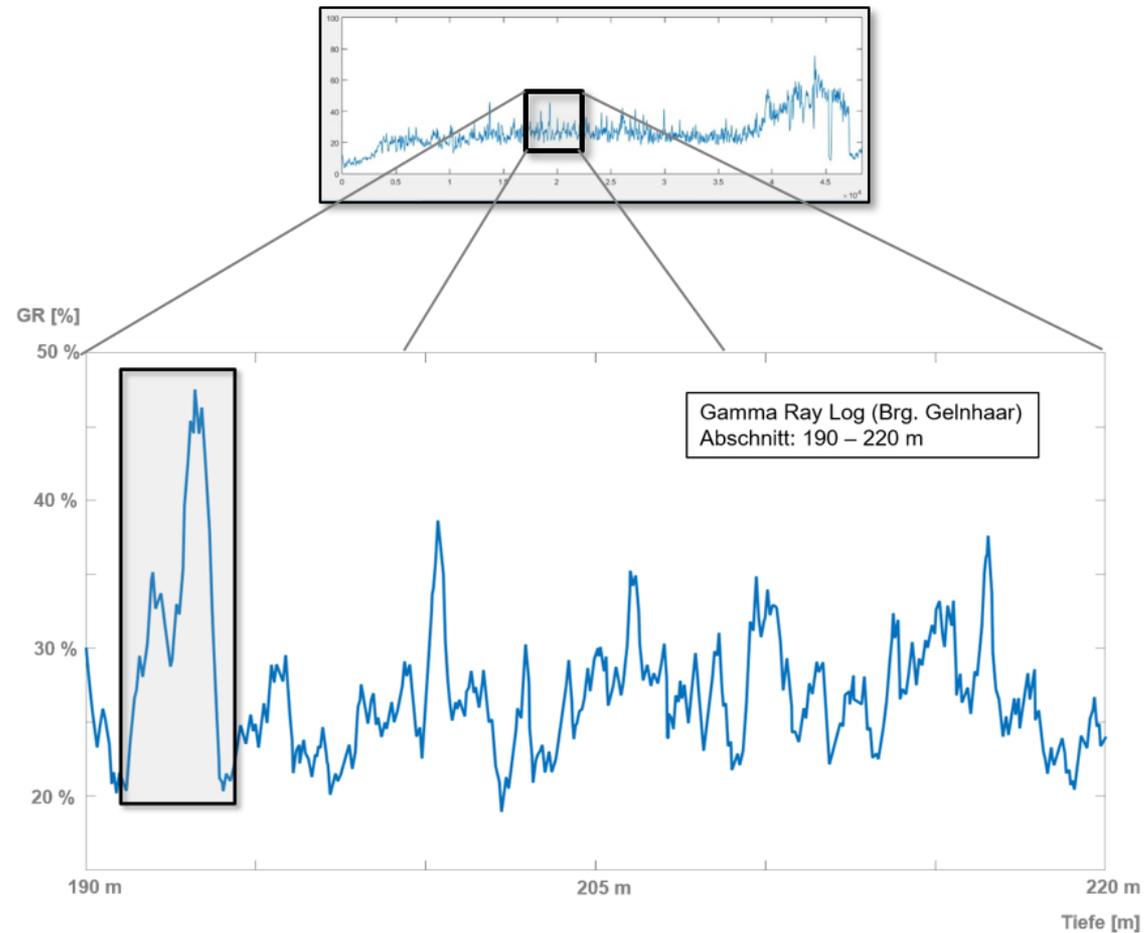
Gliederung:

I. Die Extremwerte

- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



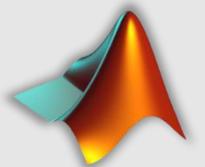
MATLAB



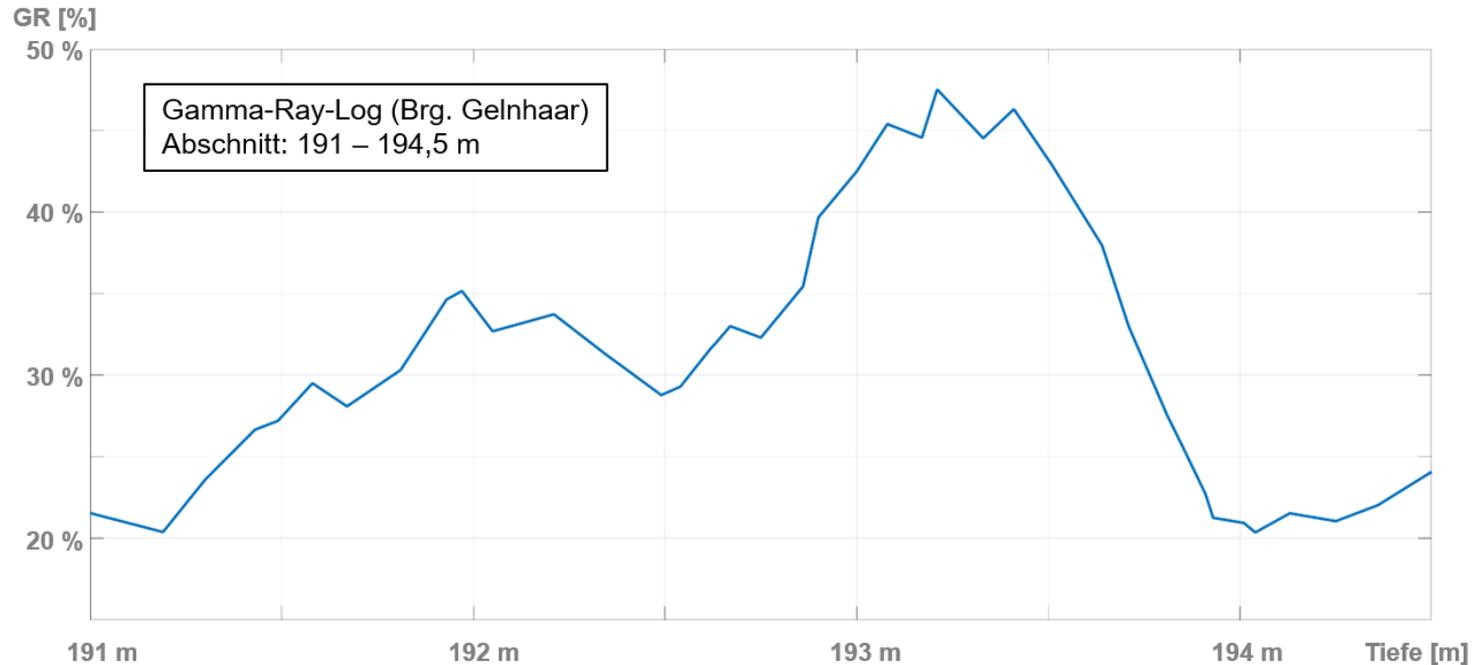
Gliederung:

I. Die Extremwerte

- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



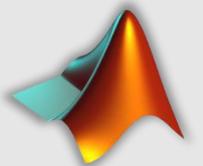
MATLAB



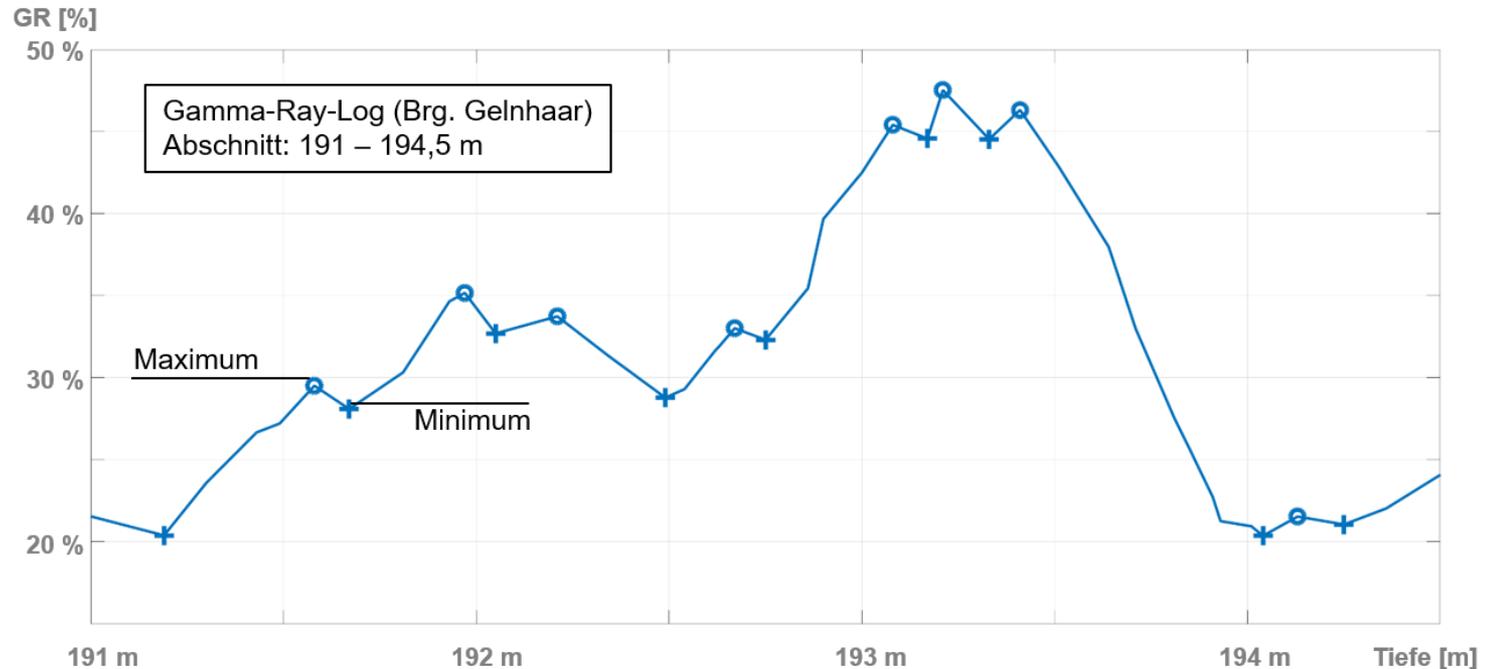
Gliederung:

I. Die Extremwerte

- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



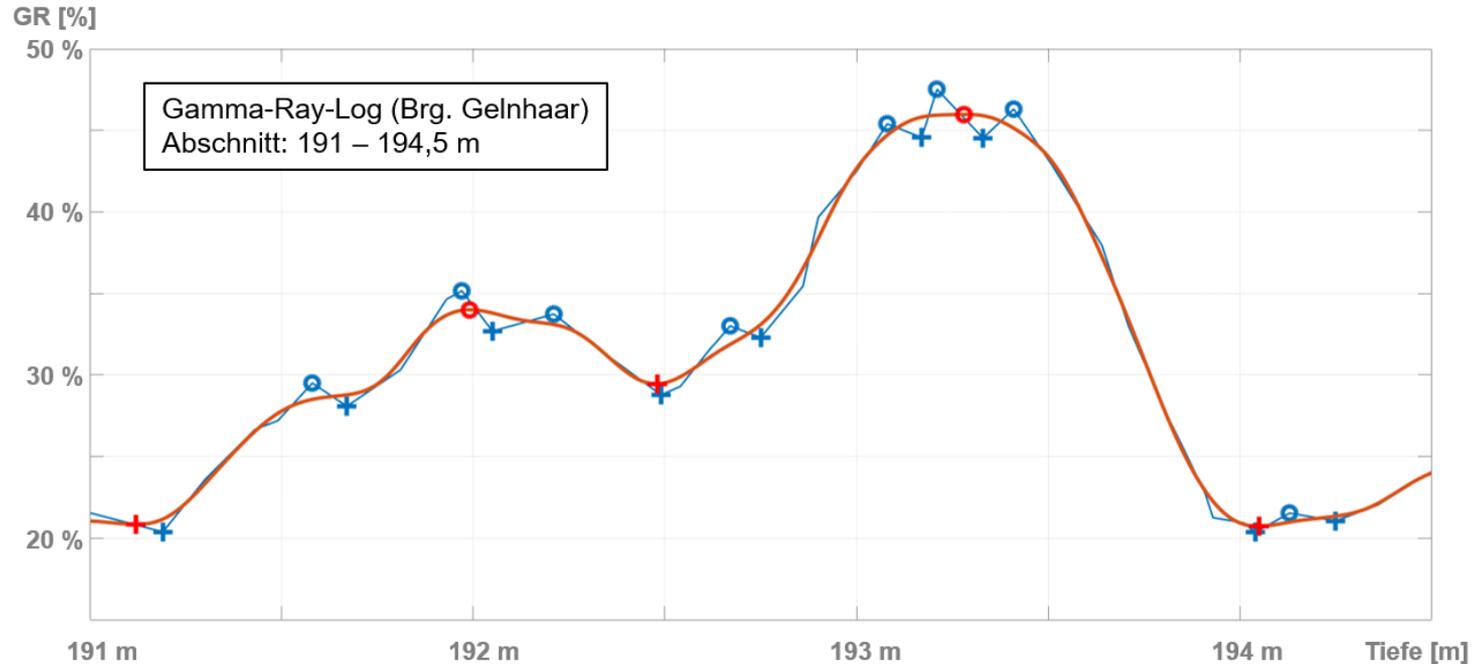
MATLAB



- Ermittlung der Extremwerte am GRL anhand der Wertenachbarn
- $i-1 < (\text{untersuchter Wert}) < i+1 = \text{Maximum}$
- $i-1 > i > i+1 = \text{Minimum}$

Gliederung:

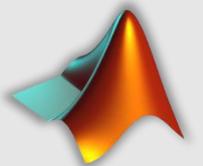
- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung**
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



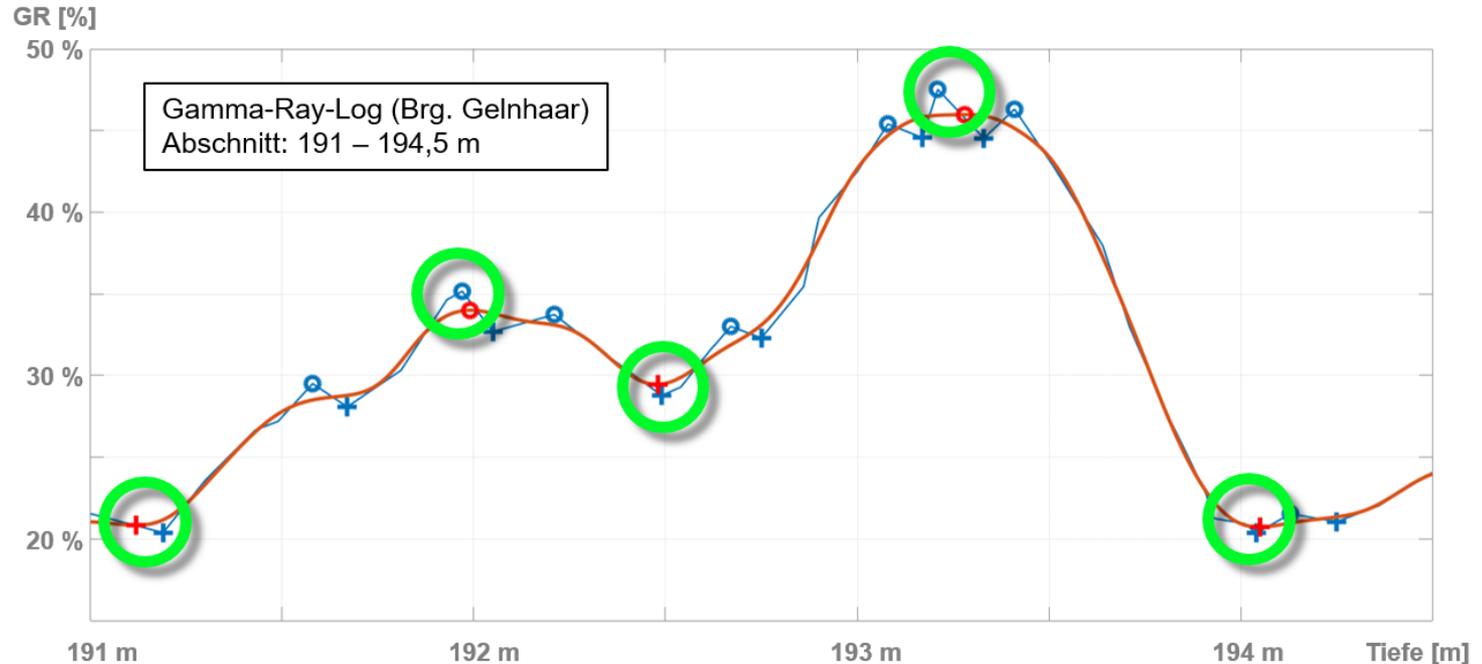
- Glättung des GRL (neuer Datensatz)
- anhand eines gleitenden Mittelwerts $\rightarrow yy = (y(1) + y(2) + \dots + y(60)) / 60$
- Ermittlung der Extremwerte des geglätteten Datensatzes

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung**
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



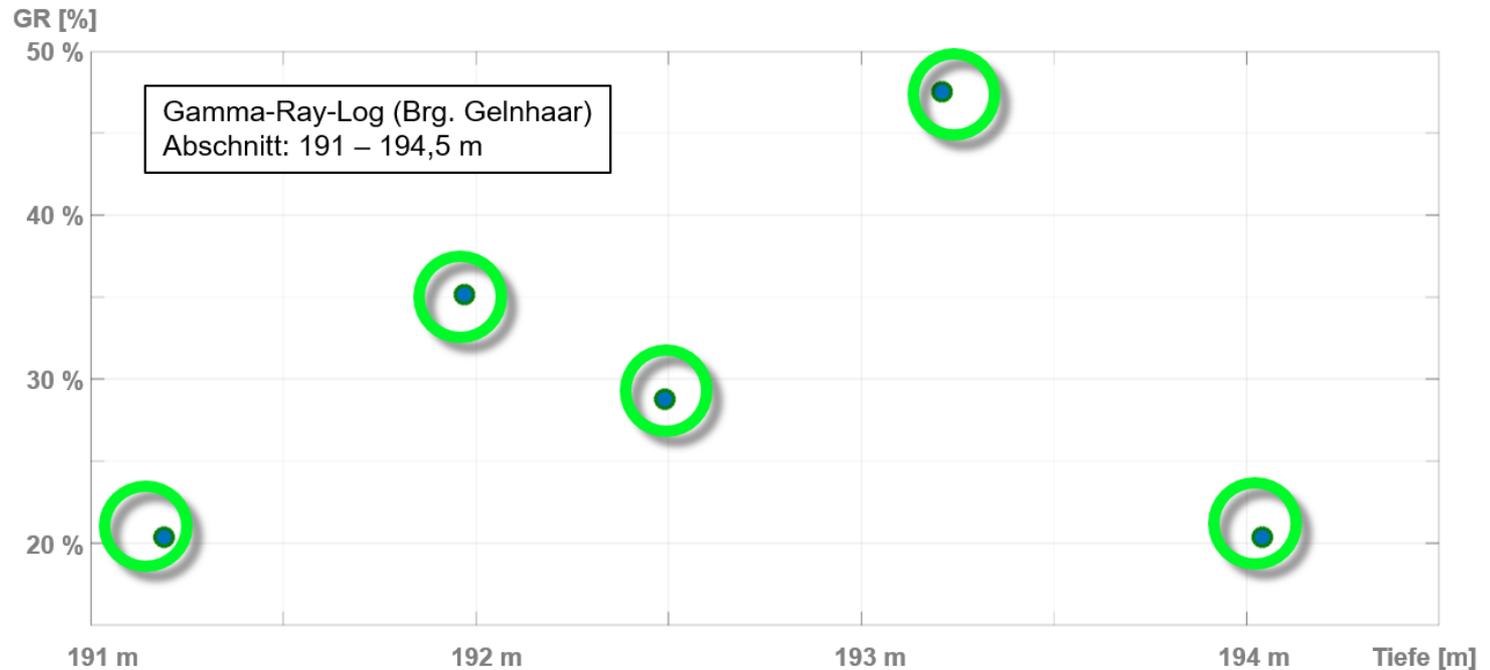
MATLAB



- Selektieren der Extremwerte (Original-GRL), die den kleinsten Abstand zu den Extremwerten des geglätteten GRL haben
- Extrahieren der Extremwerte

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung**
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften

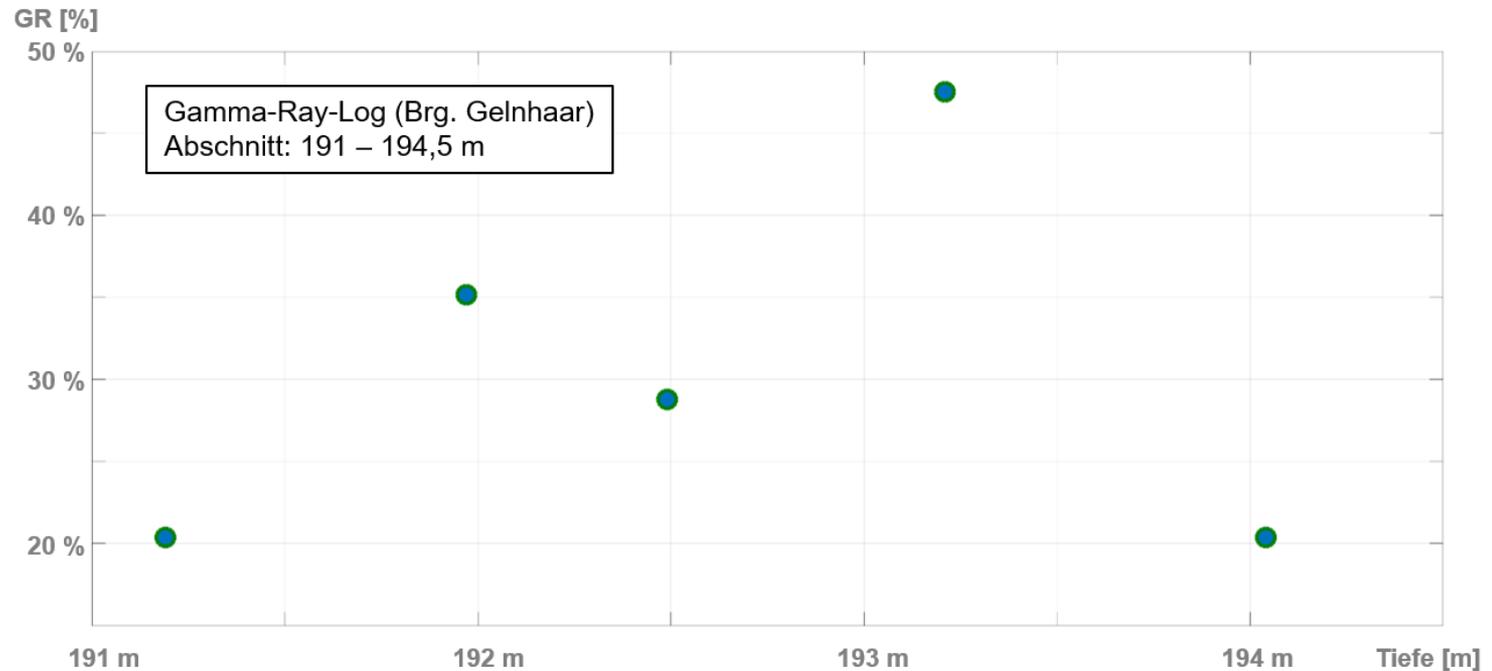


- neuer Datensatz aus den selektierten Extremwerten



Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung**
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften

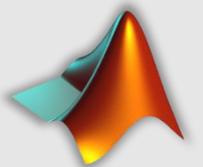


- neuer Datensatz aus den selektierten Extremwerten

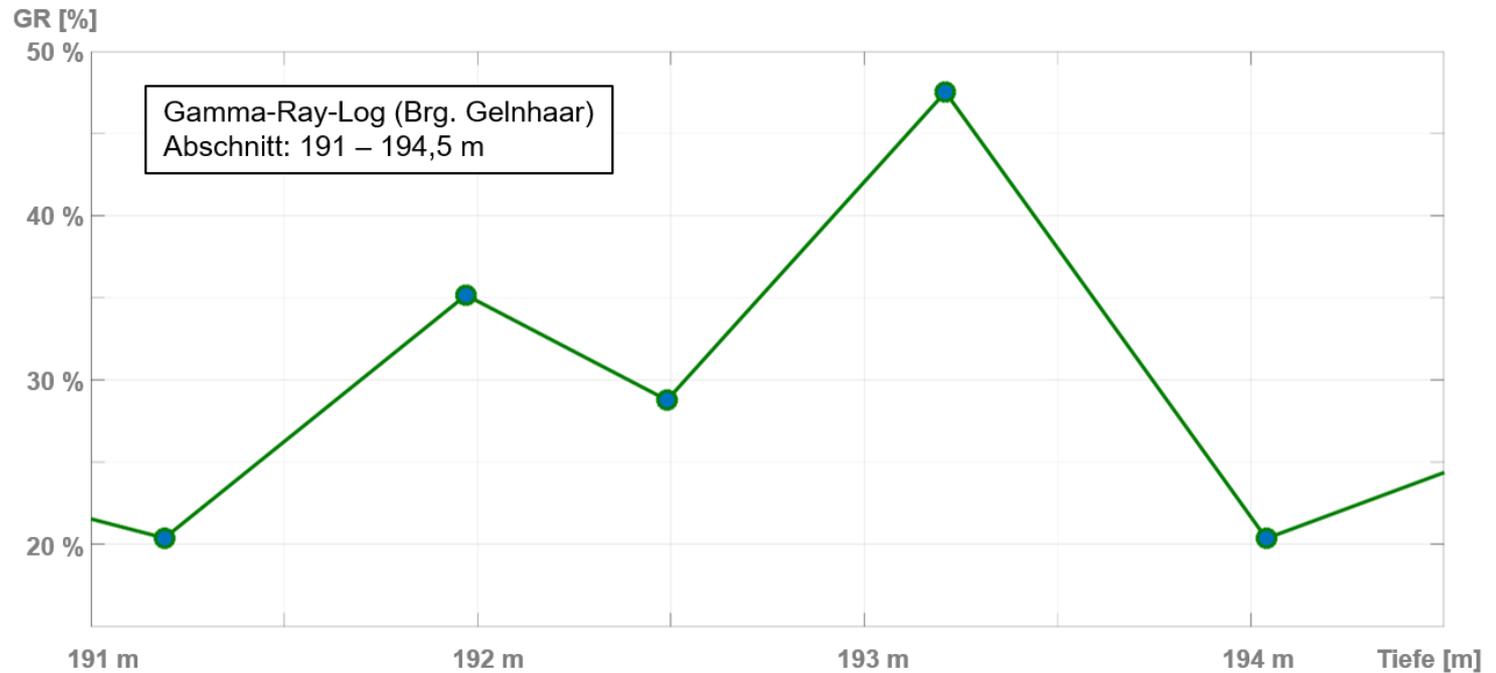


Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung**
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



MATLAB



- Interpolation zwischen den Extremwerten

Gliederung:

I. Die Extremwerte

II. 1. Filterung

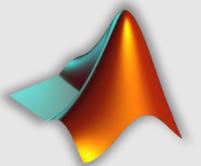
III. Die Minima

IV. 2. Filterung

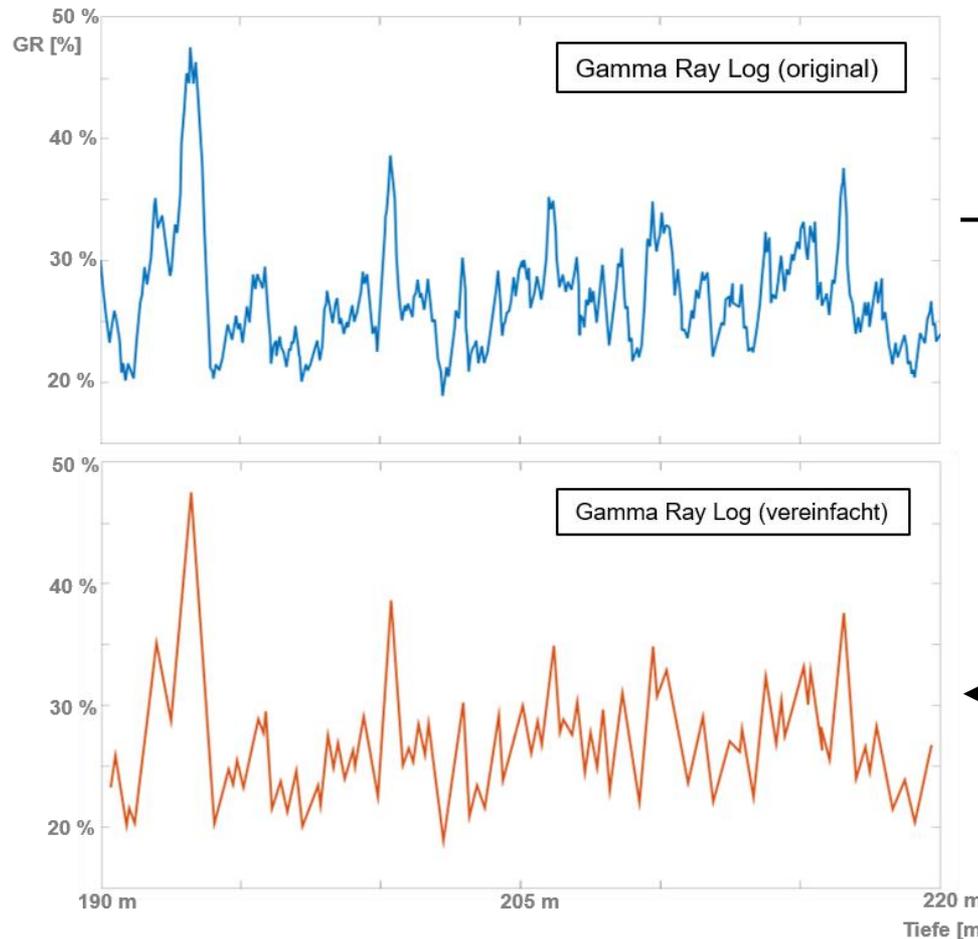
V. Die Grenzen

VI. Die Fenster

VII. Die Eigenschaften



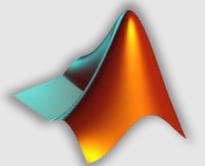
MATLAB



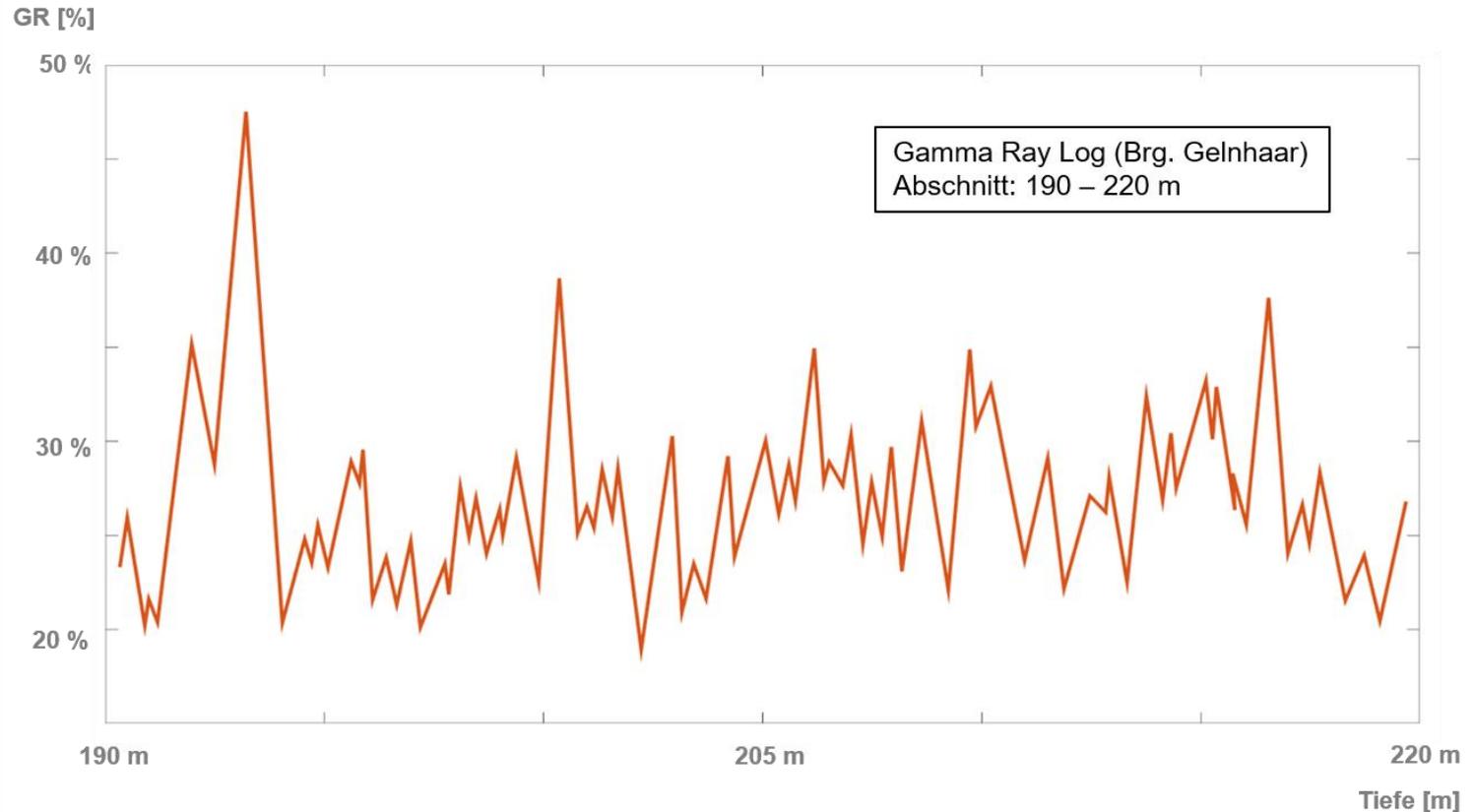
- Glättung des GRL inkl. Beibehaltung der exakten Extremwerte
- Neutralisierung der kleinen Ausschläge bzw. des Hintergrundrauschens

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima**
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



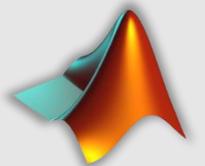
MATLAB



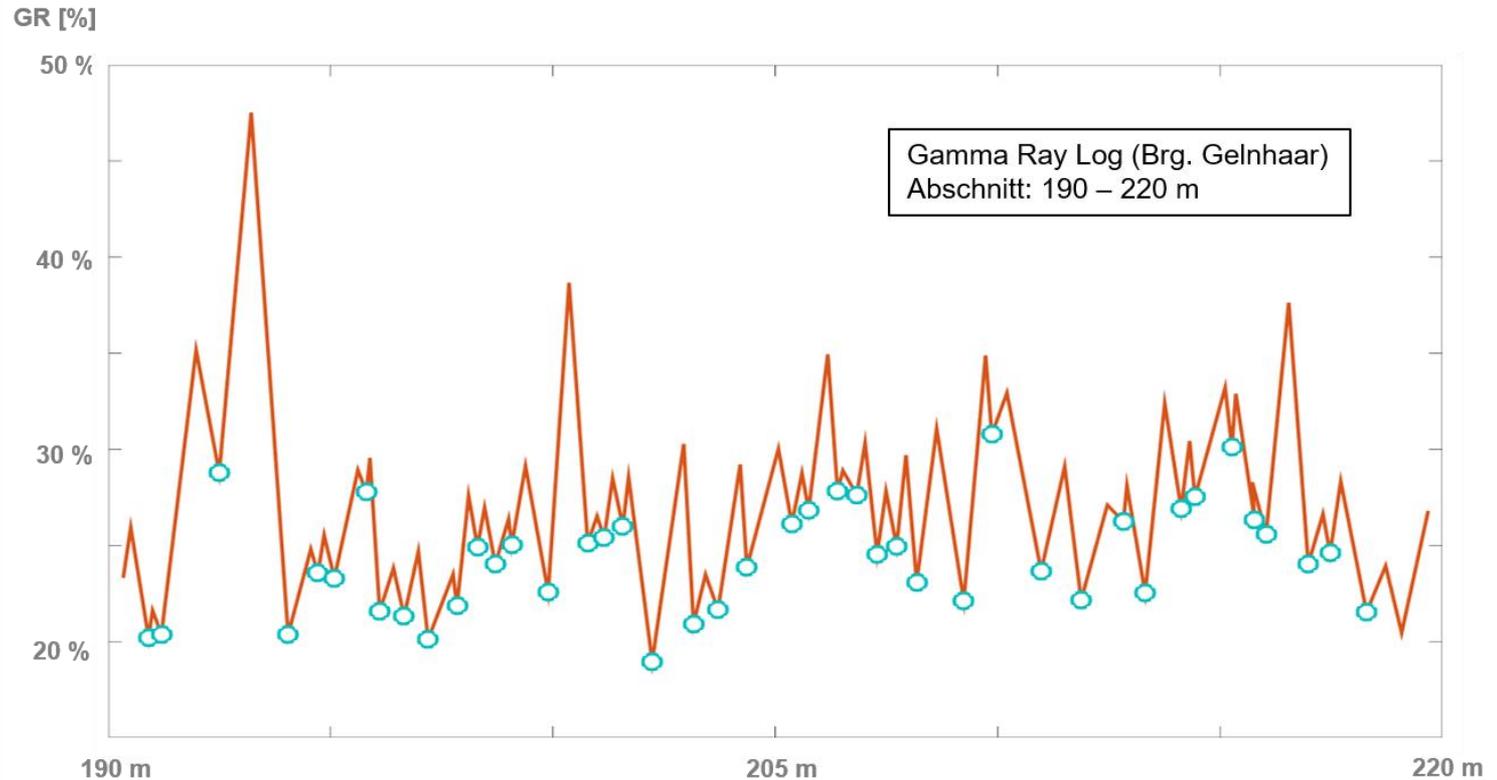
- weitere Analyse der Daten anhand des neuen Datensatzes

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima**
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



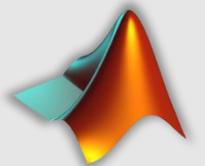
MATLAB



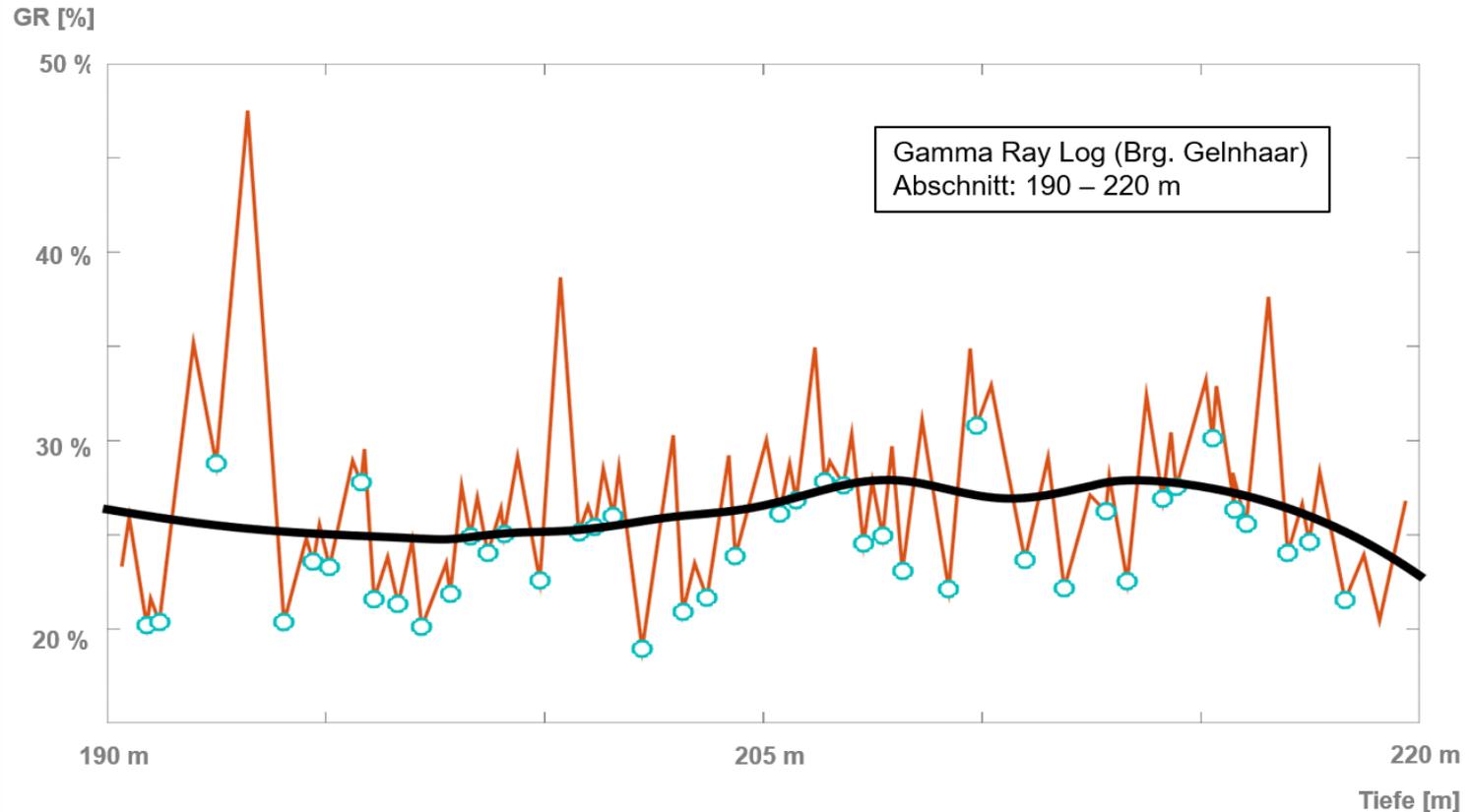
- Ermittlung aller im Datensatz enthaltenen Minima

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung**
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



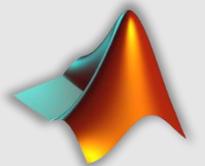
MATLAB



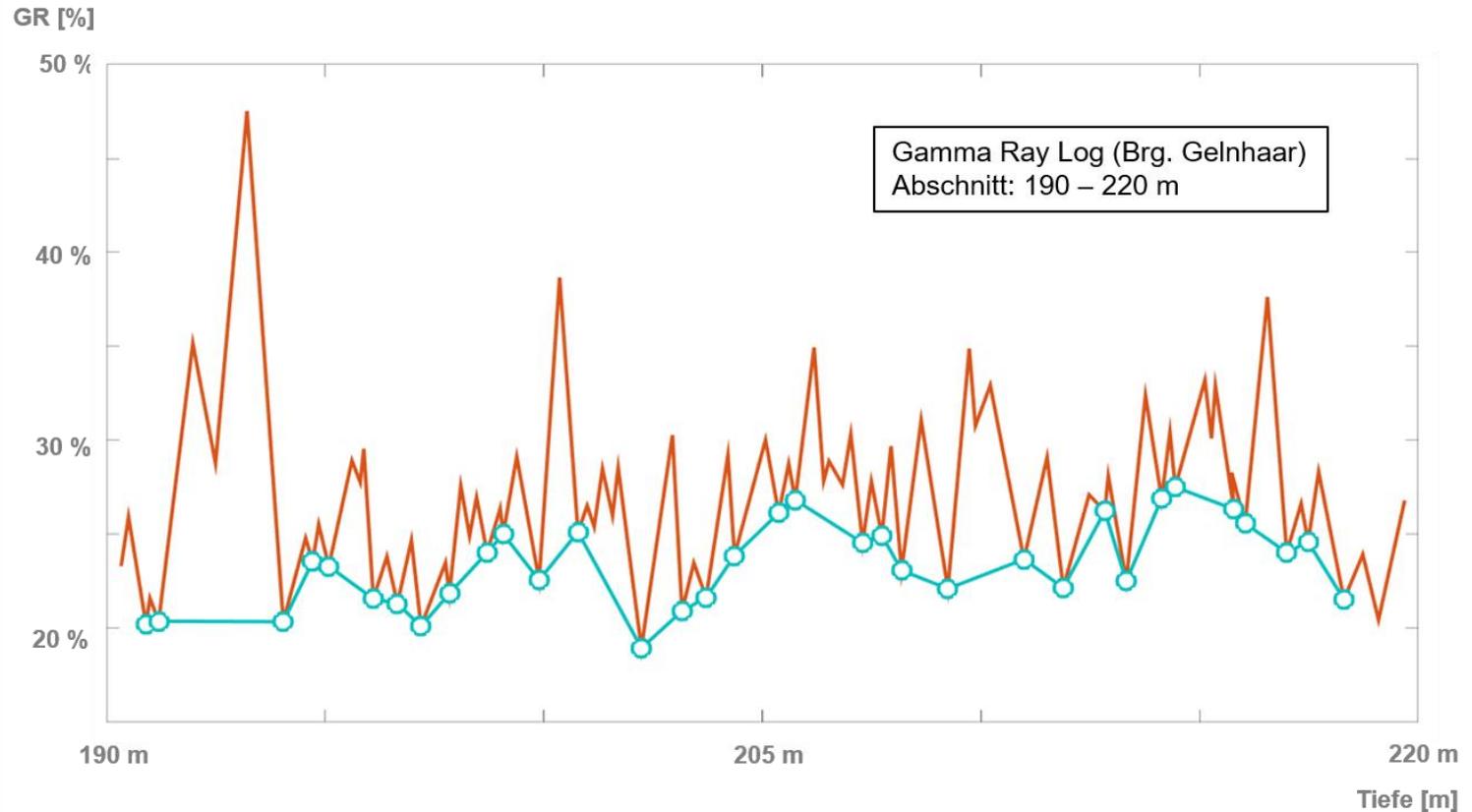
- Fehlervermeidung im Programmcode: Neutralisierung aller Minima, die oberhalb eines stark geglätteten GRLs liegen

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung**
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



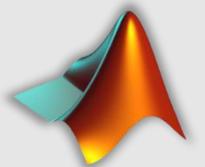
MATLAB



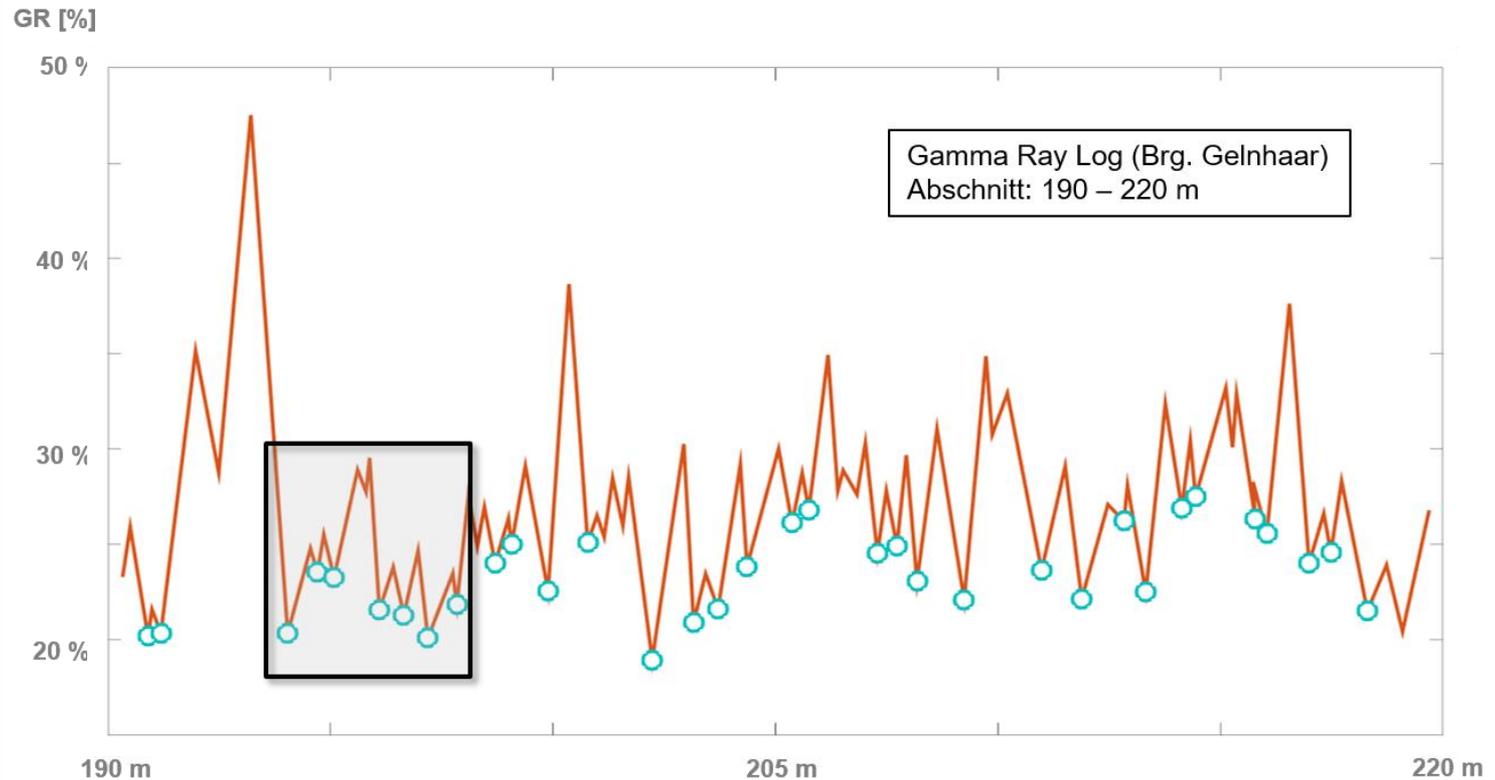
- transformierter Datensatz, an dem die Grenzen der Strahlungsfenster extrahiert werden

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



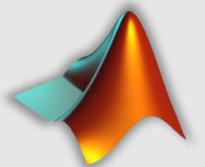
MATLAB



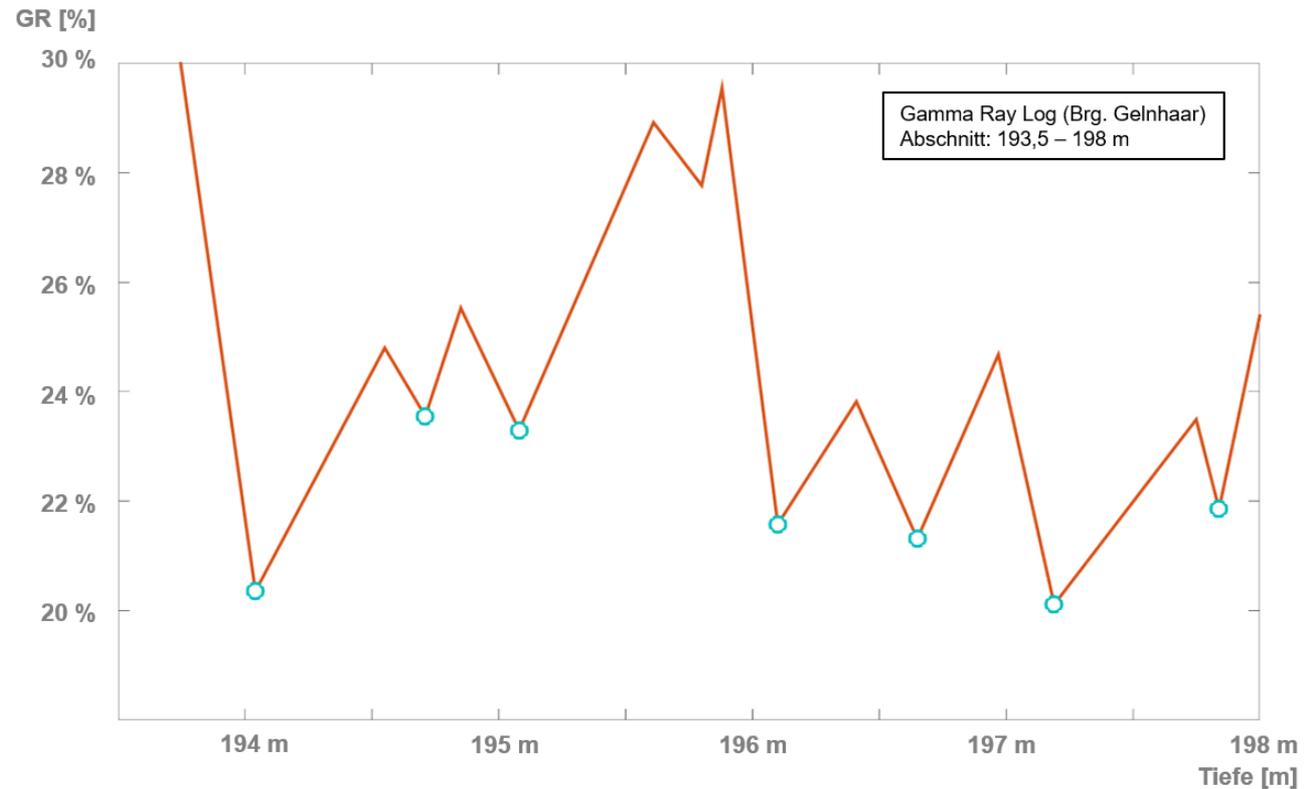
- transformierter Datensatz, an dem die Grenzen der Strahlungsfenster extrahiert werden

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften

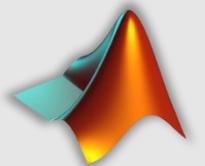


MATLAB

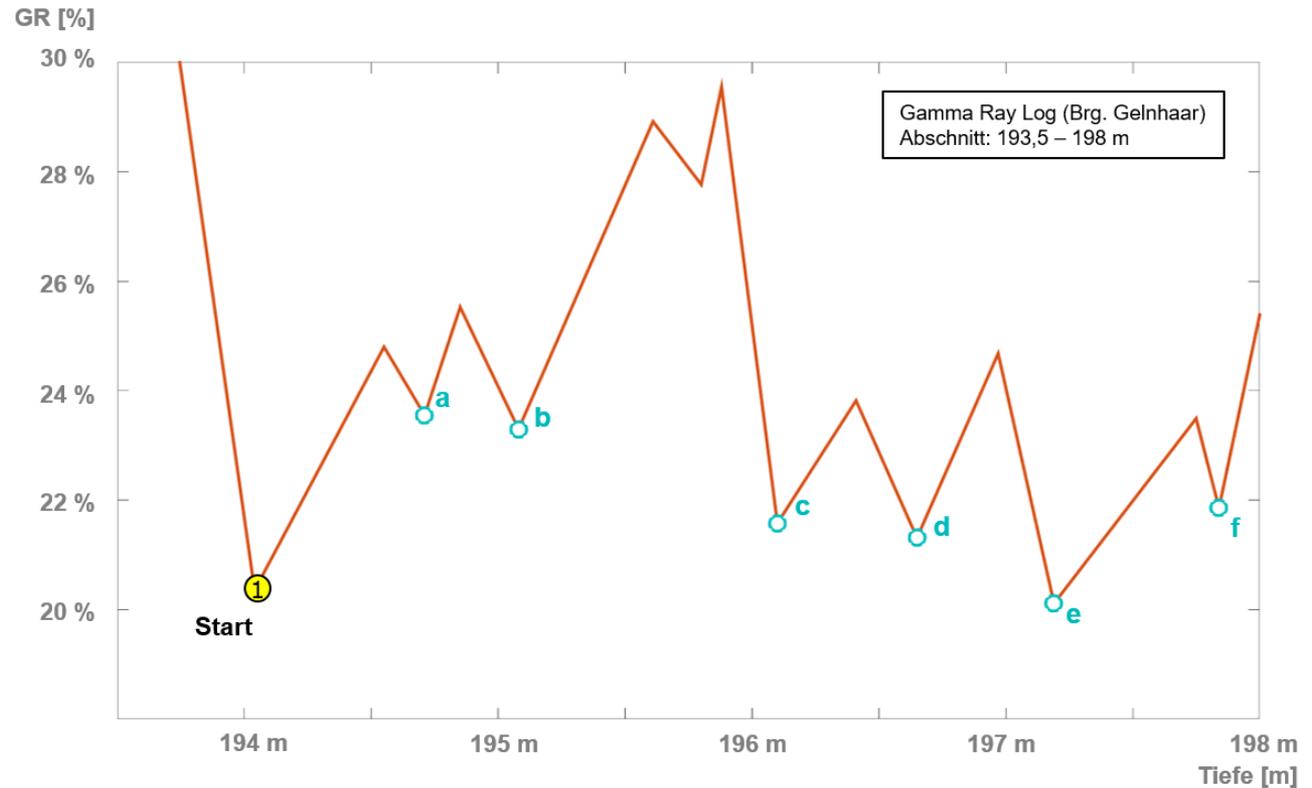


Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



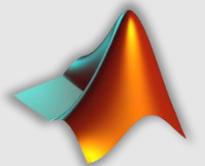
MATLAB



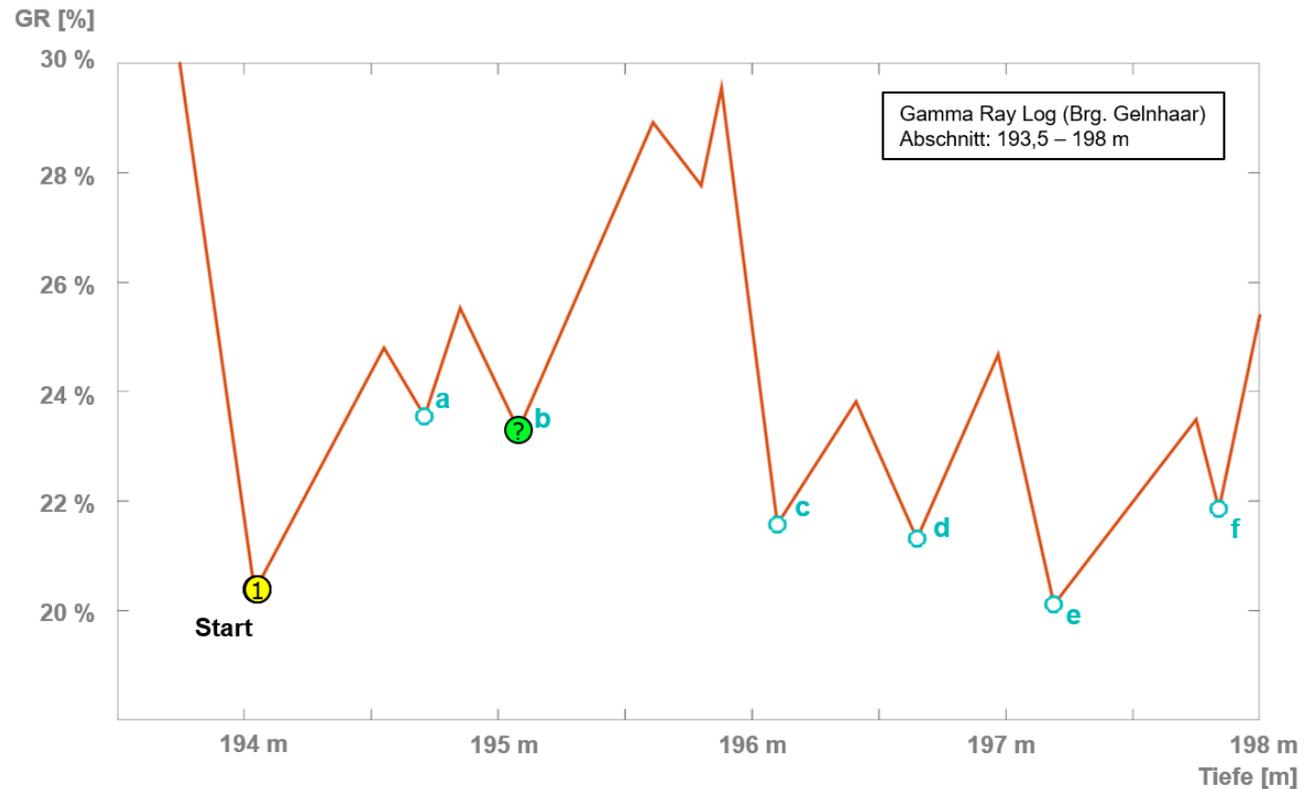
- Startpunkt des Programms am ersten Minimum

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



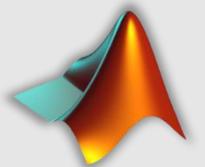
MATLAB



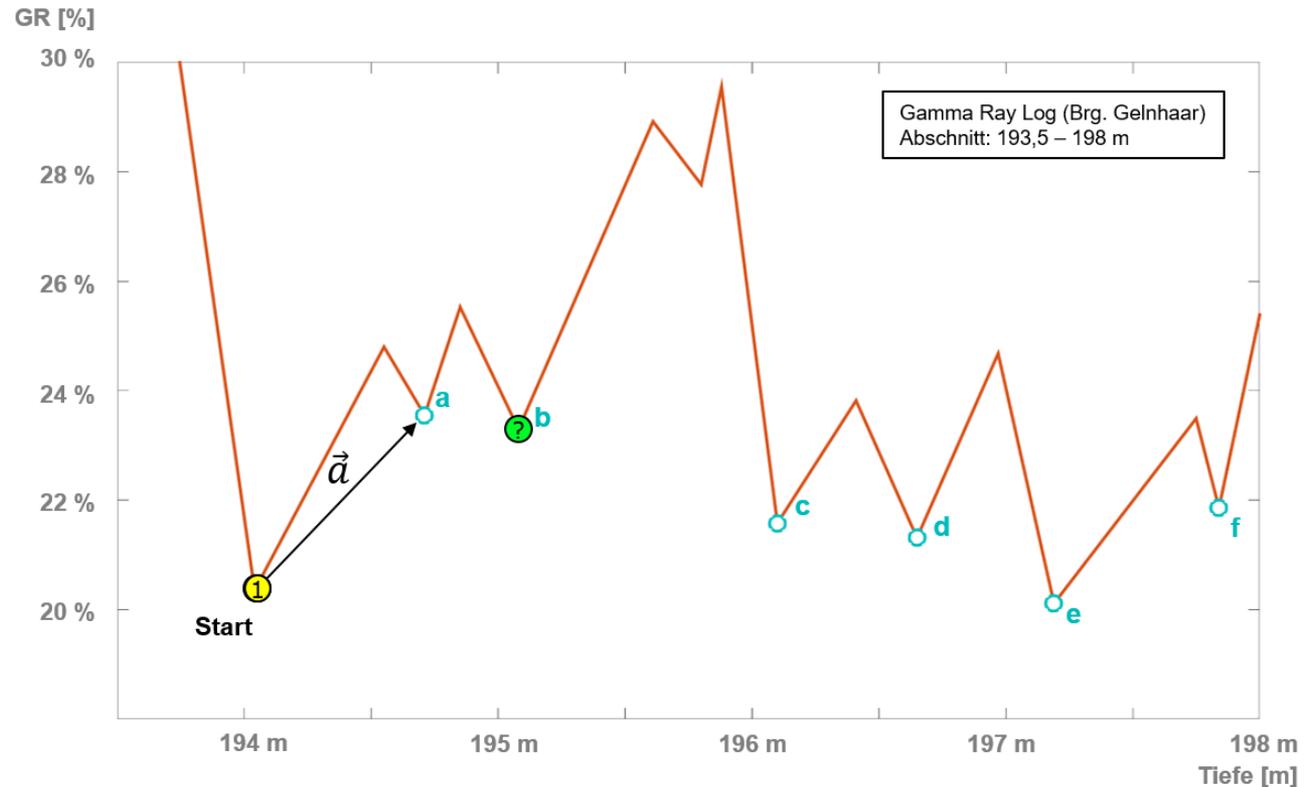
- Analyse der nachfolgenden Minima ab Minimum b

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



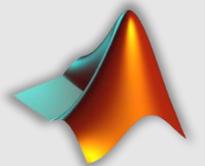
MATLAB



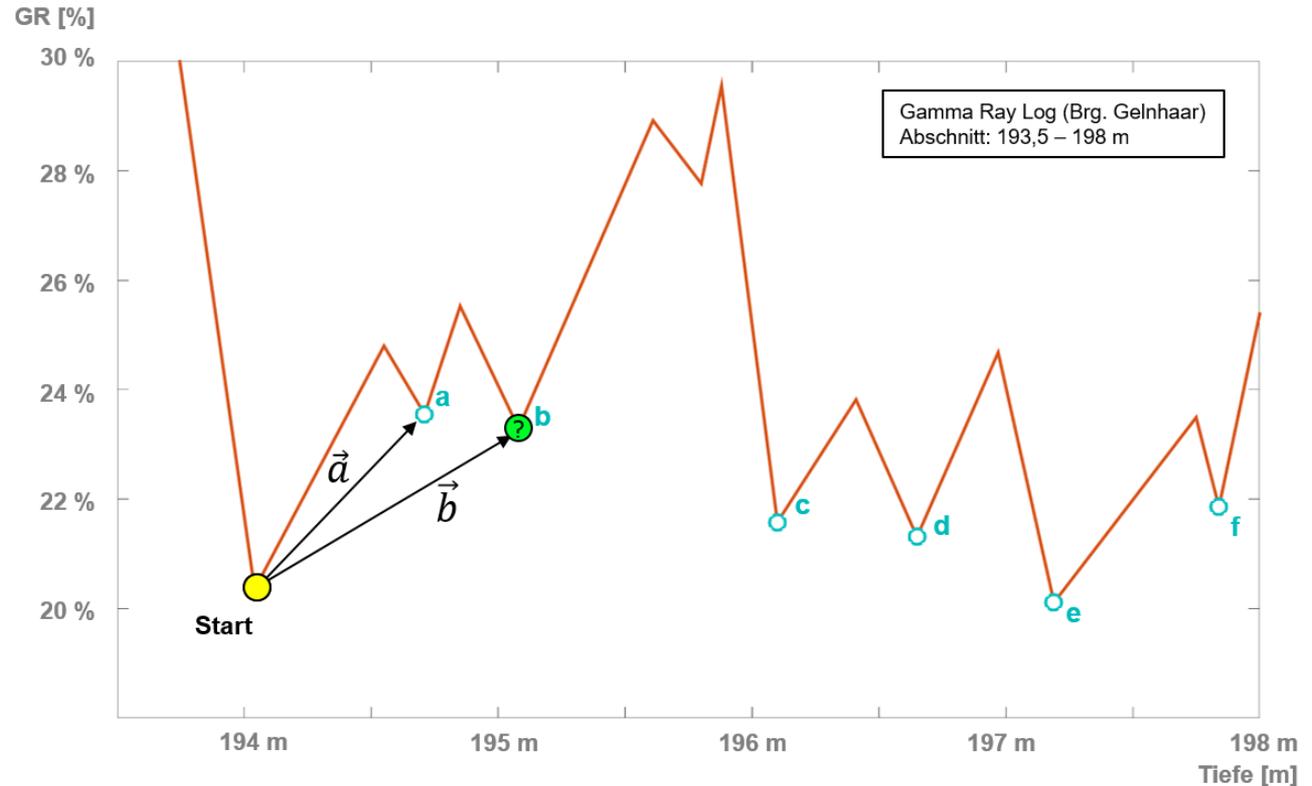
- Errechnung der Vektoren zu Minimum b und den benachbarten Minima (a & c)

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



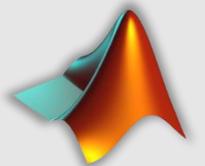
MATLAB



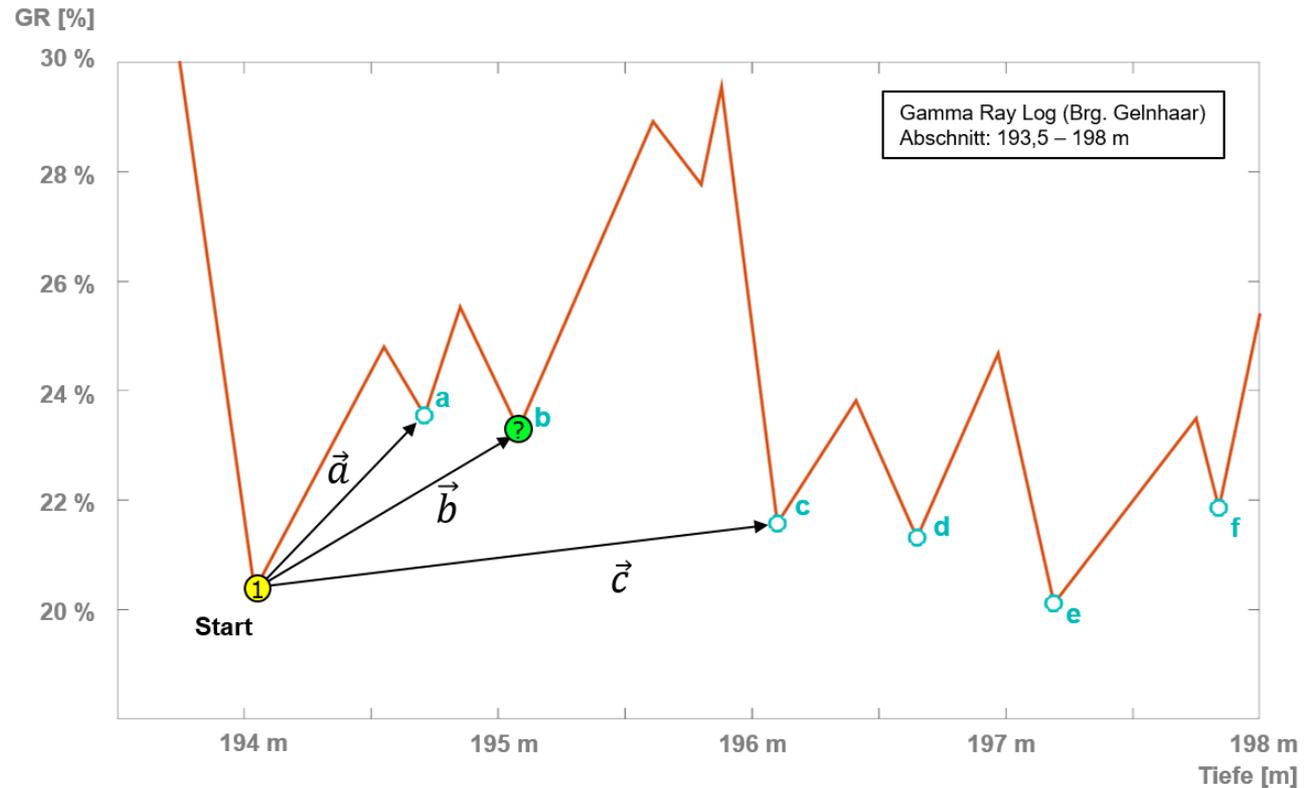
- Errechnung der Vektoren zu Minimum b und den benachbarten Minima (a & c)

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



MATLAB

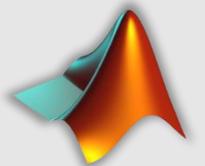


- Errechnung der Vektoren zu Minimum b und den benachbarten Minima (a & c)

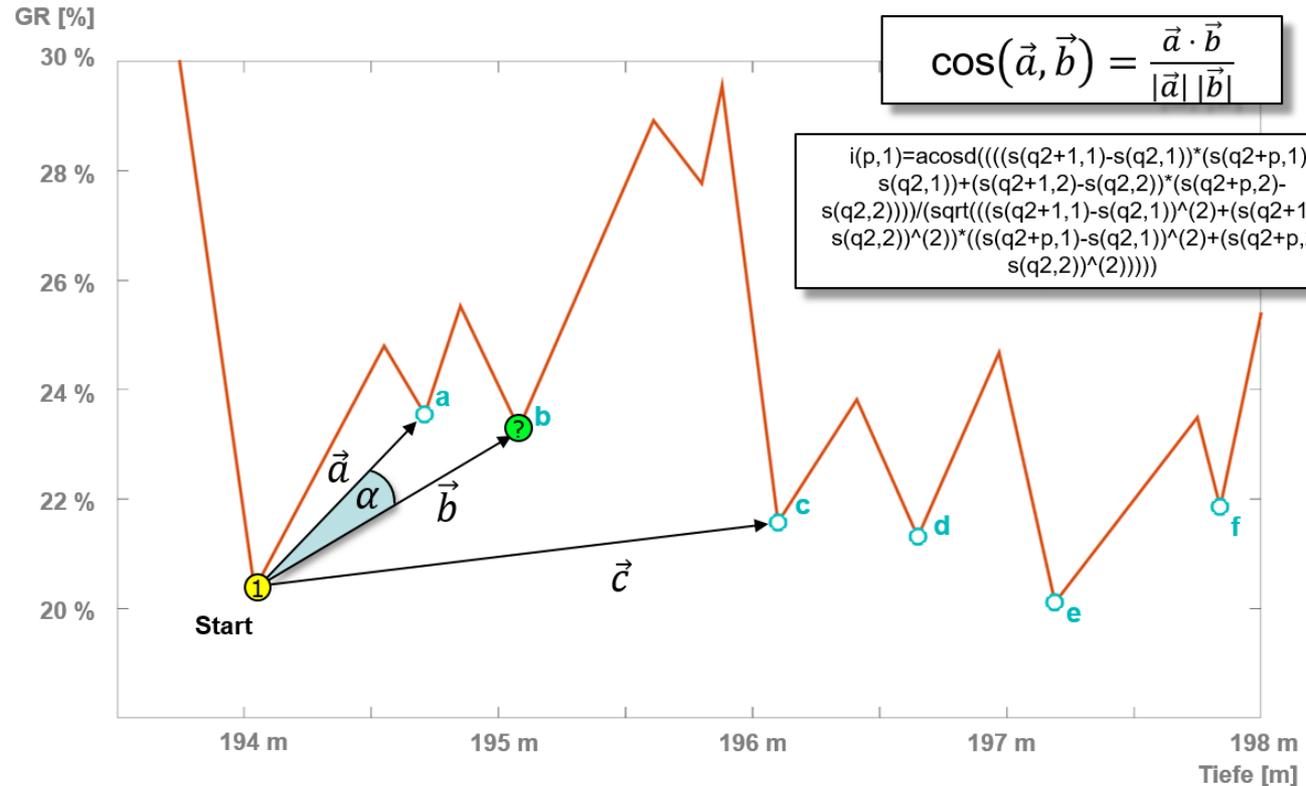
Programmierung

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



MATLAB

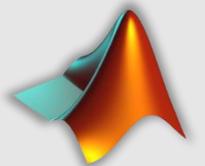


- Errechnung des Winkels zwischen dem Startvektor und Vektor b

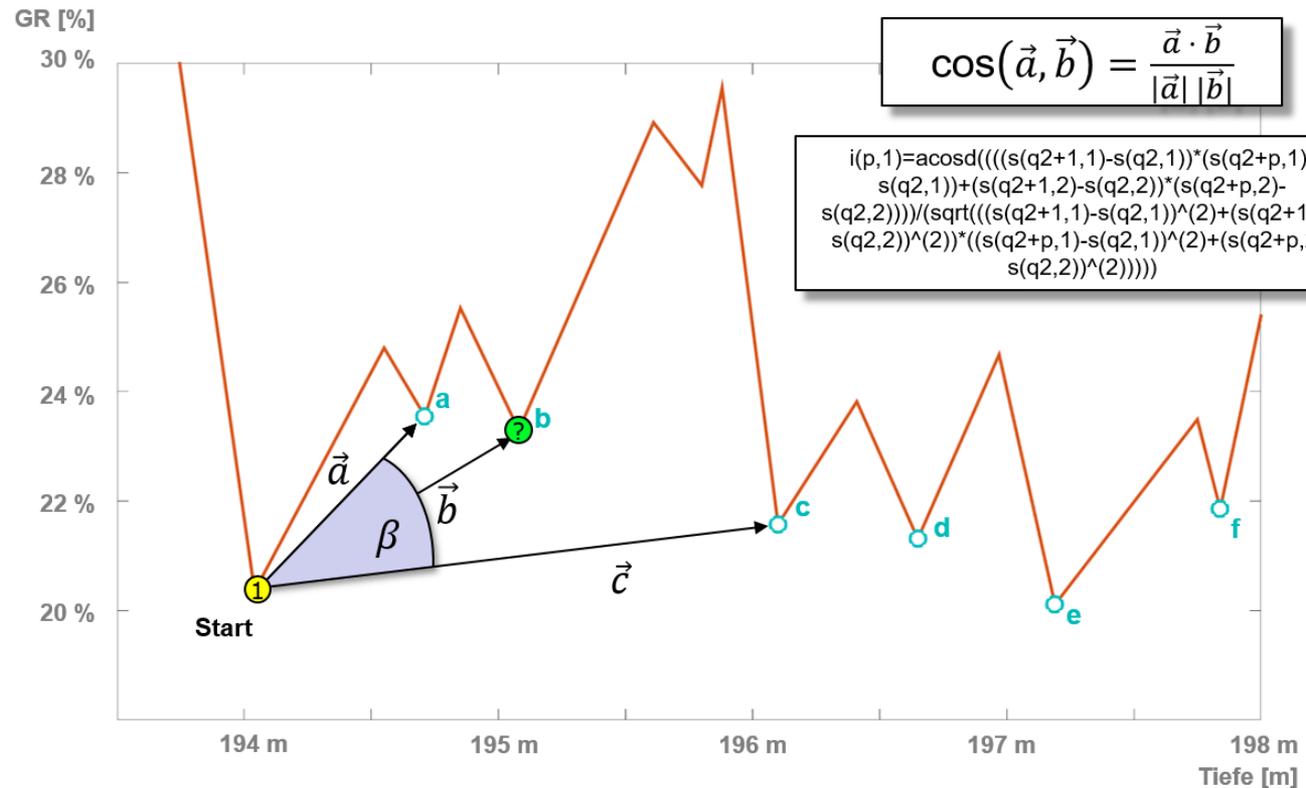
Programmierung

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



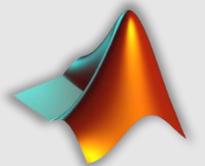
MATLAB



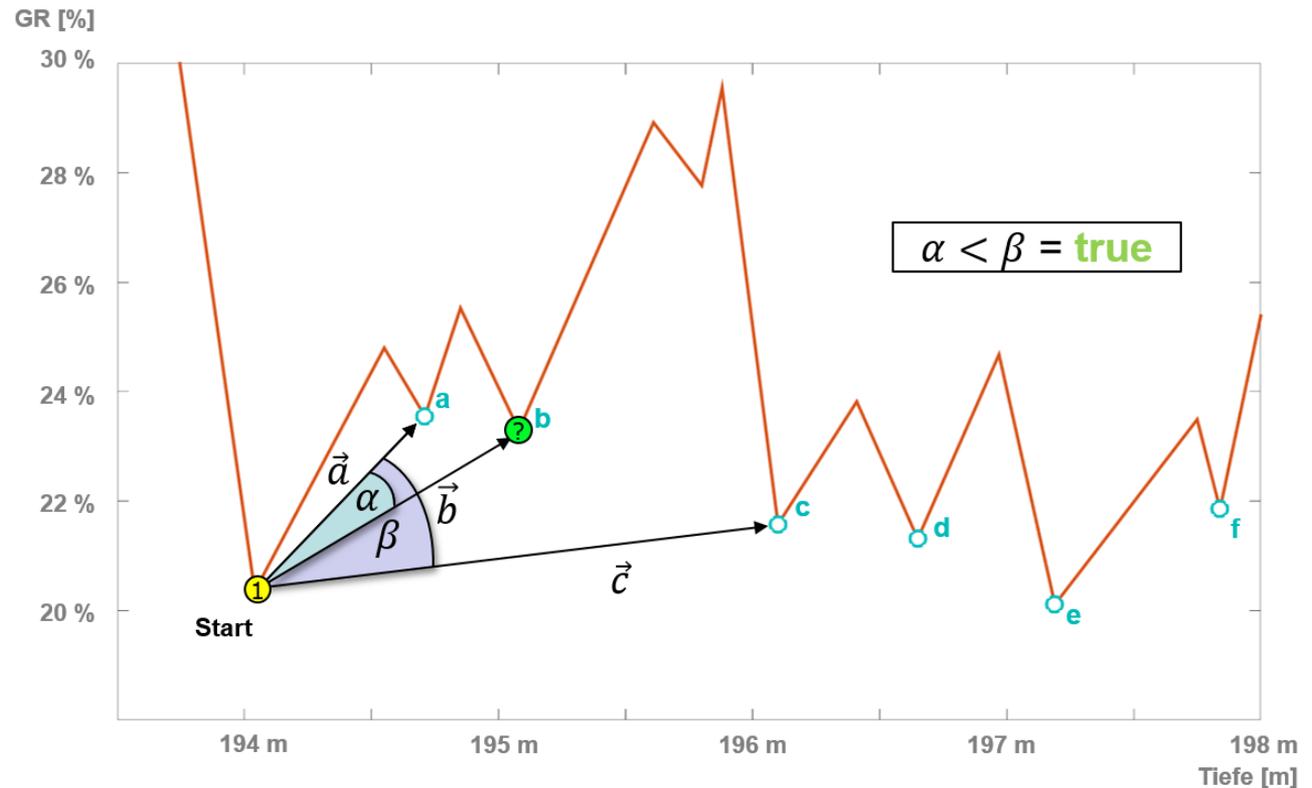
- Errechnung des Winkels zwischen dem Startvektor und Vektor c

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



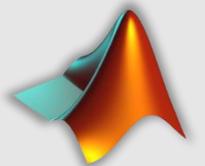
MATLAB



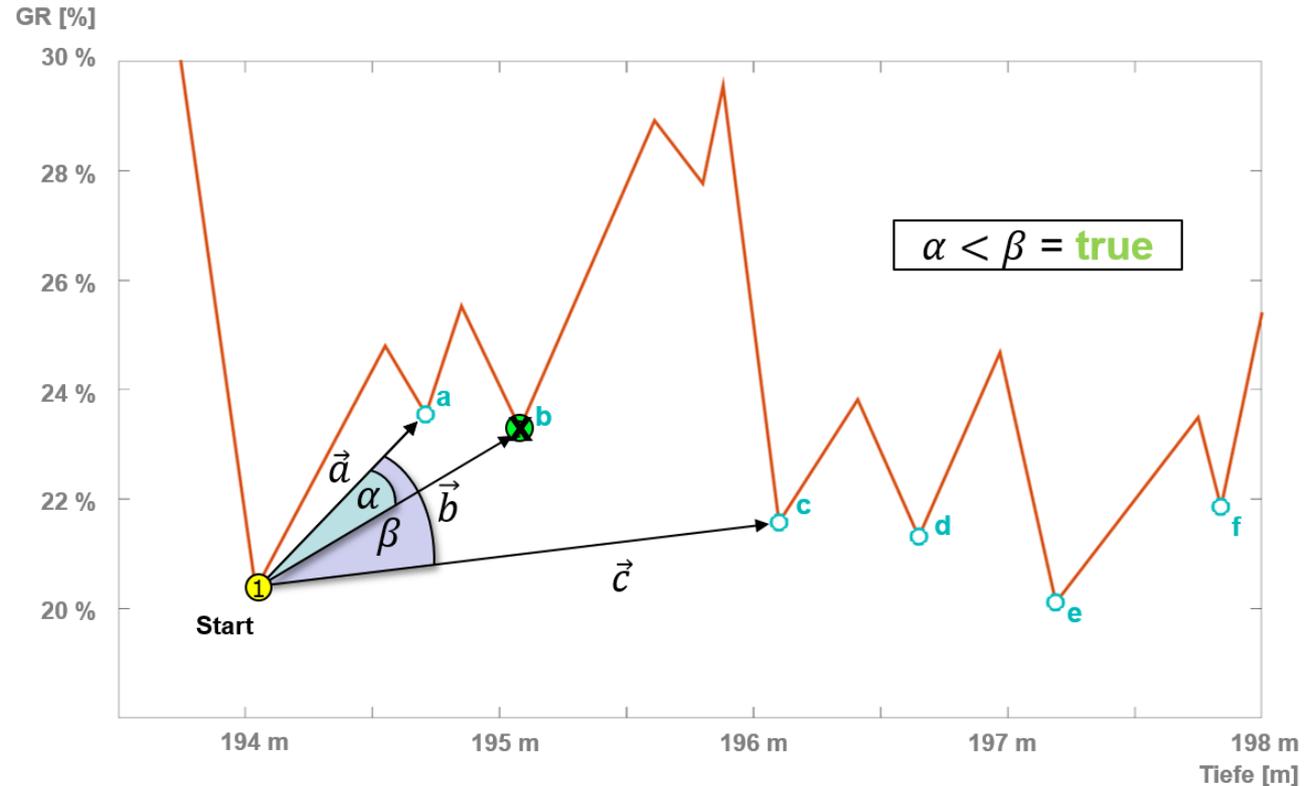
- Vergleich der Winkel
- Prüfung der Bedingung

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



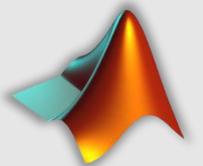
MATLAB



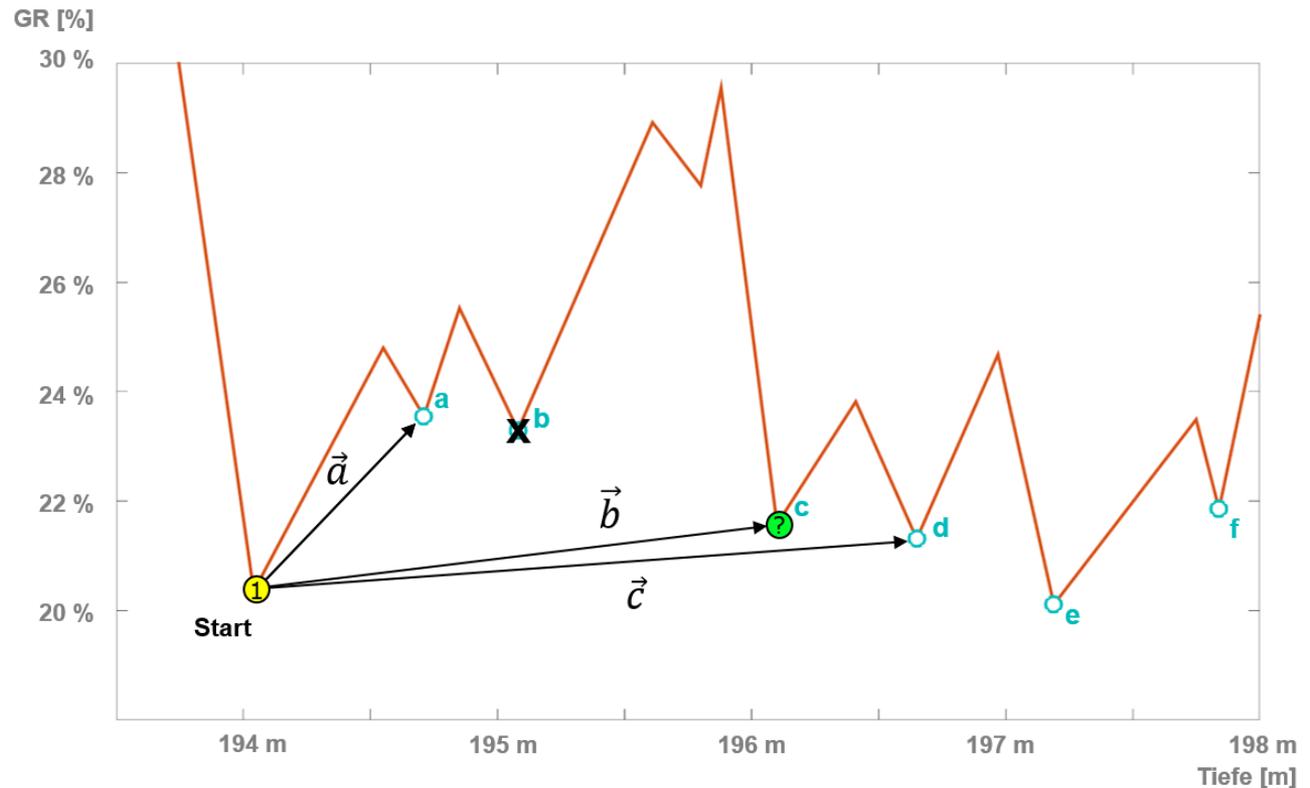
- Wenn die Bedingung erfüllt ist, ist der untersuchte Punkt keine Strahlungsfenstergrenze.

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



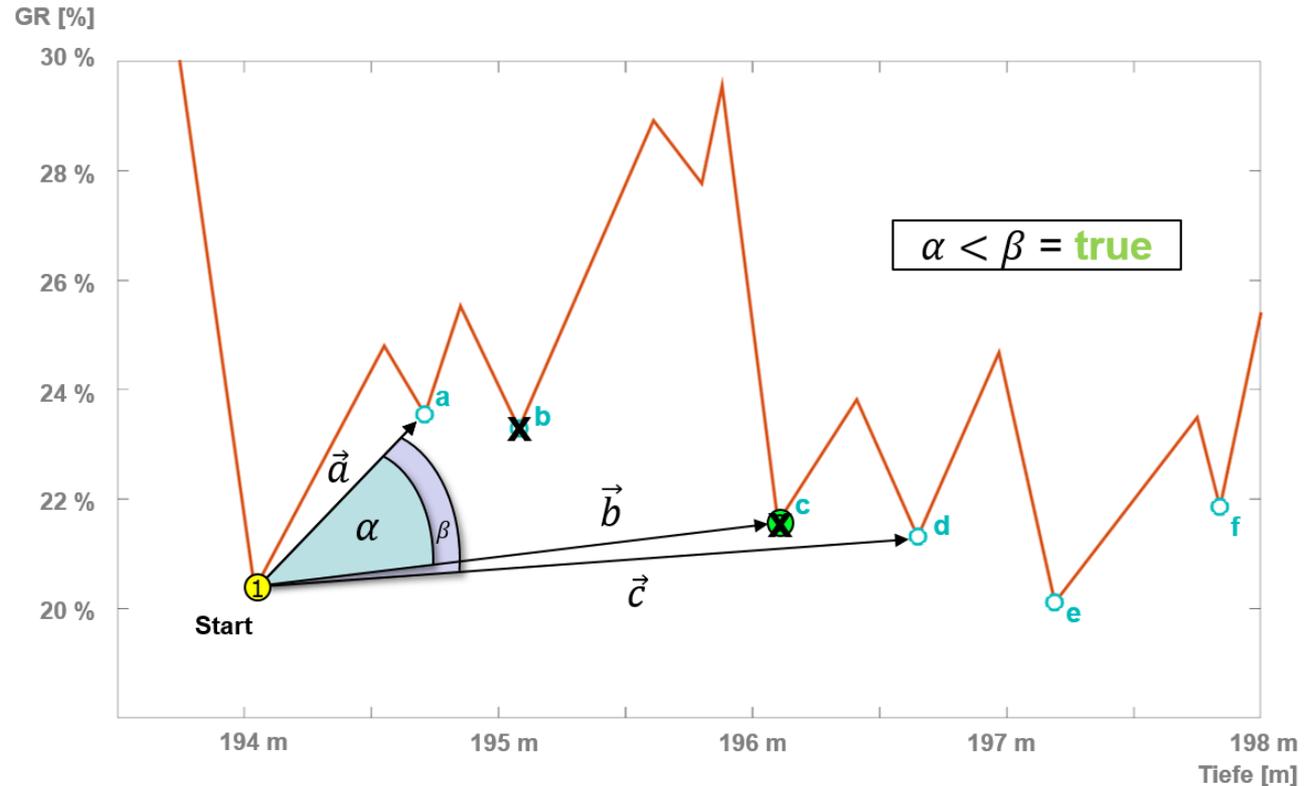
MATLAB



- Die Schleife läuft weiter ohne Berücksichtigung des zuvor untersuchten Minimums „b“.

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften

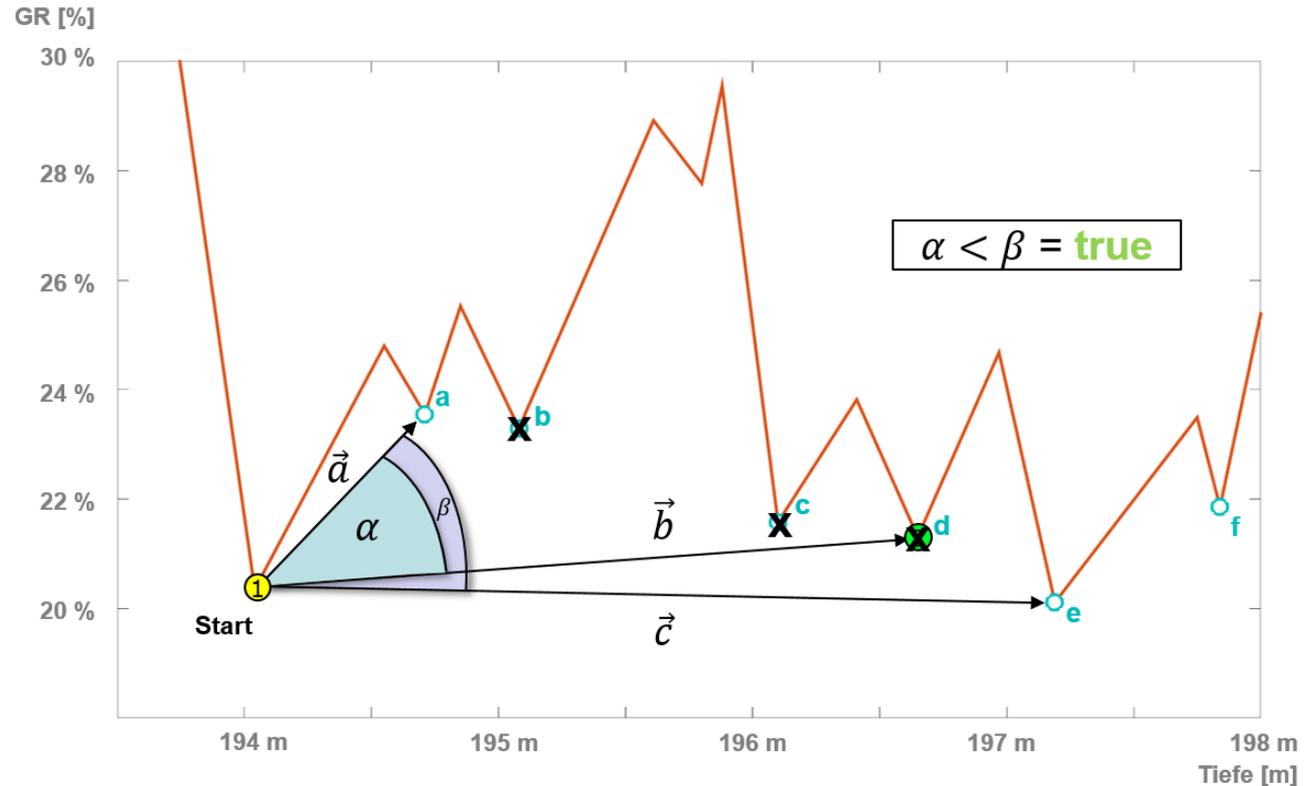


- Vergleich der Winkel
- Prüfung der Bedingung



Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften

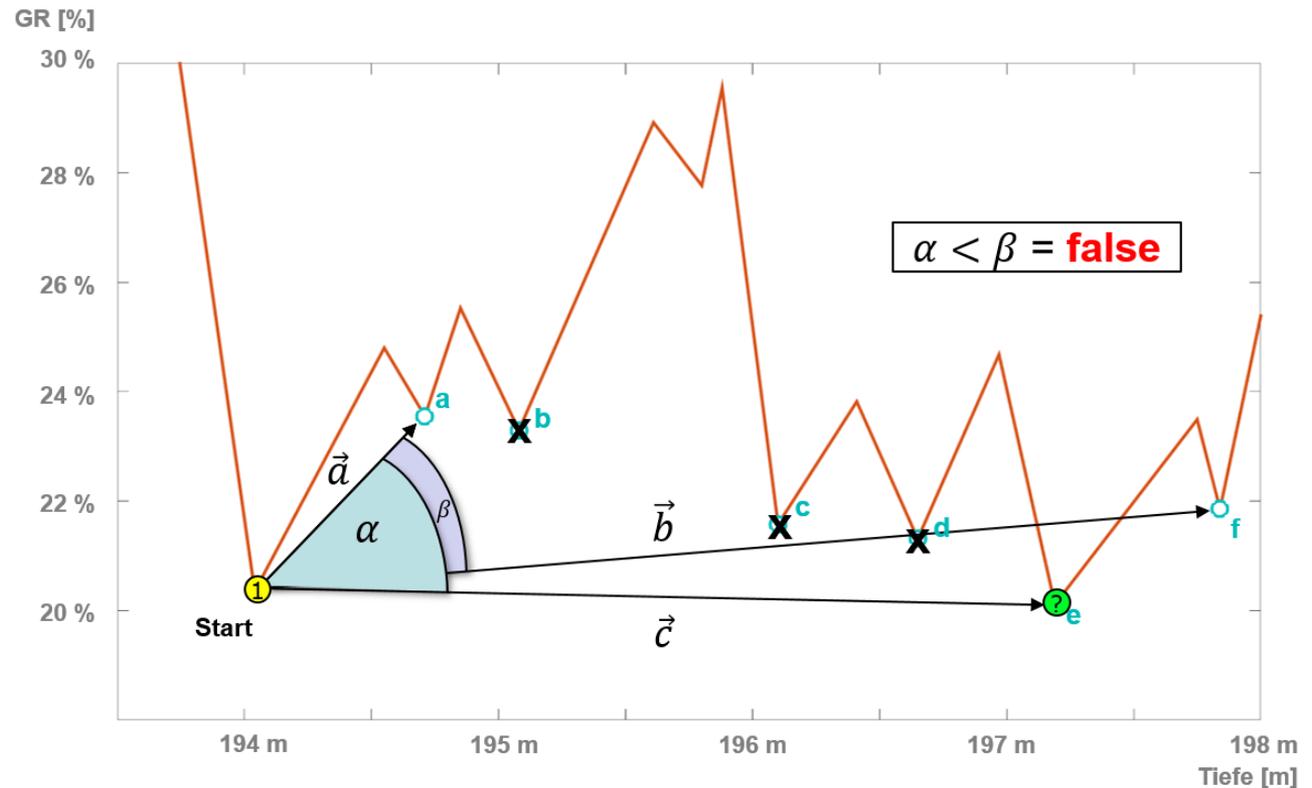


- Vergleich der Winkel
- Prüfung der Bedingung



Gliederung:

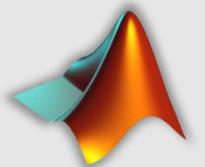
- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



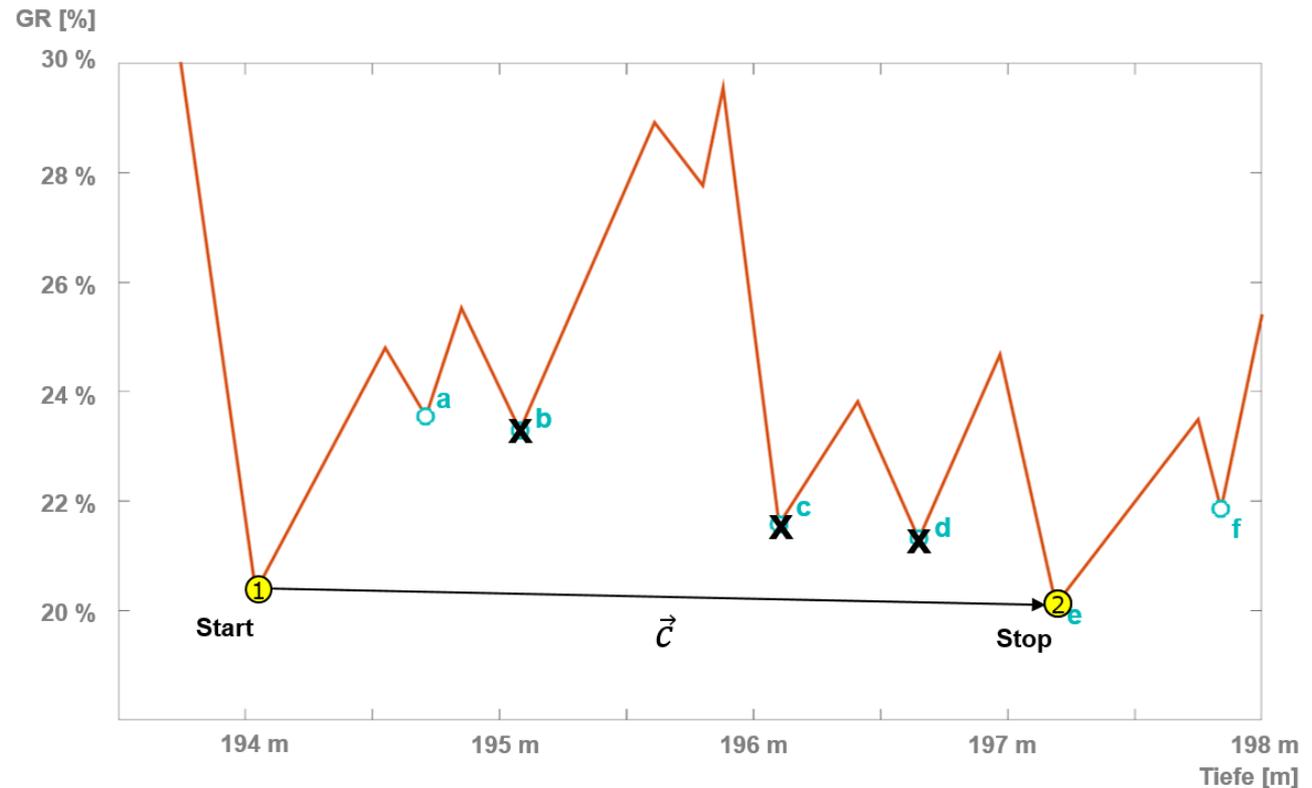
- Vergleich der Winkel
- Prüfung der Bedingung

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



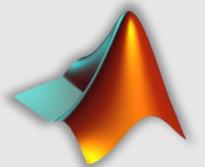
MATLAB



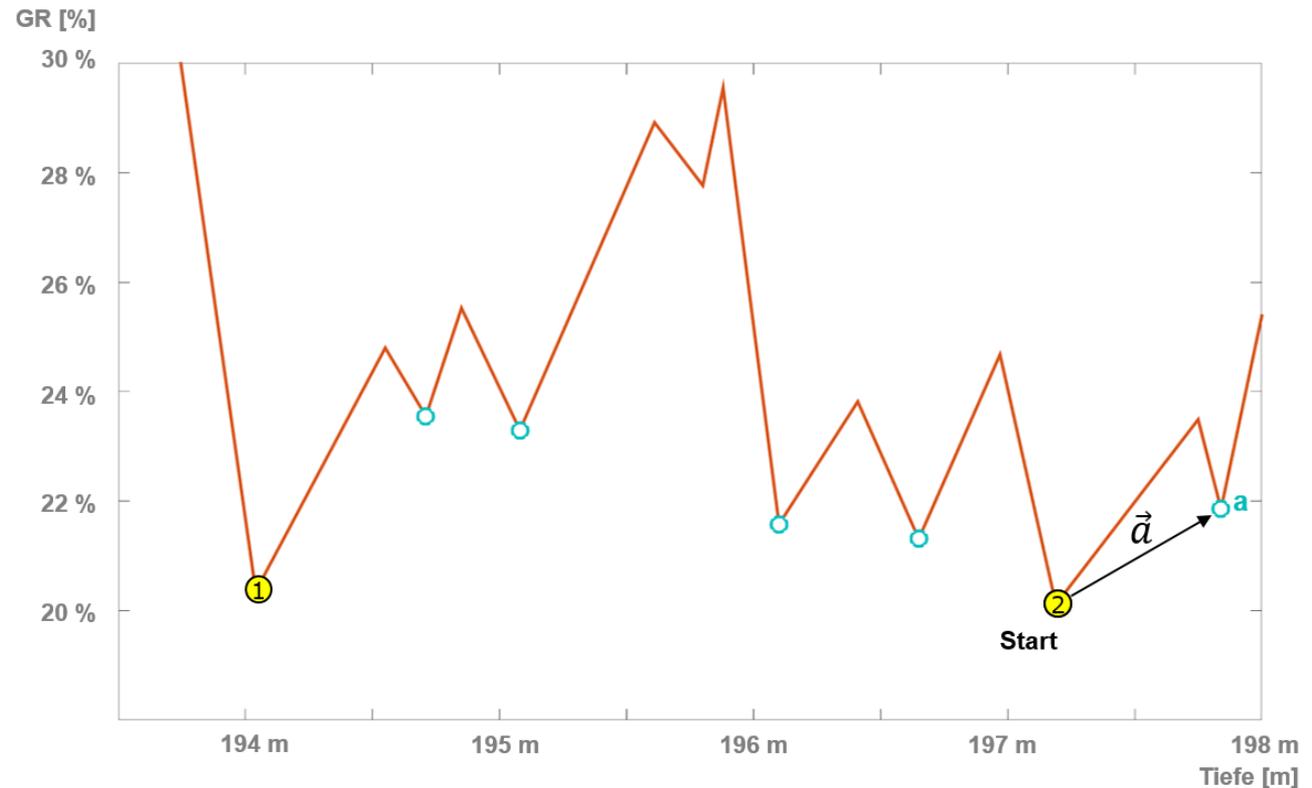
- Die Schleife wird gestoppt und markiert das Minimum als Strahlungsfenstergrenze.

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. **Die Grenzen**
- VI. Die Fenster
- VII. Die Eigenschaften



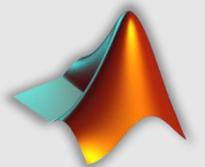
MATLAB



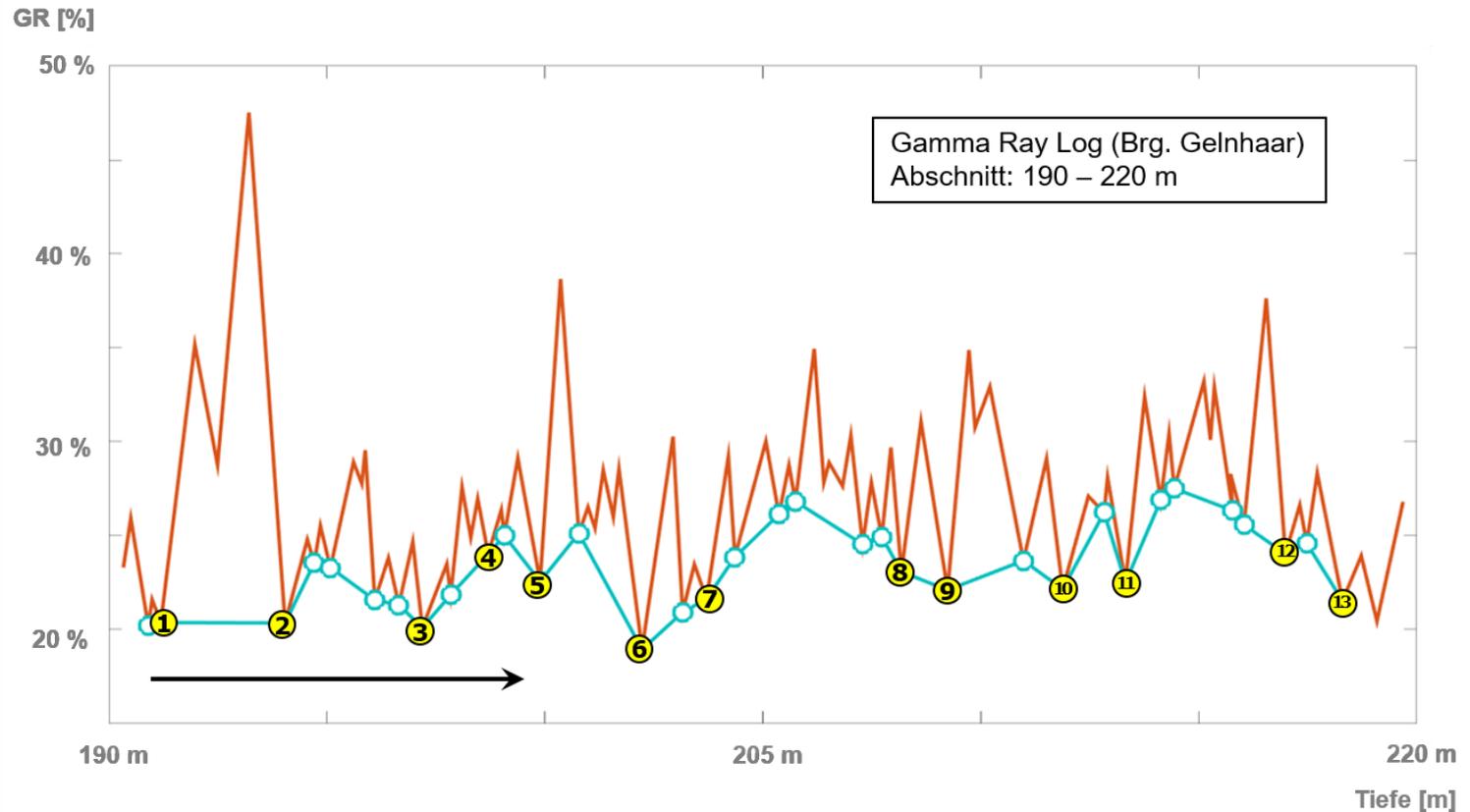
- Die Schleife beginnt ab der zuletzt gefundenen Strahlungsfenstergrenze von neuem.

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster**
- VII. Die Eigenschaften



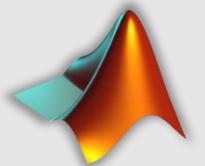
MATLAB



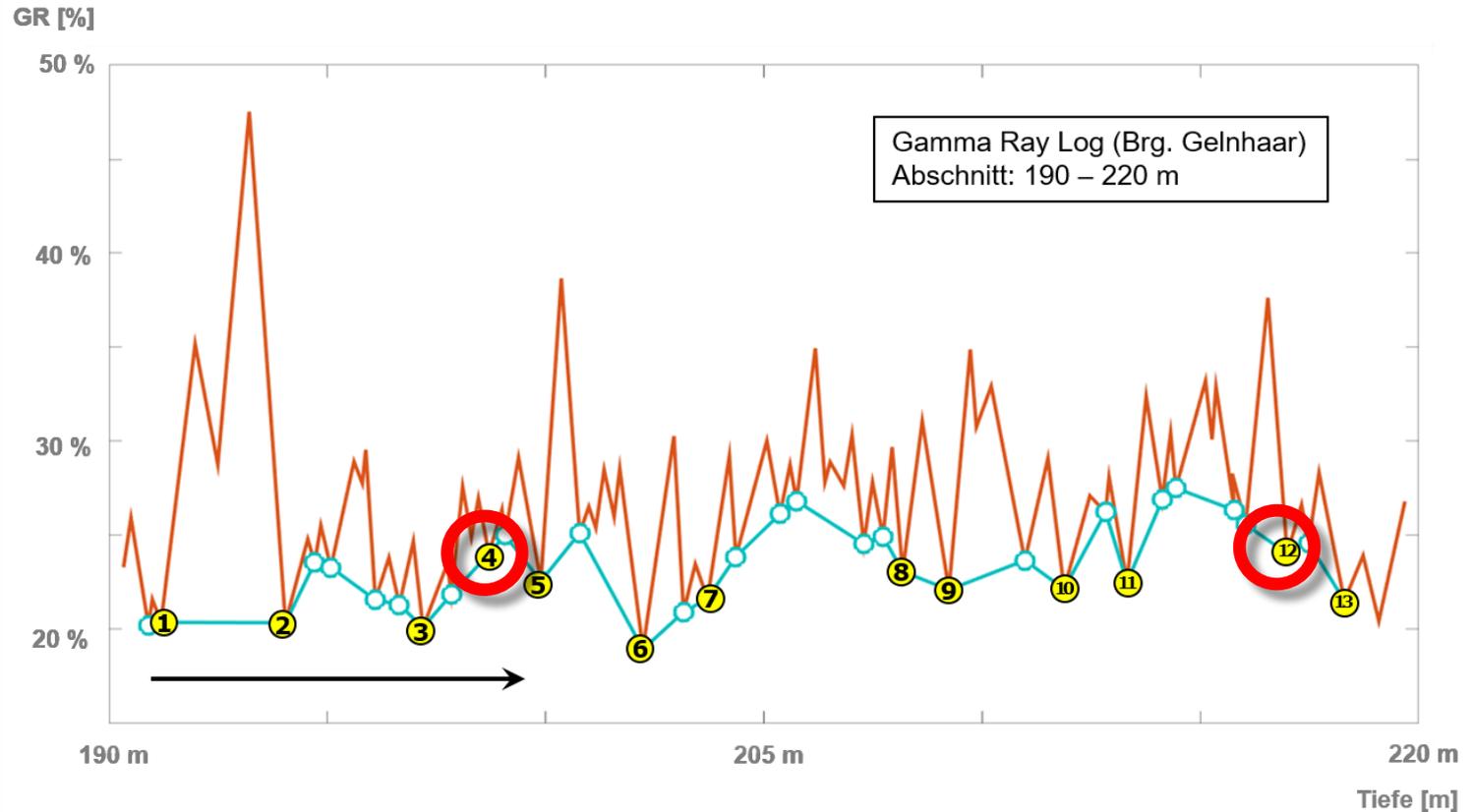
- Strahlungsfenstergrenzen

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster**
- VII. Die Eigenschaften



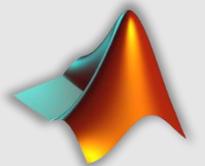
MATLAB



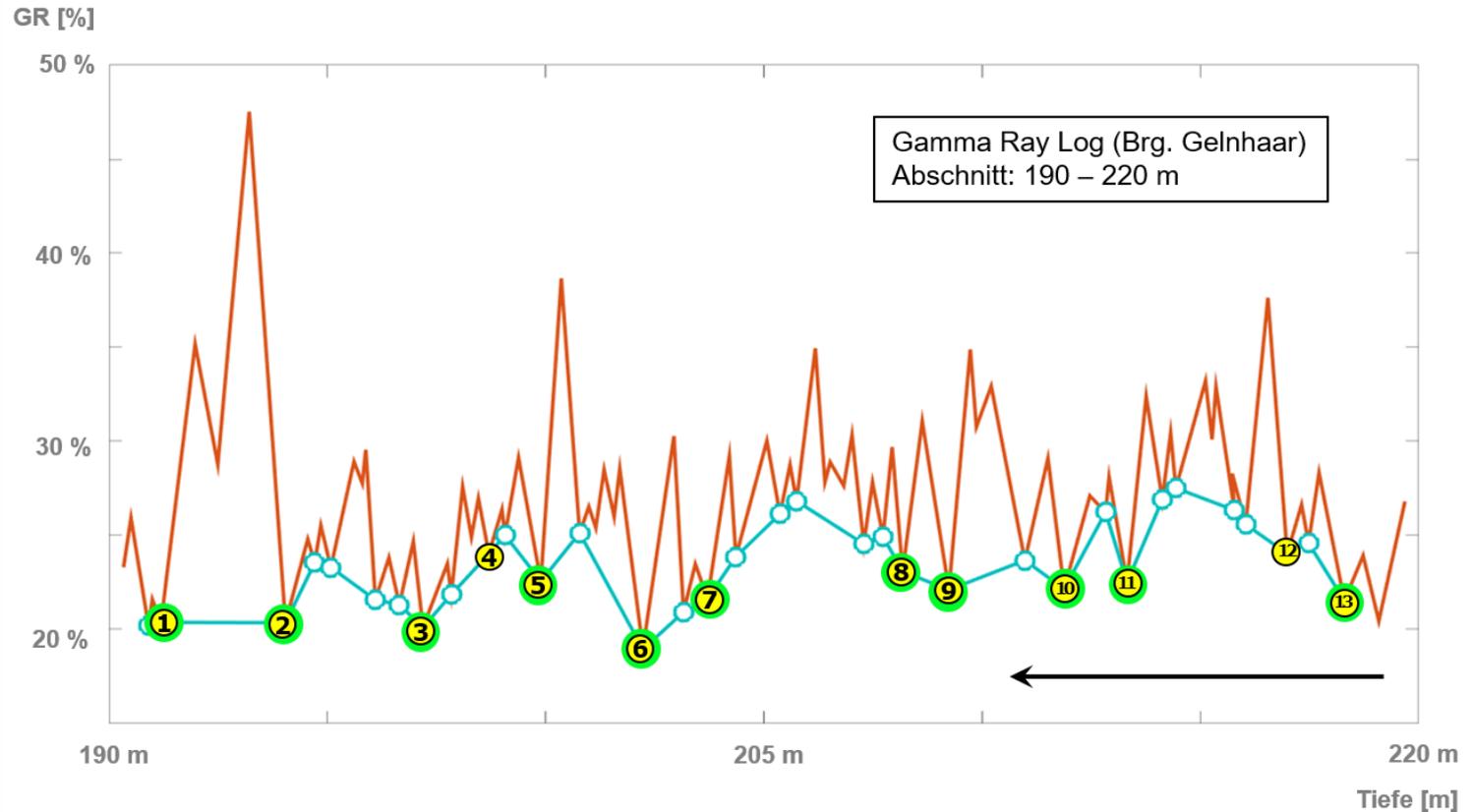
- Strahlungsfenstergrenzen 4 und 12 sind nicht notwendig.

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster**
- VII. Die Eigenschaften



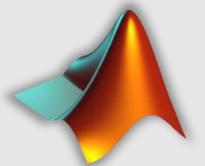
MATLAB



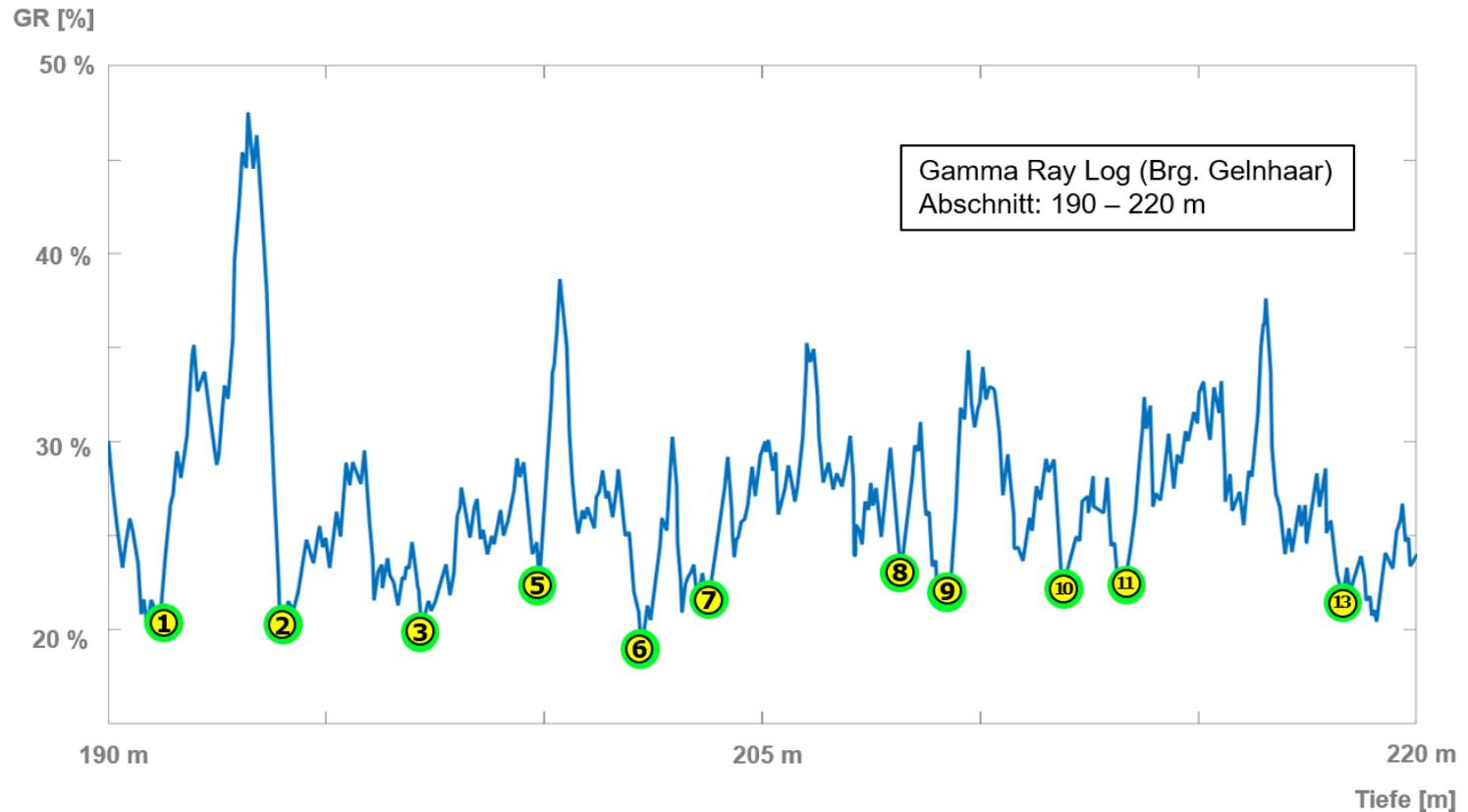
- Zweiter umgedrehter Durchlauf markiert die Minima 4 und 12 nicht.
- alle doppelten Minima = Strahlungsfenstergrenzen

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster**
- VII. Die Eigenschaften



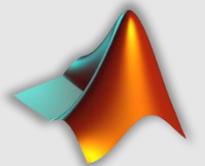
MATLAB



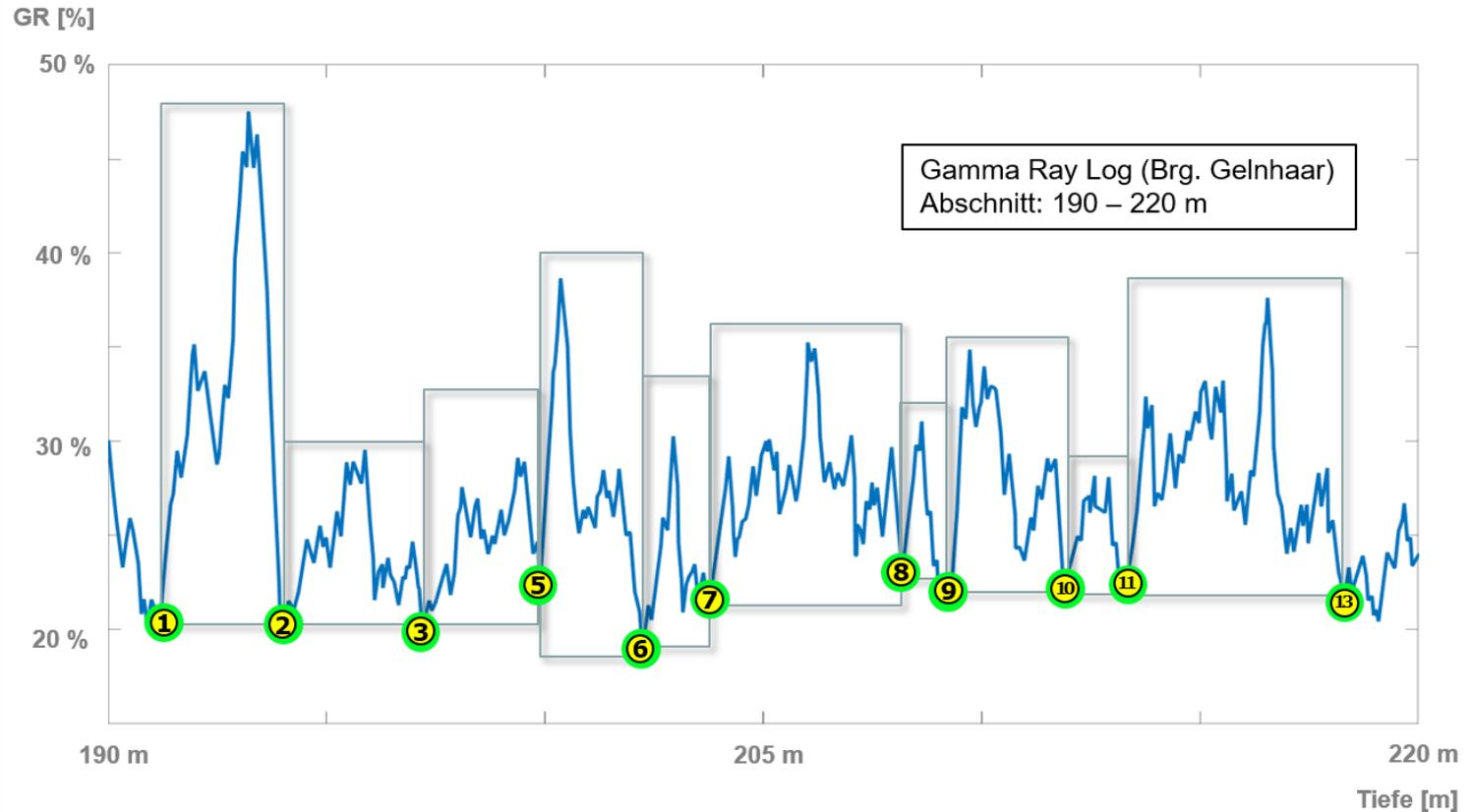
- Adaption der Strahlungsfenstergrenzen in das Original-GRL

Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster**
- VII. Die Eigenschaften



MATLAB

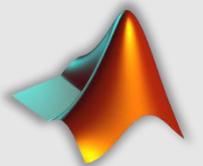


- Ermittlung der Strahlungsfenster zwischen zwei Grenzen

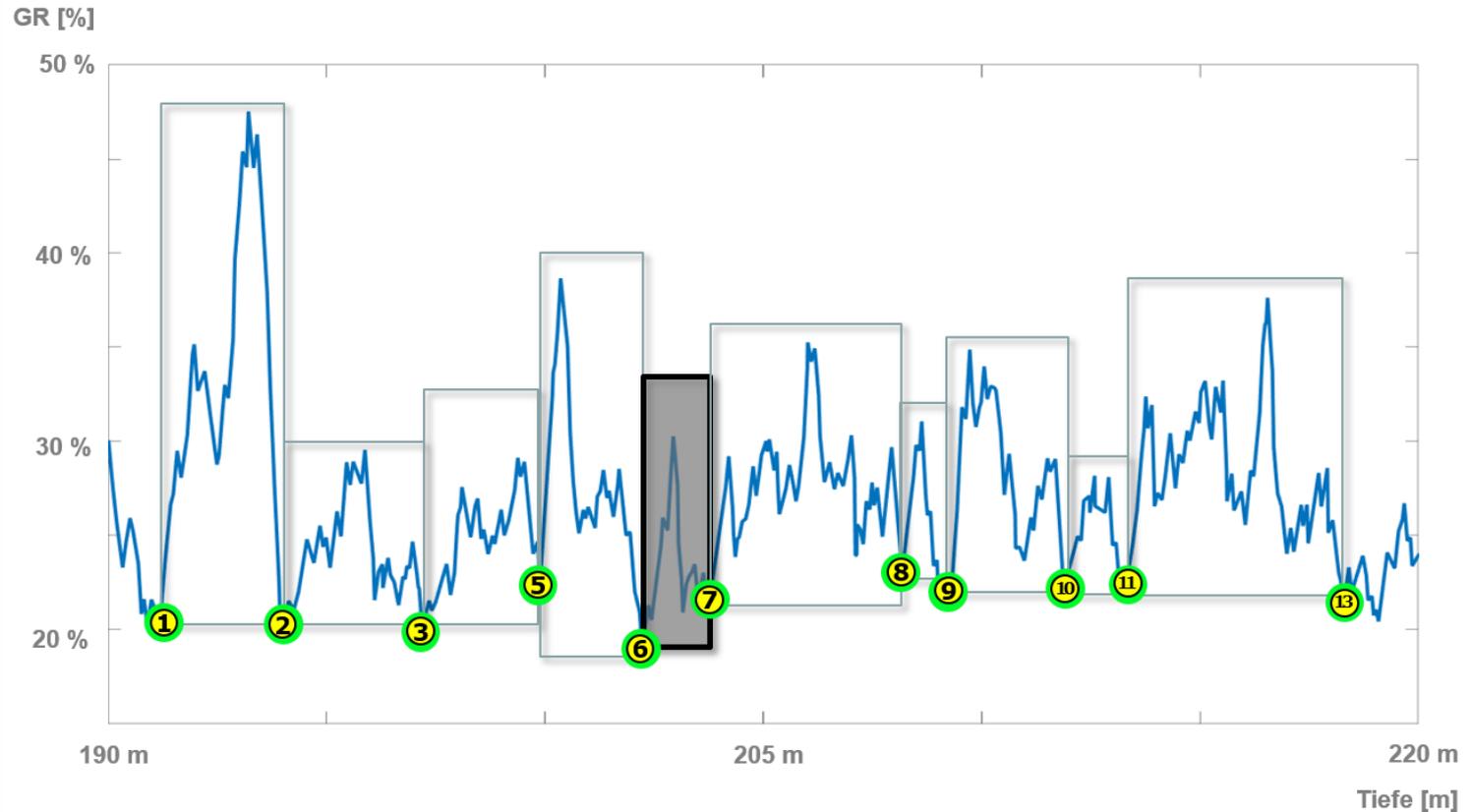
Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster

VII. Die Eigenschaften



MATLAB

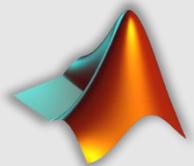


- Ermittlung der mathematischen Eigenschaften pro Strahlungsfenster
- Bsp.: Strahlungsfenster zwischen 6 und 7

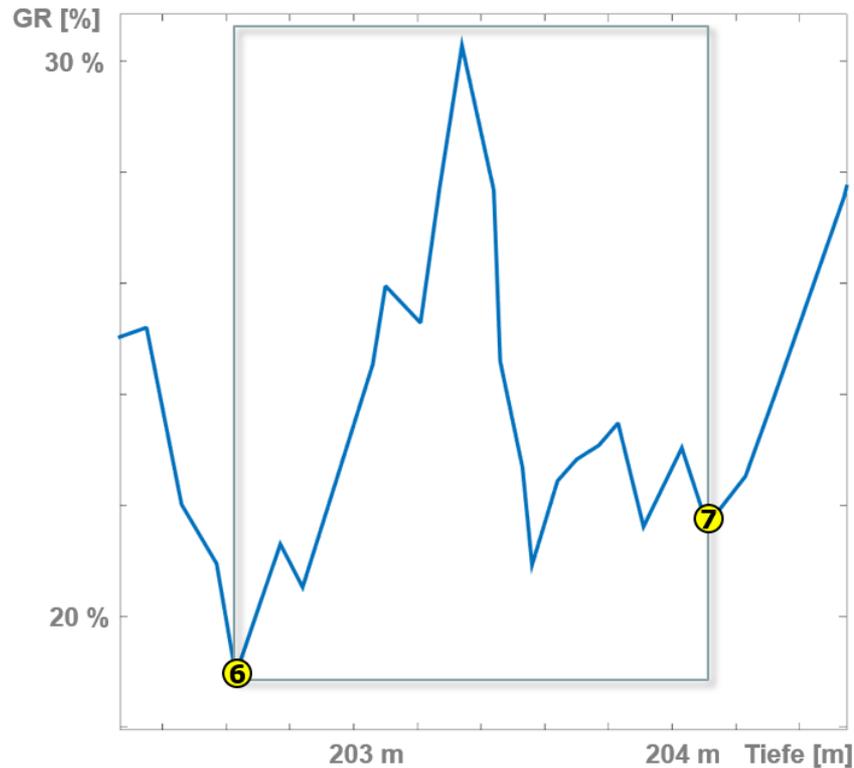
Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster

VII. Die Eigenschaften



MATLAB



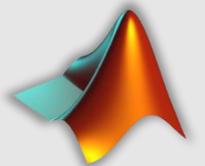
Eigenschaften:

1. Höhe / Breite

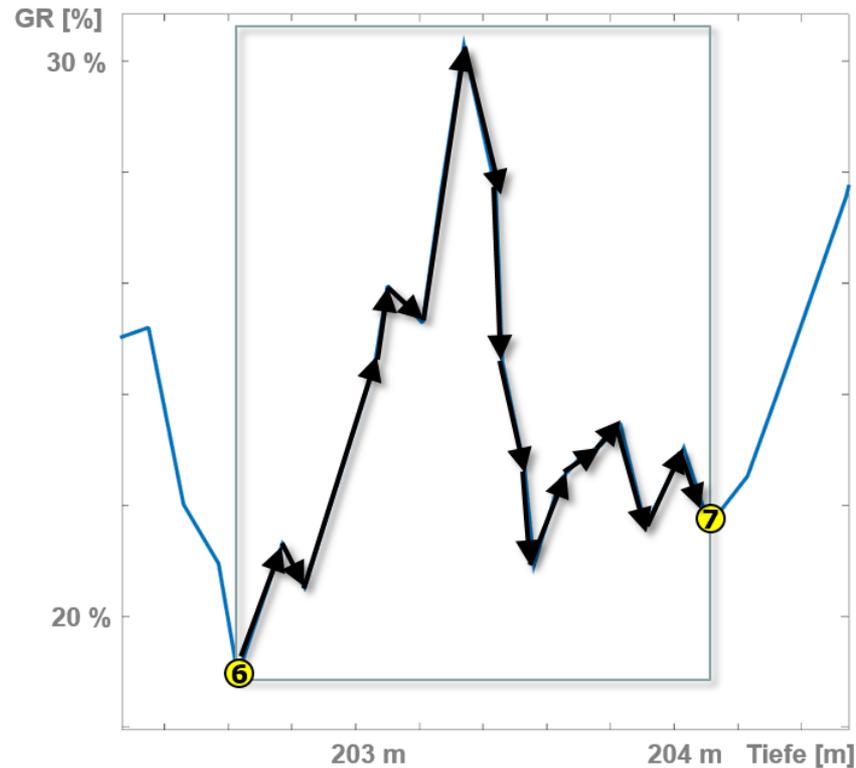
Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster

VII. Die Eigenschaften



MATLAB



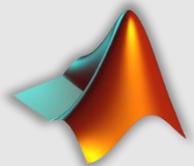
Eigenschaften:

1. Höhe / Breite
2. Vektoren
 - Betrag (Länge)

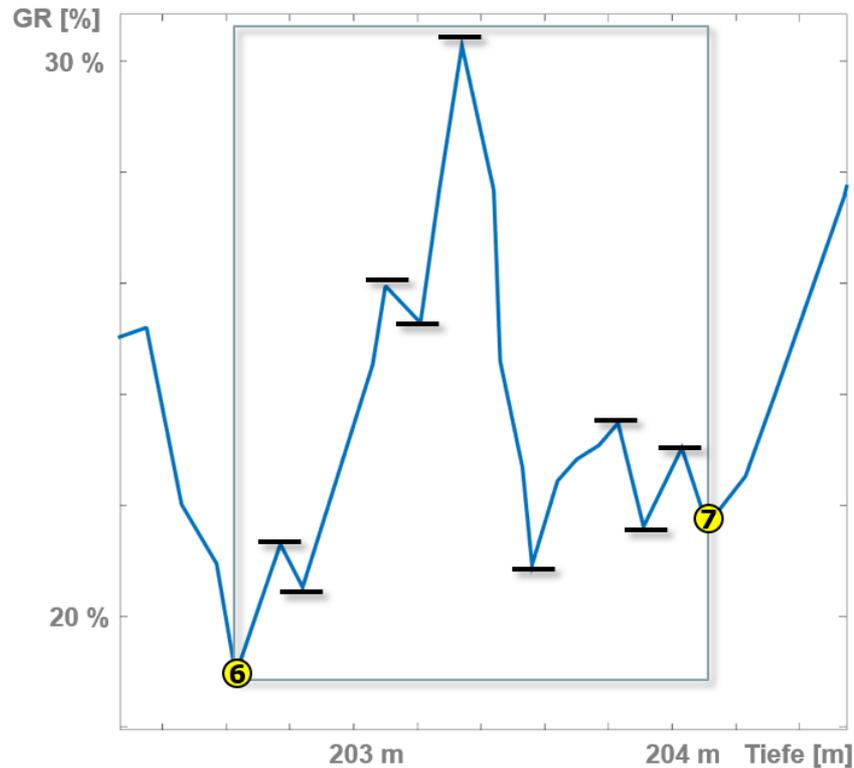
Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster

VII. Die Eigenschaften



MATLAB



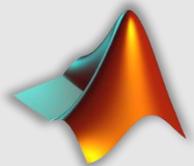
Eigenschaften:

1. Höhe / Breite
2. Vektoren
 - Betrag (Länge)
3. Extremwerte

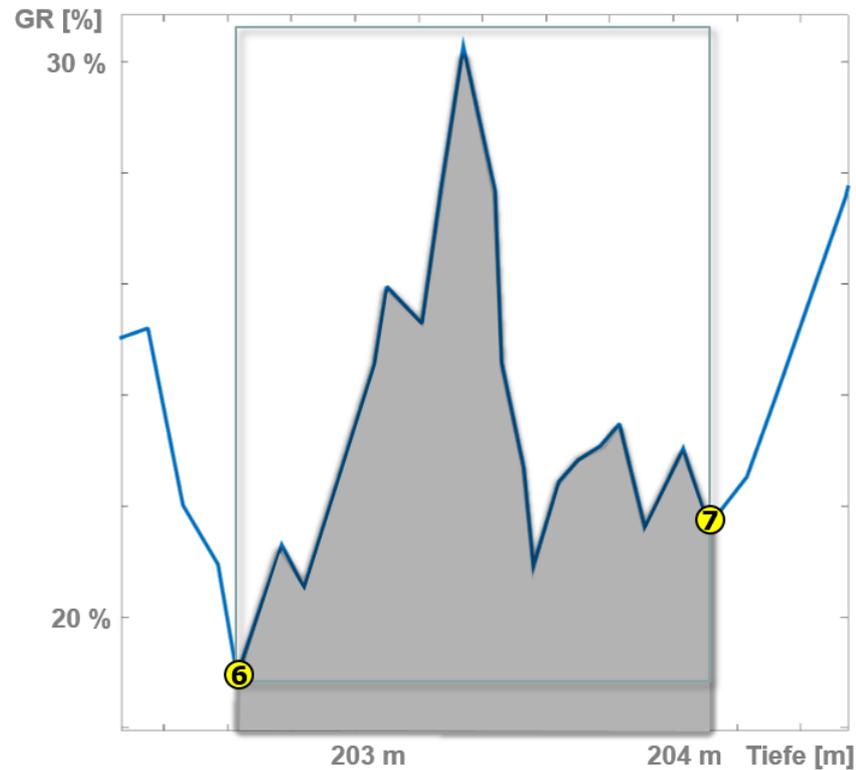
Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster

VII. Die Eigenschaften



MATLAB



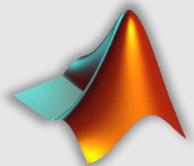
Eigenschaften:

- 1. Höhe / Breite
- 2. Vektoren
 - Betrag (Länge)
- 3. Extremwerte
- 4. Flächeninhalt

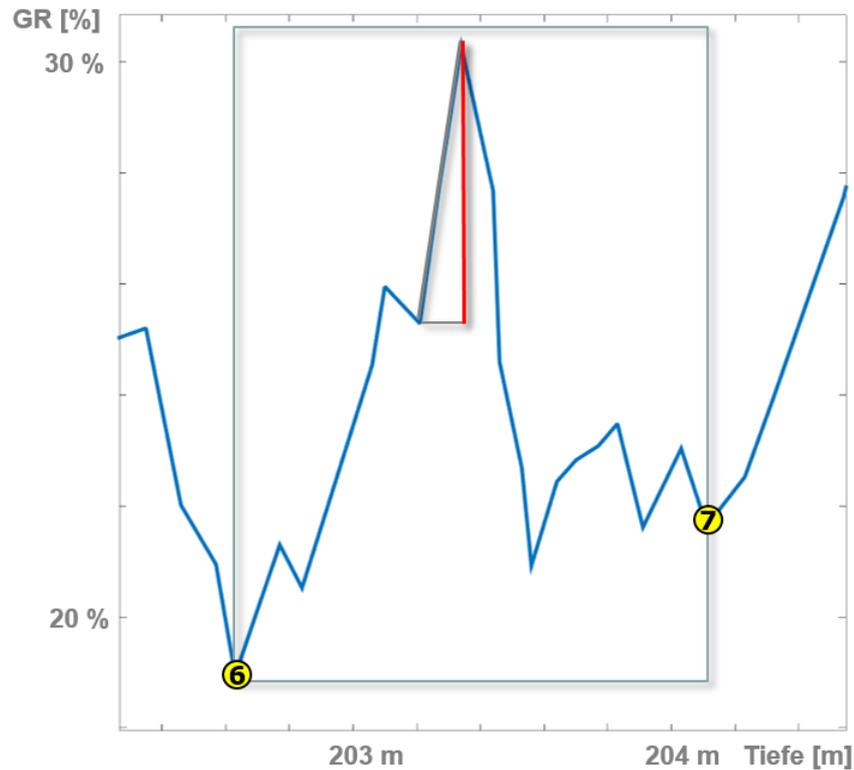
Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster

VII. Die Eigenschaften



MATLAB



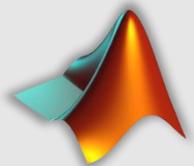
Eigenschaften:

1. Höhe / Breite
2. Vektoren
 - Betrag (Länge)
3. Extremwerte
4. Flächeninhalt
5. „Höhenmeter“

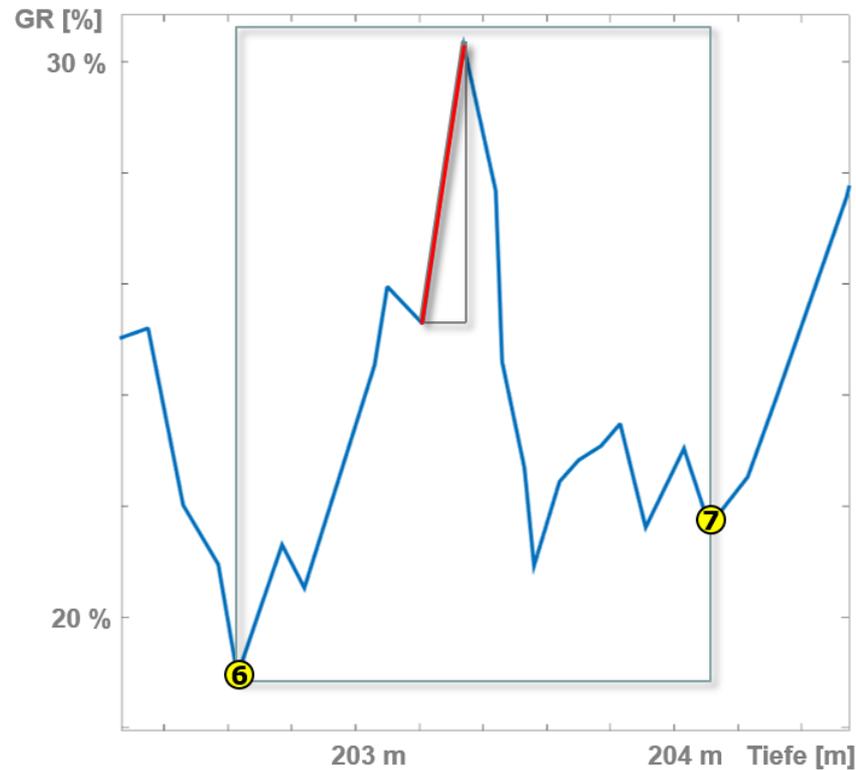
Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster

VII. Die Eigenschaften



MATLAB



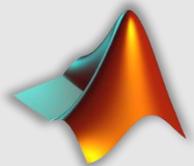
Eigenschaften:

1. Höhe / Breite
2. Vektoren
 - Betrag (Länge)
3. Extremwerte
4. Flächeninhalt
5. „Höhenmeter“
6. Steigung

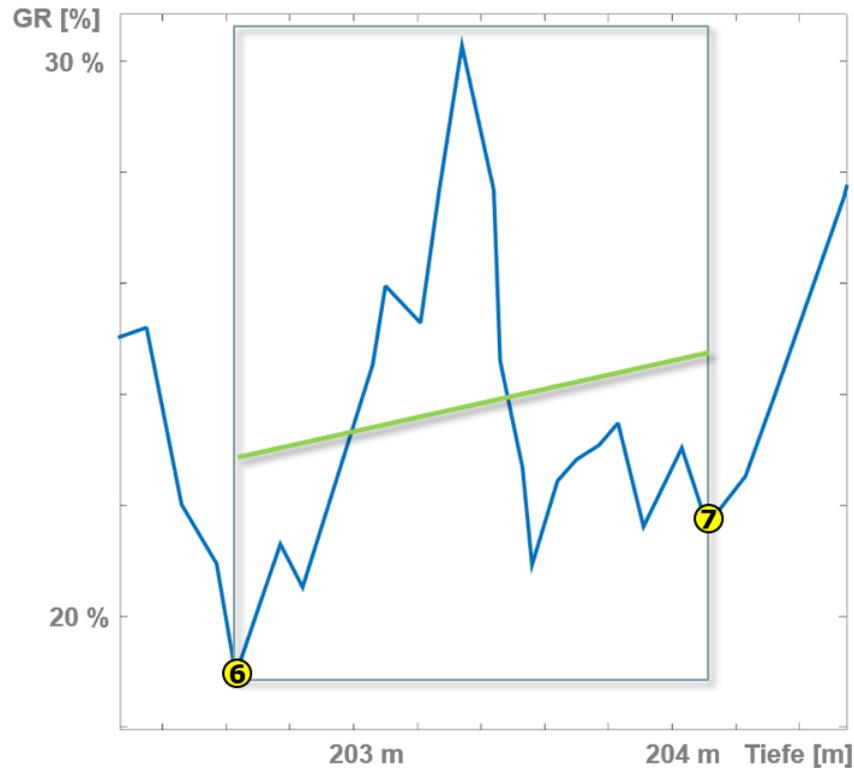
Gliederung:

- I. Die Extremwerte
- II. 1. Filterung
- III. Die Minima
- IV. 2. Filterung
- V. Die Grenzen
- VI. Die Fenster

VII. Die Eigenschaften



MATLAB

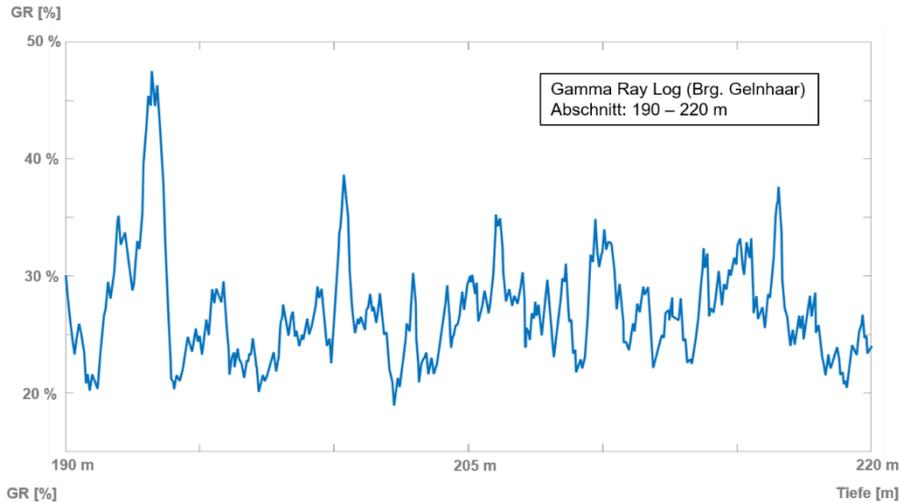


Eigenschaften:

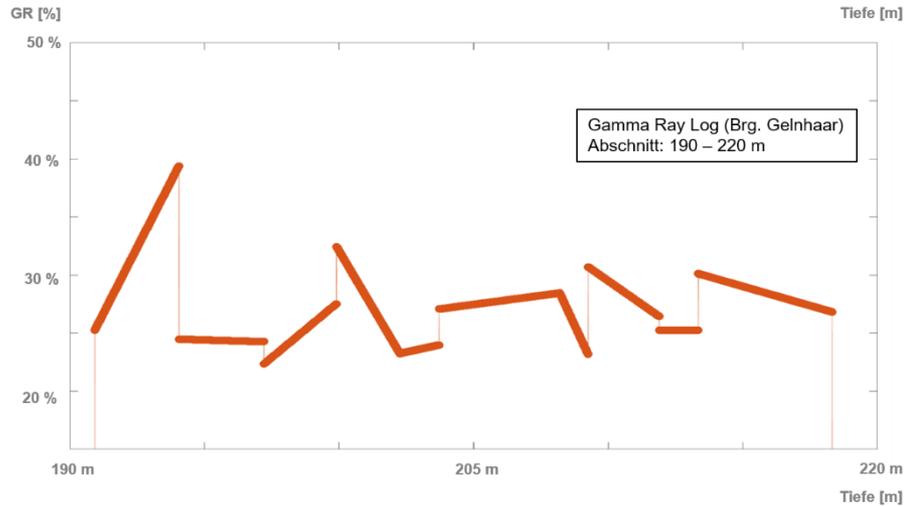
1. Höhe / Breite
2. Vektoren
 - Betrag (Länge)
3. Extremwerte
4. Flächeninhalt
5. „Höhenmeter“
6. Steigung
7. Regressionsgerade
 - Steigung
 - Höhe
 - Länge

- neuer Datensatz mit verschiedenen mathematischen Eigenschaften – sowohl mit als auch ohne Strahlungsfenster
 - neue Möglichkeiten zur Auswertung der GRLs (makroskopisch und mathematisch)
 - neue Form der Visualisierung von GRLs

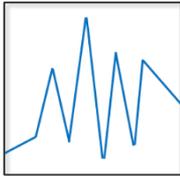
Ergebnisse: neue Darstellung



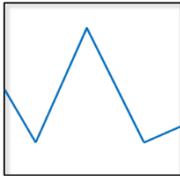
Bsp.: Plot der Regressionsgeraden



- *Plot der verschiedenen mathematischen Eigenschaften der Strahlungsfenster (SF)*
- *Einteilung der SF in verschiedene Kategorien und Vergleich mit den Bohrkernaufnahmen*
- *z.B.:*



→ große Vektorbeträge, viele Extremwerte = Wechsellagerung?



→ wenig Extremwerte, großer Flächeninhalt = Tonsteinlage?

- *statistische Analyse*
 - *Errechnung einer Wahrscheinlichkeit?*

→ *Implementierung in den Algorithmus und Vergleich mit weiteren GRLs*