

# Deckblatt



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd. Nr. | Rev. |                   |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|------|-------------------|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN   | Blatt: 1          |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00   | Stand: 23.05.2025 |

Titel der Unterlage:

Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

Ersteller/Unterschrift:

IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH

Prüfer/Unterschrift:



Stempelfeld:

|                                                 |                                                                      |                                                                      |                                              |                                                     |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| UVST: <i>EL-GW.2</i><br><i>24 JUNI 2026</i><br> | bergrechtlich<br>verantwortliche Person:<br><i>01. JULI 2026</i><br> | atomrechtlich<br>verantwortliche Person:<br><i>01. JULI 2026</i><br> | Bereichsleitung:<br><i>01. JULI 2026</i><br> | Freigabe zur Anwendung:<br><i>01. JULI 2026</i><br> |
| Datum und Unterschrift                          |                                                                      |                                                                      |                                              |                                                     |

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der BGE.

**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

\* Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
Kategorie S = substantielle Änderung  
Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



**Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische  
Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht**



**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55210000    |                |            |           | GCA     | 2B | 003      | 00  |

Blatt: 3

Titel der Unterlage: Freigabeblatt des Auftragnehmers

Auftraggeber (AG): Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE)  
Eschenstraße 55  
31224 Peine  
Telefon: 05171 43-0  
Fax: 05171 43-1218  
E-Mail: [dialog@bge.de](mailto:dialog@bge.de)



**INSTITUT FÜR  
GEBIRGSMECHANIK  
GMBH**

Auftragnehmer (AN): IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH  
Friederikenstraße 60  
04279 Leipzig  
Telefon: 0341 33600 0  
  
E-Mail: [office@ifg-leipzig.de](mailto:office@ifg-leipzig.de)

Bestell-Nr. (AG): 45239400 & 45245357  
Auftrag-Nr. (AN): 2024-033-EA

Ersteller (AN):



Name, Unterschrift



Name, Unterschrift

Leipzig, 23.05.2025

Prüfer (AN):



Name, Unterschrift

Freigabe (AN):



Name, Unterschrift

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BGE</b><br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev | Blatt: 4                                                                                                                                |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                         |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                         |

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Freigabeblatt des Auftragsnehmers</b>                             | <b>3</b>  |
| <b>1 Abkürzungen</b>                                                 | <b>11</b> |
| <b>2 Veranlassung und Untersuchungsprogramm</b>                      | <b>13</b> |
| <b>3 Probenmaterial und Prüfkörperherstellung</b>                    | <b>16</b> |
| 3.1 Probenmaterial                                                   | 16        |
| 3.2 Prüfkörperherstellung                                            | 19        |
| <b>4 Experimentelles Untersuchungsprogramm</b>                       | <b>21</b> |
| 4.1 Bestimmung der Einaxialen Druckfestigkeit                        | 22        |
| 4.2 Bestimmung der Triaxialen Druckfestigkeit                        | 24        |
| 4.3 Direkte Bestimmung der Zugfestigkeit                             | 26        |
| 4.4 Indirekte Bestimmung der Zugfestigkeit                           | 27        |
| 4.5 Bestimmung der rheologischen (Kriech)Eigenschaften               | 28        |
| 4.6 Bestimmung der Veränderlichkeit                                  | 29        |
| 4.7 Bestimmung der Abrasivität – EXTERN                              | 29        |
| 4.8 Bestimmung der Mineralogie – EXTERN                              | 29        |
| <b>5 Ergebnisse</b>                                                  | <b>30</b> |
| 5.1 Mineralogische Zusammensetzung, Veränderlichkeit und Abrasivität | 31        |
| 5.1.1 Mineralogie                                                    | 31        |
| 5.1.2 Veränderlichkeit                                               | 34        |
| 5.1.3 Abrasivität                                                    | 39        |
| 5.2 Lithotyp SO1                                                     | 41        |
| 5.2.1 Einaxiale Druckversuche                                        | 41        |
| 5.2.2 Triaxiale Druckversuche                                        | 41        |
| 5.2.3 Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche                           | 42        |
| 5.2.4 Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche                       | 43        |
| 5.3 Lithotyp SO2                                                     | 44        |
| 5.3.1 Einaxiale Druckversuche                                        | 44        |
| 5.3.2 Triaxiale Druckversuche                                        | 45        |
| 5.3.3 Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche                           | 46        |
| 5.3.4 Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche                       | 47        |
| 5.4 Lithotyp SU1                                                     | 48        |
| 5.4.1 Einaxiale Druckversuche                                        | 48        |
| 5.4.2 Triaxiale Druckversuche,                                       | 49        |
| 5.4.3 Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche                           | 50        |
| 5.4.4 Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche                       | 51        |
| 5.5 Lithotyp SU3                                                     | 52        |
| 5.5.1 Einaxiale Druckversuche                                        | 52        |
| 5.5.2 Triaxiale Druckversuche                                        | 53        |

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 5

|          |                                                    |            |
|----------|----------------------------------------------------|------------|
| 5.5.3    | Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche               | 54         |
| 5.5.4    | Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche           | 55         |
| 5.6      | Lithotyp Zechstein-Residual                        | 56         |
| 5.6.1    | Einaxiale Druckversuche                            | 56         |
| 5.6.2    | Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche               | 57         |
| 5.6.3    | Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche           | 58         |
| 5.7      | Lithotyp Steinsalz                                 | 59         |
| 5.7.1    | Einaxiale Druckversuche                            | 59         |
| 5.7.2    | Triaxiale Druckversuche                            | 60         |
| 5.7.3    | Direkte Zugversuche                                | 61         |
| 5.7.4    | Triaxiale (Druck)Kriechversuche                    | 62         |
| 5.8      | Lithotyp Roter Salzton                             | 63         |
| 5.8.1    | Einaxiale Druckversuche                            | 63         |
| 5.8.2    | Triaxiale Druckversuche                            | 64         |
| 5.8.3    | Direkte Zugversuche                                | 65         |
| 5.9      | Lithotyp Pegmatitanhydrit                          | 66         |
| 5.9.1    | Einaxiale Druckversuche                            | 66         |
| 5.9.2    | Triaxiale Druckversuche                            | 67         |
| 5.9.3    | Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche               | 68         |
| 5.9.4    | Direkte Zugversuche                                | 69         |
| 5.10     | Lithotypübergeifende zusammenfassende Darstellung  | 70         |
| 5.10.1   | Einaxiale Druckversuche                            | 70         |
| 5.10.2   | Dreiaxiale Einstufen- und Mehrstufen-Druckversuche | 76         |
| 5.10.3   | Direkte Zugversuche                                | 90         |
| 5.10.4   | Spaltzugversuche (Indirekte Zugversuche)           | 92         |
| 5.10.5   | Dreiaxiale (Druck)Kriechversuche                   | 95         |
| <b>6</b> | <b>Zusammenfassung</b>                             | <b>100</b> |
| <b>7</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>                        | <b>104</b> |

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BGE</b><br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev | Blatt: 6                                                                                                                                |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                         |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                         |

## Anhangsverzeichnis

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Anhang 1: Übersicht Proben Einaxiale Druckversuche (UC)</b>                  | 106 |
| <b>Anhang 2: Übersicht Proben Triaxiale Druckversuche (TC)</b>                  | 108 |
| <b>Anhang 3: Übersicht Proben Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche (TCMS)</b>   | 111 |
| <b>Anhang 4: Übersicht Proben Direkte Zugversuche (ZV)</b>                      | 112 |
| <b>Anhang 5: Übersicht Proben Spaltzugversuche - Indirekte Zugversuche (SZ)</b> | 113 |
| <b>Anhang 6: Übersicht Proben Triaxiale (Druck)Kriechversuche (TCC)</b>         | 115 |
| <b>Anhang 7: UC - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch</b>          | 116 |
| <b>Anhang 8: UC - Spannungs-Verformungskurven</b>                               | 138 |
| <b>Anhang 9: TC - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch</b>          | 181 |
| <b>Anhang 10: TC - Spannungs-Verformungskurven</b>                              | 220 |
| <b>Anhang 11: TCMS - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch</b>       | 259 |
| <b>Anhang 12: TCMS - Spannungs-Verformungskurven</b>                            | 267 |
| <b>Anhang 13: ZV - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch</b>         | 279 |
| <b>Anhang 14: ZV - Spannungs-Zeitkurven</b>                                     | 288 |
| <b>Anhang 15: SZ - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch</b>         | 298 |
| <b>Anhang 16: SZ - Spannungs-Verformungskurven</b>                              | 311 |
| <b>Anhang 17: TCC - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch</b>        | 328 |
| <b>Anhang 18: TCC - Kriechkurven</b>                                            | 338 |

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BGE</b> BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                                      |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                      |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 7                                                                                                                             |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 1: Übersicht Kernbefahrung und ausgelegte Kernstrecken im Kernlager der BGR, Hannover.....                       | 14  |
| Tabelle 2: Übersicht der identifizierten Lithotypen .....                                                                | 16  |
| Tabelle 3: Übersicht der durchgeführten gesteinsmechanischen und petrophysikalischen Untersuchungen.....                 | 30  |
| Tabelle 4: Übersicht mineralogische Zusammensetzung (qualitativ und quantitative Angabe; in Volumenprozentprozent) ..... | 32  |
| Tabelle 5: Übersicht Veränderlichkeit .....                                                                              | 36  |
| Tabelle 6: Übersicht Abrasivität [9] .....                                                                               | 40  |
| Tabelle 7: Ergebnisse - Einaxiale Druckversuche.....                                                                     | 74  |
| Tabelle 8: Ergebnisse - Dreiaxiale Druckversuche .....                                                                   | 80  |
| Tabelle 9: Ergebnisse - Dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche.....                                                         | 86  |
| Tabelle 10: Ergebnisse - Direkte Zugversuche .....                                                                       | 92  |
| Tabelle 11: Ergebnisse – Spaltzugversuche (Indirekte Zugversuche).....                                                   | 94  |
| Tabelle 12: Ergebnisse - Dreiaxiale (Druck)Kriechversuche .....                                                          | 98  |
| Tabelle 13: Zusammenfassung Ergebnisse 1/2.....                                                                          | 102 |
| Tabelle 14: Zusammenfassung Ergebnisse 2/2.....                                                                          | 103 |



|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BGE</b><br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                                     |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                      |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                      |

Blatt: 8

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Überblick der am <i>IfG</i> untersuchten Lithotypen .....                                                                                                                             | 18 |
| Abbildung 2: Übersicht Prüfkörper hinsichtlich der unterschiedlichen Versuchstypen .....                                                                                                           | 20 |
| Abbildung 4: (a) Prüfapparatur RBA2500 (Schenck/Trebel) mit (b) deformierter Probe mit angebrachter Gliederkette (zur Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit inkl. Dilatanz). ....              | 22 |
| Abbildung 5: (a) Prüfapparatur D2000 (GL Test Systems). (b) Schematische Darstellung der eingesetzten Druckkammer zur Realisierung von quasi-in situ Bedingungen. ....                             | 24 |
| Abbildung 6: Versuchsaufbau für den direkten Zugversuch der Probe vor Versuchsbeginn (a) und nach Beendigung des Versuches (b).....                                                                | 26 |
| Abbildung 7: (a) Prüfapparatur MTS 816. (b) Eingebaute Probe vor Beginn des indirekten Zugversuches (Spaltzugversuch). ....                                                                        | 27 |
| Abbildung 8: (a) Hebel-Kriechprüfapparaturen (Dauerstandsgeräte), (b) Schematische Darstellung einer eingesetzten Apparatur mit Druckkammer zur Realisierung von "quasi"-in situ Bedingungen. .... | 28 |
| Abbildung 9: Ternäre Darstellung der mineralogischen Zusammensetzung der untersuchten Proben. ....                                                                                                 | 31 |
| Abbildung 10: (a) Probenmaterial bevor und (b) nach der Bestimmung der Veränderlichkeit.....                                                                                                       | 35 |
| Abbildung 11: (a) Veränderlichkeit (Grad) der untersuchten Lithotypen; zusätzlich als Darstellung in Abhängigkeit von der Teufe (b) .....                                                          | 35 |
| Abbildung 12: (a) Abrasivitätsindex (CAI) der untersuchten Lithotypen; zusätzlich als Darstellung in Abhängigkeit von der Teufe (b) .....                                                          | 39 |
| Abbildung 13: SO1 – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung im einaxialen Druckversuch .....                                        | 41 |
| Abbildung 14: SO1 – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanzverhalten im triaxialen Druckversuch – hier bei beispielsweise 0,5 MPa Einspannung (Manteldruck).....                         | 42 |
| Abbildung 15: SO1 – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm eines beispielhaften triaxialen Mehrstufen-Druckversuchs; hier bei 1,0/3,0/7,0 MPa Einspannung (Manteldruck) .....                        | 43 |
| Abbildung 16: SO1 – SZ - Spannungs-Verformungsdiagramm im indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch.....                                                                                             | 44 |
| Abbildung 17: SO2 – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch).....                                          | 45 |
| Abbildung 18: SO2 – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch) .....                                                                                              | 46 |
| Abbildung 19: SO2 – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch) .....                                                                                                | 47 |
| Abbildung 20: SO2 – SZ - Spannungs-Verformungsdiagramm (indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch).....                                                                                              | 48 |
| Abbildung 21: SU1 – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch).....                                          | 49 |

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BGE</b><br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev | Blatt: 9                                                                                                                                |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                         |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 22: SU1 – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch) .....                                                                    | 50 |
| Abbildung 23: SU1 – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch) .....                                                                      | 51 |
| Abbildung 24: SU1 – SZ - Spannungs-Verformungsdiagramm (indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch).....                                                                    | 52 |
| Abbildung 25: SU3 – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch).....                | 53 |
| Abbildung 26: SU3 – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch) .....                                                                    | 54 |
| Abbildung 27: SU3 – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch) .....                                                                      | 55 |
| Abbildung 28: SU3 – SZ - Spannungs-Verformungsdiagramm (indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch).....                                                                    | 56 |
| Abbildung 29: Zechstein Residual – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch)..... | 57 |
| Abbildung 30: Zechstein Residual – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch) .....                                                       | 58 |
| Abbildung 31: Zechstein Residual - Spannungs-Verformungsdiagramm (indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch).....                                                          | 59 |
| Abbildung 32: Steinsalz – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch) .....         | 60 |
| Abbildung 33: Steinsalz – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch) .....                                                              | 61 |
| Abbildung 34: Steinsalz - Spannungs-Zeitdiagramm (Direkter Zugversuch) .....                                                                                             | 62 |
| Abbildung 35: Steinsalz - Kriechkurve inkl. abgeleiteter Verformungsrate (Dreiaxialer Druckkriechversuch).....                                                           | 63 |
| Abbildung 36: Roter Salzton – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch) .....     | 64 |
| Abbildung 37: Roter Salzton – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch) .....                                                          | 65 |
| Abbildung 38: Roter Salzton - Spannungs-Zeitdiagramm (Direkter Zugversuch) .....                                                                                         | 66 |
| Abbildung 39: Pegmatitanhydrit – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch).....   | 67 |
| Abbildung 40: Pegmatitanhydrit – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch) .....                                                       | 68 |
| Abbildung 41: Pegmatitanhydrit – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch) .....                                                         | 69 |
| Abbildung 42: Pegmatitanhydrit - Spannungs-Zeitdiagramm (Direkter Zugversuch) .....                                                                                      | 70 |
| Abbildung 43: Proben aus dem Deckgebirge (a, b) und dem Salinar (c, d) sowohl vor (a, c) als auch nach (b, d) dem Einaxialen Druckversuch.....                           | 72 |

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BGE</b><br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev | Blatt: 10                                                                                                                               |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                         |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 44: Ergebnisse - Einaxiale Druckversuche.....                                                                                        | 73 |
| Abbildung 45: Proben aus dem Deckgebirge (a, b) und dem Salinar (c, d) sowohl vor (a, c) als auch nach (b, d) dem Triaxialen Druckversuch..... | 77 |
| Abbildung 46: Ergebnisse - Dreiaxiale Druckversuche .....                                                                                      | 79 |
| Abbildung 47: Ergebnisse - Dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche .....                                                                           | 85 |
| Abbildung 48: Probe aus dem Salinar sowohl vor (a) als auch nach (b) dem Direkten Zugversuch .....                                             | 90 |
| Abbildung 49: Ergebnisse - Direkte Zugversuche .....                                                                                           | 91 |
| Abbildung 50: Probe aus dem Deckgebirge sowohl vor (a) als auch nach (b) dem Spaltzugversuch (Indirekter Zugversuch) .....                     | 93 |
| Abbildung 51: Ergebnisse – Spaltzugversuche (Indirekte Zugversuche) .....                                                                      | 93 |
| Abbildung 52: Probe aus dem Salinar sowohl vor (a) als auch nach (b) dem Dreiaxialen (Druck-) Kriechversuch .....                              | 96 |
| Abbildung 53: Ergebnisse - Dreiaxiale (Druck)Kriechversuche .....                                                                              | 97 |

**Blattzahl dieser Unterlage:.....348**

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 11

## 1 Abkürzungen

|                |                                                          |
|----------------|----------------------------------------------------------|
| BGE            | Bundesgesellschaft für Endlagerung                       |
| AG             | Arbeitgeber                                              |
| IfG            | Institut für Gebirgsmechanik GmbH                        |
| UC             | Einaxialer Festigkeitsversuch                            |
| TCS            | Triaxialer Festigkeitsversuch                            |
| TCMS           | Triaxialer Festigkeitsversuch multiple Umlagerungsdrücke |
| ZV             | Direkter Zugversuch                                      |
| SZ             | Spaltzugversuch (Indirekter Zugversuch)                  |
| TCC            | Triaxialer (Druck)Kriechversuch                          |
| CAI            | Abrasivitätsindex (Cerchar)                              |
| VÄ             | Veränderlichkeit                                         |
| XRD            | Mineralogische Zusammensetzung (X-ray diffraction)       |
| Lit            | Lithotyp                                                 |
| Z              | Zechstein-Residual                                       |
| Gi             | Gips                                                     |
| Do             | Dolomit                                                  |
| Qu             | Quarz                                                    |
| Mu             | Muskovit                                                 |
| Ch             | Chamosit                                                 |
| Al             | Albit                                                    |
| Or             | Orthoklas                                                |
| Ha             | Halit                                                    |
| Hä             | Hämatit                                                  |
| An             | Analcim                                                  |
| Ca             | Calcit                                                   |
| Anh            | Anhydrit                                                 |
| Ba             | Bassanit                                                 |
| Mi             | Mikroklin                                                |
| Ma             | Magnesit                                                 |
| T              | Temperatur, [T] = °C, K                                  |
| l = h          | Probenlänge, [l = h] = mm                                |
| d              | Probendurchmesser, [d] = mm                              |
| A              | Querschnittsfläche, [A] = cm <sup>2</sup>                |
| S              | Axiale Verschiebung des Druckkolbens, [S] = mm           |
| F              | Kraft, [F] = kN                                          |
| $\sigma$       | Spannung, [ $\sigma$ ] = MPa                             |
| $\sigma_1$     | Axiale Spannung, [ $\sigma_1$ ] = MPa                    |
| $\sigma_3$     | Radiale Spannung, [ $\sigma_3$ ] = MPa                   |
| $\sigma_{UCS}$ | Einaxiale Druckfestigkeit, [ $\sigma_{UCS}$ ] = MPa      |
| $\sigma_{TCS}$ | Dreiaxiale Druckfestigkeit, [ $\sigma_{TCS}$ ] = MPa     |

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 12

|                                                        |                                                                            |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $\sigma_t$                                             | Spaltzugfestigkeit, $[\sigma_t] = \text{MPa}$                              |
| $\tau$                                                 | (Direkte) Zugfestigkeit $[\tau] = \text{MPa}$                              |
| $\sigma_t$                                             | (Indirekte) Zugfestigkeit, $[\sigma_t] = \text{MPa}$                       |
| $\varepsilon$                                          | Verformung                                                                 |
| vol%                                                   | Volumenprozent                                                             |
| E                                                      | Elastizitätsmodul (statisch = stat., dynamisch = dyn.), $[E] = \text{GPa}$ |
| $\nu$                                                  | Querdehnzahl                                                               |
| C                                                      | Kohäsion, $[C] = \text{MPa}$                                               |
| $\varphi$                                              | Reibungswinkel $[\varphi] = ^\circ$                                        |
| $\mu$                                                  | Reibungskoeffizient                                                        |
| N                                                      | Querdehnungszahl (statisch = stat., dynamisch = dyn.)                      |
| $\rho$                                                 | Dichte, $[\rho] = \text{g/cm}^3$                                           |
| $\dot{\varepsilon}$                                    | Axiale Verformungsrate, $[\dot{\varepsilon}] = \text{d}^{-1}$              |
| Q                                                      | Aktivierungsenergie, $[Q] = \text{J/mol}$                                  |
| R                                                      | Allgemeine Gaskonstante, $[R] = \text{J}/(\text{mol} \times \text{L})$     |
| N                                                      | Spannungsexponent                                                          |
| H                                                      | Viskosität, $[\eta] = \text{Pa} \times \text{s}$                           |
| $p_c = \sigma_3$                                       | Manteldruck, $[p_c = \sigma_3] = \text{MPa}$                               |
| $\sigma_{\text{diff}}$                                 | Differenzspannung, $[\sigma_{\text{diff}}] = \text{MPa}$                   |
| $\varepsilon_{\text{axial}} \triangleq \varepsilon_1$  | Axiale Verformung                                                          |
| $\varepsilon_{\text{radial}} \triangleq \varepsilon_3$ | Radiale Verformung                                                         |
| D                                                      | Dilatanz (volumetrische Verformung)                                        |
| $\Delta V$                                             | Volumenänderung des Prüfkörpers                                            |
| z                                                      | Teufe, $[z] = \text{m}$                                                    |
| LVDT                                                   | Linear Variable Differential Transformer                                   |

|                                                                                                               |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</div> |             |                |            |           |         |    |          |     | <div><div>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</div></div> |
| Projekt                                                                                                       | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev | Blatt: 13                                                                                                                                       |
| NAAN                                                                                                          | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                                 |
| 9A                                                                                                            | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                                 |

## 2 Veranlassung und Untersuchungsprogramm

Zur Umsetzung der Rückholung von radioaktiven Abfällen aus dem Bergwerk ASSE ist die Planung eines zusätzlichen Tagesschachtes notwendig und damit einhergehend eine möglichst detaillierte Kenntnis über die Beschaffenheit des Untergrundes Voraussetzung.

Zur Erlangung zusätzlicher geologischer, hydrogeologischer und gebirgsmechanischer als auch geotechnischer Kenntnisse über den Aufbau des Deckgebirges und Salinars, wurde im Auftrag der „Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE)“ die Erkundungsbohrung Remlingen 18 (R18) von Oktober 2023 bis März 2024 bis auf eine Teufe von ca. 900m niedergebracht. Das Ziel dieser Erkundungsbohrung war es weitergehende Informationen zu Aufbau und Struktur des Deckgebirges, als auch zum Übergangsbereich zwischen Deckgebirge und Salzgestein zu liefern. Zusätzlich zur Informationsgewinnung hinsichtlich der hydrogeologischen Situation im Gebirge, sollten des Weiteren Grundwasserschichten identifiziert werden, welche für einen möglichen Lösungszutritt in die Schachtanlage von Bedeutung sein könnten.

Hinsichtlich der weiteren Planung der neu zu errichtenden Schachtanlage (Teufverfahren, Ausbau etc.) besteht zusätzlich zur geologischen Fragestellung (strukturelle Eigenschaften des Untergrundes) ein weiteres Ziel darin, die in den Erkundungsbohrungen angetroffenen Schichtenfolgen gebirgsmechanisch zu charakterisieren. Dafür sind Laboruntersuchungen im gesteinsmechanischen Labor an Probenmaterial, sowohl an Material des Deckgebirges als auch des Salinars, vorgesehen. Mit der Durchführung dieser Untersuchungen wurde das *Institut für Gebirgsmechanik GmbH Leipzig (IfG)* durch die Bundesgesellschaft für Endlagerung mit Sitz in Peine, Deutschland beauftragt.

Die Beauftragung beinhaltet dabei die Ermittlung von gesteinsmechanischen Datensätzen zur umfänglichen Charakterisierung bezüglich geomechanischer Eigenschaften der angetroffenen Schichtenfolge. Die durchzuführenden Tätigkeiten im Labor umfassen:

- Präparation von Proben aus dem Kernmaterial
- Kurzzeitversuche:
  - Einaxiale Druckversuche (UC)
  - Triaxiale Druckversuche (TC)
  - Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche (TCMS)
  - Direkte Zugversuche (ZV)
  - Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche (SZ)
- Langzeitversuche; speziell triaxiale (Druck-)Kriechversuche (TCC)
- Bestimmung der Veränderlichkeit (VÄ)
- Bestimmung des Abrasivitätsindex (CAI) – EXTERN
- Bestimmung der Mineralogie (XRD) – EXTERN

Alle Präparationsarbeiten und ebenso alle gesteinsmechanischen Laborversuche wurden dabei durch das IfG Leipzig durchgeführt. Wie mit der BGE abgestimmt, erfolgte die Bestimmung des Indexes bzgl. der Abrasivität und der Mineralogie durch externe Unternehmen, namentlich *PG - Dr.*

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BGE</b><br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                                     |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                      |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                      |

Blatt: 14

*Plinninger Geotechnik* respektive *K-UTEC SALT TECHNOLOGIES*. Die gewonnenen Ergebnisse aller durchgeführten Untersuchungen können anschließend zur Bestätigung des Standortes für den Schacht Asse 5 herangezogen werden.

Im Vorfeld der Untersuchungen wurden in diversen Gesprächsrunden zwischen *BGE* und *IfG* Vorschläge hinsichtlich notwendiger und zielführender Versuchsarten und deren Anzahl diskutiert. Durch die *BGE* wurde anfänglich eine Versuchsmatrix erstellt, welche eine große Anzahl an Versuchen verschiedener Versuchstypen in Abhängigkeit des bis dahin bestehenden geologischen Modells und Vorprofils – speziell der anzutreffenden lithologischen Einheiten und deren Mächtigkeiten – vorsah. Das *IfG* machte hierzu – basierend auf langjährigen Erfahrungen – ergänzende Vorschläge und wies zudem darauf hin, dass alle Versuchsarten und vor allem auch die Stückzahlen auch abhängig von tatsächlich angetroffener Lithologie, Mächtigkeit, Ausprägung und vor allem auch Kernqualität sind und dies eine gewisse Flexibilität (und damit auch verbundenen Abweichungen zur bestehenden Versuchsmatrix) erfordert.

Die Auswahl von repräsentativen, qualitativ geeigneten und quantitativ ausreichenden Kernstücken erfolgte durch das *IfG* anhand der ausgelegten Kernstrecken. Insgesamt wurden im Zeitraum zwischen November 2023 und August 2024 fünf Kernbemusterungen durchgeführt (Tabelle 1). Diese fanden in Hannover im Bohrkernlager der *Bundesanstalt für Geowissenschaften (BGR)* statt. Im Rahmen dieser Befahrungen wurde dann in Absprache mit den Schachtplanern sowie Kollegen der *BGE* in umfangreichem Maß Kernmaterial der erbohrten Lithotypen für das Laborprogramm ausgewählt. Dieses wurde vor Ort nach erfolgter Kernansprache und Auswahl verpackt und nach Leipzig verbracht.

Tabelle 1: Übersicht Kernbefahrung und ausgelegte Kernstrecken im Kernlager der BGR, Hannover

| Befahrung Nr. | Anzahl Bohrkernkisten | Datum      | Teufenbereich |
|---------------|-----------------------|------------|---------------|
| 1             | 14                    | 15.11.2023 | 28 – 84m      |
| 2             | 16                    | 19.12.2023 | 92 – 242m     |
| 3             | 24                    | 06.03.2024 | 244 – 475m    |
| 4             | 22                    | 19.05-2024 | 682 – 848m    |
| 5             | 12                    | 14.08.2024 | 548 – 675m    |

Anhand einer visuellen Einschätzung bezüglich der Eignungskriterien (Länge, Qualität, Repräsentativität etc.) wurden im Rahmen der jeweiligen Befahrungen die entsprechenden Bohrkern für die geplanten Untersuchungen ausgewählt.

Der vorliegende Bericht umfasst die Ergebnisse von mehr als 300 Untersuchungen, teilweise bestehend aus mehreren separaten Schritten, welche eine profunde Charakterisierung hinsichtlich der geomechanischen als auch mikrostrukturellen Eigenschaften der Lithotypen erlaubt.



# **Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht**



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 15

Im Rahmen des fortschreitenden Untersuchungs- und Projektfortschrittes wurden jeweils bis dahin durchgeführte Versuche und deren Ergebnisse sowie gewonnenen Erkenntnisse in mehreren (teils Online-) Meetings dem Auftraggeber *BGE* sowie dem Schachtplaner vorgestellt. Diese Präsentationen sowie diverse Ergebnisdarstellungen (MS-Excel-Files, pdf etc.) wurden ebenfalls – Zwischenstände repräsentierend – durch das IfG zur Verfügung gestellt. Basierend auf diesen Daten und Erkenntnissen erfolgte bereits intensiver Austausch zwischen allen Projektbeteiligten und erste Ergebnisse konnten bereits im frühen Projektstadium in Planung und Konzeptionierung eingehen.

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BGE</b> BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                                      |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                      |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 16                                                                                                                            |

### 3 Probenmaterial und Prüfkörperherstellung

#### 3.1 Probenmaterial

Während des Abteufens der Bohrung wurden unterschiedliche Gesteinsschichten, z.T. auch wiederholt angetroffen, welche aufgrund ihrer Teufenlage, Mächtigkeit, Ausbildung, Wiederholungen usw. teils deutlich zu bis dahin bestehenden (geologischen) Modellvorstellungen abwichen. Aufgrund ihrer mikrostrukturellen als auch petrophysikalischen Eigenschaften wurden folgende Lithotypen (Tabelle 2) durch die Schachtplaner (auf Basis vorangehender Absprachen mit dem AG) identifiziert bzw. eingeordnet:

Tabelle 2: Übersicht der identifizierten Lithotypen

| Lithotyp           | Kurzbeschreibung                                                                      | Untersuchung am IfG |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| SO1                | <b>Ton-Schluffstein</b> , rotbraun, vereinzelt grau, stark verfaltet                  | Ja                  |
| SO2                | <b>Gipsstein</b> , dunkel- bis hellgrau, mit Tonsteineinlagen, stark verfaltet        | Ja                  |
| SBS1               | /                                                                                     | Nein                |
| SBS2               | /                                                                                     | Nein                |
| SU1                | <b>Ton-Schluffstein</b> , rotbraun, vereinzelt grau, einheitliche Lagerung            | Ja                  |
| SU2                | <b>Sandstein</b> („Rogenstein“), oolithisch                                           | Nein                |
| SU3                | <b>Ton-Schluffstein</b> , rotbraun, vereinzelt grau, wechselnde Lagerung              | Ja                  |
| Zechstein-Residual | <b>Ton-Schluffstein</b> , rotbraun, gering fest, mit festen Anhydritblöcken           | Ja                  |
| Steinsalz          | <b>Steinsalz</b> (Leine- und Aller-Serien des Zechsteins), rötlich-weißlich, Na3, Na4 | Ja                  |
| Roter Salztun      | <b>Ton-Schluffstein</b> , rotbraun                                                    | Ja                  |
| Pegmatitanhydrit   | Anhydritstein, weißgrau                                                               | Ja                  |

Die am IfG vorliegenden Bohrkerne, die aus dem Deckgebirge gewonnen wurden (Lithotypen SO1, SO2, SU1, SU3 und Zechstein-Residual), waren im Allgemeinen kompakt und intakt ausgebildet. Teilweise waren Bereiche geprägt durch überwiegend steil einfallende bis beinahe senkrechte Schichtung (parallel zur Bohrachse). Außerdem konnte in einigen Bereichen Akkumulationen von sekundären Mineralbestandteilen festgestellt werden. Die aus dem Salinar (Lithotypen Roter Salztun, Steinsalz und Pegmatitanhydrit) gewonnenen Bohrkernen können ebenfalls als kompakt und intakt beschrieben werden,

Zur Gewährleistung der Qualität und Vermeidung von Trockeneffekten im Zeitraum zwischen Lagerung und Präparation bzw. Prüfung, wurden die ausgewählten Kernkisten noch vor Ort im Bohrkernlager in Schlauchfolie verpackt und eingeschweißt. Die Lagerung des Probematerials erfolgte

# **Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht**



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 17

fachgerecht (konstante Temperatur und Luftfeuchte) in den Laborräumen des *IfG*. Die Auswahl bezüglich relevanter Lithotypen, welche am *IfG* charakterisiert werden sollen, erfolgte nach Absprache mit dem AG. Lithotypen, welche am *IfG* nicht untersucht wurden, wurden durch den Schachtplaner charakterisiert hinsichtlich der Anforderungen für das Abteufen des Schachtes. Detaillierte Beschreibungen dieser Lithotypen können daher dem Bericht des Schachtplaners entnommen werden.

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Lithotypen erfolgt durch den Schachtplaner im Rahmen seines Berichtswesens.

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 18

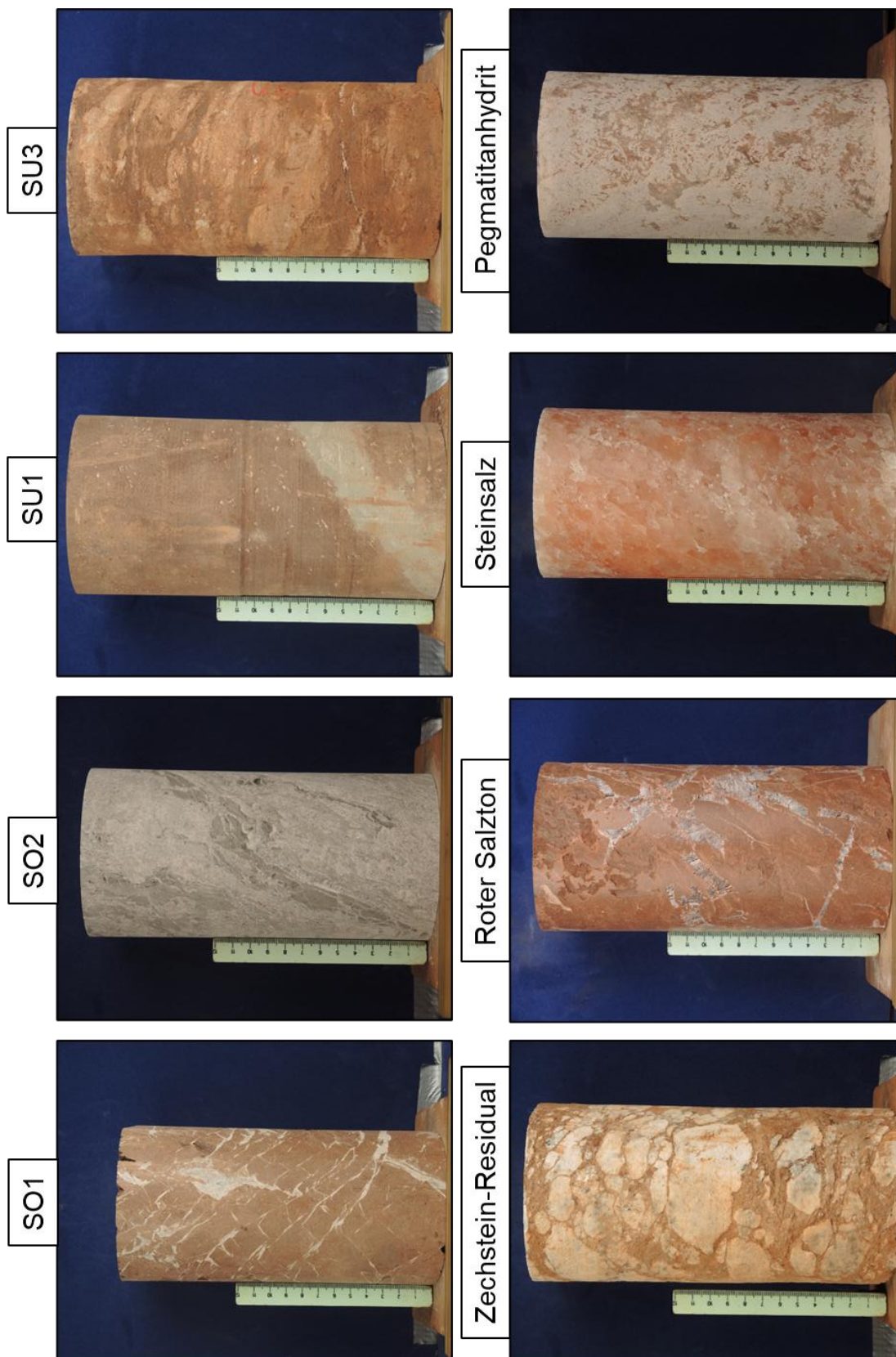


Abbildung 1: Überblick der am IfG untersuchten Lithotypen

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                                   |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                   |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 19                                                                                                                         |

### 3.2 Prüfkörperherstellung

Die Präparation der Prüfkörper erfolgte fachgerecht und entsprechend der für den Versuchstyp gültigen Anforderungen und Empfehlungen gemäß der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) [1].

Für sämtliche Versuchstypen, außer den Spaltzugversuchen (indirekte Zugversuche, SZ), hinsichtlich der Bestimmung gebirgsmechanischer Kennwerte, wurden dabei zylindrische Proben mit einem Verhältnis von Länge/Durchmesser ( $l/d \approx 2/1$ ) hergestellt. Proben, die für Spaltzugversuche vorgesehen waren, wiesen ein Verhältnis von  $l/d \approx 1/1$  auf. Dafür wurde mithilfe einer CLIPPER-Gesteinsäge (vgl. [2]) das Kernmaterial vorkonfektioniert. Gemäß den Anforderungen einiger Versuchstypen (TC, TCMS, TCC) wurden diese Proben abschließend in einer Drehbank auf die Endmaße inklusive plan-paralleler Stirnflächen abgedreht. Zusätzlich wurden auch die Mantelflächen geglättet und plan abgedreht (Abbildung 2). Eine detaillierte Übersicht hinsichtlich der Dimensionen und der petrologischen Eigenschaften von allen Proben, welche für die Bestimmung der gesteinsmechanischen Kennwerte präpariert wurden, befindet sich im Anhang (Anhang 1 – Anhang 6).

Für die Untersuchung der Veränderlichkeit und des Abrasivitätsindex war eine derart umfangreiche Präparation bzw. Herstellung von Prüfkörpern nicht notwendig, da hier unbearbeitete Kernstücke und Proben mit Bruchflächen untersucht werden, sodass in diesem Fall die Verwendung von originalen Kernstücken als Prüfkörper ausreichend war (siehe Abbildung 2). Für die Bestimmung der mineralogischen Zusammensetzung wurde das Gestein aufgemahlen bzw. Gesteinsmehl aus der Probenbearbeitung verwendet



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 20

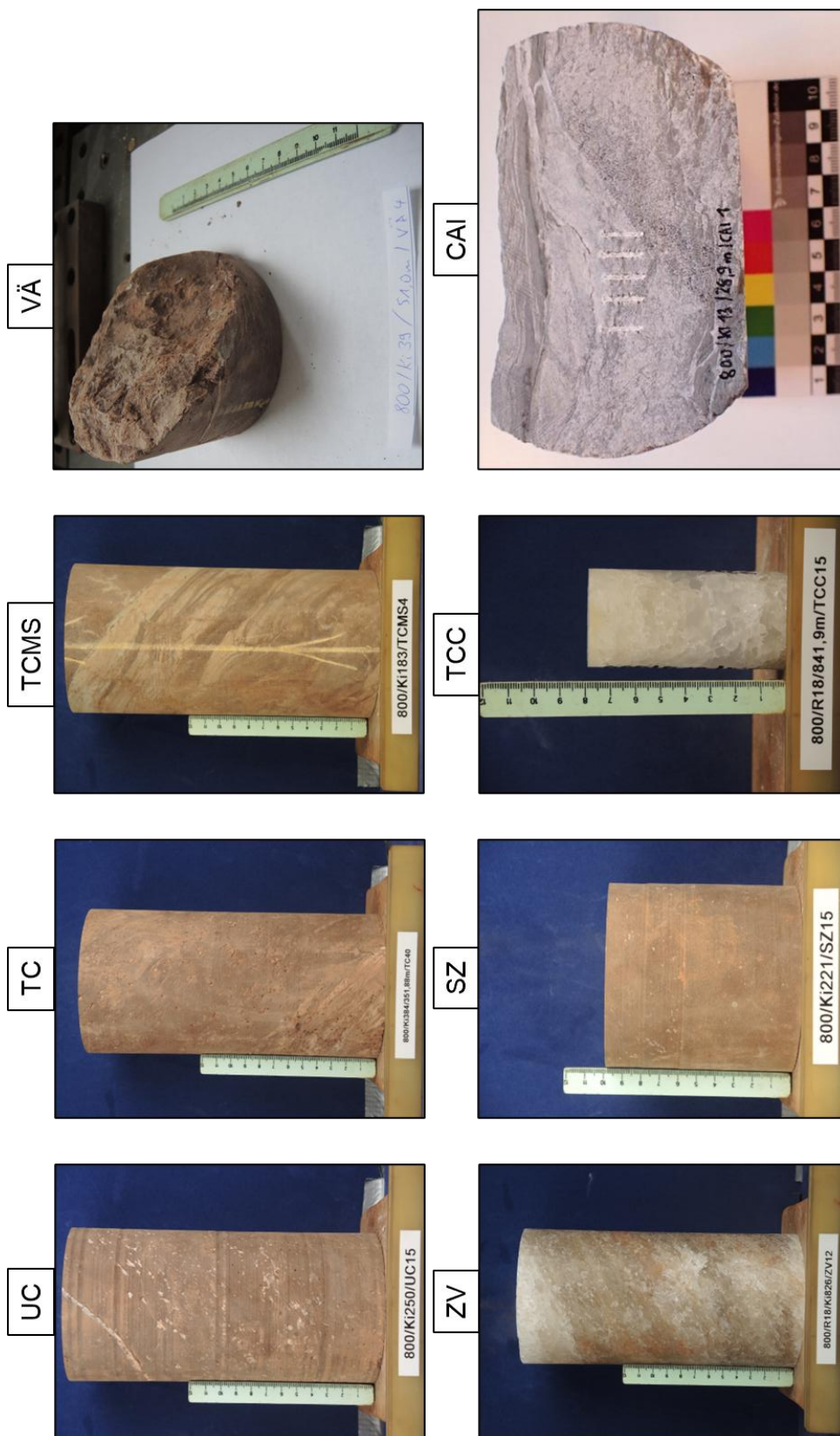


Abbildung 2: Übersicht Prüfkörper hinsichtlich der unterschiedlichen Versuchstypen

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                              |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                              |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 21                                                                                                                    |

#### 4 Experimentelles Untersuchungsprogramm

Vor der tatsächlichen Durchführung der Versuche zur Bestimmung geomechanischer Parameter wurden die angefertigten Probekörper dokumentiert und gesteinsphysikalisch charakterisiert. Der Untersuchung in gesteinsmechanischen Apparaturen vorangehend, erfolgte die Roh-Dichtebestimmung der zylindrischen Prüfkörper. Dabei wurden diese mithilfe einer digitalen Schiebelehre mehrmals sowohl in axialer als auch in radialer Richtung vermessen (Ungenauigkeit der Messung =  $\pm 20\mu\text{m}$ ). Die Ermittlung der Masse erfolgte durch Wägung auf einer Feinwaage, welche Ungenauigkeiten von maximal 0,1g erlaubt. Die Absolutwerte der Dichte (mit einem relativen Fehler von 0,01 – 0,11 %) wurden nachfolgend über Ermittlung des Verhältnisses von Masse zu Volumen der Prüfkörper bestimmt.

Anschließend an die Dichtebestimmung wurde die Integrität (Intaktheit) und Homogenität innerhalb einer Schichtabfolge der präparierten Proben ermittelt. Dafür wurden Ultraschallmessungen (Durchschallen der Probe) durchgeführt, welche die Bestimmung (dynamischer) gesteinsphysikalischer Kennwerte, wie beispielsweise den Elastizitäts- und Schubmodul und die Querdehnungszahl, erlauben. Dafür wurden sowohl P- als auch S-Wellen von einem Sender durch den Prüfkörper geleitet und durch einen Empfänger aufgezeichnet. Aus den Laufzeiten und den Prüfkörperabmessungen werden die Wellen-Ausbreitungsgeschwindigkeiten berechnet. Anhand der Geschwindigkeiten und Prüfkörperdichten können die dynamische Moduli und die dynamische Poissonzahl abgeleitet werden. Aufgrund möglicher interner Auflockerung bzw. Zerscherungserscheinungen innerhalb der hergestellten Probekörper, war die Bestimmung der dynamisch elastischen Kennwerte in vielen Fällen nicht möglich.

Aufgrund des umfangreichen experimentellen Untersuchungsprogrammes, welches die Durchführung einer Vielzahl von unterschiedlichen Versuchstypen beinhaltet, werden auch unterschiedliche Apparaturen bzw. Messgeräte benötigt. Da diese einen unterschiedlichen Aufbau aufweisen und damit einhergehend abweichende Ansprüche an die Prüfkörper haben, werden im Folgenden die eingesetzten Apparaturen und Methoden separat diskutiert.

Grundsätzlich werden am *IfG* für die Durchführung von Festigkeitsuntersuchungen (Kurzzeitversuche, siehe „Kapitel 2“) zur Bestimmung materialspezifischer Kennwerte zur Beschreibung des Festigkeitsverhaltens, z.B. triaxiale Gesteinsfestigkeit, servo-hydraulische Prüfsysteme eingesetzt, die aufgrund ihrer Steifigkeit und ihrer dynamischen Regelungsart für nahezu alle Gesteinsvarietäten geeignet sind. Die Steuerung der leistungsfähigen Prüfsysteme erfolgt mittels der MTS-System-Software „Teststar“, wobei mittels des Programmmoduls „MPT (MultiPurpose TestWare)“ komplexe Testprozeduren, je nach Versuchsart und -durchführung, programmiert und automatisch durchgeführt werden können.



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 22

## 4.1 Bestimmung der Einaxialen Druckfestigkeit

Zur Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit und der verformungsinduzierten Volumenänderung des Probekörpers (Dilatanz) kam eine RBA2500 – Prüfapparatur des Herstellers Schenck/Trebel zum Einsatz (Abbildung 3). Diese servo-hydraulische Prüfmaschine mit einer maximalen Axiallast von  $F_{\max} = 2500\text{kN}$  eignet sich zur Untersuchung großvolumiger, fester Gesteinsproben da sie aufgrund der eingesetzten Messmittel und der verwendeten Servotechnik als steife Prüfmaschine der Güteklasse 1 klassifiziert ist.

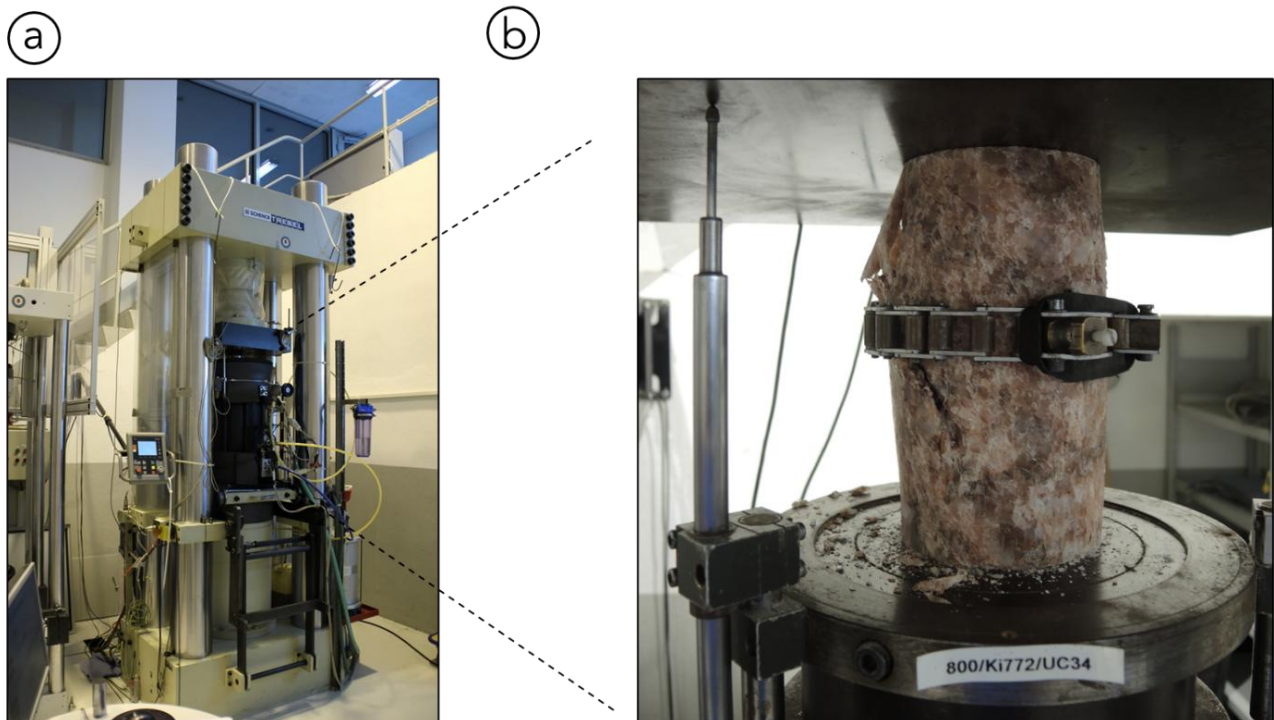


Abbildung 3: (a) Prüfapparatur RBA2500 (Schenck/Trebel) mit (b) deformierter Probe mit angebrachter Gliederkette (zur Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit inkl. Dilatanz).

Zusätzlich zur Aufbringung einer Axialbelastung bzw. -verformung erlaubt dieses Prüfsystem unter Verwendung einer geeigneten Druckkammer, den Prüfkörper mit einem Manteldruck ( $p_c$ ), unabhängig von der Axialspannung, zu beaufschlagen. Da dieses Prinzip allerdings nicht zur Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit notwendig ist, wird in diesem Abschnitt auf eine nähere Beschreibung verzichtet und nur auf Kapitel 4.2 verwiesen.

Die Aufbringung der Belastung in axialer Richtung erfolgt über eine Servohydraulik mittels eines Druckstempels. Die zur Verschiebung des axialen Stempels benötigte Kraft wird dabei mittels einer extern-installierten Kraftmessdose aufgezeichnet. Die axiale Verformung der Prüfkörper (korrigiert für die Systemsteifigkeit der eingesetzten Apparatur) wird über die Verschiebung des Stempels durch den Mittelwert von drei externen induktiven Wegaufnehmern ( $\Delta l = \pm 1\mu\text{m}$ ) ausgegeben (WAK). Diese Wegaufnehmer sind einem Winkel von  $120^\circ$  zueinander angeordnet, um eine maximale Repräsentativität der Längenverformung des Prüfkörpers zu gewährleisten. Die Versuchsdurchführung

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     | Blatt: 23 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |           |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |           |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |           |



erfolgte in Anlehnung an die Empfehlung Nr. 1 des Arbeitskreises Versuchstechnik Fels der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT): *Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsproben* [3].

Bei Bestimmung der Einaxialen Druckfestigkeit ( $\sigma_{\text{UCS}}$ ) der untersuchten Prüfkörper wird die axiale Belastung bei vorgegebener konstanter axialer Verformungsrate ( $\dot{\epsilon} = 1 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ ) so lange gesteigert, bis die Probe versagt bzw. Bruch eintritt. Der Kraft-Wert der während des Probenversagens aufgezeichnet wird, dient anschließend zur Ermittlung der Einaxialen Druckfestigkeit (mit einem relativen Fehler von 1 – 9 %). Aus der Steigung des Entlastungs- bzw. Wiederbelastungsastes der Axialspannungs-Längsdehnungs-Kurve lassen sich an den Sekanten ein Entlastungsmodul und ein Wiederbelastungsmodul bestimmen. Der im mittleren Bereich des Entlastungsastes eines Entlastungs-Wiederbelastungs-Zyklus ermittelte Entlastungsmodul (mit einem relativen Fehler von 1 – 8 %) kommt erfahrungsgemäß dem Elastizitätsmodul des Materials sehr nahe [3]. Die Fahrweise mit einem Entlastungs-Wiederbelastungs-Zyklus dient zur Sicherstellung, dass der Elastizitätsmodul im rein elastischen Verformungsbereich bestimmt wird und mögliche (visko-)plastische Merkmale den Absolutwert nicht verfälschen. Die axiale Spannung ( $\sigma_1$ ) lässt sich als Quotient der aufgezeichneten Kraft über die Querschnittsfläche des Prüfkörpers berechnen [4]:

$$\sigma_1 = F/A \quad (1)$$

mit F = Kraft in axialer Richtung, A = Prüfkörperquerschnittsfläche. Die einaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der ermittelten axialen Spannung ( $\sigma_1$ ) repräsentiert;  $\sigma_{\text{UCS}} = \sigma_{1\text{max}}$ .

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen wurde zusätzlich zur Einaxialen Druckfestigkeit und dem Elastizitätsmodul, die spannungsabhängige (positive) Volumenverformung (Dilatanz, D) bestimmt. Dafür wurde eine mechanische Gliederkette (radial chain extensometer), welche mit induktiven Sensoren (Linear Variable Differential Transformer - LVDT) ausgestattet ist, eingesetzt. Diese wurde vor Versuchsbeginn um den Versuchskörper installiert und erlaubt somit die Messung von Verformungen ( $\epsilon$ ) in radialer Richtung aufgrund axialer Belastung (Abbildung 3). Die Verformung in radialer Richtung und somit resultierende Dilatanz der Probe lässt sich mit folgenden Formeln berechnen:

$$\epsilon_{\text{radial}} = \frac{\Delta l}{d_i \times [\sin(\varphi_i/2) + (\pi - \varphi_i/2) \times \cos(\varphi_i/2)]} \quad (2)$$

$$\varphi_i = 2\pi - \frac{l_c}{(r_s + r)} \quad (3)$$

$$D = \epsilon_{\text{axial}} + 2 \times \epsilon_{\text{radial}} \quad (4)$$

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 24

mit  $\Delta l$  = Abstandsänderung Kettenaufnehmer  $\rightarrow$  Ausgabesignal an Messaufzeichnung,  $d_i$  = Initialer Probendurchmesser,  $l_c$  = Kettenlänge,  $r_s$  = Probenradius,  $r$  = Rollerradius (Kette),  $\epsilon_{axial}$  = axiale Verformung des Prüfkörpers und  $\epsilon_{radial}$  = radiale Verformung des Prüfkörpers.

## 4.2 Bestimmung der Triaxialen Druckfestigkeit

Zur Ermittlung der Dreiaxialen Druckfestigkeit (mit einem relativen Fehler von 1 – 9 %) wird ebenfalls ein servo-hydraulischer Prüfrahm (D2000, GL Test Systems) der Güteklasse 1 eingesetzt (Abbildung 4), welche Axiallasten von maximal  $F = 2000\text{kN}$  erlaubt.

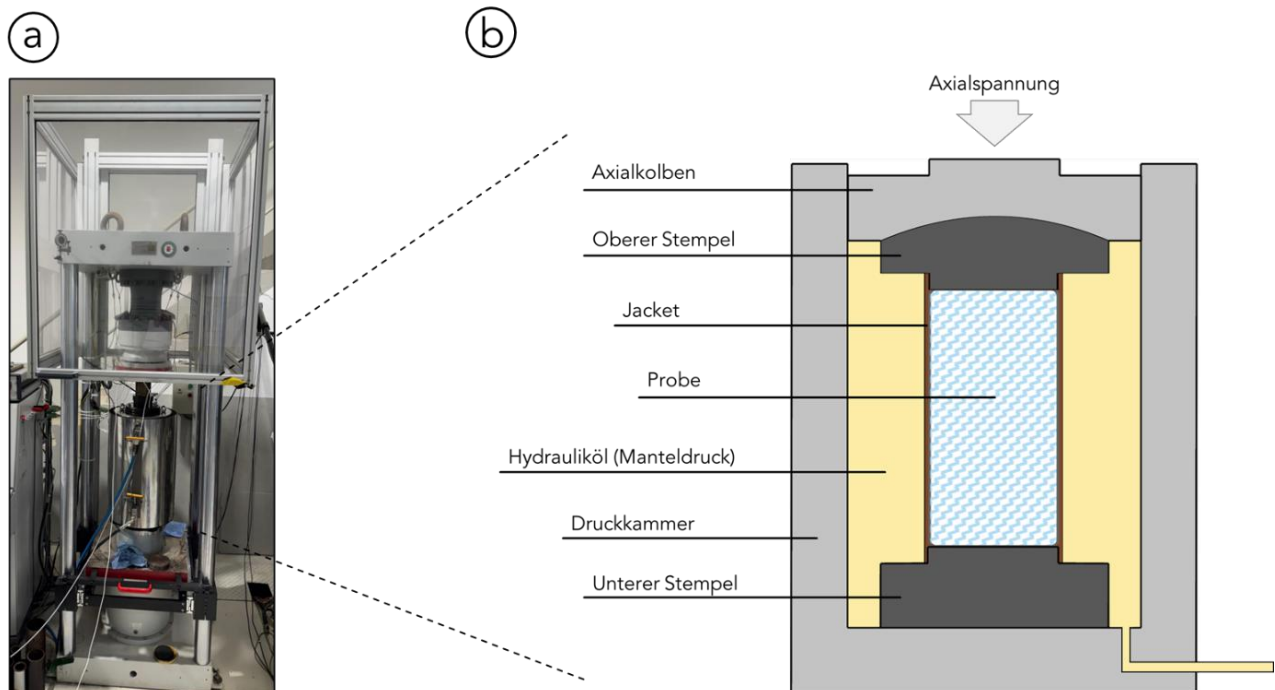


Abbildung 4: (a) Prüfvorrichtung D2000 (GL Test Systems). (b) Schematische Darstellung der eingesetzten Druckkammer zur Realisierung von quasi-in situ Bedingungen.

Mittels einer Druckzelle können routinemäßig triaxiale Festigkeitsuntersuchungen nach dem Kármán-Prinzip [5] ( $\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma_3$ ) durchgeführt werden. Die Axialbelastung oder -verformung und der Manteldruck können jeweils über eine Servo-Hydraulik unabhängig voneinander geregelt werden. Die gewünschte radiale Einspannung ( $\sigma_3 \leq 100\text{ MPa}$ ) wird durch einen Druckübersetzer erzeugt. Bei der Deformationsbewertung wurde berücksichtigt, dass die axiale Spannung auf den im Lastmaximum infolge Querdehnung ausgebildeten Probenquerschnitt A zu beziehen ist, welcher bestimmt wird aus:

$$A = \frac{A_0}{1 - (\Delta h / h_0)} \quad (5)$$

Dabei ist  $A_0$  der Ausgangsquerschnitt der Probe,  $h_0$  ist die Ausgangshöhe der Probe und  $\Delta h$  ist die Stauchung der Probe bis zum Lastmaximum. Die Axialverformung definiert sich über:

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     | Blatt: 25 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |           |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |           |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |           |



$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{h_0 - h}{h_0} \quad (6)$$

wobei h die aktuelle Höhe der Probe ist. Für die auf die aktuelle Querschnittsfläche bezogene wirkende Differenzspannung gilt:

$$\sigma_{diff} = (F/A_0 - \sigma_3) \cdot (1 - \varepsilon_1) \quad (7)$$

Aus der Axialdeformation und der gemessenen Volumenveränderung des lateralen Druckraumes, Kolbenverschiebung des Druckübersetzers, kann bei konstanter Radialspannung die Volumenänderung des Prüfkörpers  $\varepsilon_V$ , bestimmt werden:

$$\varepsilon_V = \frac{\Delta V}{V_0} \quad (8)$$

wobei  $\Delta V$  das aktuelle Probenvolumen und  $V_0$  das Ausgangsprobenvolumen sind. Das aktuelle Probenvolumen  $\Delta V$  lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$\Delta V = \Delta h \cdot A_{PP} - \Delta S_{PI} \cdot A_{PI} \quad (9)$$

Dabei  $\Delta S_{PI}$  ist die axiale Verschiebung des Druckkolbens im Druckübersetzer,  $A_{PI}$  ist die Querschnittsfläche des Druckübersetzerkolbens und  $A_{PP}$  ist die Querschnittsfläche des Probenstempels. Die Messung der radialen Einspannung erfolgt mit einem Druckaufnehmer (Hersteller: Hottlinger/Baldwin) mit einer Genauigkeit von 0,01 MPa. Die Versuchsdurchführung erfolgte verformungsgeregelt mit einer konstanten Verformungsrate von  $\dot{\varepsilon} = 1,0$  bzw.  $2,5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ . Die Axialverformung des Prüfkörpers wird als Verschiebung des Druckstempels, der die Axialbelastung vermittelt, außerhalb der Druckzelle, d.h. nicht am Prüfkörper, als Mittelwert von drei induktiven Wegaufnehmern, die im Winkel von  $120^\circ$  zueinander angeordnet sind, gemessen (WAK). Zur Gewährleistung genauer Messergebnisse insbesondere elastischer Moduli, wie beispielsweise dem Elastizitätsmodul (mit einem relativen Fehler von 1 – 9 %) wurde daher die Systemsteifigkeit der eingesetzten Apparatur bestimmt und diese auf die Messwerte angewendet. Die Kraftmessung erfolgt mit einer Kraftmessdose ebenfalls außerhalb der Druckzelle. Die Versuchstemperatur betrug Raumtemperatur ( $T = 22^\circ\text{C} = 295 \text{ K}$ ). Die Prüfkraft F, der für die triaxiale Einspannung maßgebliche Manteldruck  $\sigma_3$  und die axiale Verformung  $\Delta h$  wurden während der Prüfung rechenstechnisch erfasst und gespeichert. Zur Sicherstellung, dass kein Hydrauliköl in die Poren des Prüfkörpers bei Aufbringung des Manteldruckes gelangen kann, werden die Proben vor dem Einbau in die Prü fzelle mit Jackets (Gummimanschetten) ummantelt.

Anmerkung: Die Versuchsdurchführung erfolgte somit in Anlehnung an die Empfehlung Nr. 2 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. [4].



# **Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht**



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 26

## **4.3 Direkte Bestimmung der Zugfestigkeit**

Für das Einleiten der Zugbelastung wurden Zugplatten stirnseitig auf den Probekörper aufgeklebt, die den Einbau für direkte Haftzugversuche in die Prüfmaschine ermöglichen (Abbildung 5). In vergleichbaren vorangegangenen Untersuchungen am IfG wurde ein 2-Komponentenkleber, ARALDITE AW2011 HW [6], als äußerst geeignet befunden.

Die Probe wurde anschließend zunächst mit der unteren Zugplatte in eine Aufnahme eingeschraubt und die obere Zugplatte mit Hilfe von Schäkeln und Ösen an der Kraftmessdose der Prüfapparatur (SHM 250) befestigt, um eine linear-axiale Belastung zu gewährleisten.

Anschließend wurde gleichzeitig mit Versuchsbeginn die Aufzeichnung der Messdaten wie Kraft, Verformung und Zeit gestartet.

a



b



Abbildung 5: Versuchsaufbau für den direkten Zugversuch der Probe vor Versuchsbeginn (a) und nach Beendigung des Versuches (b).

Mit vorgegebener Verformungsgeschwindigkeit wurde die Probe bis zum Versagen auf Zug belastet (Abbildung 5). Die Belastung erfolgte deformationsgerecht mit einer Verformungsgeschwindigkeit von 0,01 mm/s. Nach Erreichen des Zugbruches, d.h. Überschreiten des Festigkeitsmaximums,  $\triangleq$  Zugfestigkeit (mit einem relativen Fehler von 3 – 7 %) mit deutlichem Festigkeitsabfall, wurde der Versuch beendet und der Zustand der Probe und die Versagensfläche fotografisch dokumentiert.

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 27

## 4.4 Indirekte Bestimmung der Zugfestigkeit

Mit dem eingesetzten Spaltzug-Testverfahren lässt sich die Zugfestigkeit ( $\sigma_t$ ) des untersuchten Gesteins indirekt bestimmen. Ein scheibenförmiger Probekörper wird entlang zweier gegenüberliegenden streifenförmiger Flächen auf der Außenfläche durch Halbschalen belastet. Aufgrund der Geometrie des Versuchsaufbaus pflanzt sich die aufgebrachte Druckkraft keilförmig fort. Dadurch werden in der Mitte des Probekörpers Zugspannungen erzeugt, die zur Bildung eines diametral gegenüberliegenden Risses in der Mitte des Probekörpers führen. Nach der Elastizitätstheorie kann die (indirekte) Zugfestigkeit auf der Grundlage der zur Rissbildung erforderlichen Kraft und der Geometrie der Probe berechnet werden. Die Versuche wurden nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. durchgeführt [1]. Das Verhältnis von Durchmesser zu Länge ( $d/l$ ) der Probekörper lag bei  $d/l \approx 1/1$ . Ein MTS-Prüfsystem (Modell 816) wurde für die Durchführung des Spaltzugversuchs verwendet (Abbildung 6).

(a)



(b)

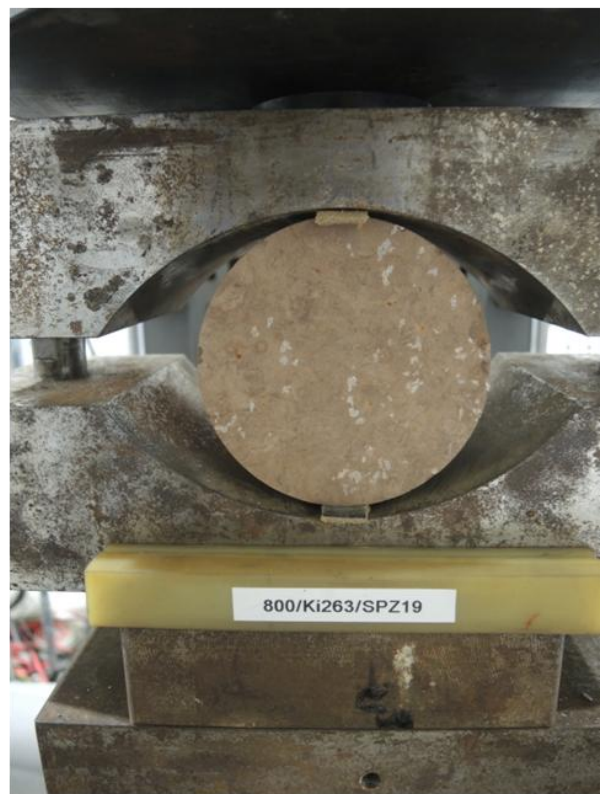


Abbildung 6: (a) Prüfapparatur MTS 816. (b) Eingebaute Probe vor Beginn des indirekten Zugversuchs (Spaltzugversuch).

Mit Hilfe des vertikalen Druckkolbens wurde eine Axialkraft mit einer konstanten Verschiebungsrate von  $\dot{\Delta l} = 0,01 \text{ mm/s}$  aufgebracht. Die resultierende Kraft und der Verformungsweg wurden aufgezeichnet.



# **Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht**



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 28

Die Zugfestigkeit (mit einem relativen Fehler von 2 – 9 %) wurde aus dem Spitzenwert des progressiv ansteigenden Kraftniveaus berechnet, da dieser die Bildung eines Zugbruchs indiziert, welcher die Probe im Moment des Versagens durchquert:

$$\sigma_t = \frac{2 \times F_{max}}{\pi \times d \times l} \quad (10)$$

mit  $F_{max}$  = maximale Kraft beim Bruch,  $d$  = Probendurchmesser und  $l$  = Probendicke (Scheibe).

## **4.5 Bestimmung der rheologischen (Kriech)Eigenschaften**

Die technische Durchführung der Kriechversuche an Salzgesteinen erfolgte entsprechend der Empfehlung des Arbeitskreis Versuchstechnik Fels der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. [7]. Die Versuche unter triaxialer Kompression wurden an Prüfkörpern mit einem Durchmesser von ~40 mm und einer Höhe von ~80 mm durchgeführt. Die eingesetzten mechanischen Hebel-Apparaturen ermöglichen Axiallasten von max. 200 kN. Es wurden Triaxialzellen verwendet, die in einem Druckbereich bis 30 MPa einsetzbar sind (Abbildung 7).

(a)



(b)

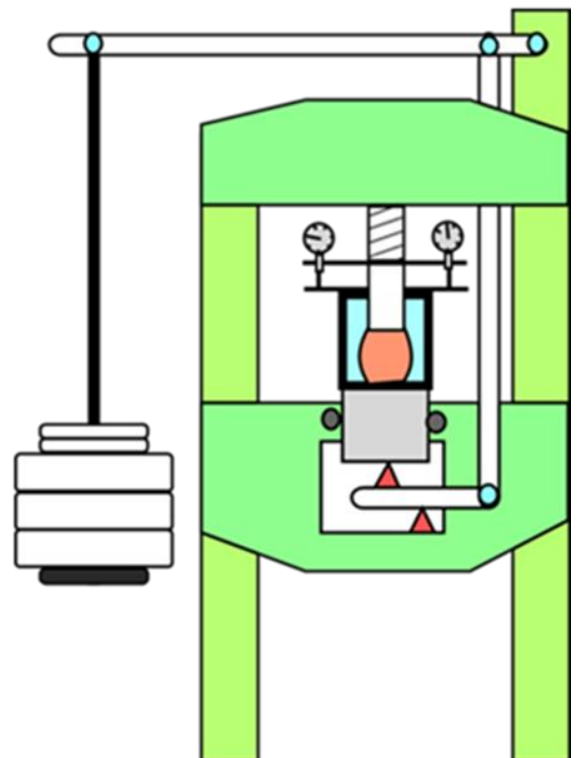


Abbildung 7: (a) Hebel-Kriechprüfapparaturen (Dauerstandsgeräte), (b) Schematische Darstellung einer eingesetzten Apparatur mit Druckkammer zur Realisierung von "quasi"-in situ Bedingungen.

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                                   |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                   |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 29                                                                                                                         |

Für die Erfassung der Verformungsmesswerte wurden drei, um je 120° versetzt angebrachte, Messuhren abgelesen. Bei einer Ablesegenauigkeit von 0,002 mm wird die Verformung der Probe aus dem Mittelwert bestimmt. Der Manteldruck in den Triaxialzellen wurde mit einer Genauigkeit von  $\pm 1\%$  über den Versuchszeitraum konstant gehalten. Die Versuchsdurchführung erfolgte bei erhöhten Temperaturen von  $T = 35^\circ\text{C}$ . Für die Regulierung der Raumtemperatur ( $\pm 1\text{K}$ ) wird eine gesteuerte Raumklimatisierung verwendet.

Die Proben wurden zum Schutz vor dem Druckmedium Öl mit ölresistenten Gummimanschetten dicht ummantelt. Nach Einbau der Prüfkörper in die Triaxialzellen wurde zunächst ein hydrostatisches Spannungsniveau entsprechend dem vorgegebene Manteldruck  $\sigma_3$  eingestellt. Nach einer Standzeit von mehreren Tagen bei hydrostatischem Druck und konstanter Temperatur (Konsolidierungsphase) wurde die Probe durch Lastaufgabe bis zum vorgegebenen Differenzspannungszustand belastet und anschließend konstant gehalten (deviatorische Phase), sodass am Ende der geplanten Kriechversuche eine sich von der aufliegenden Axialspannung abhängig, konstante (sekundäre) Verformungsrate (mit einem relativen Fehler von 1 – 9 %) der Prüfkörper bestimmt werden konnte.

#### 4.6 Bestimmung der Veränderlichkeit

Das Verhalten des Probenmaterials unter Wasserbedeckung für einen Zeitraum von 24 Stunden zur Charakterisierung der Veränderlichkeit erfolgte nach Vorgabe der dazugehörigen DIN – Vorschrift 14689-1, sodass hier auf diese verwiesen wird [8]. Hierfür wurden unbearbeitete Kernstücke für 24h in Wasser gelagert und ihre Wasserempfindlichkeit bzw. äußerliche Veränderungen visuell erfasst und beschrieben.

#### 4.7 Bestimmung der Abrasivität – EXTERN

Die Abrasivität des untersuchten Gesteins wurde mithilfe des etablierten CERCHAR-Verfahrens bestimmt [9]. Dabei wird ein Indexwert (CAI) für die Abrasivität bestimmt, indem ein definierter Prüfstift aus Stahl entlang einer definierten Prüfstrecke unter konstanter Auflast über die Oberfläche eines Probekörpers gezogen wird. Als Maß für die Abrasivität des Probekörpers wird die idealisiert kegelförmige Abnutzung des Prüfstifts gemessen. Die Bestimmung wurde extern von dem Unternehmen *PG - Dr. Plinninger Geotechnik* nach den Vorgaben der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. durchgeführt [10]. Bei diesem Versuchstyp wird der Versuch mehrfach wiederholt (5-fach Bestimmung; siehe Foto rechts unten in Abbildung 2)

#### 4.8 Bestimmung der Mineralogie – EXTERN

Zur Bestimmung der unterschiedlichen Mineralphasen innerhalb des untersuchten Gesteins wurde das Verfahren der Röntgendiffraktometrie (XRD) nach der Rietveld-Methode [11] eingesetzt. Die Identifikation einzelner Mineralphasen beruht auf die Auswertung frei erscheinenden Reflexe der Betastrahlung der Minerale in den Röntgendiffraktogrammen. Die mineralogische Analyse des untersuchten Materials wurde extern durch die Fa. *K-UTEC SALT TECHNOLOGIES* durchgeführt.

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                                   |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                   |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 30                                                                                                                         |

## 5 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen (UC, TC, TCMS, ZV, SZ und TCC) hinsichtlich der Bestimmung gebirgsmechanischer Kennwerte sortiert nach Lithotyp aufgeführt. Zur Gewährleistung einer angebrachten Konsistenz bzw. Übersichtlichkeit und aufgrund der großen Menge an durchgeführten Experimenten wird in den nachfolgenden Kapiteln für jeden Versuchstyp ein repräsentatives Beispiel im Detail gezeigt und anschließend die Ergebnisse aller Versuche in tabellarischer Form dargestellt. Die während der Versuchsdurchführung aufgezeichneten Messwerte aller Einzelversuche sind in ihrer Gesamtheit dem Anhang zu entnehmen.

Anschließend an die separate Betrachtung der einzelnen Lithotypen erfolgt eine zusammenfassende Präsentation der ermittelten Ergebnisse in Kapitel 5.10, um diese besser einordnen zu können.

Die Ergebnisse der Bestimmung von petrologischen und mineralogischen Eigenschaften (VÄ, CAI und XRD) erfolgt hingegen zusammengefasst, um eine bessere Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Die photographische Dokumentation der Proben sowohl vor als auch dem gesteinsmechanischen Experiment befindet sich im Anhang.

Allgemeine Anmerkung: Die Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls erfolgte als Definition der Sekante der Spannungs-Verformungskurve im linearen Bereich. Bei Proben, die sich entweder aufgrund des Materialverhaltens oder der vorliegenden thermodynamischen Randbedingungen bereits bei Versuchsbeginn plastisch verformten, wurde auf die Bestimmung des elastischen Elastizitätsmoduls verzichtet, da diese seiner Definition widersprechen würde. Eine Übersicht hinsichtlich aller durchgeführten Untersuchungen für den jeweiligen Lithotyp ist in Tabelle 3 gegeben.

Tabelle 3: Übersicht der durchgeführten gesteinsmechanischen und petrophysikalischen Untersuchungen

| Lithotyp           | Anzahl der durchgeführten Untersuchungen |    |      |    |    |     |    |     |     |
|--------------------|------------------------------------------|----|------|----|----|-----|----|-----|-----|
|                    | UC                                       | TC | TCMS | ZV | SZ | TCC | VÄ | CAI | XRD |
| SO1                | 6                                        | 8  | 6    | 0  | 8  | 0   | 7  | 7   | 7   |
| SO2                | 5                                        | 8  | 3    | 0  | 4  | 0   | 4  | 5   | 5   |
| SU1                | 5                                        | 10 | 2    | 0  | 8  | 0   | 5  | 5   | 5   |
| SU3                | 6                                        | 2  | 4    | 0  | 7  | 0   | 6  | 5   | 6   |
| Zechstein-Residual | 6                                        | 0  | 6    | 0  | 6  | 0   | 7  | 6   | 6   |
| Steinsalz          | 12                                       | 39 | 0    | 15 | 0  | 21  | /  | /   | /   |
| Roter Salzton      | 2                                        | 8  | 0    | 2  | 0  | 0   | 2  | /   | /   |
| Pegmatitanhydrit   | 1                                        | 3  | 2    | 3  | 0  | 0   | /  | /   | /   |

UC = Einaxialer Druckversuch, TC = Triaxialer Druckversuche, TCMS = Triaxialer Mehrstufen – Druckversuch, ZV = Direkter Zugversuch, SZ = Spaltzugversuch – Indirekter Zugversuche, TCC = Triaxialer (Druck)Kriechversuche, VÄ = Veränderlichkeit, CAI = Abrasivitätsindex, XRD = Mineralogie

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

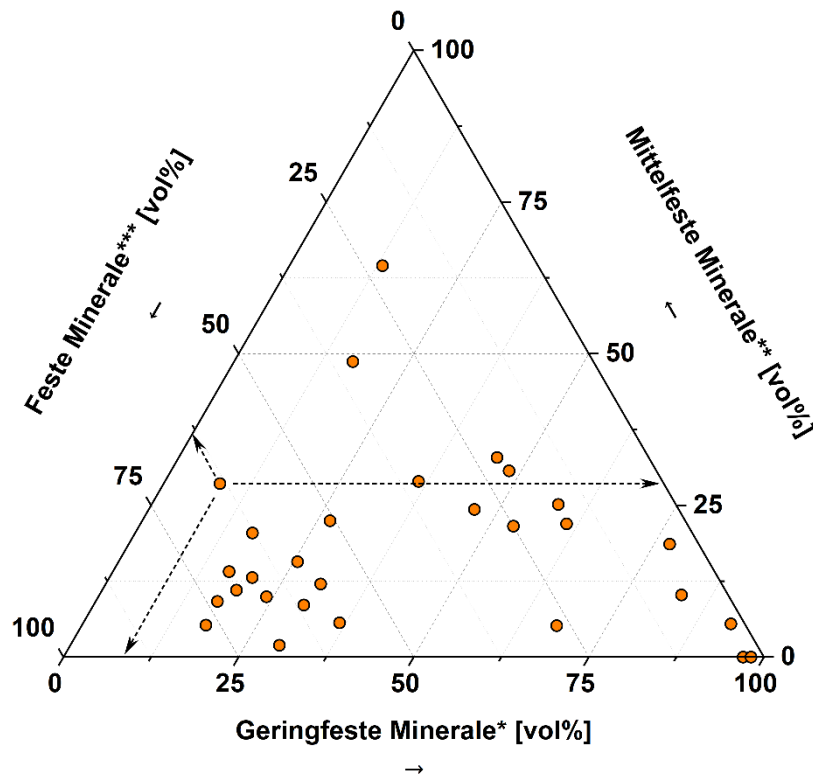
Blatt: 31

## 5.1 Mineralogische Zusammensetzung, Veränderlichkeit und Abrasivität

### 5.1.1 Mineralogie

Aufgrund der regionalgeologischen Historie beschränkt sich die Bestimmung der mineralogischen Zusammensetzung auf das Probenmaterial des Deckgebirges, da hier eine erhöhte Variabilität erwartet wird, während die Proben aus dem Salinar erfahrungsgemäß [Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.](#) prinzipiell sehr homogen in Bezug auf dessen mineralogische Zusammensetzung angesehen werden.

Die Ergebnisse der Röntgendiffraktometrie bestätigen diese Vermutung und weisen auf eine stark variierende Zusammensetzung des Probenmaterials hin (Abbildung 8, Tabelle 4).



| *        | **       | ***       |
|----------|----------|-----------|
| Gips     | Dolomit  | Quarz     |
| Muskovit | Halit    | Albit     |
| Chamosit | Calcit   | Orthoklas |
| Bassanit | Magnesit | Hämatit   |

Abbildung 8: Ternäre Darstellung der mineralogischen Zusammensetzung der untersuchten Proben.

Tabelle 4: Übersicht mineralogische Zusammensetzung (qualitativ und quantitative Angabe; in Volumenprozentprozent)

| #  | Teufe  | Lit | Gi     | Do | Qu | Mu | Ch | Al | Or | Ha | Hä | An | Ca | Anh | Ba | Mi | Ma |
|----|--------|-----|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
|    | [m]    |     | [vol%] |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 1  | 29,10  | SO2 | 72     | 19 | 1  | 4  | 1  | 1  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 2  | 31,06  | SO2 | 91     | 5  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 3  | 35,65  | SO1 | 32     | 24 | 13 | 11 | 4  | 7  | 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 4  | 50,70  | SO1 | 46     | 20 | 6  | 7  | 1  | 7  | 12 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 5  | 63,40  | SO1 | 48     | 20 | 6  | 10 | 3  | 5  | 6  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 6  | 72,50  | SO1 | 47     | 23 | 3  | 8  | 2  | 3  | 10 | 2  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 7  | 82,70  | SO1 | 38     | 28 | 6  | 8  | 2  | 3  | 12 | 2  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 8  | 97,20  | SO2 | 80     | 10 | 2  | 2  | 1  | 1  | 4  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 9  | 102,68 | SO2 | 41     | 33 | 8  | 4  | 1  | 4  | 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 10 | 105,49 | SO2 | 97     | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 11 | 111,54 | SO1 | 55     | 5  | 11 | 8  | 4  | 6  | 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 12 | 125,44 | SO1 | 30     | 2  | 44 | 0  | 0  | 6  | 18 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 13 | 156,70 | SU1 | 0      | 29 | 25 | 5  | 3  | 25 | 13 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 14 | 174,62 | SU1 | 21     | 12 | 25 | 7  | 3  | 18 | 13 | 0  | 2  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 15 | 209,82 | SU1 | 0      | 13 | 21 | 15 | 6  | 24 | 19 | 0  | 3  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 16 | 242,15 | SU1 | 7      | 5  | 20 | 13 | 4  | 19 | 12 | 0  | 2  | 12 | 5  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 17 | 257,64 | SU1 | 3      | 3  | 20 | 10 | 4  | 25 | 14 | 0  | 2  | 12 | 7  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 18 | 265,91 | SU3 | 9      | 16 | 20 | 12 | 5  | 26 | 9  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev |           |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNNAAANN         | AAANNNA    | AAANN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  | Blatt: 32 |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |           |



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG



| #  | Teufe  | Lit | Gi     | Do | Qu | Mu | Ch | Al | Or | Ha | Hä | An | Ca | Anh | Ba | Mi | Ma |
|----|--------|-----|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
|    | [m]    |     | [vol%] |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
| 19 | 352,21 | SU3 | 0      | 19 | 22 | 12 | 5  | 22 | 15 | 0  | 3  | 0  | 2  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 20 | 372,05 | SU3 | 0      | 8  | 27 | 11 | 8  | 20 | 18 | 0  | 4  | 0  | 3  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 21 | 387,71 | SU3 | 0      | 10 | 23 | 11 | 6  | 28 | 15 | 4  | 3  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 22 | 404,70 | SU3 | 0      | 2  | 20 | 12 | 6  | 30 | 17 | 0  | 3  | 7  | 3  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 23 | 423,30 | SU3 | 27     | 9  | 23 | 2  | 1  | 29 | 9  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  |
| 24 | 430,91 | Z   | 97     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2   | 1  | 0  | 0  |
| 25 | 436,14 | Z   | 29     | 0  | 35 | 5  | 2  | 5  | 0  | 6  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0  | 17 | 0  |
| 26 | 442,12 | Z   | 17     | 0  | 19 | 14 | 5  | 0  | 0  | 29 | 3  | 0  | 0  | 0   | 0  | 12 | 0  |
| 27 | 465,95 | Z   | 2      | 0  | 13 | 7  | 4  | 0  | 0  | 59 | 2  | 0  | 0  | 0   | 0  | 7  | 5  |
| 28 | 469,30 | Z   | 2      | 1  | 14 | 9  | 6  | 0  | 0  | 46 | 3  | 0  | 0  | 14  | 0  | 3  | 1  |
| 29 | 475,03 | T   | 0      | 0  | 26 | 18 | 9  | 0  | 0  | 22 | 5  | 0  | 0  | 6   | 0  | 13 | 0  |

# = Probe, Lit = Lithotyp, Z = Z-Residual, Gi = Gips, Do = Dolomit, Qu = Quarz, Mu = Muskovit, Ch = Chamosit, Al = Albit, Or = Orthoklas, Ha = Halit, Hä = Hämatit, An = Analcim, Ca = Calcit, Anh = Anhydrit, Ba = Bassanit, Mi = Mikroklin, Ma = Magnesit, vol% = Gewichtsprozent

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 33 |                                                                                                                                |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AAANN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |           |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |           |                                                                                                                                |  |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                                   |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                   |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 34                                                                                                                         |

Bei Betrachtung der mineralogischen Zusammensetzung in Form eines ternären Diagrammes, in dem die einzelnen Mineralphasen in geringfest (Gips, Muskovit, Chamosit, Bassanit), mittelfest (Dolomit, Halit, Calcit, Magnesit) und fest (Quarz, Albit, Orthoklas, Hämatit, Analcim, Anhydrit, Mikrolin) kategorisiert sind, fällt auf, dass die Proben hauptsächlich aus festen und schwachen Mineralen bestehen, während mittelfeste Phasen relativ selten (außer einer Ausnahme, weniger als 50 Gewichtsprozent) vorkommen. Zusätzlich erscheint es, dass Proben aus einer höheren Teufenlage (z > 150m) eher aus festen Mineralen bestehen. Das Gesteinsmaterial aus einer geringeren Teufe hingegen zeigt häufiger das Vorkommen von schwachen Bestandteilen.

Anmerkung: Die Kategorisierung der unterschiedlichen Mineralphasen erfolgte lediglich unter Rücksichtnahme der Festigkeit der einzelnen Minerale und erlaubt keinen direkten Bezug auf die tatsächliche Festigkeit des Materials als Ganzes. Die Mineralogie ist in Volumenprozent angegeben, nach Umrechnung von Gewichtsprozent mithilfe der Reindichten der einzelnen Minerale [12]. Auf die Angabe in Gewichtsprozent wird hier verzichtet, da diese weniger aussagekräftig bei der Bestimmung von gebirgsmechanischen Kennwerten (z.B. Festigkeit) ist, da so der Porenraum vernachlässigt werden würde.

### 5.1.2 Veränderlichkeit

Gemäß DIN EN ISO 14689-1.[8] wurde zur Bestimmung der Veränderlichkeit das Gesteinsmaterial für 24 Stunden vollständig in Wasser gelagert und nachfolgend eine Beurteilung vorgenommen, wobei diese in fünf unterschiedliche Grade eingeteilt wurde. Im Allgemeinen wird ein sich nicht verändertes Material mit dem „Grad 1“ beschrieben. „Grad 2“ und „Grad 3“ beschreiben ein sich veränderndes Material, während ein sich stark veränderliches Gestein durch den „Grad 4“ und „Grad 5“ beschrieben wird.

Ein Beispiel für ein sich stark veränderndes Gestein („Grad 5“) ist in Abbildung 9 dargestellt. Aufgrund des starken Löseverhalten des Probenmaterials aus dem Salinar, wäre die Bestimmung der Veränderlichkeit in diesem Falle nicht zielführend. Aus diesem Grund beschränkt sich die Bestimmung der Veränderlichkeit auch auf Kernmaterial aus dem Deckgebirge. Abhängigkeit von der Zugehörigkeit hinsichtlich des Lithotyps zeigt das untersuchte Gesteinsmaterial eine sich sehr variierende Veränderlichkeit (Abbildung 10). Während Gesteinsmaterial vom Lithotyp SO1 und SO2 eine sehr geringe Veränderlichkeit bzw. teilweise gar keine Veränderlichkeit aufweisen, ist das Probenmaterial vom Lithotyp SU1, SU3 wesentlich stärker durch den Einfluss von Wasser verändert. Gestein vom Lithotyp Zechstein-Residual (Z-Residual) und Roter Salzton sind besonders sensitiv gegenüber dem Untertauchen in Wasser.

Bei Betrachtung der Veränderlichkeit des untersuchten Probenmaterials erscheint es, dass mit zunehmender Teufe, das Material mehr dazu tendiert sich durch den äußeren Einfluss von Wasser zu verändern (Abbildung 10). Eine detaillierte Übersicht, die eine genaue Beschreibung jeder durchgeführten Untersuchung hinsichtlich der Veränderlichkeit beinhaltet, ist in Tabelle 5 gegeben.

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 35

(a)

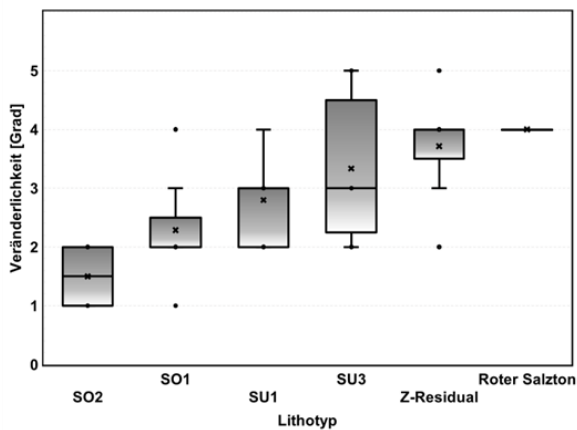


(b)



Abbildung 9: (a) Probenmaterial bevor und (b) nach der Bestimmung der Veränderlichkeit.

(a)



(b)

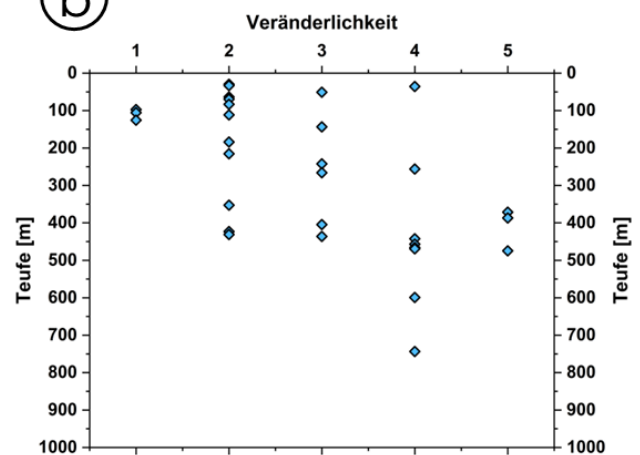


Abbildung 10: (a) Veränderlichkeit (Grad) der untersuchten Lithotypen; zusätzlich als Darstellung in Abhängigkeit von der Teufe (b)

### Tabelle 5: Übersicht Veränderlichkeit

| Probe | Teufe  | Litho-<br>typ | VÄ     | Zustand                                          | Zustand                                                                                                     |
|-------|--------|---------------|--------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | [m]    |               | [Grad] | [davor]                                          | [danach]                                                                                                    |
| VÄ1   | 29,70  | SO2           | 2      | intakt, fest, keine Risse                        | grobe Ablösung, Oberfläche stark angelöst (schmierig)                                                       |
| VÄ2   | 33,00  | SO2           | 2      | intakt, keine Risse                              | wenige feine Ablösungen, Oberfläche fast unverändert                                                        |
| VÄ3   | 35,70  | SO1           | 4      | Risse vorhanden, dennoch fest                    | Risse geweitet, große Brocken gelöst, zerfällt bereits nach 4 Stunden - nach 24 h zerfallen                 |
| VÄ4   | 51,00  | SO1           | 3      | Risse vorhanden                                  | Risse geweitet, entlang von Klüften zerfallen, feine Rückstände im Wasser                                   |
| VÄ5   | 63,60  | SO1           | 2      | intakt, keine Risse                              | Bröckeln von Teilen der Oberfläche, dabei Beschaffenheit der Oberfläche fast unverändert, keine Rissbildung |
| VÄ6   | 69,70  | SO1           | 2      | intakt, keine Risse                              | wenig feine Ablösungen, Oberfläche kaum verändert                                                           |
| VÄ7   | 83,20  | SO1           | 2      | knetbare Oberfläche, keine Risse                 | Ablösung von erbsengroßen Teilchen der Oberfläche entlang von dünnen Rissen, Oberfläche sehr schmierig      |
| VÄ8   | 97,27  | SO2           | 1      | intakt, keine Risse                              | keine Rissbildung, Oberfläche unverändert wenige Ablösung von Pulver                                        |
| VÄ9   | 105,52 | SO2           | 1      | intakt, fest, keine Risse                        | keine Rissbildung, Oberfläche unverändert keine Ablösung im Wasser                                          |
| VÄ10  | 111,58 | SO1           | 2      | intakt, fest, geklüftet, keine Risse             | einige Risse am Rand und feinkörniges Bröckeln Oberfläche unverändert                                       |
| VÄ11  | 125,55 | SO1           | 1      | intakt, Oberfläche bröselig, keine Risse, feucht | keine Rissbildung, Oberfläche unverändert kaum Ablösungen                                                   |
| VÄ12  | 143,60 | SU1           | 3      | intakt, fest, feuchte schmierige Oberfläche      | starke Rissbildung entlang der Schichtung schmierige Oberfläche, Zerfall in große Teilstücke                |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.Nr. | Rev | Blatt: 36 |                                                                                                                                |  |
| NAAAN                                                                                             | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AAANN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |           |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |           |                                                                                                                                |  |

| Probe | Teufe  | Litho-<br>typ | VÄ     | Zustand                                                       | Zustand                                                                                                    |
|-------|--------|---------------|--------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | [m]    |               | [Grad] | [davor]                                                       | [danach]                                                                                                   |
| VÄ13  | 184,05 | SU1           | 2      | intakt, fest, Kluft an einer Seite erkennbar, keine Risse     | Bildung eines großen Risses, Oberfläche unverändert wenig Ablösung von Feinmaterial                        |
| VÄ14  | 215,53 | SU1           | 2      | intakt, fest, keine Risse / Klüfte erkennbar                  | Ablösung von 1 Teilstück beim Herausnehmen teilweise Rissbildung, Oberfläche kaum verändert                |
| VÄ15  | 242,20 | SU1           | 3      | intakt, fest, homogen, keine Risse                            | starke Rissbildung (6 Risse), Oberfläche kaum verändert                                                    |
| VÄ16  | 256,03 | SU1           | 4      | rissig, teilweise bröselig, Oberfläche Abrieb mit Fingernagel | Probe zerfällt beim Herausnehmen, Oberfläche bröckelt                                                      |
| VÄ17  | 266,10 | SU3           | 3      | fest, rissig, Oberfläche intakt                               | Probe zerfällt teilweise (Abbröckeln kleiner Stücke) Risse geweitet, Oberfläche kaum verändert             |
| VÄ18  | 352,56 | SU3           | 2      | leicht feucht, fest, keine Risse/Schichtung erkennbar         | Oberfläche teilweise rissig, wenig feiner Abrieb im Wasser verbleibend                                     |
| VÄ19  | 371,46 | SU3           | 5      | bröselig, rissig, Schichtung erkennbar                        | nach 2 h starke Verfärbung des Wassers, Probe vollständig zerfallen (erbsengroßes und feineres Material    |
| VÄ20  | 387,01 | SU3           | 5      | bröselig, stark rissig, viel Ablösung bereits beim Wässern    | nach 2 h starke Verfärbung des Wassers (nach 24 h unten abgesetzt) - Probe in erbsengroße Stücke zerfallen |
| VÄ21  | 404,41 | SU3           | 3      | Probe leicht feucht, Risse erkennbar, Schichtung vorhanden    | Risse geweitet, viel feiner Abrieb im Wasser, Oberfläche unverändert                                       |
| VÄ22  | 423,25 | SU3           | 2      | fest, Oberfläche intakt, keine Risse                          | breite Risse gebildet, wenig Abrieb im Wasser verbleibend                                                  |
| VÄ23  | 430,95 | Z-Residual    | 2      | fest, keine Risse, Oberfläche nicht ritzbar                   | fest, keine Risse, Oberfläche nicht ritzbar                                                                |
| VÄ24  | 436,18 | Z-Residual    | 3      | fest, keine Risse, Oberfläche ritzbar mit Fingernagel         | viel Abrieb im Wasser verbleibend, heftige Rissbildung, teilweise zerfallen, schlierige Oberfläche         |

| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                  |            |           |         |    |         |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Projekt</b>                                                                                            | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev                                                                                                                                 | <b>Blatt: 37</b> |
| <b>NAAN</b>                                                                                               | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN                                                                                                                                  |                  |
| <b>9A</b>                                                                                                 | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00                                                                                                                                  |                  |

| Probe | Teufe  | Litho-<br>typ    | VÄ     | Zustand                                                                     | Zustand                                                                                                                                               |
|-------|--------|------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | [m]    |                  | [Grad] | [davor]                                                                     | [danach]                                                                                                                                              |
| VÄ25  | 442,50 | Z-Resi-<br>dual  | 4      | fest, viele Risse erkennbar,<br>Oberfläche ritzbar mit Finger-<br>nagel     | viel Abrieb im Wasser verbleibend, Rissbildung, Probe<br>fast vollständig zerfallen                                                                   |
| VÄ26  | 456,73 | Z-Resi-<br>dual  | 4      | knetbar, weiches Material,<br>Oberfläche leicht ritzbar, erd-<br>feucht     | Probe zerfällt teilweise, Oberfläche kaum verändert, wal-<br>nuss-große Ablösungen, Aufweichung und Knetbarkeit<br>verstärkt, Rot-färbung des Wassers |
| VÄ27  | 466,00 | Z-Resi-<br>dual  | 4      | knetbar, keine Risse, Oberflä-<br>che ritzbar mit Fingernagel,<br>erdfeucht | heftige Rissbildung, erbsengroßer Abrieb, Probe nicht voll-<br>ständig entnehmbar                                                                     |
| VÄ28  | 469,35 | Z-Resi-<br>dual  | 4      | graue Färbung, fest, Oberflä-<br>che schlierig, erdfeucht                   | viel Ablösung im Wasser verbleibend, Rissbildung ver-<br>stärkt                                                                                       |
| VÄ29  | 474,8  | Z-Resi-<br>dual  | 5      | fest, Oberfläche intakt                                                     | Probe sehr rissig, vollständig in kirschgroße Brocken zer-<br>fallen                                                                                  |
| VÄ30  | 743,5  | Roter<br>Salzton | 4      | fest, feine Risse erkennbar, in-<br>takte Oberfläche                        | Probe zerfallen, Bröckeln der gesamten Oberfläche                                                                                                     |
| VÄ31  | 599,2  | Roter<br>Salzton | 4      | fest, keine Risse aber Kluft<br>mittig erkennbar                            | Probe zerfallen, an der Kluft geteilt, Ablösung kirschkern-<br>großer Teile                                                                           |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.Nr. | Rev | Blatt: 38 |                                                                                                                                |  |
| NAAAN                                                                                             | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AAANN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |           |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |           |                                                                                                                                |  |



| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                               | Blatt: 39 |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                |           |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                |           |

### 5.1.3 Abrasivität

Die Untersuchung der Abrasivität beschränkte sich ebenfalls auf Probenmaterial aus dem Deckgebirge, da besonders hier teilweise sehr harte and abrasive Bestandteile bzw. Minerale, wie beispielsweise Quarz, erwartbar sind. Die Ergebnisse zeigten allerdings, dass die Abrasivität aller untersuchten Lithotypen „extrem gering“ bzw. „sehr gering“ war (Abbildung 11) und nur in zwei Ausnahmefällen, dem Material vom Lithotyp SO1 und SU1 eine niedrige respektive mittlere Abrasivität nachgewiesen werden konnte. Ein Zusammenhang zwischen bestimmter Abrasivität und Teufe konnte nicht festgestellt werden. Eine detaillierte Übersicht, welche sowohl die Teufe, den Lithotyp, den Index und die Klassifizierung alleruntersuchten Proben beinhaltet, ist in Tabelle 6 aufgeführt.

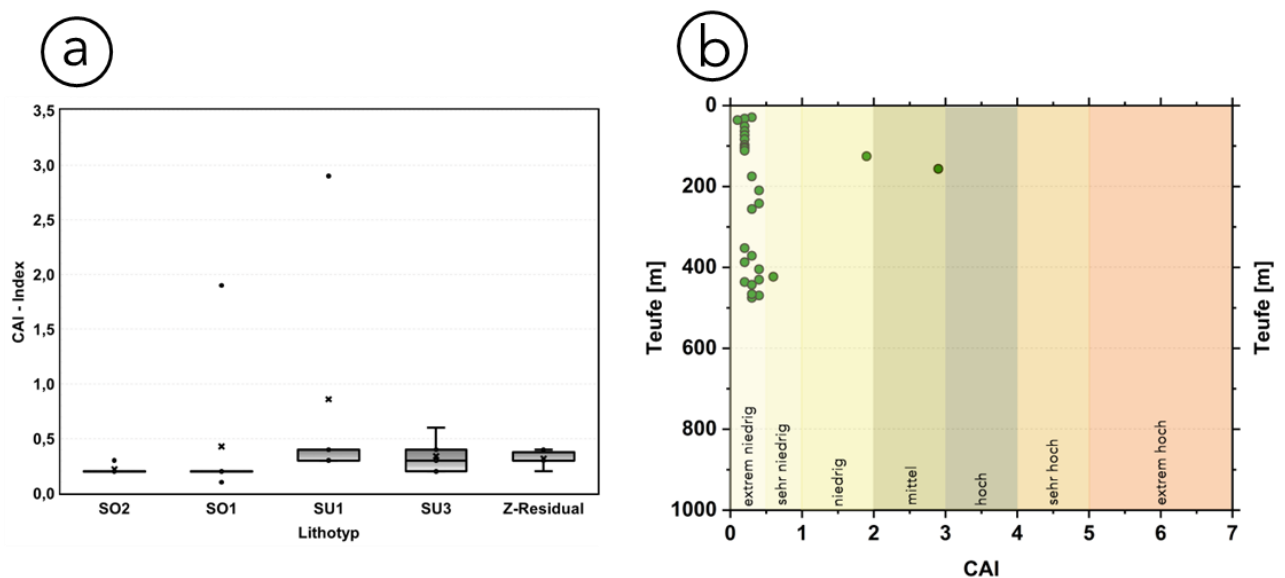


Abbildung 11: (a) Abrasivitätsindex (CAI) der untersuchten Lithotypen; zusätzlich als Darstellung in Abhängigkeit von der Teufe (b)

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                               |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                |

Blatt: 40

Tabelle 6: Übersicht Abrasivität [9]

| Probe | Teufe  | Lithotyp   | Wert | Klassifizierung |
|-------|--------|------------|------|-----------------|
|       | m      |            |      |                 |
| 1     | 29,10  | SO2        | 0,3  | extrem niedrig  |
| 2     | 32,40  | SO2        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 3     | 35,90  | SO1        | 0,1  | extrem niedrig  |
| 4     | 51,15  | SO1        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 5     | 63,05  | SO1        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 6     | 72,90  | SO1        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 7     | 83,35  | SO1        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 8     | 97,40  | SO2        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 9     | 102,72 | SO2        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 10    | 105,57 | SO2        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 11    | 111,64 | SO1        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 12    | 125,47 | SO1        | 1,9  | niedrig         |
| 13    | 156,65 | SU1        | 2,9  | mittel          |
| 14    | 175,10 | SU1        | 0,3  | extrem niedrig  |
| 15    | 209,85 | SU1        | 0,4  | extrem niedrig  |
| 16    | 241,90 | SU1        | 0,4  | extrem niedrig  |
| 17    | 255,99 | SU1        | 0,3  | extrem niedrig  |
| 18    | 352,29 | SU3        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 19    | 371,27 | SU3        | 0,3  | extrem niedrig  |
| 20    | 387,23 | SU3        | 0,2  | extrem niedrig  |
| 21    | 404,62 | SU3        | 0,4  | extrem niedrig  |
| 22    | 423,20 | SU3        | 0,6  | sehr niedrig    |
| 23    | 430,42 | Z-Residual | 0,4  | extrem niedrig  |
| 24    | 436,07 | Z-Residual | 0,2  | extrem niedrig  |
| 25    | 442,90 | Z-Residual | 0,3  | extrem niedrig  |
| 26    | 469,45 | Z-Residual | 0,4  | extrem niedrig  |
| 27    | 475,18 | Z-Residual | 0,3  | extrem niedrig  |
| 28    | 466,30 | Z-Residual | 0,3  | extrem niedrig  |

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 41

## 5.2 Lithotyp SO1

### 5.2.1 Einaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden sechs einaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SO1 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 12 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die Entwicklung der radialen und volumetrischen Verformung mit zunehmender axialer Spannung ersichtlich. Die einaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{UCS} = 2,15 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 4,07 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der volumetrischen Verformung fällt auf, dass ab einem axialen Spannungslevel von  $\approx 1,2 \text{ MPa}$  Dilatanz auftritt, da sich hier ein Scheitelpunkt befindet. Die Werte für die einaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotypen SO1 befinden sich zwischen  $\sigma_{UCS} = 2,15 - 33,18 \text{ MPa}$  respektive  $E = 1,14 - 20,90 \text{ GPa}$  (Abbildung 43, Tabelle 7).

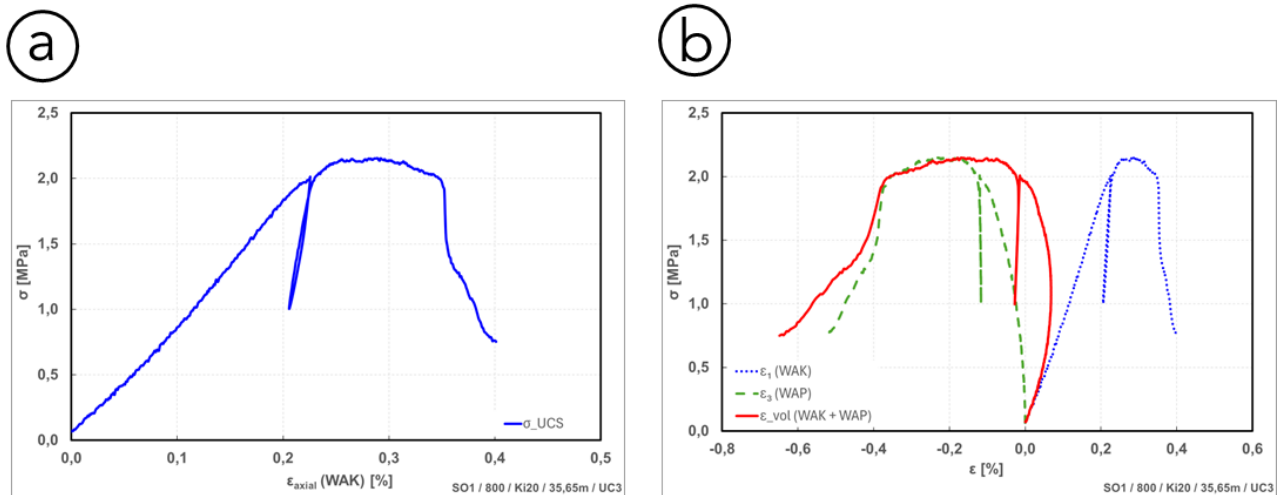


Abbildung 12: SO1 – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung im einaxialen Druckversuch

### 5.2.2 Triaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden acht dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SO1 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 13 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die volumetrische Verformung der Probe (graue Dilatanzkurve) ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 3,67 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 1,2 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der Volumenänderung der Probe fällt auf, dass nach anfänglicher Kompaktion, das Probenvolumen aufgrund von spannungsinduzierter Rissbildung (Dilatanz) wieder zunimmt (Scheitelpunkt der Dilatanzkurve). Dieser Übergang findet bei einer axialen Verformung von etwa  $0,2 \text{ \%}$  statt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SO1 befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 3,67 - 17,15 \text{ MPa}$  respektive  $E = 0,6 - 9,2 \text{ GPa}$  (Abbildung 45, Tabelle 8).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 42

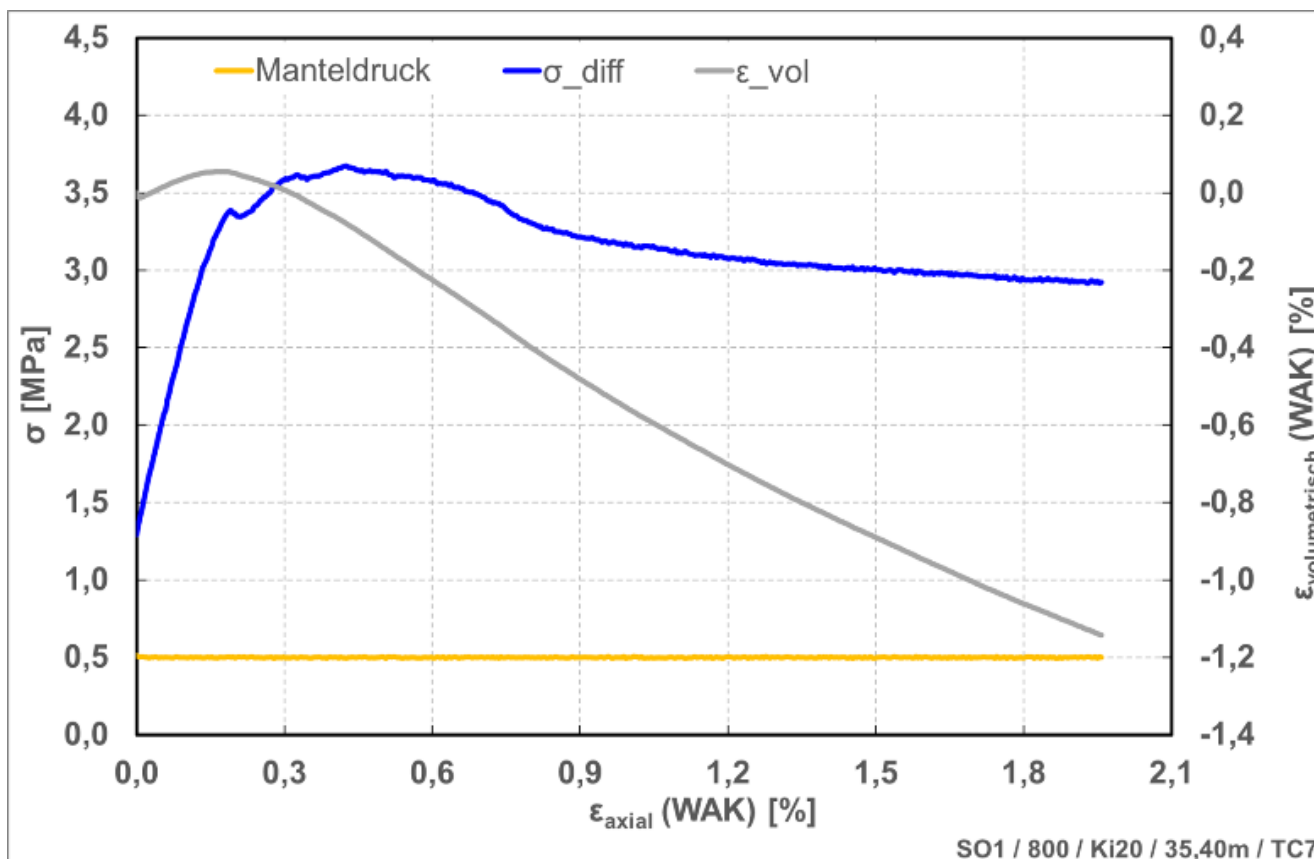


Abbildung 13: SO1 – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanzverhalten im triaxialen Druckversuch – hier bei beispielsweise 0,5 MPa Einspannung (Manteldruck)

### 5.2.3 Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche

Insgesamt wurden sechs dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SO1 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 14 gegeben. Aus dieser werden auch die unterschiedlichen Manteldruckstufen, hier 1; 3 und 7 MPa, ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit für jede einzelne Manteldruckstufe wird durch den jeweiligen Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{\text{TCS}}$  = 8,48; 15,91 und 24,79 MPa, repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul innerhalb der letzten Manteldruckstufe wurde ein Wert von  $E = 5,09$  GPa bestimmt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SO1 befinden sich zwischen  $\sigma_{\text{TCS}} = 4,29 - 25,65$  MPa respektive  $E = 0,95 - 11,32$  GPa. Unter Anwendung des Bruchkriterium nach Mohr-Coulomb [13] wurde ein Reibungswinkel von  $\varphi = 35^\circ$  und eine Kohäsion von 1,75 MPa bestimmt (Abbildung 46, Tabelle 9).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

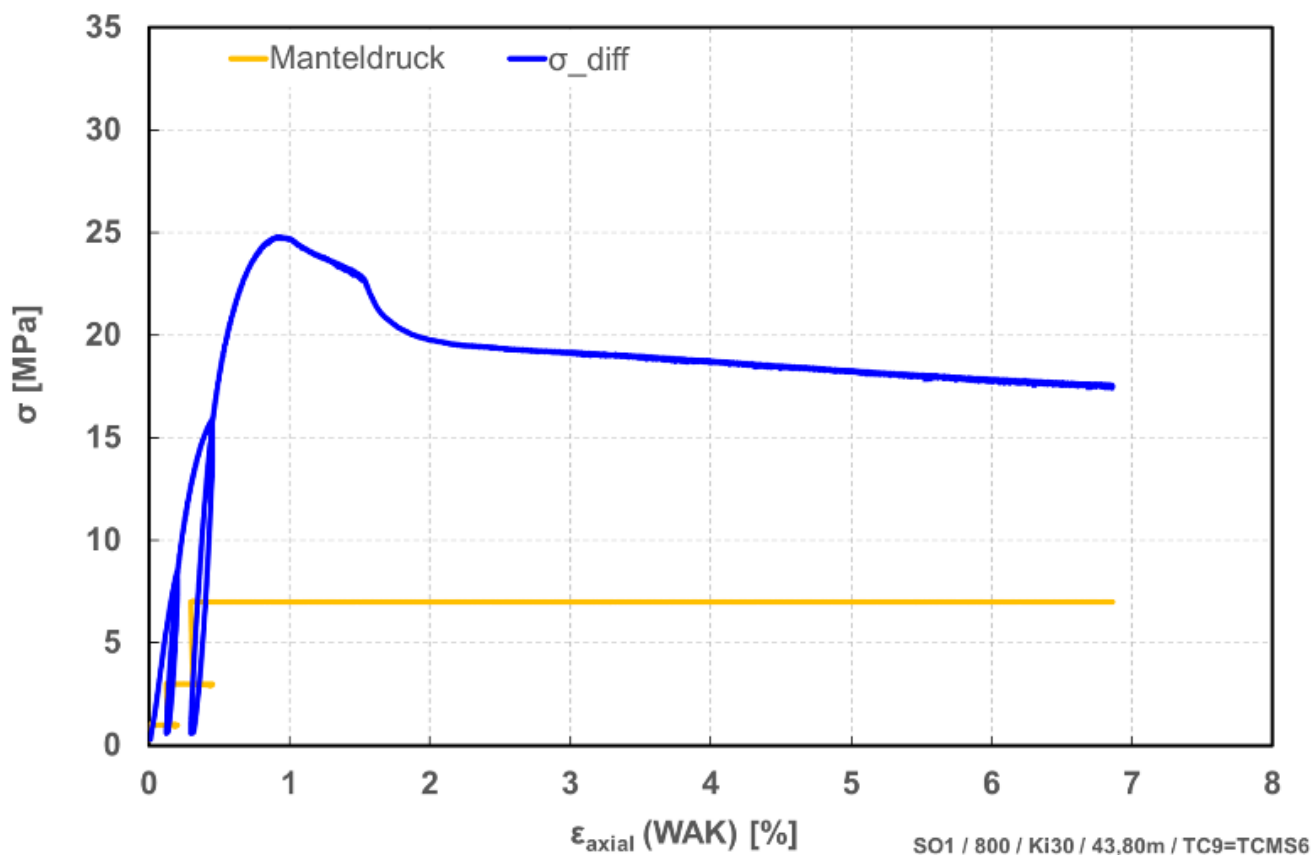


Abbildung 14: SO1 – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm eines beispielhaften triaxialen Mehrstufen-Druckversuchs; hier bei 1,0/3,0/7,0 MPa Einspannung (Manteldruck)

#### 5.2.4 Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche

Insgesamt wurden acht Spaltzugversuche (indirekte Zugversuche; BRAZILIAN-Tests) an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SO1 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve in Abbildung 15 gegeben. Die Zugfestigkeit wird durch den ersten Maximalwert der aufgezeichneten Spannung vor Abfall, hier  $\sigma_t = 0,64$  MPa, repräsentiert. Die Werte für die Zugfestigkeit für den Lithotypen SO1 befinden sich zwischen  $\sigma_t = 0,13 - 1,14$  MPa (Abbildung 50, Tabelle 11).

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 44

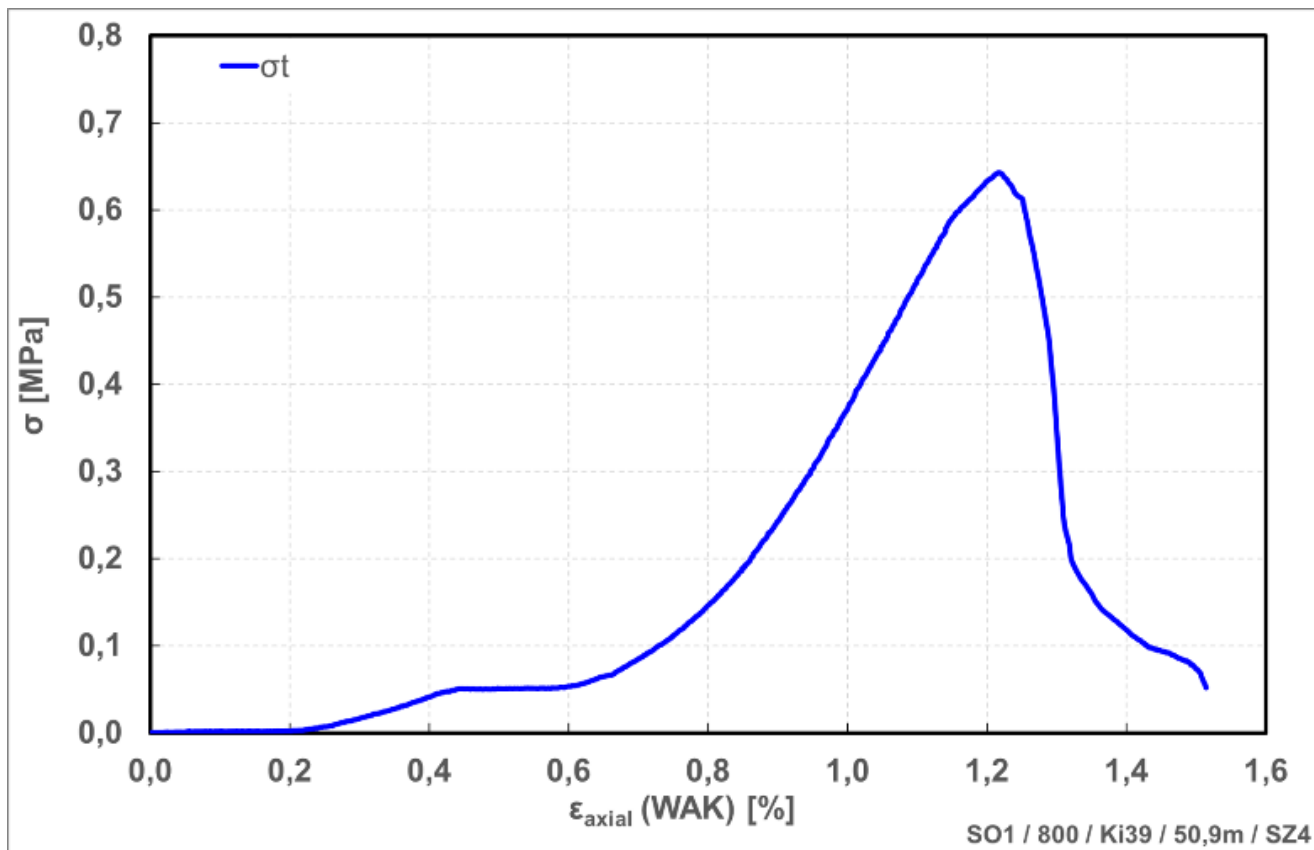


Abbildung 15: SO1 – SZ - Spannungs-Verformungsdiagramm im indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch

## 5.3 Lithotyp SO2

### 5.3.1 Einaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden fünf einaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SO2 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 16 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die Entwicklung der radialen und volumetrischen Verformung mit zunehmender axialer Spannung ersichtlich. Die einaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{UCS} = 9,73 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 13,71 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der volumetrischen Verformung fällt auf, dass ab einem axialen Spannungslevel von  $\approx 9 \text{ MPa}$  Dilatanz auftritt, da sich hier ein Scheitelpunkt befindet. Die Werte für die einaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SO2 befinden sich zwischen  $\sigma_{UCS} = 3,86 - 28,04 \text{ MPa}$  respektive  $E = 6,37 - 28,96 \text{ GPa}$  (Abbildung 43, Tabelle 7).



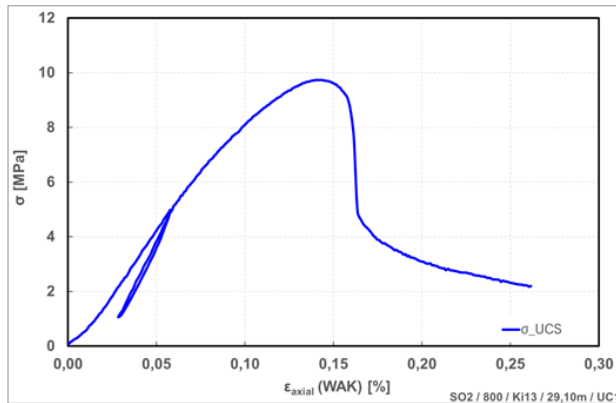
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 45

a



b

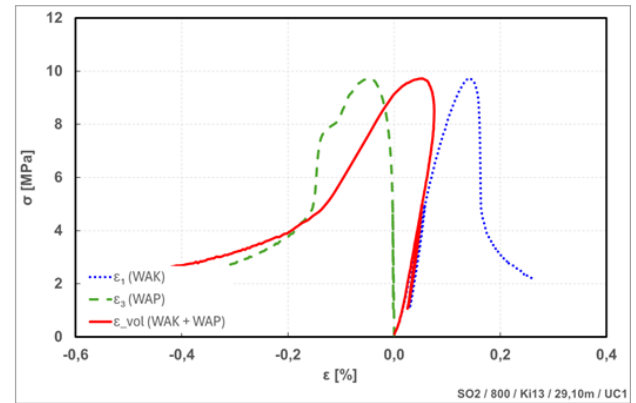


Abbildung 16: SO2 – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch)

## 5.3.2 Triaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden acht dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SO2 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 17 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die volumetrische Verformung der Probe (graue Dilatanzkurve) ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 14,83 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 6,8 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der Volumenänderung der Probe fällt auf, dass nach anfänglicher Kompaktion, das Probenvolumen aufgrund von spannungsinduzierter Rissbildung (Dilatanz) beim Versagen der Probe wieder zunimmt (Scheitelpunkt der Dilatanzkurve). Dieser Übergang findet bei einer axialen Verformung von etwa 0,23% statt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SO2 befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 10,24 - 20,90 \text{ MPa}$  respektive  $E = 2,8 - 16,0 \text{ GPa}$  (Abbildung 45, Tabelle 8).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 46

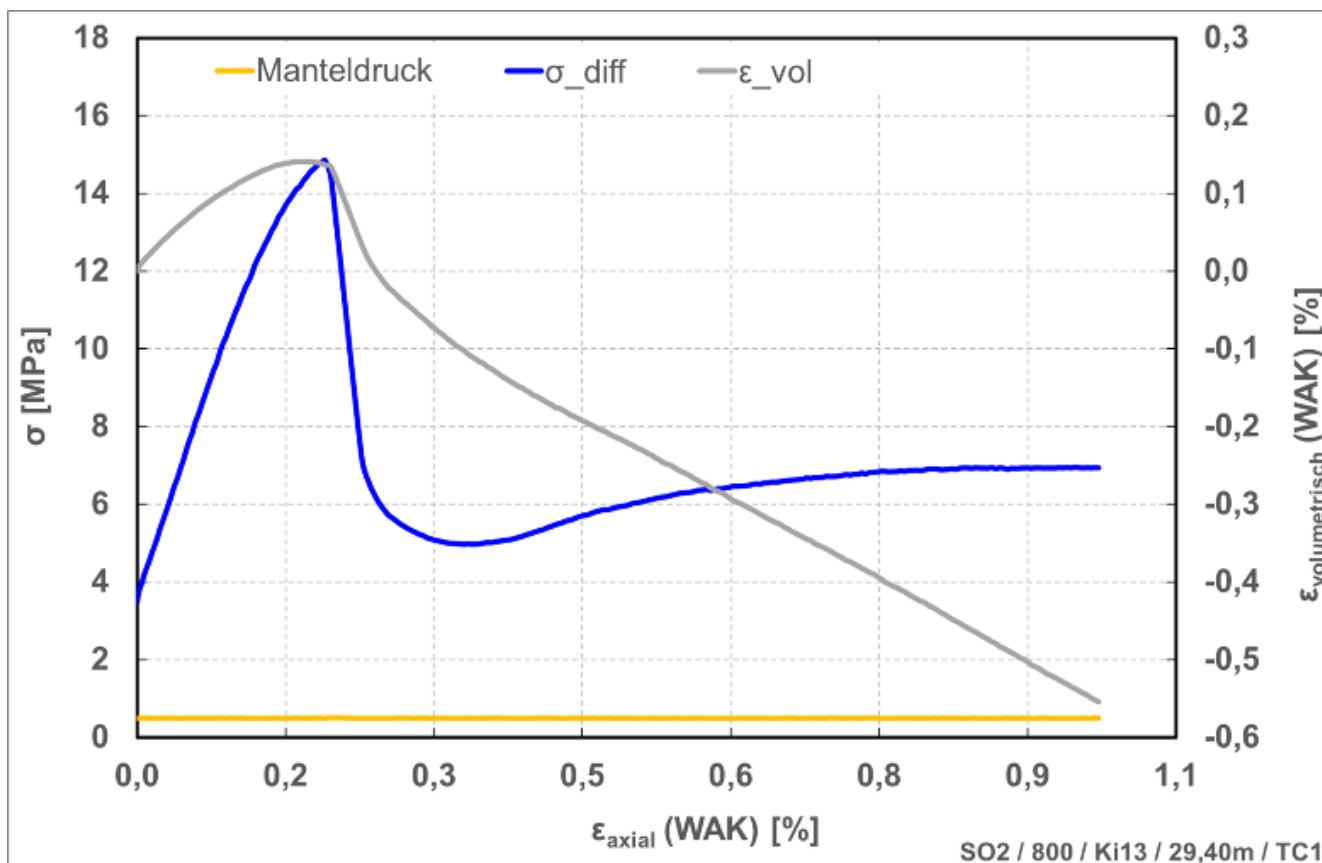


Abbildung 17: SO2 – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch)

### 5.3.3 Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche

Insgesamt wurden drei dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SO2 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 18 gegeben. Aus dieser werden auch die unterschiedlichen Manteldruckstufen, hier 1; 3 und 7 MPa, ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit für jede einzelne Manteldruckstufe wird durch den jeweiligen Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 5,59$ ; 8,22 und 12,21 MPa, repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul innerhalb der letzten Manteldruckstufe wurde ein Wert von  $E = 1,99$  GPa bestimmt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SO2 befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 5,59 - 52,71$  MPa respektive  $E = 1,99 - 30,38$  GPa. Unter Anwendung des Bruchkriterium nach Mohr-Coulomb [13] wurde ein Reibungswinkel von  $\varphi = 21^\circ$  und eine Kohäsion von 1,62 MPa für diesen Versuch bestimmt (Abbildung 46, Tabelle 9).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 47

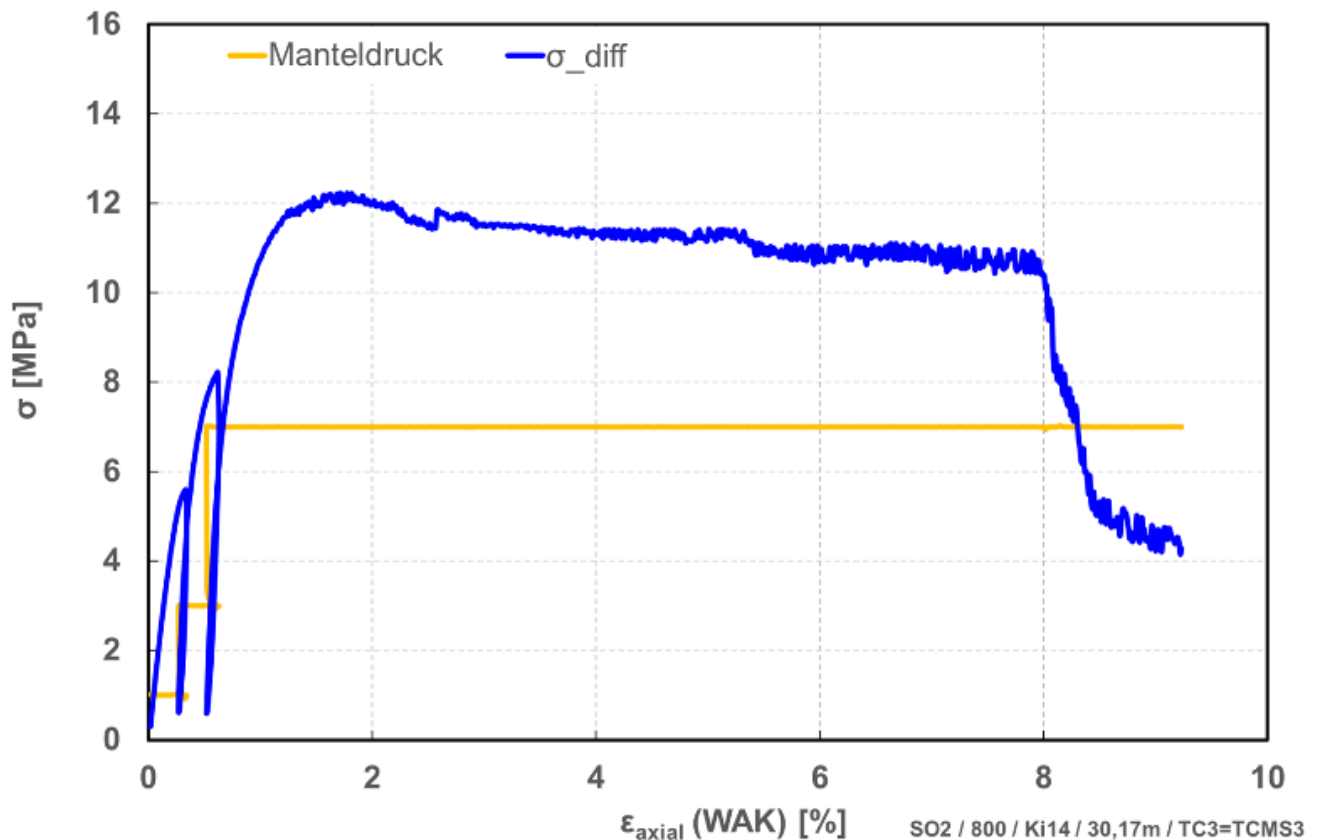


Abbildung 18: SO2 – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch)

#### 5.3.4 Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche

Insgesamt wurden vier Spaltzugversuche (indirekte Zugversuche) an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SO2 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve in Abbildung 19 gegeben. Die Zugfestigkeit wird durch den ersten Maximalwert der aufgezeichneten Spannung vor Abfall, hier  $\sigma_t = 1,14$  MPa, repräsentiert. Die Werte für die Zugfestigkeit für den Lithotypen SO2 befinden sich zwischen  $\sigma_t = 1,14 - 3,44$  MPa (Abbildung 50, Tabelle 11).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

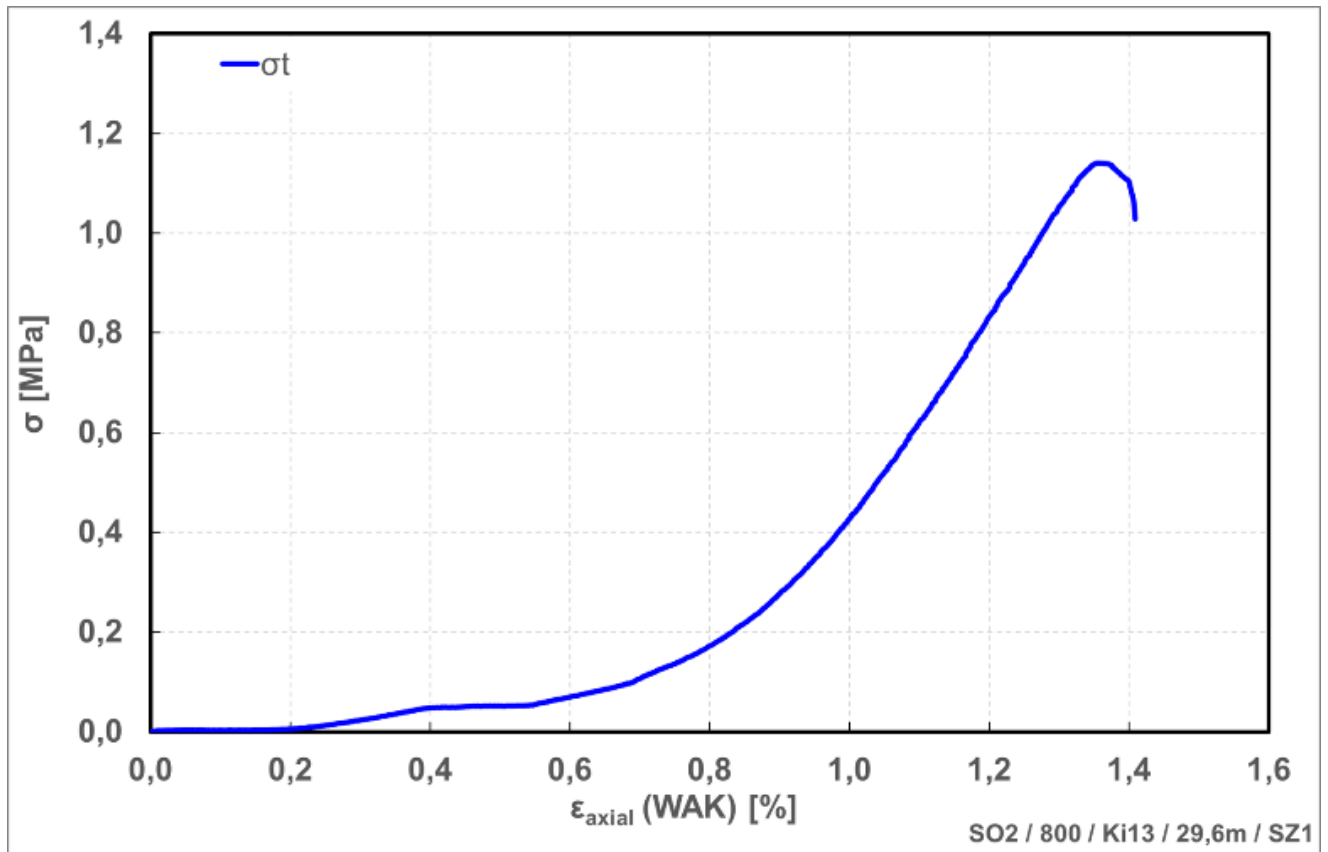


Abbildung 19: SO2 – SZ - Spannungs-Verformungsdiagramm (indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch)

## 5.4 Lithotyp SU1

### 5.4.1 Einaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden fünf einaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SU1 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 20 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die Entwicklung der radialen und volumetrischen Verformung mit zunehmender axialer Spannung ersichtlich. Die einaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{UCS} = 10,85 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 6,36 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der volumetrischen Verformung fällt auf, dass ab einem axialen Spannungslevel von  $\approx 8 \text{ MPa}$  Dilatanz auftritt, da sich hier ein Scheitelpunkt befindet. Die Werte für die einaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SU1 befinden sich zwischen  $\sigma_{UCS} = 10,85 - 25,13 \text{ MPa}$  respektive  $E = 6,07 - 8,91 \text{ GPa}$  (Abbildung 43, Tabelle 7).

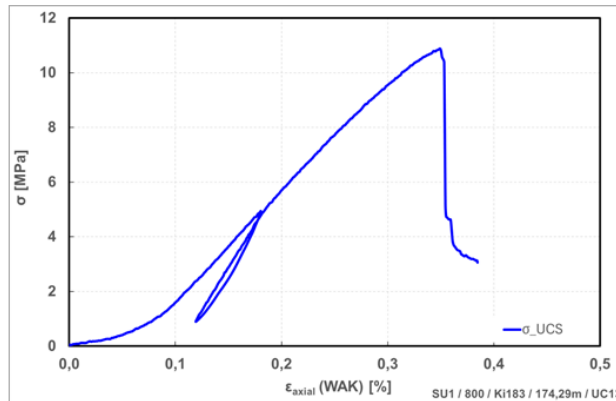
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 49

(a)



(b)

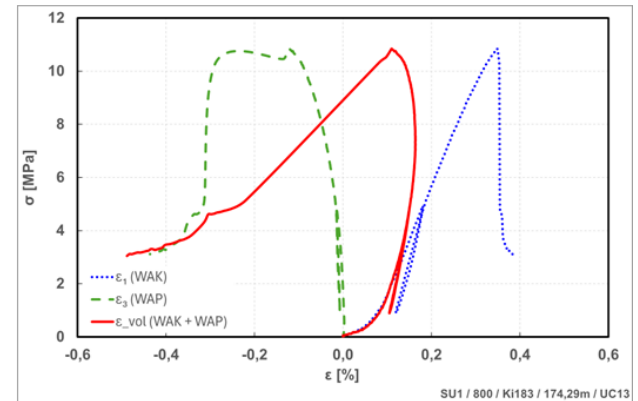


Abbildung 20: SU1 – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch)

## 5.4.2 Triaxiale Druckversuche,

Insgesamt wurden zehn dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SU1 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 21 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die volumetrische Verformung der Probe (graue Dilatanzkurve) ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{\text{TCS}} = 22,18 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 5,6 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der Volumenänderung der Probe fällt auf, dass nach anfänglicher Kompaktion, das Probenvolumen aufgrund von spannungsinduzierter Rissbildung (Dilatanz) beim Versagen der Probe wieder zunimmt (Scheitelpunkt der Dilatanzkurve). Dieser Übergang findet bei einer axialen Verformung von etwa 0,45% statt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SU1 befinden sich zwischen  $\sigma_{\text{TCS}} = 20,88 - 44,73 \text{ MPa}$  respektive  $E = 3,1 - 6,8 \text{ GPa}$  (Abbildung 45, Tabelle 8).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

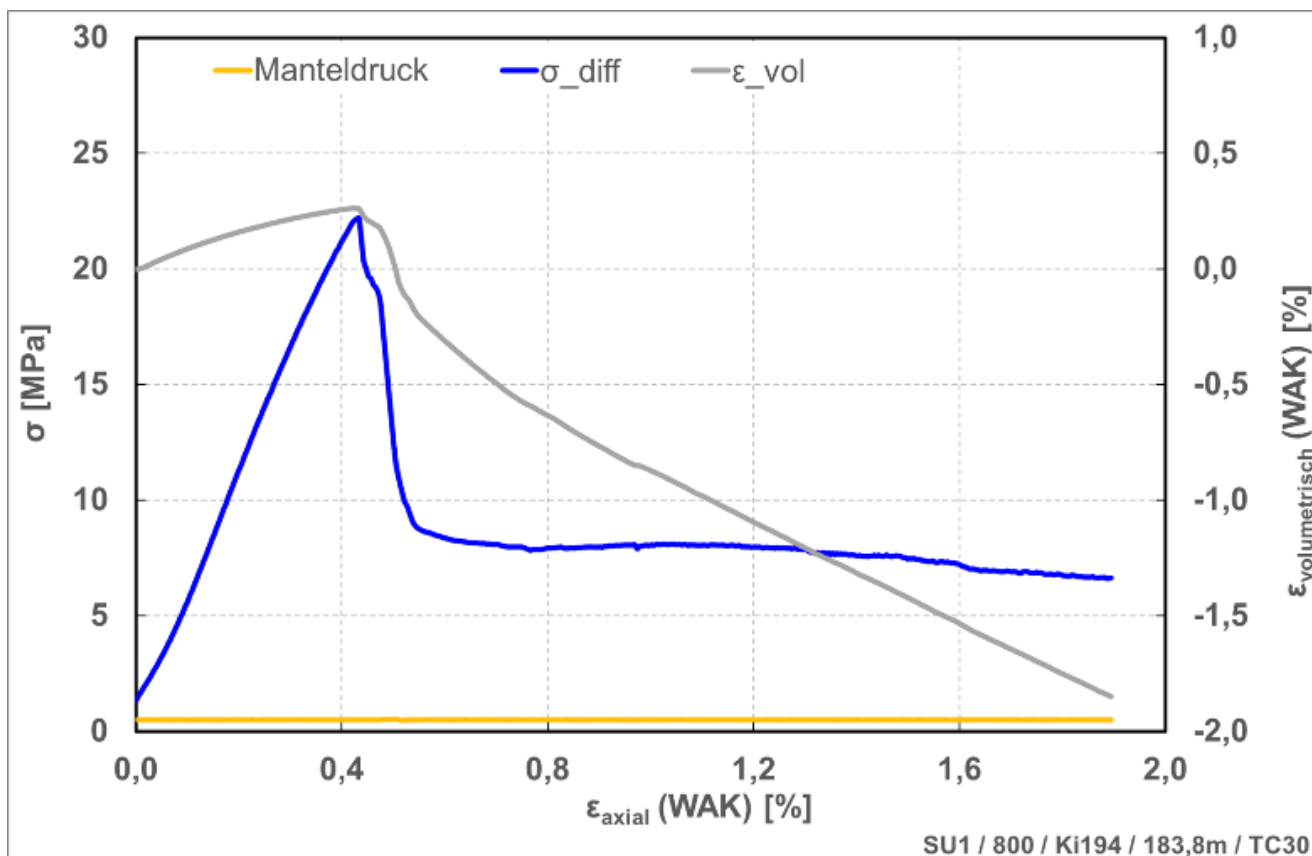


Abbildung 21: SU1 – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch)

### 5.4.3 Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche

Insgesamt wurden zwei dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SU1 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 22 gegeben. Aus dieser werden auch die unterschiedlichen Manteldruckstufen, hier 1; 3 und 7 MPa, ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit für jede einzelne Manteldruckstufe wird durch den jeweiligen Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 13,62; 23,41$  und  $28,41$  MPa, repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul innerhalb der letzten Manteldruckstufe wurde ein Wert von  $E = 5,60$  GPa bestimmt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SU1 befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 13,62 - 28,41$  MPa respektive  $E = 4,97 - 5,60$  GPa. Unter Anwendung des Bruchkriterium nach Mohr-Coulomb [13] wurde ein Reibungswinkel von  $\varphi = 32^\circ$  und eine Kohäsion von  $3,70$  MPa bestimmt (Abbildung 46, Tabelle 9).



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

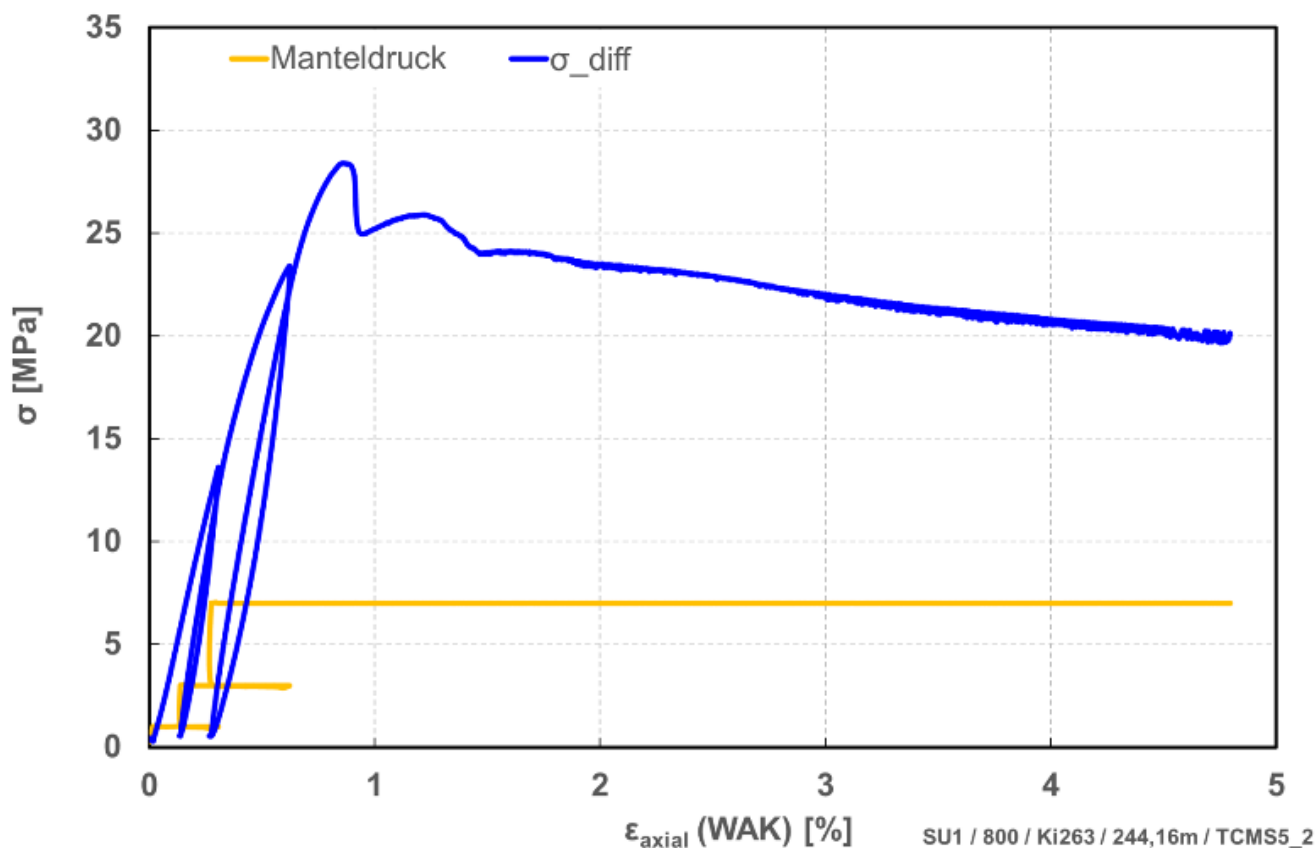


Abbildung 22: SU1 – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch)

#### 5.4.4 Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche

Insgesamt wurden acht Spaltzugversuche (indirekte Zugversuche) an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SU1 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve in Abbildung 23 gegeben. Die Zugfestigkeit wird durch den ersten Maximalwert der aufgezeichneten Spannung vor Abfall, hier  $\sigma_t = 0,88$  MPa, repräsentiert. Die Werte für die Zugfestigkeit für den Lithotypen SU1 befinden sich zwischen  $\sigma_t = 0,88 - 2,89$  MPa (Abbildung 50, Tabelle 11).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 52

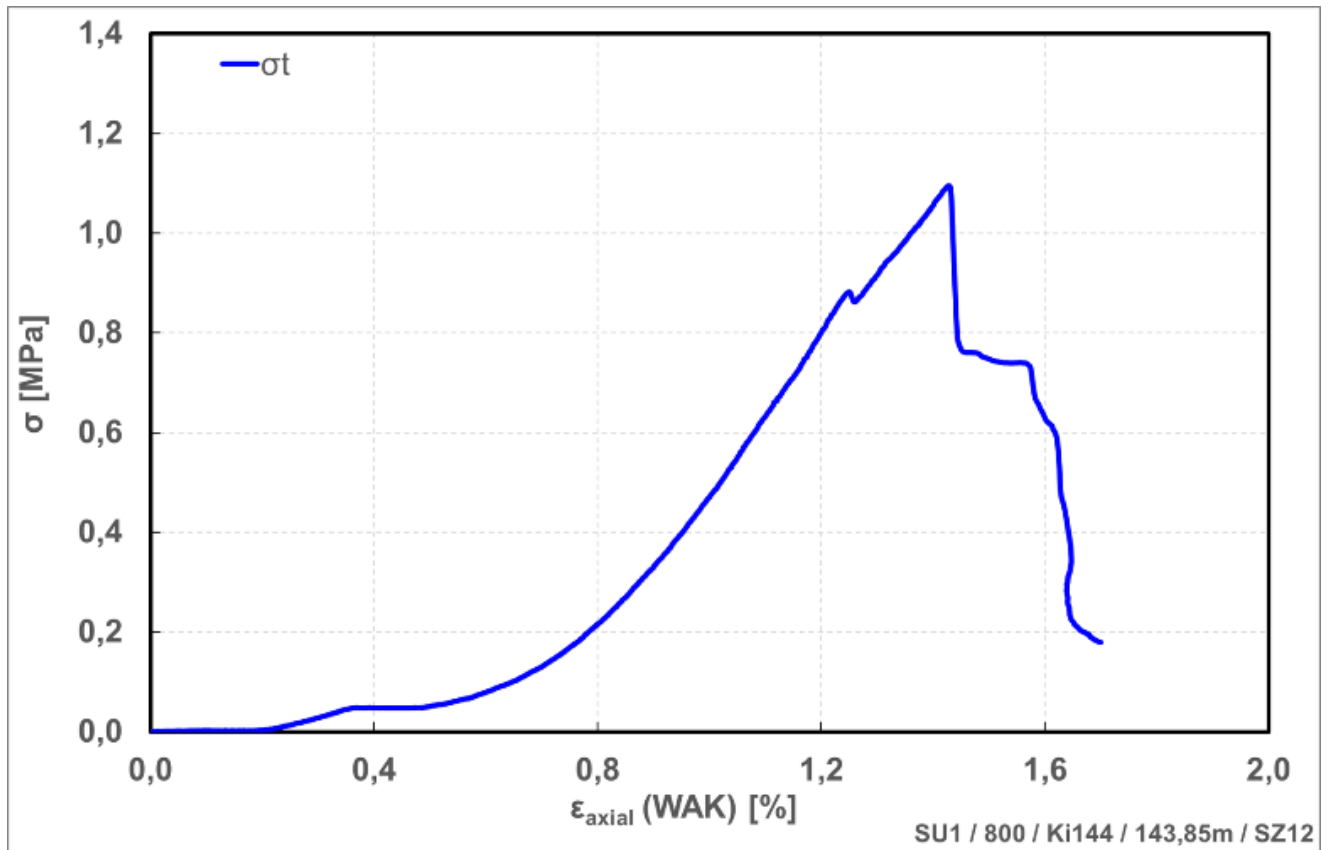


Abbildung 23: SU1 – SZ - Spannungs-Verformungsdiagramm (indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch)

## 5.5 Lithotyp SU3

### 5.5.1 Einaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden sechs einaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SU3 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 24 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die Entwicklung der radialen und volumetrischen Verformung mit zunehmender axialer Spannung ersichtlich. Die einaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{\text{UCS}} = 2,58 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 2,01 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der volumetrischen Verformung fällt auf, dass ab einem axialen Spannungslevel von  $\approx 1,5 \text{ MPa}$  Dilatanz auftritt, da sich hier ein Scheitelpunkt befindet. Die Werte für die einaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SU3 befinden sich zwischen  $\sigma_{\text{UCS}} = 0,67 - 14,33 \text{ MPa}$  respektive  $E = 0,05 - 4,10 \text{ GPa}$  (Abbildung 43, Tabelle 7).

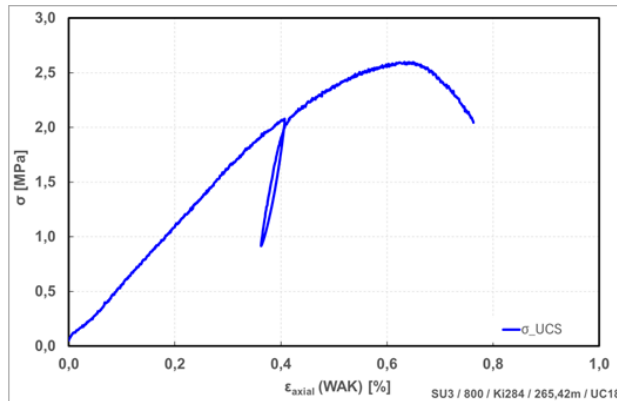
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 53

(a)



(b)

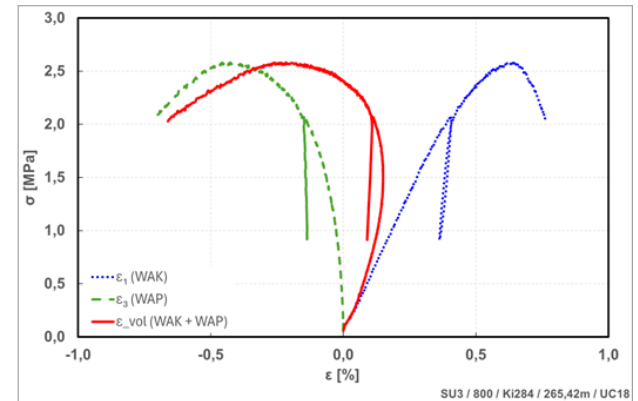


Abbildung 24: SU3 – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch)

## 5.5.2 Triaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden zwei dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SU3 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 25 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die volumetrische Verformung der Probe (graue Dilatanzkurve) ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 23,19$  MPa, repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 3,3$  GPa bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der Volumenänderung der Probe fällt auf, dass nach anfänglicher Kompaktion, das Probenvolumen aufgrund von spannungsinduzierter Rissbildung (Dilatanz) beim Versagen der Probe wieder zunimmt (Scheitelpunkt der Dilatanzkurve). Dieser Übergang findet bei einer axialen Verformung von etwa 0,8% statt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SU3 befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 19,79 - 23,19$  MPa respektive  $E = 3,3 - 3,8$  GPa (Abbildung 45, Tabelle 8).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

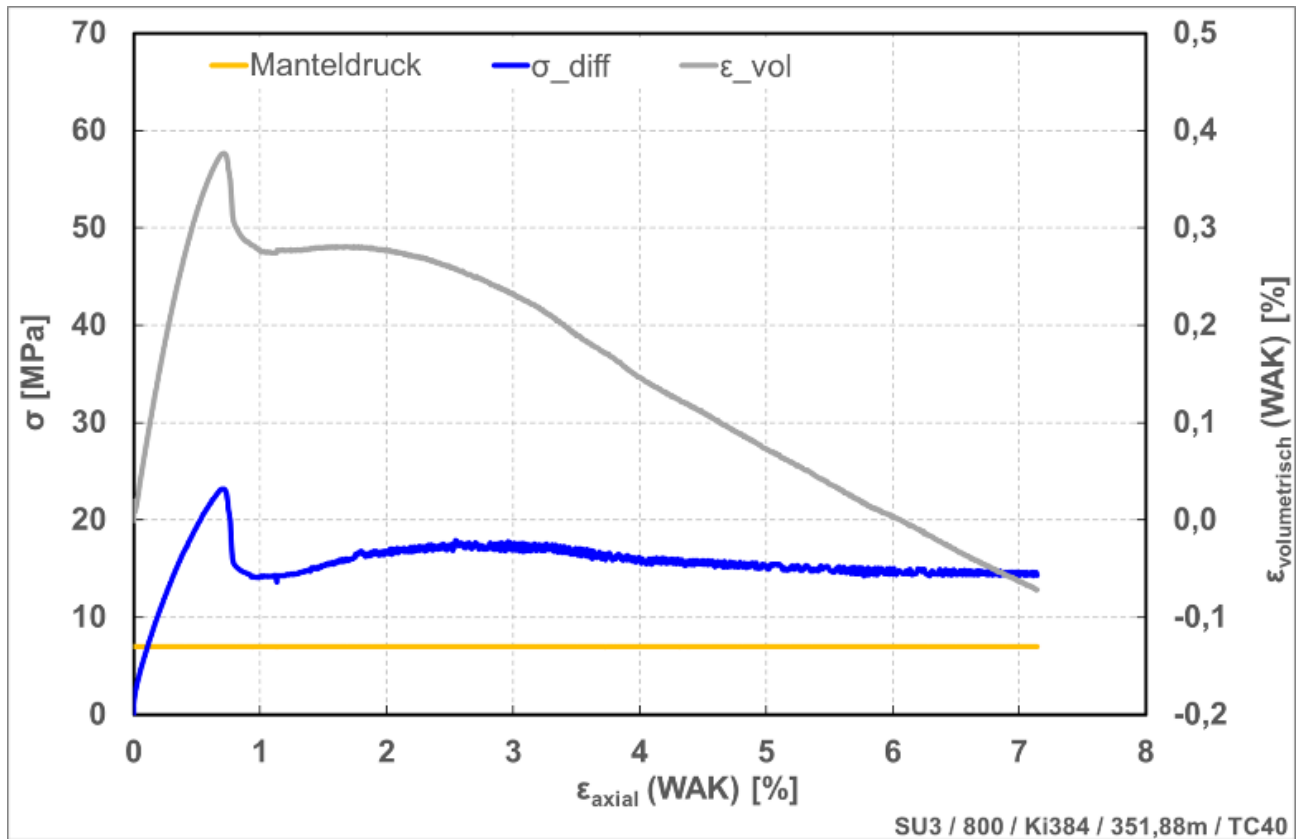


Abbildung 25: SU3 – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch)

### 5.5.3 Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche

Insgesamt wurden vier dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SU3 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 26 gegeben. Aus dieser werden auch die unterschiedlichen Manteldruckstufen, hier 3; 5 und 10 MPa, ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit für jede einzelne Manteldruckstufe wird durch den jeweiligen Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 7,27; 9,67$  und  $17,08$  MPa, repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul innerhalb der letzten Manteldruckstufe wurde ein Wert von  $E = 2,71$  GPa bestimmt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp SU3 befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 4,04 - 71,36$  MPa respektive  $E = 0,55 - 16,41$  GPa. Unter Anwendung des Bruchkriterium nach Mohr-Coulomb [13] wurde ein Reibungswinkel von  $\varphi = 25^\circ$  und eine Kohäsion von  $0,90$  MPa bestimmt (Abbildung 46, Tabelle 9).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 55

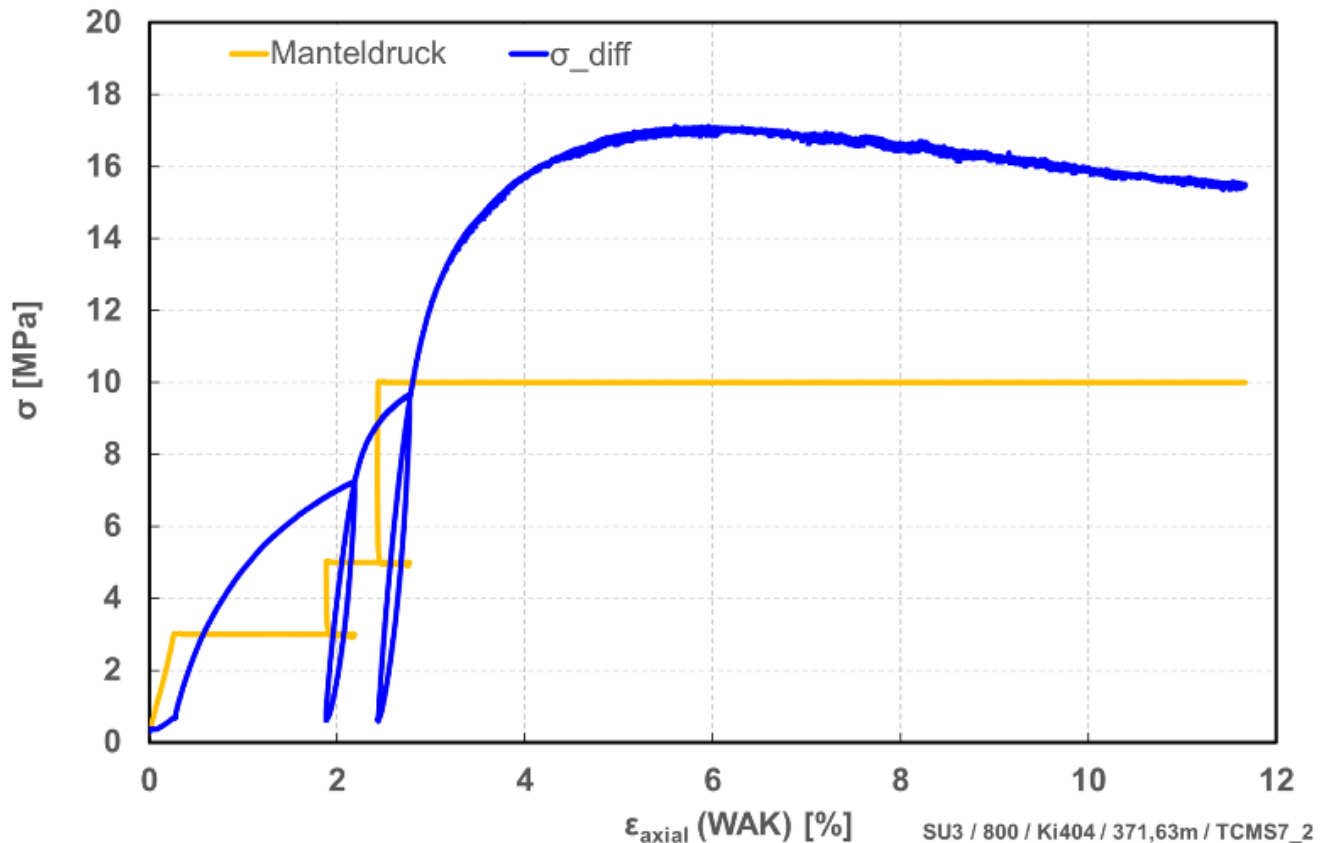


Abbildung 26: SU3 – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch)

#### 5.5.4 Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche

Insgesamt wurden sieben Spaltzugversuche (indirekte Zugversuche) an Gesteinsmaterial vom Lithotyp SU3 durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve in Abbildung 27 gegeben. Die Zugfestigkeit wird durch ersten Maximalwert der aufgezeichneten Spannung vor Abfall, hier  $\sigma_t = 0,43 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Die Werte für die Zugfestigkeit für den Lithotypen SU3 befinden sich zwischen  $\sigma_t = 0,08 - 0,58 \text{ MPa}$  (Abbildung 50, Tabelle 11).

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 56

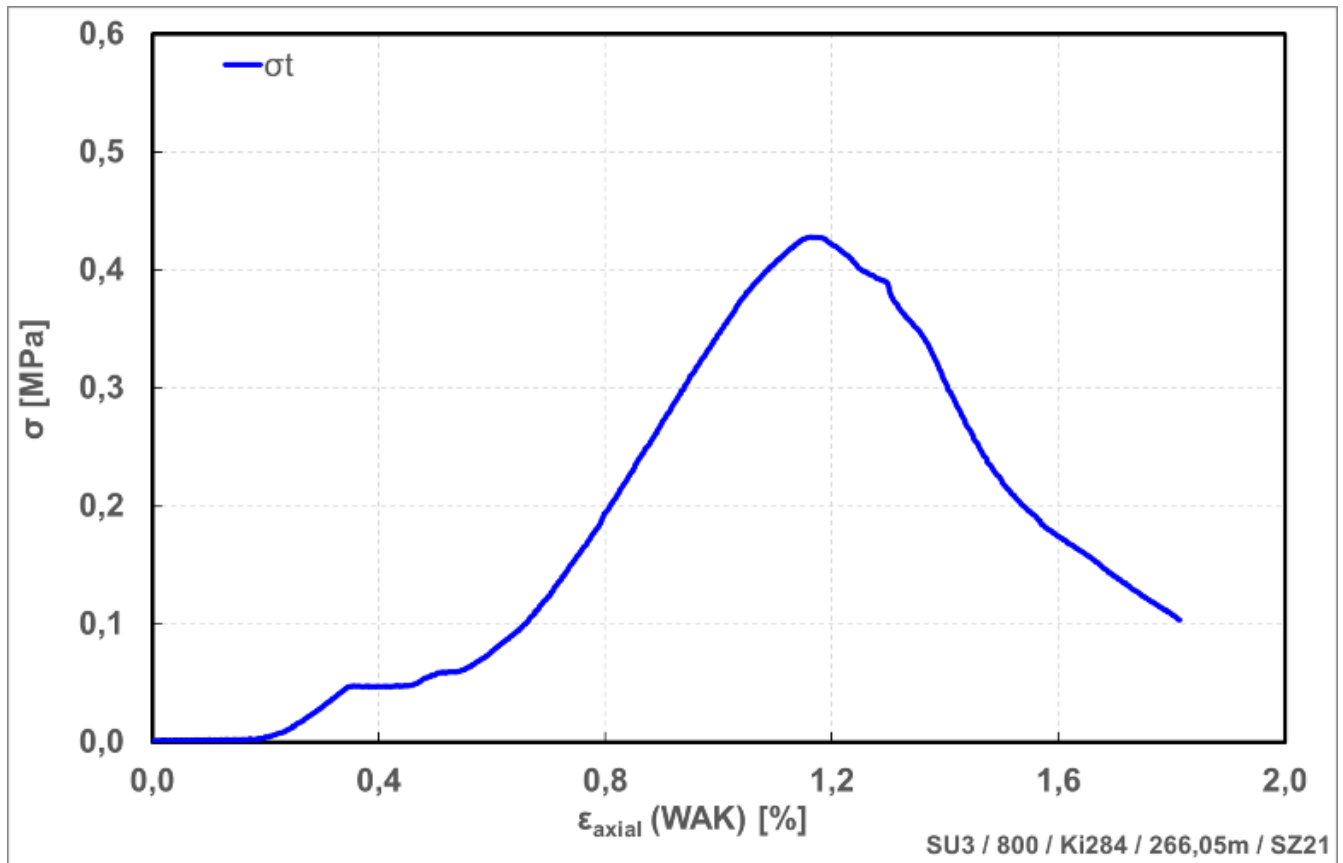


Abbildung 27: SU3 – SZ - Spannungs-Verformungsdiagramm (indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch)

## 5.6 Lithotyp Zechstein-Residual

### 5.6.1 Einaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden sechs einaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Zechstein-Residual durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 28 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die Entwicklung der radialen und volumetrischen Verformung mit zunehmender axialer Spannung ersichtlich. Die einaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{UCS} = 8,57 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 7,27 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der volumetrischen Verformung fällt auf, dass ab einem axialen Spannungsniveau von  $\approx 8,4 \text{ MPa}$  Dilatanz auftritt, da sich hier ein Scheitelpunkt befindet. Die Werte für die einaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp Zechstein-Residual befinden sich zwischen  $\sigma_{UCS} = 0,73 - 8,57 \text{ MPa}$  respektive  $E = 0,07 - 7,27 \text{ GPa}$  (Abbildung 43, Tabelle 7).



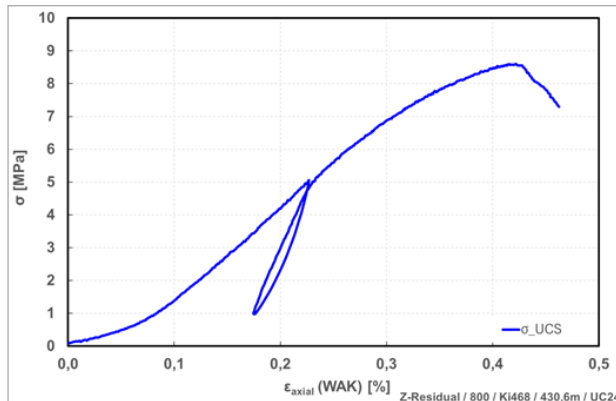
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 57

(a)



(b)

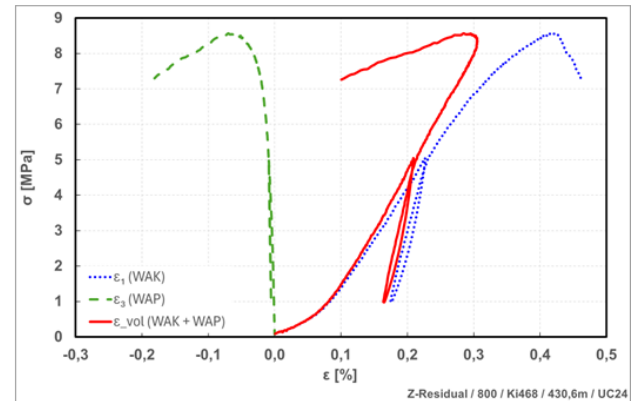


Abbildung 28: Zechstein Residual – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch)

## 5.6.2 Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche

Insgesamt wurden sechs dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Zechstein-Residual durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 29 gegeben. Aus dieser werden auch die unterschiedlichen Manteldruckstufen, hier 4; 6 und 11 MPa, ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit für jede einzelne Manteldruckstufe wird durch den jeweiligen Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 28,85$ ;  $31,54$  und  $37,65$  MPa, repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul innerhalb der letzten Manteldruckstufe wurde ein Wert von  $E = 15,18$  GPa bestimmt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den elastischen Elastizitätsmodul für den Lithotyp Zechstein-Residual befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 1,09 - 37,65$  MPa respektive  $E = 0,67 - 15,18$  GPa. Unter Anwendung des Bruchkriterium nach Mohr-Coulomb [13] wurde ein Reibungswinkel von  $\varphi = 23^\circ$  und eine Kohäsion von  $7,97$  MPa bestimmt (Abbildung 46, Tabelle 9).

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 58

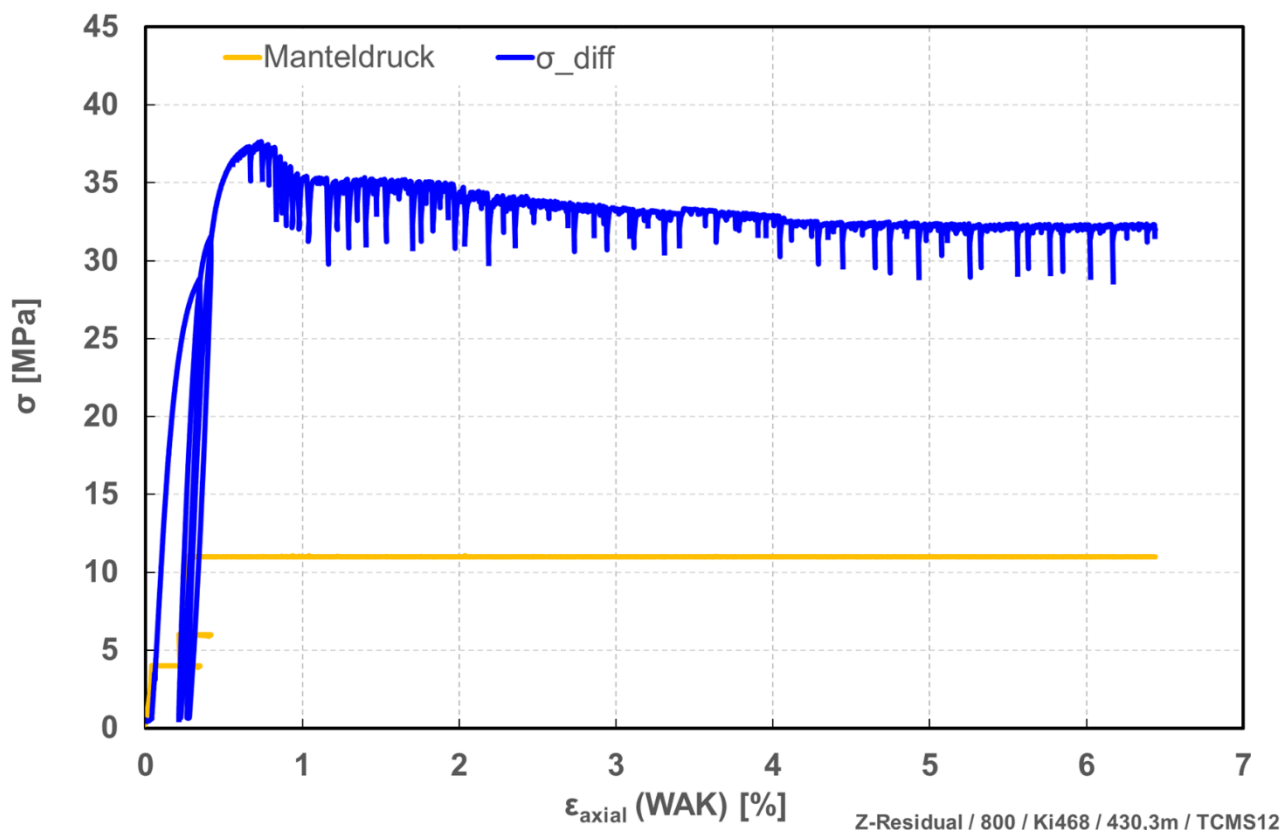


Abbildung 29: Zechstein Residual – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch)

## 5.6.3 Spaltzugversuche – Indirekte Zugversuche

Insgesamt wurden sechs Spaltzugversuche (indirekte Zugversuche) an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Zechstein-Residual durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve in Abbildung 30 gegeben. Die Zugfestigkeit wird durch ersten Maximalwert der aufgezeichneten Spannung vor Abfall, hier  $\sigma_t = 0,41$  MPa, repräsentiert. Die Werte für die Zugfestigkeit für den Lithotypen Zechstein-Residual befinden sich zwischen  $\sigma_t = 0,07 - 1,16$  MPa (Abbildung 50, Tabelle 11).

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 59

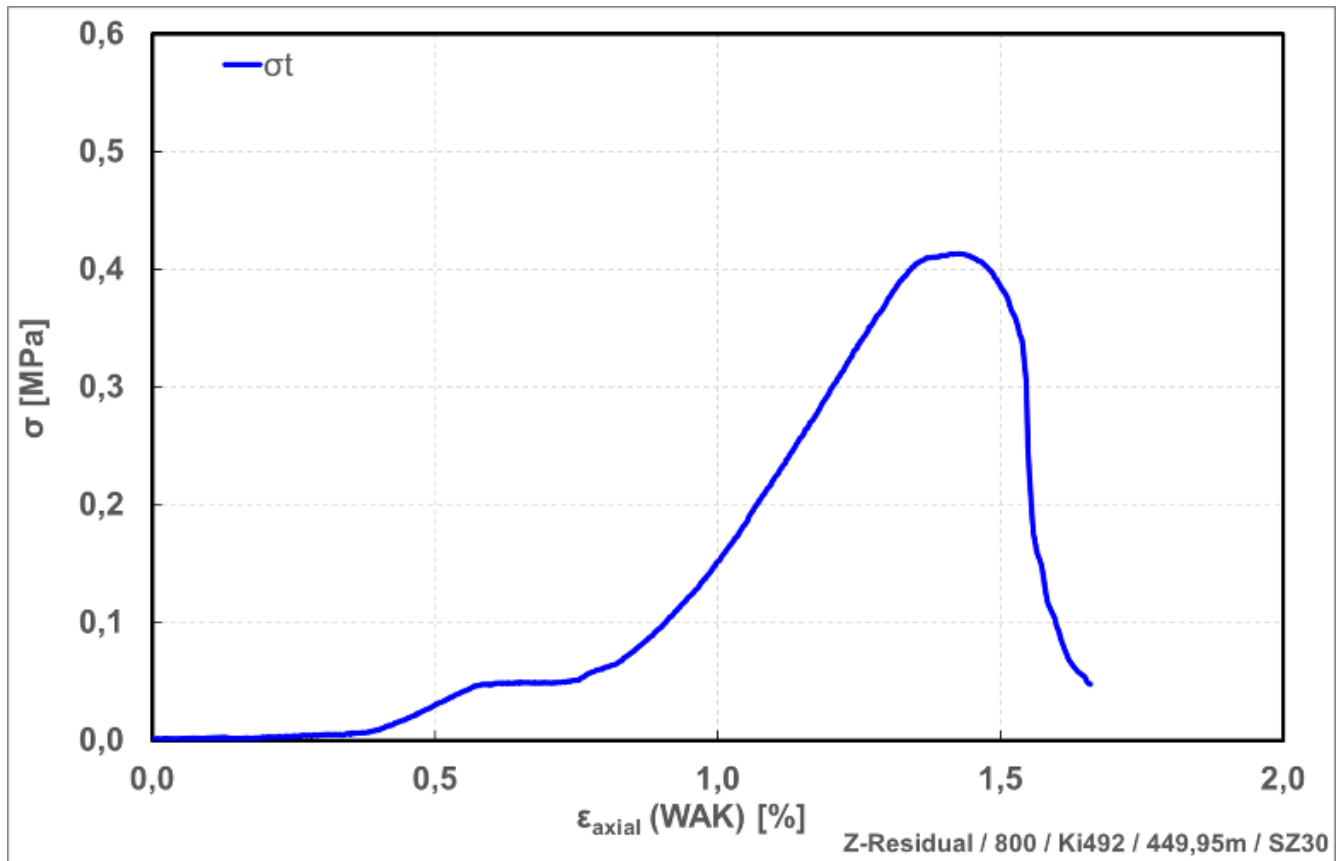


Abbildung 30: Zechstein Residual - Spannungs-Verformungsdiagramm (indirekter Zugversuch - Spaltzugversuch)

## 5.7 Lithotyp Steinsalz

### 5.7.1 Einaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden 12 einaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Steinsalz durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve ist in Abbildung 31 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die Entwicklung der radialen und volumetrischen Verformung mit zunehmender axialer Spannung ersichtlich. Die einaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{UCS} = 27,77 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 19,44 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der volumetrischen Verformung fällt auf, dass das Auftreten von Dilatanz nicht ersichtlich ist und bereits ab Verformungsbeginn eine hauptsächlich plastisch-dominierte Verformung stattzufinden scheint. Die Werte für die einaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp Steinsalz befinden sich zwischen  $\sigma_{UCS} = 24,68 - 29,37 \text{ MPa}$  respektive  $E = 15,71 - 25,04 \text{ GPa}$  (Abbildung 43, Tabelle 7).

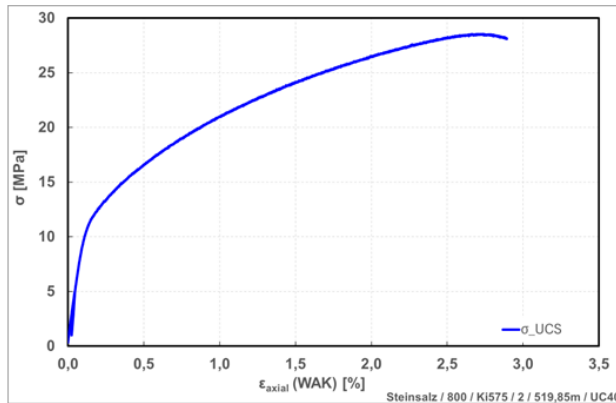
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 60

a



b

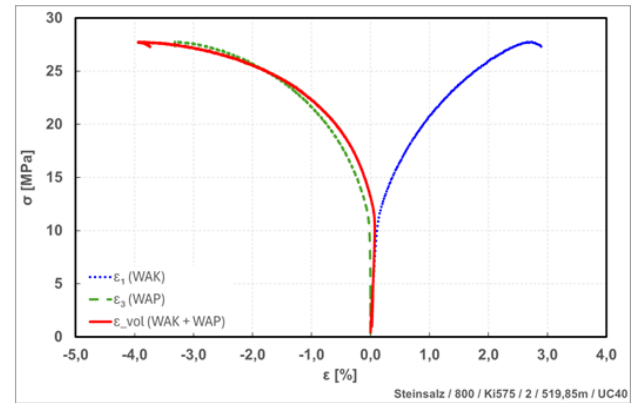


Abbildung 31: Steinsalz – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch)

## 5.7.2 Triaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden 39 dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Steinsalz durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 32 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die volumetrische Verformung der Probe (graue Dilatanzkurve) ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 60,99 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Da sich die Probe aufgrund der aufgebrachten thermodynamischen Randbedingungen bereits bei Versuchsbeginn plastisch deformiert, wurde auf die Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls in diesem Fall verzichtet, da dies der Definition dessen widersprechen würde. Bei Betrachtung des Verlaufes der Volumenänderung der Probe fällt auf, dass nach anfänglicher Kompaktion, das Probenvolumen aufgrund von spannungsinduzierter Rissbildung (Dilatanz) wieder zunimmt (Scheitelpunkt der Dilatanzkurve). Dieser Übergang findet bei einer axialen Verformung von etwa 1,5% statt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den elastischen Elastizitätsmodul für den Lithotypen Steinsalz befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 27,90 - 66,97 \text{ MPa}$  respektive  $E = 1,0 - 15,4 \text{ GPa}$  (Abbildung 45, Tabelle 8).

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 61

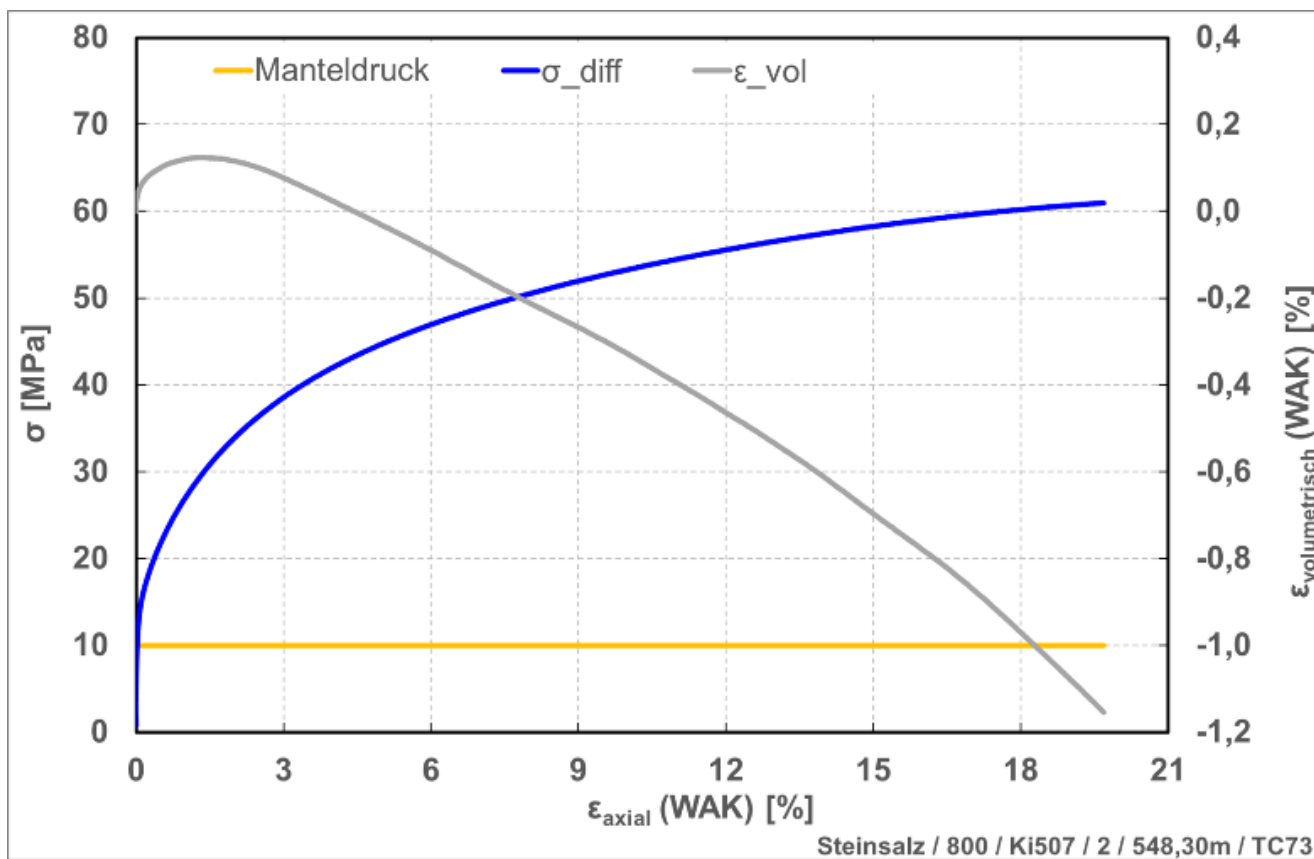


Abbildung 32: Steinsalz – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch)

## 5.7.3 Direkte Zugversuche

Insgesamt wurden 15 direkte Zugversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Steinsalz durchgeführt. Ein Beispiel für das aufgezeichnete Spannungs-Zeitdiagramm ist in Abbildung 33 gegeben. Die Zugfestigkeit wird durch Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_t = 2,64 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Die Werte für die Zugfestigkeit für den Lithotypen Steinsalz befinden sich zwischen  $\sigma_t = 0,40 - 2,64 \text{ MPa}$  (Abbildung 48, Tabelle 10).

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 62

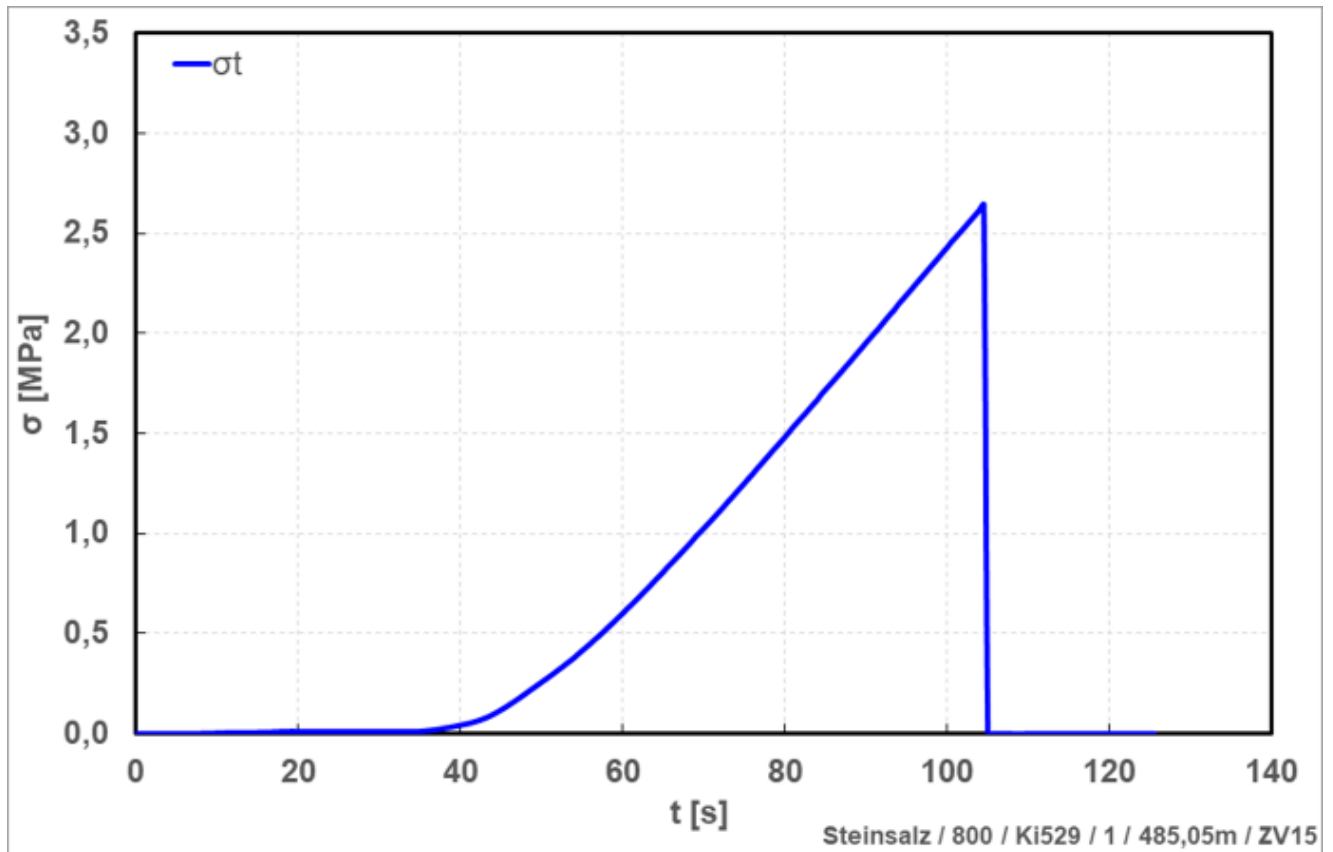


Abbildung 33: Steinsalz - Spannungs-Zeitdiagramm (Direkter Zugversuch)

## 5.7.4 Triaxiale (Druck)Kriechversuche

Insgesamt wurden 21 (Druck)Kriechversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotypen Steinsalz durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Kriechkurve ist in Abbildung 34 gegeben. Zusätzlich zur aufgetragenen axialen und radialen Spannung, ist hier die abgeleitete Verformungsrate (dunkelblaue Kurve) dargestellt. Diese nimmt mit zunehmender Versuchsdauer kontinuierlich ab, bis ein Plateau erreicht wird und somit der Übergang von primärer (transienter) hinzu sekundärer (annähernd konstanter) Kriechphase darstellt. Die sich einstellende sekundäre Kriechrate, hier  $2,26 \times 10^{-5} \text{d}^{-1}$ , ist dabei abhängig von der aufgetragenen Differenzspannung, hier 17 MPa (Abbildung 52, Tabelle 12).



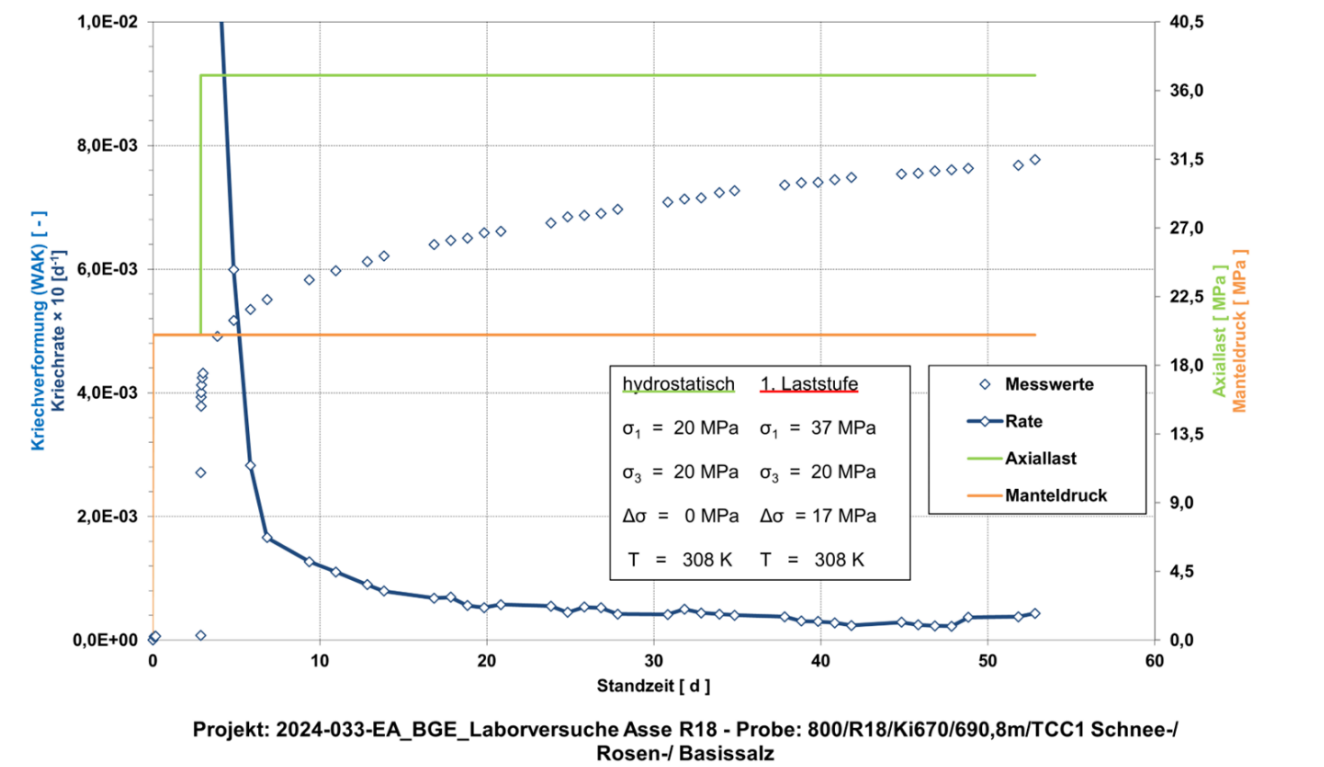


Abbildung 34: Steinsalz - Kriechkurve inkl. abgeleiteter Verformungsrate (Dreiaxialer Druckkriechversuch)

5.8

Lithotyp Roter Salzton

5.8.1

Einaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden zwei einaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Roter Salzton durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve ist in Abbildung 35 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die Entwicklung der radialen und volumetrischen Verformung mit zunehmender axialer Spannung ersichtlich. Die einaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{UCS} = 12,70$  MPa, repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 7,71$  GPa bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der volumetrischen Verformung fällt auf, dass ab einem axialen Spannungslevel von  $\approx 7$  MPa Dilatanz auftritt, da sich hier ein Scheitelpunkt befindet. Die Werte für die einaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp Roter Salzton befinden sich zwischen  $\sigma_{UCS} = 7,08 - 12,70$  MPa respektive  $E = 2,89 - 7,71$  GPa (Abbildung 43, Tabelle 7).

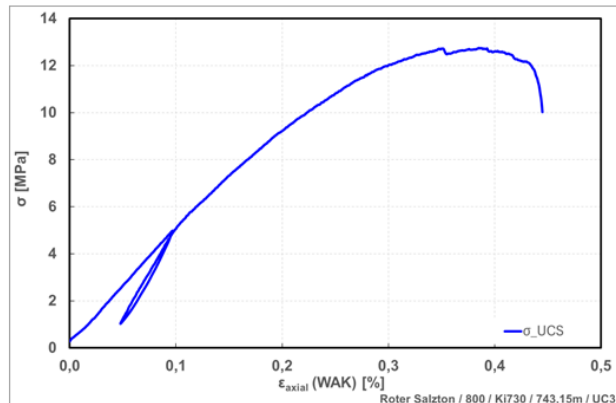
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 64

a



b

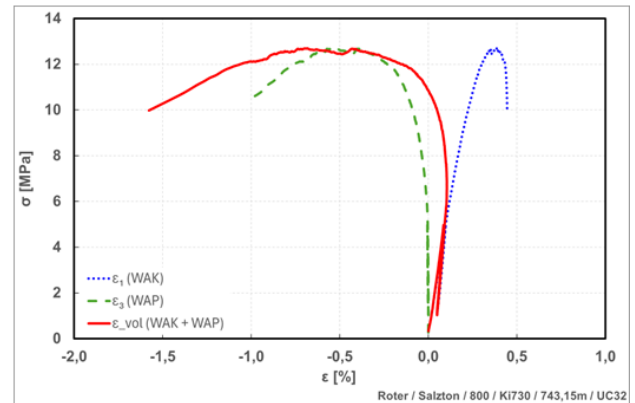


Abbildung 35: Roter Salzton – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch)

## 5.8.2 Triaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden acht dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Roter Salzton durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 36 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die volumetrische Verformung der Probe (graue Dilatanzkurve) ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 18,29 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 3,1 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der Volumenänderung der Probe fällt auf, dass fast unmittelbar nach Versuchsbeginn, das Probenvolumen aufgrund von spannungsinduzierter Rissbildung (Dilatanz) wieder zunimmt (Scheitelpunkt der Dilatanzkurve). Dieser Übergang findet bei einer axialen Verformung von etwa 0,2% statt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp Roter Salzton befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 18,29 - 32,92 \text{ MPa}$  respektive  $E = 2,8 - 5,5 \text{ GPa}$  (Abbildung 45, Tabelle 8).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 65

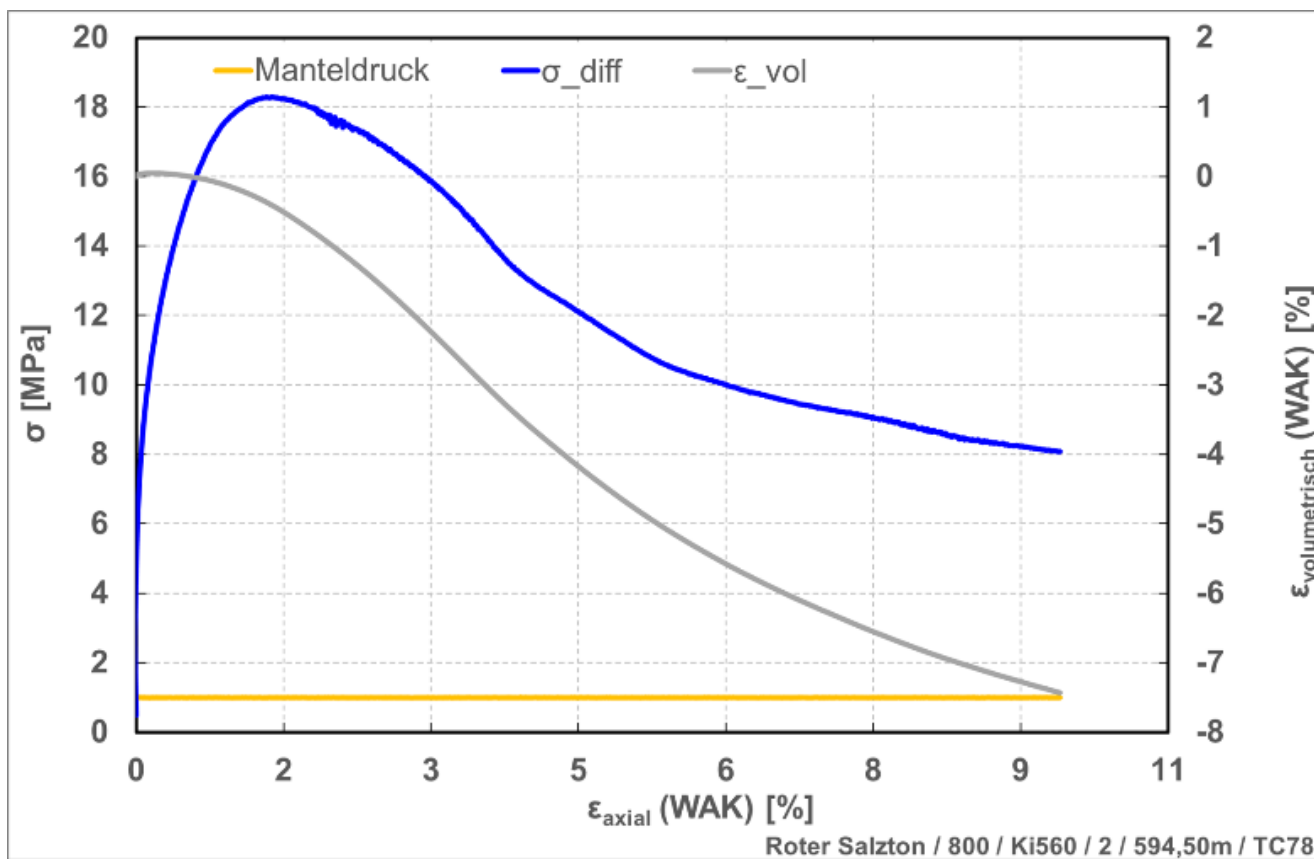


Abbildung 36: Roter Salzton – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch)

### 5.8.3 Direkte Zugversuche

Insgesamt wurden zwei direkte Zugversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Roter Salzton durchgeführt. Ein Beispiel für das aufgezeichnete Spannungs-Zeitdiagramm ist in Abbildung 37 gegeben. Die Zugfestigkeit wird durch Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_t = 0,64$  MPa, repräsentiert. Die Werte für die Zugfestigkeit für den Lithotypen Roter Salzton befinden sich zwischen  $\sigma_t = 0,64 - 0,86$  MPa (Abbildung 48, Tabelle 10).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 66

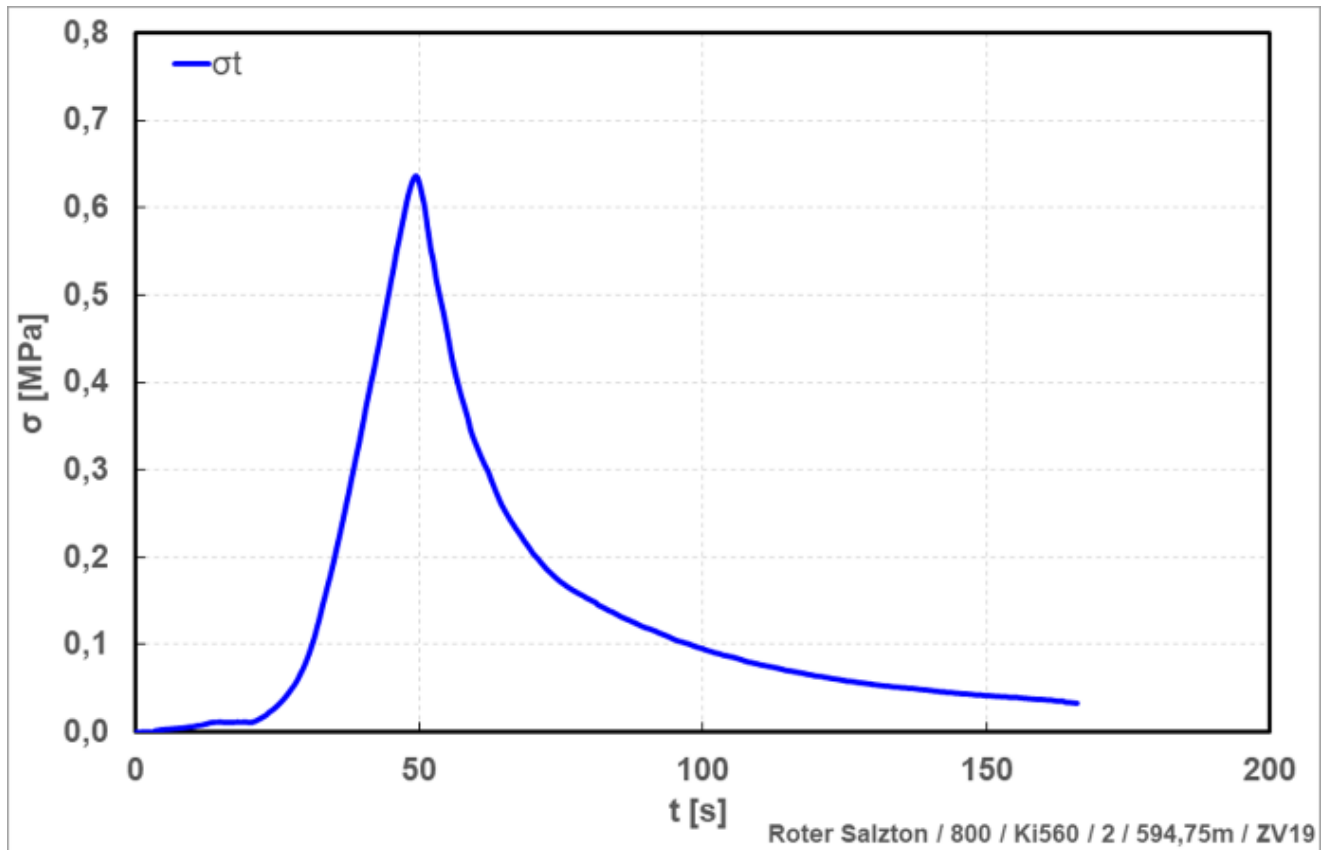


Abbildung 37: Roter Salzton - Spannungs-Zeitdiagramm (Direkter Zugversuch)

## 5.9 Lithotyp Pegmatitanhydrit

### 5.9.1 Einaxiale Druckversuche

Die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 38 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die Entwicklung der radialen und volumetrischen Verformung mit zunehmender axialer Spannung ersichtlich. Die einaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{UCS} = 57,08 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 36,38 \text{ GPa}$  bestimmt (Abbildung 43, Tabelle 7). Bei Betrachtung des Verlaufes der volumetrischen Verformung fällt auf, dass ab einem axialen Spannungslevel von  $\approx 35 \text{ MPa}$  Dilatanz auftritt, da sich hier ein Scheitelpunkt befindet.

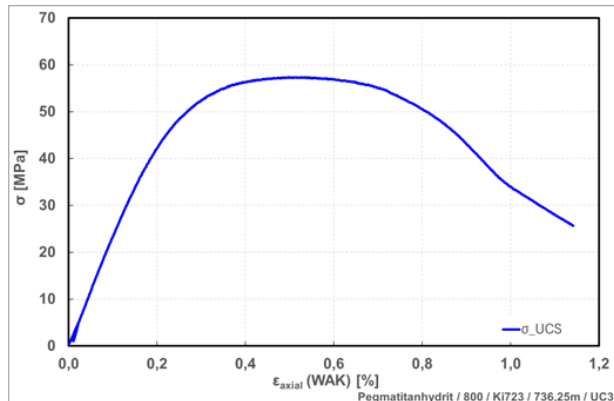
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 67

(a)



(b)

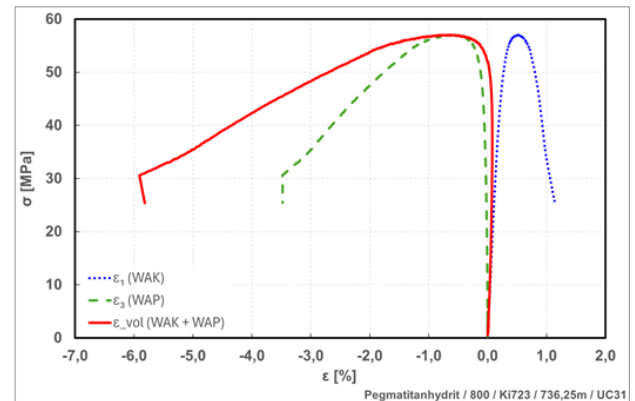


Abbildung 38: Pegmatitanhydrit – UC - (a) Spannungs-Verformungsdiagramm und (b) Verlauf axialer, radialer und volumetrischer Verformung (einaxialer Druckversuch)

## 5.9.2 Triaxiale Druckversuche

Insgesamt wurden drei dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Pegmatitanhydrit durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 39 gegeben. Zusätzlich ist hier auch die volumetrische Verformung der Probe (graue Dilatanzkurve) ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit wird durch den Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{\text{TCS}} = 62,63 \text{ MPa}$ , repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul wurde ein Wert von  $E = 26,3 \text{ GPa}$  bestimmt. Bei Betrachtung des Verlaufes der Volumenänderung der Probe fällt auf, dass fast unmittelbar nach Versuchsbeginn, das Probenvolumen aufgrund von spannungsinduzierter Rissbildung (Dilatanz) wieder zunimmt (Scheitelpunkt der Dilatanzkurve). Dieser Übergang findet bei einer axialen Verformung von etwa 0,2% statt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp Pegmatitanhydrit befinden sich zwischen  $\sigma_{\text{TCS}} = 62,63 - 93,30 \text{ MPa}$  respektive  $E = 14,0 - 26,3 \text{ GPa}$  (Abbildung 45, Tabelle 8).

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 68

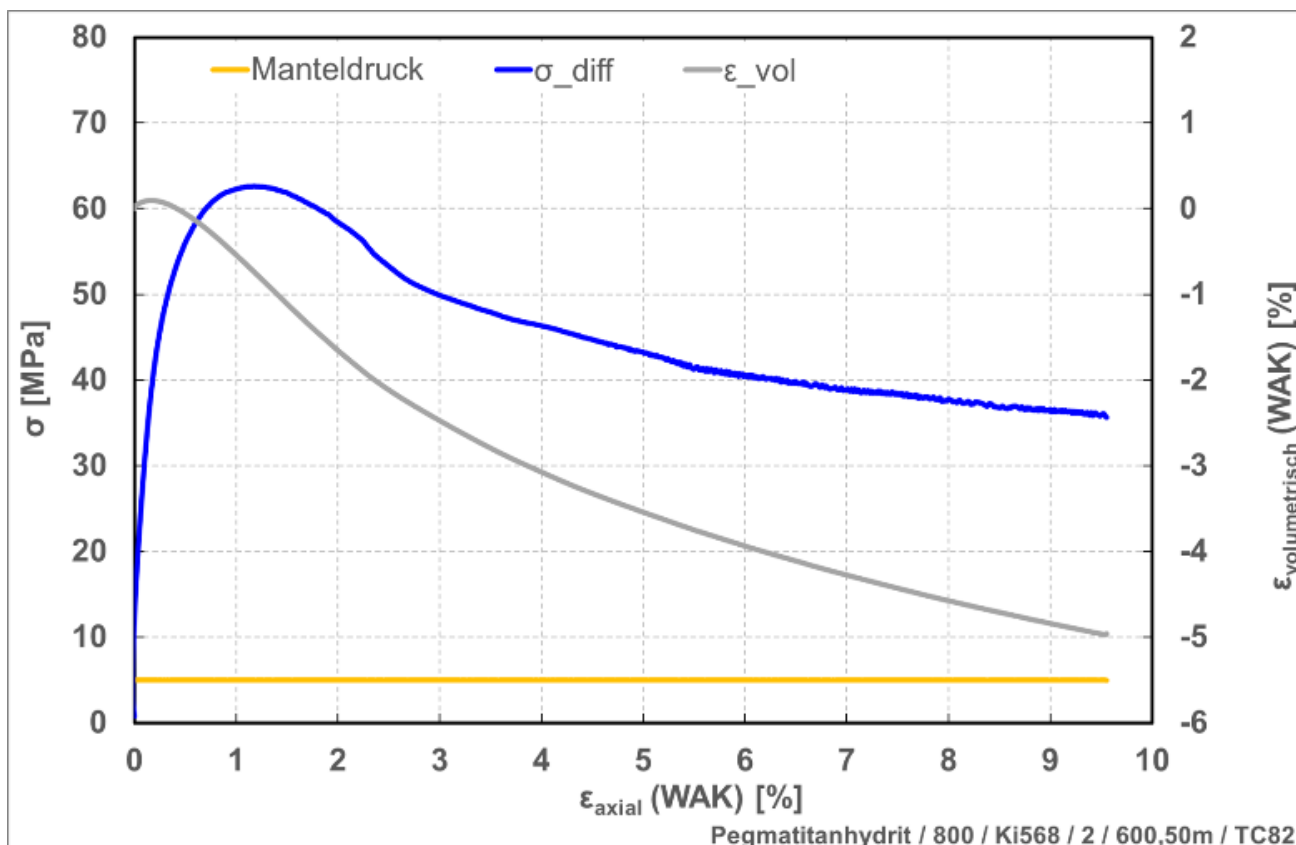


Abbildung 39: Pegmatitanhydrit – TC - Spannungs-Verformungsdiagramm inkl. Dilatanz (triaxialer Druckversuch)

### 5.9.3 Triaxiale Mehrstufen – Druckversuche

Insgesamt wurden zwei dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Pegmatitanhydrit durchgeführt. Ein Beispiel für die aufgezeichnete Spannungs-Verformungskurve inklusive Nachbruchverhalten ist in Abbildung 39 gegeben. Aus dieser werden auch die unterschiedlichen Manteldruckstufen, hier 1; 3 und 7 MPa, ersichtlich. Die dreiaxiale Druckfestigkeit für jede einzelne Manteldruckstufe wird durch den jeweiligen Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_{TCS} = 50,03$ ;  $56,96$  und  $70,60$  MPa, repräsentiert. Als statischer Elastizitätsmodul innerhalb der letzten Manteldruckstufe wurde ein Wert von  $E = 36,25$  GPa bestimmt. Die Werte für die dreiaxiale Druckfestigkeit und den Elastizitätsmodul für den Lithotyp Pegmatitanhydrit befinden sich zwischen  $\sigma_{TCS} = 50,03 - 71,85$  MPa respektive  $E = 36,25 - 39,77$  GPa. Unter Anwendung des Bruchkriterium nach Mohr-Coulomb [13] wurde ein Reibungswinkel von  $\varphi = 39^\circ$  und eine Kohäsion von  $11,08$  MPa bestimmt (Abbildung 46, Tabelle 9).



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 69

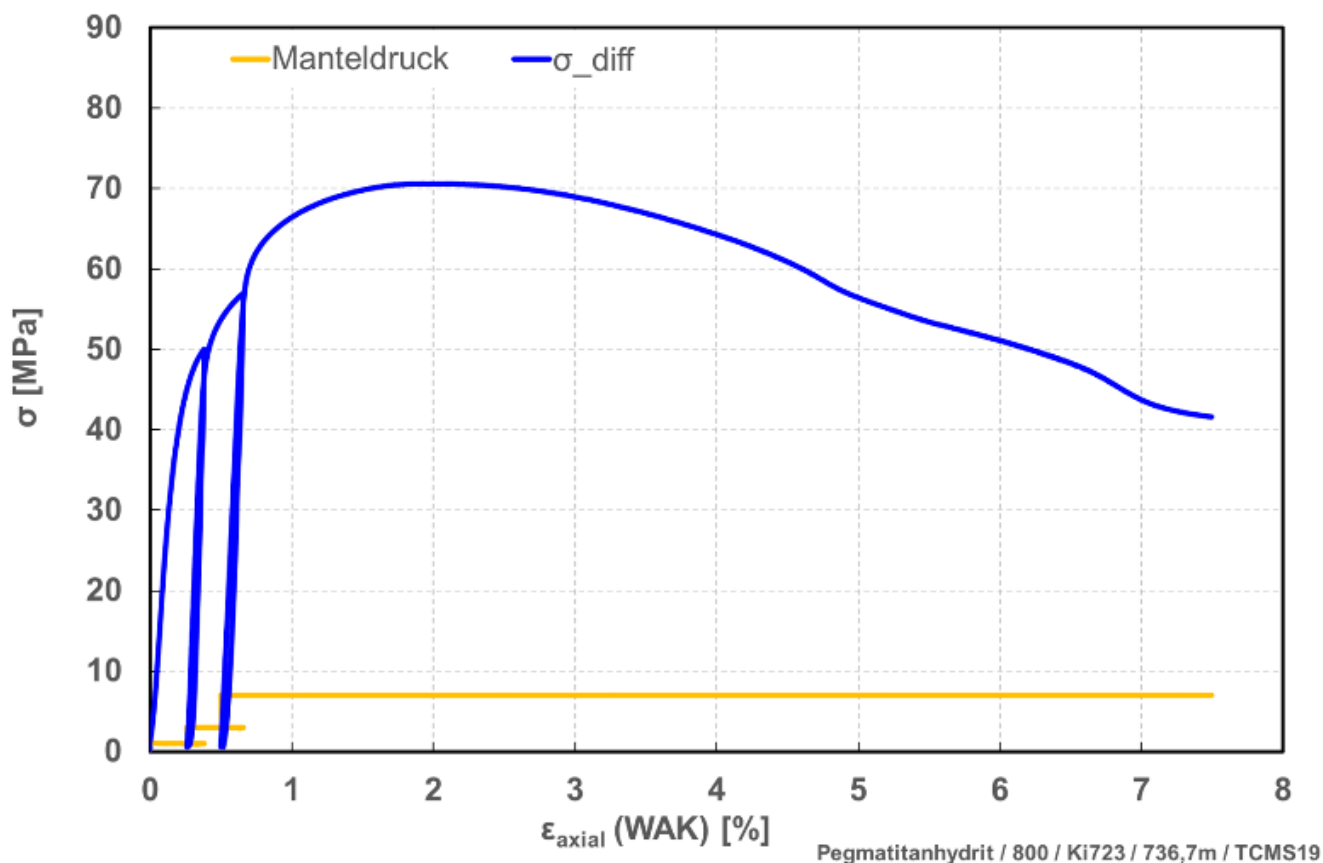


Abbildung 40: Pegmatitanhydrit – TCMS - Spannungs-Verformungsdiagramm (triaxialer Mehrstufen-Druckversuch)

## 5.9.4 Direkte Zugversuche

Insgesamt wurden drei direkte Zugversuche an Gesteinsmaterial vom Lithotyp Pegmatitanhydrit durchgeführt. Ein Beispiel für das aufgezeichnete Spannungs-Zeitdiagramm ist in Abbildung 41 gegeben. Die Zugfestigkeit wird durch Maximalwert der aufgezeichneten Spannung, hier  $\sigma_t = 2,50$  MPa, repräsentiert. Die Werte für die Zugfestigkeit für den Lithotypen Pegmatitanhydrit befinden sich zwischen  $\sigma_t = 1,62 - 2,50$  MPa (Abbildung 48, Tabelle 10).

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 70

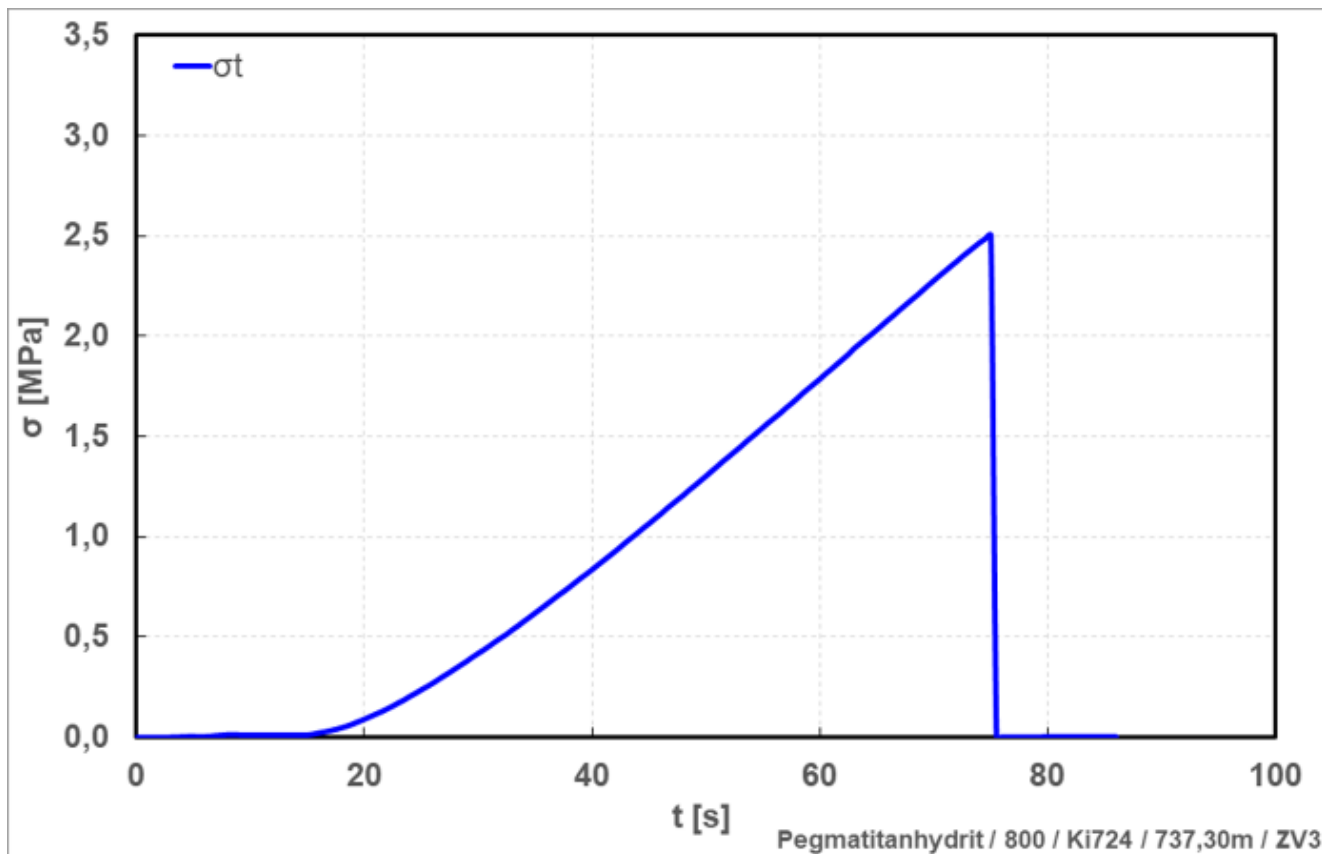


Abbildung 41: Pegmatitanhydrit - Spannungs-Zeitdiagramm (Direkter Zugversuch)

## 5.10 Lithotypübergreifende zusammenfassende Darstellung

### 5.10.1 Einaxiale Druckversuche

Bei Betrachtung der deformierten Probenkörper fällt auf, dass das Gesteinsmaterial aus dem Deckgebirge sich eher spröde verhält und die Deformation in axialer Richtung durch das Auftreten eines Makrorisses kompensiert wird, während die Proben aus dem Salinar erwartungs- und erfahrungsgemäß tendenziell dazu neigen die Deformation durch die Koaleszenz von vielen Mikrorissen, welches zu einer fassförmigen Geometrie führt, aufzunehmen. Repräsentativ für die spröde (Deckgebirge) und duktile (Salinar) Verformung sind zwei Prüfkörper sowohl vor als auch nach einem Einaxialen Druckversuch in Abbildung 42 gezeigt.

Eine klare Korrelation von Dichte und Einaxialer Druckfestigkeit ( $\sigma_{UCS}$ ) ist nicht erkennbar (Abbildung 43a). Es ist allerdings ersichtlich, dass die Variabilität der Dichte und Einaxialer Druckfestigkeit der Steinsalzproben wesentlich geringer ist als die der Deckgebirgsproben. Dieser Umstand ist hauptsächlich auf die mineralogische Zusammensetzung und die damit einhergehende Mikrostruktur zurückzuführen. Während sich die Steinsalzproben teils aus nur sehr wenigen unterschiedlichen Mineralphasen zusammensetzen, besteht das Gesteinsmaterial aus dem Deckgebirge aus einer Vielzahl unterschiedlicher Minerale.

|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                              |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                              |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 71                                                                                                                    |

Ein positiver Trend zwischen der Einaxialen Druckfestigkeit und dem statischen Elastizitätsmodul konnte allerdings, unabhängig von der Zugehörigkeit zum Deckgebirge oder Salinar, festgestellt werden (Abbildung 43b). Dieser Umstand kann sich somit zunutze gemacht werden, um während der Abteufphase eines potenziellen Schachtes in ähnlichen Lithotypen bereits frühzeitig, unter Hinzunahme von Korrelationen zwischen dynamischen und statischen Elastizitätsmoduli, auf die anzutreffende Festigkeit der unterschiedlichen Gesteinsschichten zu schließen.

Durch die Verwendung einer Umfangsmesskette konnte zusätzlichen zur axialen auch die radiale Verformung der Prüfkörper während der Deformationsversuche aufgezeichnet werden. Aus dem Verhältnis von radialer zu axialer Verformung konnten somit auch die statischen Querdehnungszahlen ( $\nu$ ) bestimmt werden. Wie vermutet (auf Grundlage der Poro-Elastizitäts-Theorie) scheint es dabei in Abhängigkeit vom statischen Elastizitätsmodul einen negativen Zusammenhang zu geben – mit zunehmendem Elastizitätsmodul nimmt die Querdehnungszahl ab, was auf einen Übergang von spröder zu duktiler Verformung, bei zunehmenden elastischen Eigenschaften, hindeutet (Abbildung 43c). Außerdem erscheint es so, dass es eine Art obere und untere Grenze (gestrichelte Linie in Abbildung 43c) gibt, innerhalb welcher sich die ermittelten Querdehnungszahlen bewegen.

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 72

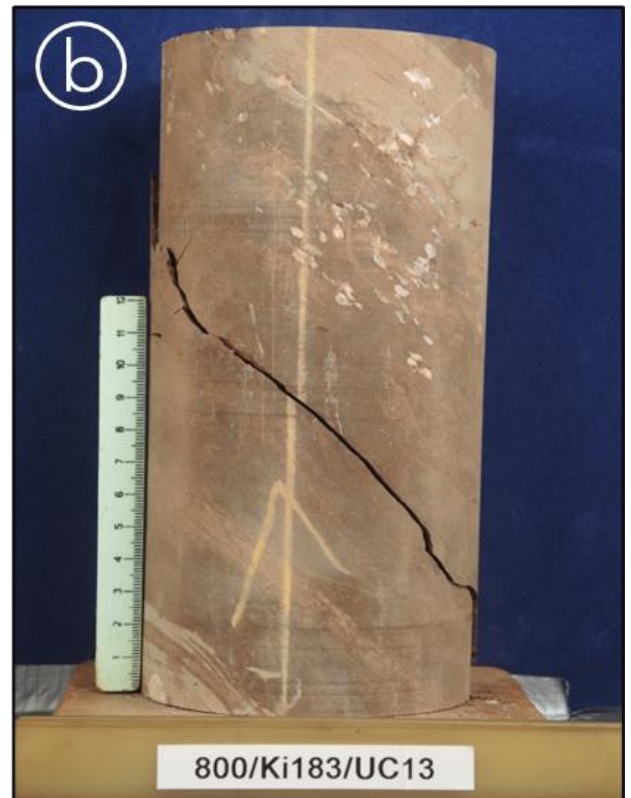


Abbildung 42: Proben aus dem Deckgebirge (a, b) und dem Salinar (c, d) sowohl vor (a, c) als auch nach (b, d) dem Einaxialen Druckversuch

Die große Spannweite der ermittelten Werte für die Einaxiale Druckfestigkeit (besonders für das Gesteinsmaterial aus dem Deckgebirge) wird auch in Abbildung 43d ersichtlich, in welcher diese über die Tiefe aufgetragen wurde. Ein klarer Trend zwischen der Einaxialen Druckfestigkeit und Tiefe ist allerdings nicht erkennbar, sodass hier nur mögliche Endglieder identifiziert werden können.

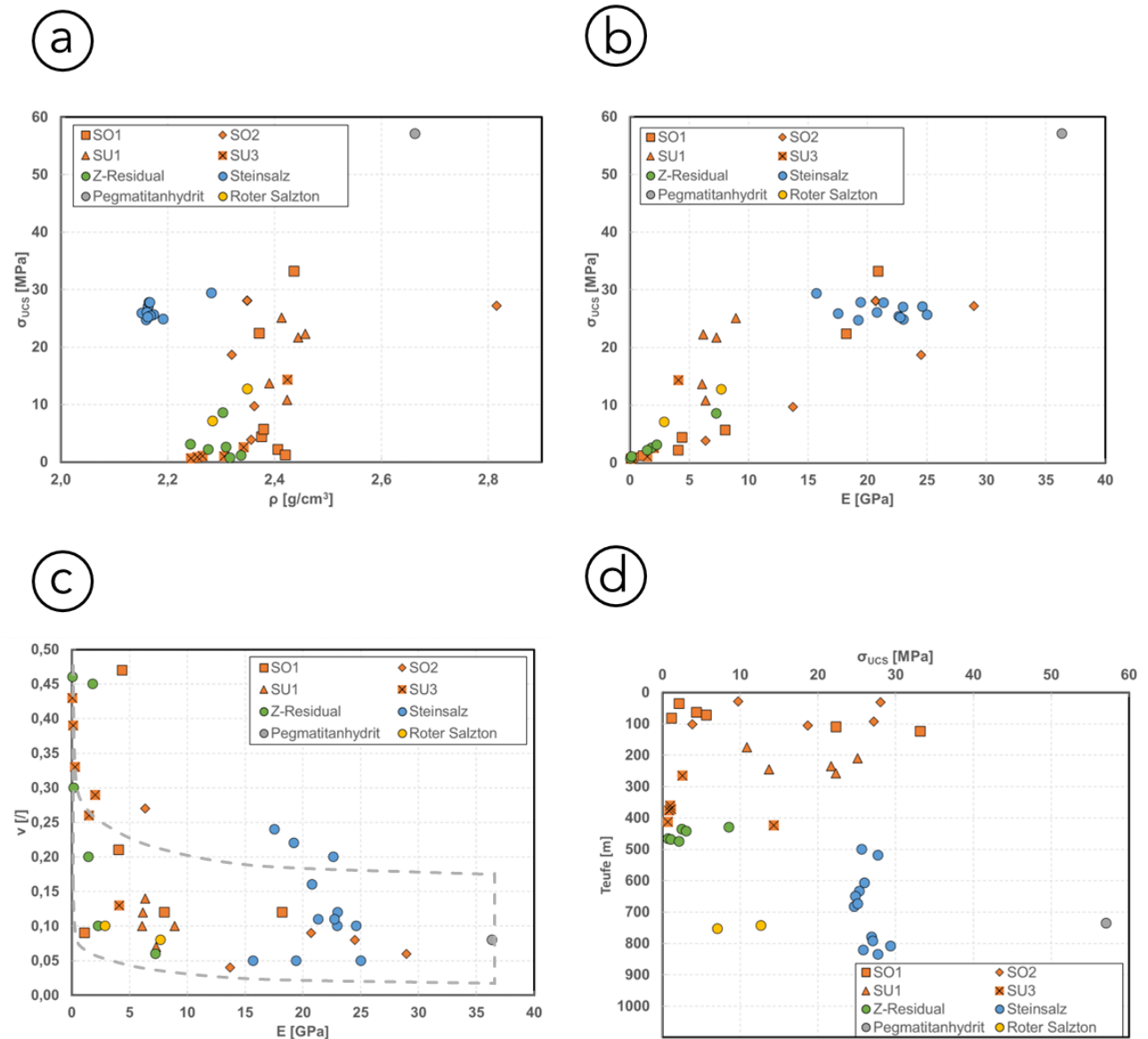


Abbildung 43: Ergebnisse - Einaxiale Druckversuche

### Tabelle 7: Ergebnisse - Einaxiale Druckversuche

| Probe    | Teufe  | Lithotyp | $\sigma_{ucs}$ | $E_{stat}$ | $v_{stat}$ | $\rho$               |
|----------|--------|----------|----------------|------------|------------|----------------------|
|          | [m]    |          | [MPa]          | [GPa]      | [/]        | [g/cm <sup>3</sup> ] |
| 800_UC1  | 29,10  | SO2      | 9,73           | 13,71      | 0,04       | 2,362                |
| 800_UC2  | 31,06  | SO2      | 28,04          | 20,71      | 0,09       | 2,349                |
| 800_UC3  | 35,65  | SO1      | 2,15           | 4,07       | 0,21       | 2,407                |
| 800_UC5  | 63,40  | SO1      | 4,39           | 4,39       | 0,47       | 2,376                |
| 800_UC6  | 72,40  | SO1      | 5,69           | 8,05       | 0,12       | 2,380                |
| 800_UC7  | 82,70  | SO1      | 1,22           | 1,14       | 0,09       | 2,420                |
| 800_UC8  | 92,27  | SO2      | 27,19          | 28,96      | 0,06       | 2,816                |
| 800_UC9  | 102,05 | SO2      | 3,86           | 6,37       | 0,27       | 2,356                |
| 800_UC10 | 105,38 | SO2      | 18,69          | 24,51      | 0,08       | 2,320                |
| 800_UC11 | 110,79 | SO1      | 22,37          | 18,22      | 0,12       | 2,372                |
| 800_UC12 | 124,80 | SO1      | 33,18          | 20,90      | /          | 2,437                |
| 800_UC13 | 174,29 | SU1      | 10,85          | 6,36       | 0,14       | 2,424                |
| 800_UC14 | 209,31 | SU1      | 25,13          | 8,91       | 0,10       | 2,413                |
| 800_UC15 | 235,25 | SU1      | 21,72          | 7,29       | 0,07       | 2,444                |
| 800_UC16 | 244,44 | SU1      | 13,70          | 6,07       | 0,10       | 2,390                |
| 800_UC17 | 257,94 | SU1      | 22,30          | 6,17       | 0,12       | 2,458                |
| 800_UC18 | 265,42 | SU3      | 2,58           | 2,01       | 0,29       | 2,342                |
| 800_UC19 | 360,24 | SU3      | 1,02           | 0,28       | 0,33       | 2,306                |
| 800_UC20 | 371,96 | SU3      | 1,09           | 1,48       | 0,26       | 2,265                |
| 800_UC21 | 375,77 | SU3      | 0,84           | 0,13       | 0,39       | 2,256                |
| 800_UC22 | 412,47 | SU3      | 0,67           | 0,05       | 0,43       | 2,244                |
| 800_UC23 | 423,70 | SU3      | 14,33          | 4,10       | 0,13       | 2,424                |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 74 |                                                                                                                                |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |           |                                                                                                                                |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |           |                                                                                                                                |







|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |                                                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BGE</b><br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |           |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                                     | Blatt: 76 |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                      |           |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                      |           |

### 5.10.2 Dreiaxiale Einstufen- und Mehrstufen-Druckversuche

Vergleichbar zu den Versuchen hinsichtlich der Bestimmung der Einaxialen Druckfestigkeit lässt sich auch hier feststellen, dass die Proben aus dem Deckgebirge die Deformation in axialer Richtung bei in situ relevanten thermodynamischen Randbedingungen hauptsächlich durch die Ausbildung eines großen Makrorisses kompensieren. Dieser kann in einigen Fällen zusätzlich noch durch subparallele (Sekundär)Risse begleitet werden. Steinsalzproben hingegen verformen vornehmlich duktil und bilden eine fassförmige Geometrie aus, um die axiale Verkürzung auszugleichen Abbildung 44.

Unabhängig von der Zugehörigkeit des Gesteinsmaterials (Deckgebirge oder Salinar) ist eine direkte Abhängigkeit von maximaler Axialspannung ( $\sigma_1$ ) und radialer Einspannung bzw. Manteldruck ( $p_c$ ) erkennbar (Abbildung 45a). Dieser Zusammenhang wird oft mithilfe des Bruchkriteriums nach Mohr-Coulomb beschrieben, da sie erlaubt die Festigkeit eines Gesteinsmaterials in Abhängigkeit von der aufgetragenen Radialspannung leicht abzuschätzen [13]. Dabei werden die auf interne Reibung basierenden Kennwerte Kohäsion ( $C$ ) und der Reibungswinkel ( $\varphi$ ) definiert:

$$\sigma_1 = m \times p_c + \tilde{C} \quad (11)$$

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{m-1}{m+1}\right) \quad (12)$$

$$C = \tilde{C} \times \left(\frac{1-\sin(\varphi)}{2 \times \cos(\varphi)}\right) \quad (13)$$

$$\mu = \tan(\varphi) \quad (14)$$

mit:  $m$  = Anstieg im  $\sigma_1 - p_c$  Diagramm und  $\tilde{C}$  = Schnittpunkt mit der  $y$  – Achse.

Für die Proben aus dem Deckgebirge wurden dabei folgenden Kennwerte berechnet:  $C = 3,29$  MPa und  $\varphi = 33^\circ$ .

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 77



Abbildung 44: Proben aus dem Deckgebirge (a, b) und dem Salinar (c, d) sowohl vor (a, c) als auch nach (b, d) dem Triaxialen Druckversuch

|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |  BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                       |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                        |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                        |

Blatt: 78

Das Bruchkriterium nach Mohr-Coulomb hat allerdings seine Schwäche bei geringen radialen Einspannungen, besonders bei plastischem Material wie beispielsweise Steinsalz, da es aufgrund des linearen Ansatzes hier die Festigkeit oftmals überschätzt.

Aus diesem Grund wird hier auch auf die Anwendung dieses Kriteriums verzichtet und ein nicht-lineares Kriterium eingesetzt, welches am *IfG* entwickelt wurde, um direkt die Dreiaxiale Festigkeit ( $\sigma_{TCS}$ ) in Abhängigkeit von der Radialspannung zu beschreiben (Abbildung 45b) [14]:

$$\sigma_{TCS} = \sigma_D + \left[ \frac{(\sigma_{MAX} - \sigma_D)}{(\sigma_\phi + p_c)} \right] \cdot p_c \quad (15)$$

Dabei können die Parameter  $\sigma_D$ ,  $\sigma_{MAX}$  und  $\sigma_\phi$  hinsichtlich ihrer physikalischen Bedeutung als einaxiale Druckfestigkeit, maximale effektive Festigkeit und als Krümmungsparameter interpretiert werden. Folgende Werte hinsichtlich Dreiaxialer Druckfestigkeit und Dilatanzfestigkeit (Spannung bei der Dilatanz auftritt) wurden für die Proben aus dem Salinar ermittelt:

Dreiaxiale Druckfestigkeit:  $\sigma_D = 24,45 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{MAX} = 70,18 \text{ MPa}$  und  $\sigma_\phi = 4,70 \text{ MPa}$

Dilatanzfestigkeit:  $\sigma_D = 5,55 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{MAX} = 51,16 \text{ MPa}$  und  $\sigma_\phi = 9,27 \text{ MPa}$

Für die Proben aus dem Deckgebirge wurde aufgrund der Streuung keine Funktion gefunden, die mit den Daten konvergiert. Vergleichbar mit den Ergebnissen der Einaxialen Druckversuche, ist auch hier ein positiver Zusammenhang zwischen dreiaxialer Druckfestigkeit und Elastizitätsmodul erkennbar (Abbildung 45c). Mit Blick auf die maximalen Axialspannung der Proben aus dem Deckgebirge und zunehmender Teufe ist auch hier ein positiver Trend erkennbar. Das ist allerdings nicht zutreffend für Gesteinsmaterial aus dem Salinar. Hier ist eine weite Streuung erkennbar, sodass nur Grenzwerte abgeschätzt werden können (Abbildung 45d).

Im Hinblick auf die Versuche mit mehreren Manteldruckstufen (TCMS), ergibt sich ein vergleichbares Bild. Das Bruchverhalten ist aufgrund der gleichen Fahrweise der Experimente bis zum Probenversagen identisch, sodass hier nochmals auf Abbildung 44 verwiesen wird.

Auch hier ist ein positiver Zusammenhang zwischen radialer Einspannung und maximaler Axialspannung erkennbar, allerdings mit einer größeren Streuung (Abbildung 46a), sodass hier auf die Bestimmung der Reibungsparameter ( $C$ ,  $\phi$ ) nach Mohr-Coulomb verzichtet wurde, da die Fehler in der gleichen Größenordnung der Absolutwerte liegen. Für die nicht-lineare Beschreibung der dreiaxialen Druckfestigkeit in Abhängigkeit von der radialen Einspannung wurde folgende Parameter ermittelt (Abbildung 46b):

Deckgebirge:  $\sigma_D = 9,56 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{MAX} = 26,53 \text{ MPa}$  und  $\sigma_\phi = 9,43 \text{ MPa}$

Salinar:  $\sigma_D = 49,40 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{MAX} = 263,19 \text{ MPa}$  und  $\sigma_\phi = 61,58 \text{ MPa}$

Wie auch zuvor, ist hier ein positiver Zusammenhang zwischen dreiaxialer Druckfestigkeit und Elastizitätsmodul erkennbar (Abbildung 46c). Außerdem erscheint die maximale Axialspannung mit zunehmender Teufe ebenfalls zuzunehmen (Abbildung 46d).

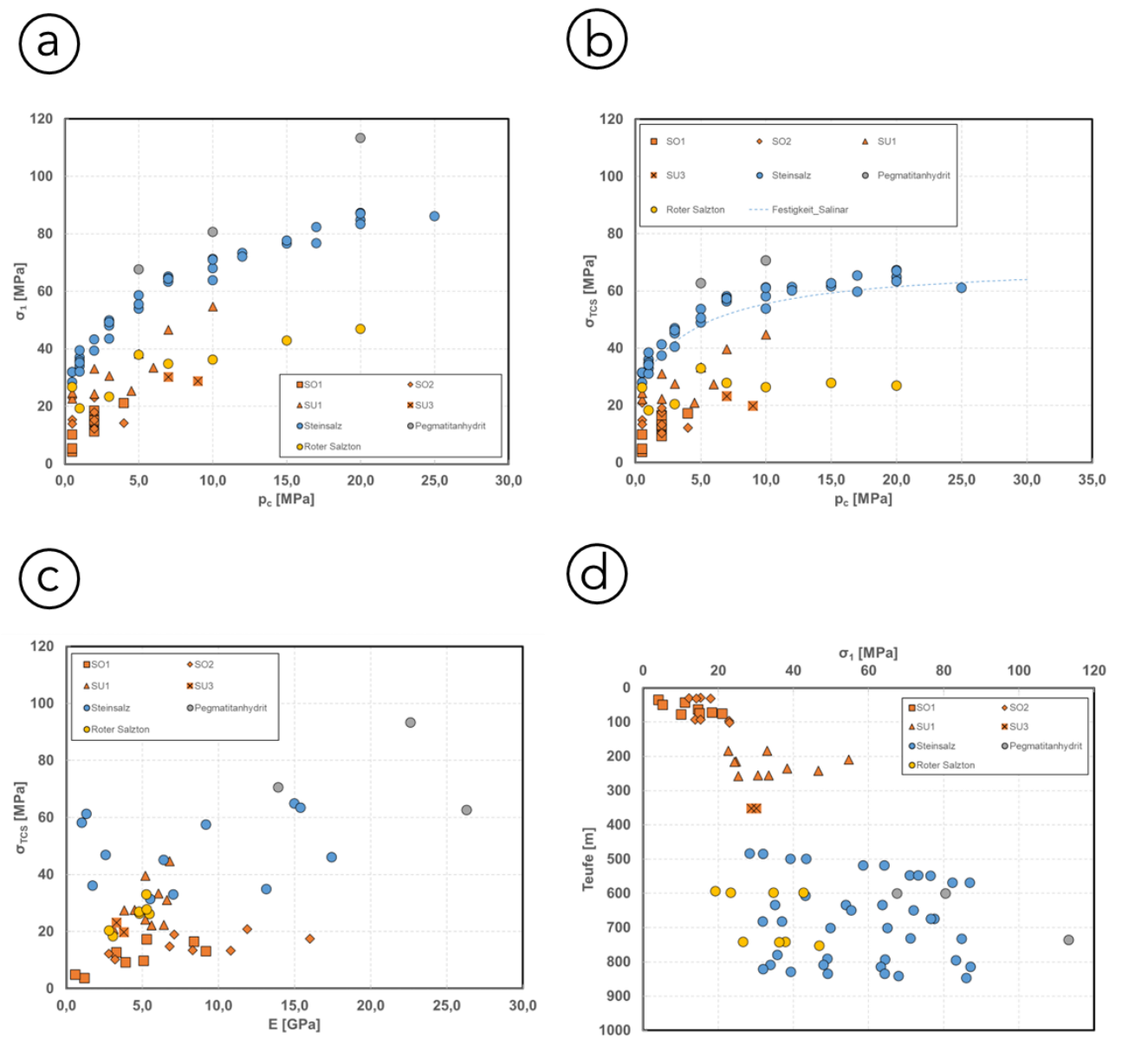


Abbildung 45: Ergebnisse - Dreiaxiale Druckversuche

### Tabelle 8: Ergebnisse - Dreiaxiale Druckversuche

| Probe    | Teufe  | Lithotyp | $\sigma_3$ | $\sigma_{TCS}$ | $\sigma_1$ | $E_{stat}$ | $\rho$               |
|----------|--------|----------|------------|----------------|------------|------------|----------------------|
|          | [m]    |          | [MPa]      | [MPa]          | [MPa]      | [GPa]      | [g/cm <sup>3</sup> ] |
| 800/TC1  | 29,40  | SO2      | 0,5        | 14,83          | 15,33      | 6,8        | 2,318                |
| 800/TC2  | 29,95  | SO2      | 2,0        | 10,24          | 12,24      | 3,2        | 2,300                |
| 800/TC4  | 30,77  | SO2      | 0,5        | 17,52          | 18,02      | 16,0       | 2,351                |
| 800/TC5  | 31,35  | SO2      | 2,0        | 12,22          | 14,22      | 2,8        | 2,269                |
| 800/TC7  | 35,40  | SO1      | 0,5        | 3,67           | 4,17       | 1,2        | 2,420                |
| 800/TC8  | 43,45  | SO1      | 2,0        | 9,18           | 11,18      | 3,9        | 2,366                |
| 800/TC10 | 50,70  | SO1      | 0,5        | 4,78           | 5,28       | 0,6        | 2,415                |
| 800/TC13 | 63,70  | SO1      | 2,0        | 12,67          | 14,67      | 3,3        | 2,362                |
| 800/TC16 | 72,20  | SO1      | 2,0        | 16,43          | 18,43      | 8,4        | 2,365                |
| 800/TC17 | 75,10  | SO1      | 2,0        | 13,06          | 15,06      | 9,2        | 2,342                |
| 800/TC18 | 75,70  | SO1      | 4,0        | 17,15          | 21,15      | 5,3        | 2,349                |
| 800/TC20 | 78,00  | SO1      | 0,5        | 9,71           | 10,21      | 5,1        | 2,421                |
| 800/TC22 | 92,61  | SO2      | 0,5        | 13,40          | 13,90      | 8,3        | 2,474                |
| 800/TC23 | 92,94  | SO2      | 2,0        | 13,26          | 15,26      | 10,8       | 2,481                |
| 800/TC24 | 96,57  | SO2      | 2,0        | 20,90          | 22,90      | 11,9       | 2,335                |
| 800/TC25 | 102,30 | SO2      | 4,0        | 18,99          | 22,99      | 7,1        | 2,375                |
| 800/TC29 | 183,53 | SU1      | 2,0        | 31,02          | 33,02      | 6,6        | 2,443                |
| 800/TC30 | 183,80 | SU1      | 0,5        | 22,18          | 22,68      | 5,6        | 2,418                |
| 800/TC31 | 209,52 | SU1      | 10,0       | 44,73          | 54,73      | 6,8        | 2,441                |

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |           |                                                                                                                                |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 80 |                                                                                                                                |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAAN           | AAANNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |           |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |           |                                                                                                                                |  |



| Probe    | Teufe  | Lithotyp         | $\sigma_3$ | $\sigma_{TCS}$ | $\sigma_1$ | $E_{stat}$ | $\rho$               |
|----------|--------|------------------|------------|----------------|------------|------------|----------------------|
|          | [m]    |                  | [MPa]      | [MPa]          | [MPa]      | [GPa]      | [g/cm <sup>3</sup> ] |
| 800/TC32 | 215,67 | SU1              | 0,5        | 24,24          | 24,74      | 5,2        | 2,418                |
| 800/TC33 | 215,89 | SU1              | 2,0        | 22,30          | 24,30      | 6,4        | 2,428                |
| 800/TC35 | 235,79 | SU1              | 5,0        | 33,35          | 38,35      | 6,1        | 2,452                |
| 800/TC36 | 242,05 | SU1              | 7,0        | 39,59          | 46,59      | 5,2        | 2,434                |
| 800/TC37 | 255,33 | SU1              | 3,0        | 27,58          | 30,58      | 4,5        | 2,412                |
| 800/TC38 | 255,52 | SU1              | 6,0        | 27,45          | 33,45      | 3,8        | 2,394                |
| 800/TC39 | 257,54 | SU1              | 4,5        | 20,88          | 25,38      | 3,1        | 2,405                |
| 800/TC40 | 351,88 | SU3              | 7,0        | 23,19          | 30,19      | 3,3        | 2,383                |
| 800/TC41 | 352,09 | SU3              | 9,0        | 19,79          | 28,79      | 3,8        | 2,394                |
| 800/TC42 | 682,60 | Steinsalz        | 0,5        | 31,35          | 31,85      | 5,5        | 2,158                |
| 800/TC43 | 682,85 | Steinsalz        | 1,0        | 35,99          | 36,99      | /          | 2,158                |
| 800/TC44 | 701,35 | Steinsalz        | 3,0        | 46,87          | 49,87      | /          | 2,163                |
| 800/TC45 | 701,60 | Steinsalz        | 7,0        | 58,10          | 65,10      | /          | 2,163                |
| 800/TC46 | 732,55 | Steinsalz        | 10,0       | 61,22          | 71,22      | /          | 2,161                |
| 800/TC47 | 732,80 | Steinsalz        | 20,0       | 64,81          | 84,81      | /          | 2,180                |
| 800/TC48 | 736,45 | Pegmatitanhydrit | 20,0       | 93,30          | 113,30     | 22,6       | 2,640                |
| 800/TC49 | 742,20 | Roter Salzton    | 0,5        | 26,14          | 26,64      | 5,5        | 2,402                |
| 800/TC50 | 742,40 | Roter Salzton    | 5,0        | 32,92          | 37,92      | 5,3        | 2,339                |
| 800/TC51 | 743,40 | Roter Salzton    | 10,0       | 26,27          | 36,27      | 4,8        | 2,339                |

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |           |                                                                                                                                |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 81 |                                                                                                                                |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAAN           | AAANNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |           |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |           |                                                                                                                                |  |



| Probe    | Teufe  | Lithotyp      | $\sigma_3$ | $\sigma_{TCS}$ | $\sigma_1$ | $E_{stat}$ | $\rho$               |
|----------|--------|---------------|------------|----------------|------------|------------|----------------------|
|          | [m]    |               | [MPa]      | [MPa]          | [MPa]      | [GPa]      | [g/cm <sup>3</sup> ] |
| 800/TC52 | 753,55 | Roter Salzton | 20,0       | 26,91          | 46,91      | 4,8        | 2,312                |
| 800/TC53 | 780,35 | Steinsalz     | 1,0        | 34,79          | 35,79      | 1,7        | 2,160                |
| 800/TC54 | 791,60 | Steinsalz     | 3,0        | 46,08          | 49,08      | /          | 2,214                |
| 800/TC55 | 793,35 | Steinsalz     | 7,0        | 57,44          | 64,44      | /          | 2,183                |
| 800/TC56 | 796,15 | Steinsalz     | 20,0       | 63,34          | 83,34      | /          | 2,168                |
| 800/TC57 | 809,40 | Steinsalz     | 1,0        | 32,94          | 33,94      | 2,6        | 2,263                |
| 800/TC58 | 809,65 | Steinsalz     | 3,0        | 45,11          | 48,11      | /          | 2,195                |
| 800/TC59 | 815,10 | Steinsalz     | 7,0        | 56,33          | 63,33      | /          | 2,207                |
| 800/TC60 | 815,60 | Steinsalz     | 20,0       | 67,21          | 87,21      | /          | 2,239                |
| 800/TC61 | 821,45 | Steinsalz     | 0,5        | 31,47          | 31,97      | 1,0        | 2,155                |
| 800/TC62 | 830,15 | Steinsalz     | 1,0        | 38,42          | 39,42      | 1,3        | 2,163                |
| 800/TC63 | 835,40 | Steinsalz     | 3,0        | 46,18          | 49,18      | /          | 2,165                |
| 800/TC64 | 835,65 | Steinsalz     | 7,0        | 57,32          | 64,32      | /          | 2,158                |
| 800/TC65 | 841,55 | Steinsalz     | 10,0       | 58,01          | 68,01      | /          | 2,148                |
| 800/TC66 | 847,85 | Steinsalz     | 25,0       | 61,06          | 86,06      | /          | 2,152                |
| 800/TC67 | 484,65 | Steinsalz     | 0,5        | 27,90          | 28,40      | 15,0       | 2,166                |
| 800/TC68 | 484,85 | Steinsalz     | 1,0        | 31,01          | 32,01      | 13,2       | 2,175                |
| 800/TC69 | 499,65 | Steinsalz     | 2,0        | 37,31          | 39,31      | 17,4       | 2,175                |
| 800/TC70 | 500,05 | Steinsalz     | 3,0        | 40,50          | 43,50      | 9,2        | 2,170                |

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |           |                                                                                                                                |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 82 |                                                                                                                                |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAAN           | AAANNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |           |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |           |                                                                                                                                |  |

| Probe    | Teufe  | Lithotyp         | $\sigma_3$ | $\sigma_{TCS}$ | $\sigma_1$ | $E_{stat}$ | $\rho$               |
|----------|--------|------------------|------------|----------------|------------|------------|----------------------|
|          | [m]    |                  | [MPa]      | [MPa]          | [MPa]      | [GPa]      | [g/cm <sup>3</sup> ] |
| 800/TC71 | 519,10 | Steinsalz        | 5,0        | 53,67          | 58,67      | 15,4       | 2,157                |
| 800/TC72 | 519,30 | Steinsalz        | 7,0        | 57,29          | 64,29      | /          | 2,160                |
| 800/TC73 | 548,30 | Steinsalz        | 10,0       | 60,99          | 70,99      | /          | 2,176                |
| 800/TC74 | 548,55 | Steinsalz        | 12,0       | 61,29          | 73,29      | /          | 2,163                |
| 800/TC75 | 548,80 | Steinsalz        | 15,0       | 61,53          | 76,53      | /          | 2,158                |
| 800/TC76 | 569,60 | Steinsalz        | 17,0       | 65,33          | 82,33      | /          | 2,170                |
| 800/TC77 | 569,80 | Steinsalz        | 20,0       | 66,97          | 86,97      | /          | 2,178                |
| 800/TC78 | 594,50 | Roter Salzton    | 1,0        | 18,29          | 19,29      | 3,1        | 2,222                |
| 800/TC79 | 598,55 | Roter Salzton    | 3,0        | 20,35          | 23,35      | 2,8        | 2,434                |
| 800/TC80 | 598,80 | Roter Salzton    | 7,0        | 27,76          | 34,76      | 5,3        | 2,449                |
| 800/TC81 | 599,05 | Roter Salzton    | 15,0       | 27,80          | 42,80      | /          | 2,422                |
| 800/TC82 | 600,50 | Pegmatitanhydrit | 5,0        | 62,63          | 67,63      | 26,3       | 2,658                |
| 800/TC83 | 600,70 | Pegmatitanhydrit | 10,0       | 70,56          | 80,56      | 14,0       | 2,599                |
| 800/TC84 | 607,45 | Steinsalz        | 2,0        | 41,23          | 43,23      | 7,0        | 2,165                |
| 800/TC85 | 634,10 | Steinsalz        | 1,0        | 34,15          | 35,15      | 6,4        | 2,253                |
| 800/TC86 | 634,30 | Steinsalz        | 5,0        | 48,97          | 53,97      | /          | 2,218                |
| 800/TC87 | 634,60 | Steinsalz        | 10,0       | 53,78          | 63,78      | /          | 2,305                |
| 800/TC88 | 650,35 | Steinsalz        | 5,0        | 50,48          | 55,48      | /          | 2,185                |
| 800/TC89 | 650,60 | Steinsalz        | 12,0       | 60,03          | 72,03      | /          | 2,187                |

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |           |                                                                                                                                |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 83 |                                                                                                                                |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAAN           | AAANNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |           |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |           |                                                                                                                                |  |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |           |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|-----------|--|--|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev |           |  |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |           |  |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  | Blatt: 84 |  |  |

| Probe    | Teufe  | Lithotyp  | $\sigma_3$ | $\sigma_{TCS}$ | $\sigma_1$ | $E_{stat}$ | $\rho$               |
|----------|--------|-----------|------------|----------------|------------|------------|----------------------|
|          | [m]    |           | [MPa]      | [MPa]          | [MPa]      | [GPa]      | [g/cm <sup>3</sup> ] |
| 800/TC90 | 674,80 | Steinsalz | 15,0       | 62,61          | 77,61      | /          | 2,169                |
| 800/TC91 | 675,00 | Steinsalz | 17,0       | 59,66          | 76,66      | /          | 2,161                |

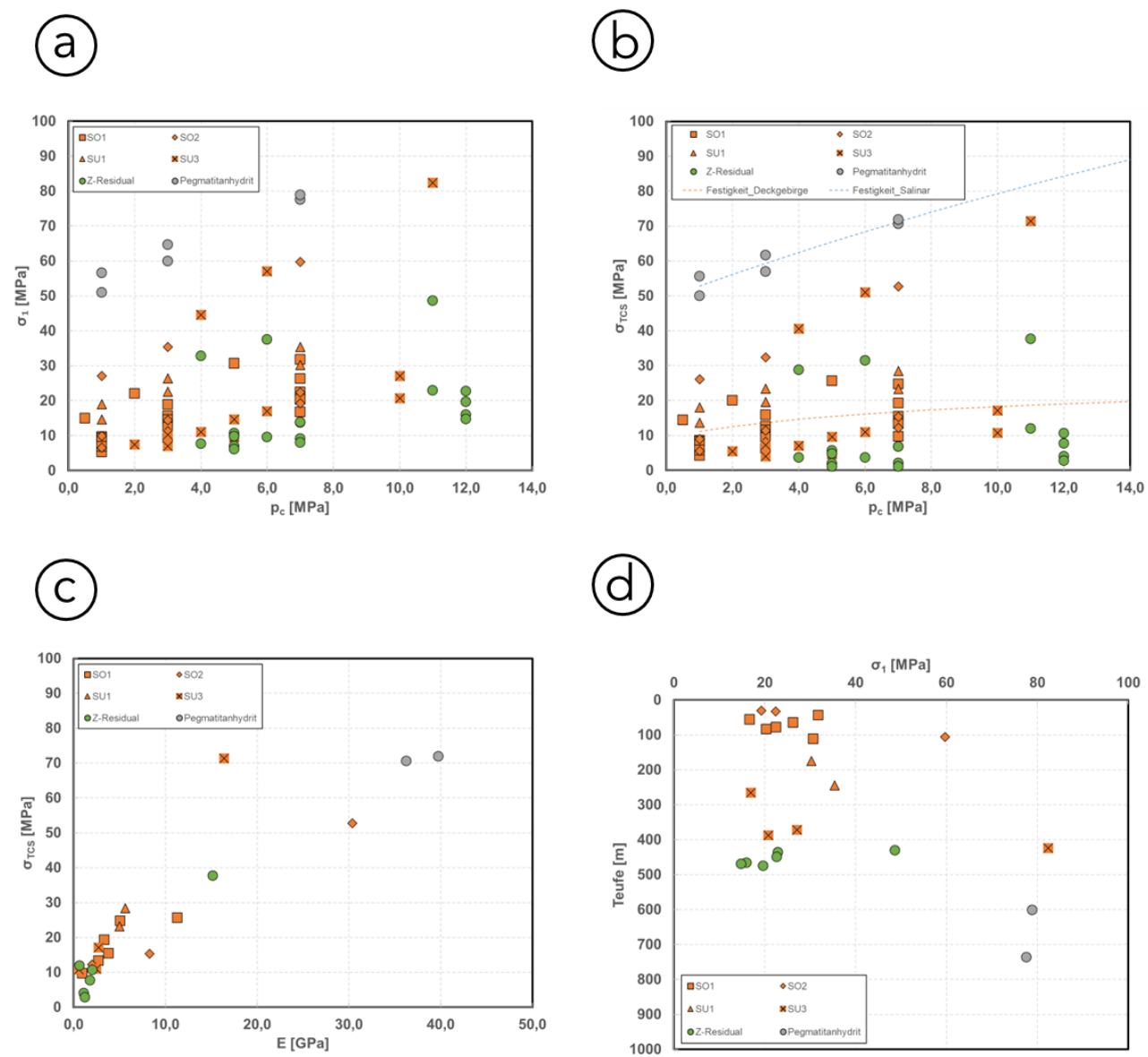


Abbildung 46: Ergebnisse - Dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche

Tabelle 9: Ergebnisse - Dreiaxiale Mehrstufen-Druckversuche

| Probe       | Teufe  | Lithotyp | $\sigma_3$ | $\sigma_{TCS}$ | $\sigma_1$ | $E_{stat}$ | $\rho$  | $\varphi$ | $C$   |
|-------------|--------|----------|------------|----------------|------------|------------|---------|-----------|-------|
|             | [m]    |          | [MPa]      | [MPa]          | [MPa]      | [GPa]      | [g/cm³] | [°]       | [MPa] |
| 800_TCMS1   | 105,74 | SO2      | 1,00       | 26,12          | 27,12      |            |         | 44        | 4,36  |
|             |        |          | 3,00       | 32,38          | 35,38      |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 52,71          | 59,71      | 30,38      | 2,3184  |           |       |
| 800_TCMS2   | 111,01 | SO1      | 0,50       | 14,48          | 14,98      |            |         | 33        | 3,82  |
|             |        |          | 2,00       | 20,05          | 22,05      |            |         |           |       |
|             |        |          | 5,00       | 25,65          | 30,65      | 11,32      | 2,3825  |           |       |
| 800_TCMS3   | 30,17  | SO2      | 1,00       | 5,59           | 6,59       |            |         | 21        | 1,62  |
|             |        |          | 3,00       | 8,22           | 11,22      |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 12,21          | 19,21      | 1,99       | 2,3322  |           |       |
| 800_TCMS4   | 174,62 | SU1      | 1,00       | 18,06          | 19,06      |            |         | 18        | 6,26  |
|             |        |          | 3,00       | 19,65          | 22,65      |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 23,25          | 30,25      | 4,97       | 2,4229  |           |       |
| 800_TCMS5_1 | 32,85  | SO2      | 1,00       | 8,94           | 9,94       |            |         | 20        | 2,80  |
|             |        |          | 3,00       | 11,42          | 14,42      |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 15,37          | 22,37      | 8,27       | 2,3592  |           |       |
| 800_TCMS6   | 43,80  | SO1      | 1,00       | 8,48           | 9,48       |            |         | 35        | 1,75  |
|             |        |          | 3,00       | 15,91          | 18,91      |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 24,79          | 31,79      | 5,09       | 2,3970  |           |       |

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |                                                                                                                                |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 86                                                                                                                      |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAAN           | AAANNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |                                                                                                                                |  |

| Probe       | Teufe  | Lithotyp | $\sigma_3$ | $\sigma_{TCS}$ | $\sigma_1$ | $E_{stat}$ | $\rho$  | $\varphi$ | $C$   |
|-------------|--------|----------|------------|----------------|------------|------------|---------|-----------|-------|
|             | [m]    |          | [MPa]      | [MPa]          | [MPa]      | [GPa]      | [g/cm³] | [°]       | [MPa] |
| 800_TCMS7   | 55,60  | SO1      | 1,00       | 4,29           | 5,29       |            |         | 18        | 1,25  |
|             |        |          | 3,00       | 6,22           | 9,22       |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 9,72           | 16,72      | 0,95       | 2,3513  |           |       |
| 800_TCMS8   | 64,80  | SO1      | 1,00       | 8,66           | 9,66       |            |         | 28        | 2,14  |
|             |        |          | 3,00       | 12,63          | 15,63      |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 19,28          | 26,28      | 3,35       | 2,3615  |           |       |
| 800_TCMS9   | 77,60  | SO1      | 1,00       | 8,25           | 9,25       |            |         | 22        | 2,52  |
|             |        |          | 3,00       | 11,53          | 14,53      |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 15,50          | 22,50      | 3,82       | 2,4398  |           |       |
| 800_TCMS10  | 83,10  | SO1      | 1,00       | 5,85           | 6,85       |            |         | 22        | 1,72  |
|             |        |          | 3,00       | 9,43           | 12,43      |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 13,33          | 20,33      | 2,72       | 2,4173  |           |       |
| 800_TCMS5_2 | 244,16 | SU1      | 1,00       | 13,62          | 14,62      |            |         | 32        | 3,70  |
|             |        |          | 3,00       | 23,41          | 26,41      |            |         |           |       |
|             |        |          | 7,00       | 28,41          | 35,41      | 5,60       | 2,4297  |           |       |
| 800_TCMS6_2 | 265,79 | SU3      | 2,00       | 5,47           | 7,47       |            |         | 24        | 0,76  |
|             |        |          | 4,00       | 7,05           | 11,05      |            |         |           |       |
|             |        |          | 6,00       | 10,97          | 16,97      | 2,48       | 2,3375  |           |       |

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |                                                                                                                                |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 87                                                                                                                      |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AA>NNNA    | AA>NN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |                                                                                                                                |  |



[illegible]

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |                                                                                                                                |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 88                                                                                                                      |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAAN           | AAANNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |                                                                                                                                |  |

| Probe      | Teufe  | Lithotyp         | $\sigma_3$ | $\sigma_{TCS}$ | $\sigma_1$ | $E_{stat}$ | $\rho$  | $\varphi$ | $C$   |
|------------|--------|------------------|------------|----------------|------------|------------|---------|-----------|-------|
|            | [m]    |                  | [MPa]      | [MPa]          | [MPa]      | [GPa]      | [g/cm³] | [°]       | [MPa] |
|            |        |                  |            |                |            |            |         |           |       |
| 800_TCMS16 | 465,80 | Z-Residual       | 5,00       | 2,04           | 7,04       |            |         | 8         | 0,13  |
|            |        |                  | 7,00       | 2,10           | 9,10       |            |         |           |       |
|            |        |                  | 12,00      | 4,01           | 16,01      | 1,11       | 2,3473  |           |       |
| 800_TCMS17 | 468,80 | Z-Residual       | 5,00       | 1,09           | 6,09       |            |         | 7         | 0     |
|            |        |                  | 7,00       | 1,08           | 8,08       |            |         |           |       |
|            |        |                  | 12,00      | 2,78           | 14,78      | 1,23       | 2,3631  |           |       |
| 800_TCMS18 | 474,48 | Z-Residual       | 5,00       | 4,85           | 9,85       |            |         | 9         | 1,54  |
|            |        |                  | 7,00       | 6,85           | 13,85      |            |         |           |       |
|            |        |                  | 12,00      | 7,69           | 19,69      | 1,80       | 2,3198  |           |       |
| 800_TCMS19 | 736,70 | Pegmatitanhydrit | 1,00       | 50,03          | 51,03      |            |         | 39        | 11,08 |
|            |        |                  | 3,00       | 56,96          | 59,96      |            |         |           |       |
|            |        |                  | 7,00       | 70,60          | 77,60      | 36,25      | 2,6070  |           |       |
| 800_TCMS21 | 600,90 | Pegmatitanhydrit | 1,00       | 55,61          | 56,61      |            |         | 35        | 13,87 |
|            |        |                  | 3,00       | 61,71          | 64,71      |            |         |           |       |
|            |        |                  | 7,00       | 71,85          | 78,85      | 39,77      | 2,7406  |           |       |

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |                                                                                                                                |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 89                                                                                                                      |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAAN           | AAANNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |                                                                                                                                |  |

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 90

### 5.10.3 Direkte Zugversuche

Bei direkter Zugbelastung ist ein Versagen der Proben aus dem Salinar entweder entlang von Schichtfolgen (Abbildung 5) oder natürlicher Schwächezonen (Abbildung 47) erkennbar. Die ermittelten Zugfestigkeiten der Proben ( $\tau$ ) liegen in einem Bereich von  $\approx 0,4 - 2,7$  MPa und zeigen keine Abhängigkeit von der Probendichte (Abbildung 48a) oder der Teufe (Abbildung 48b).

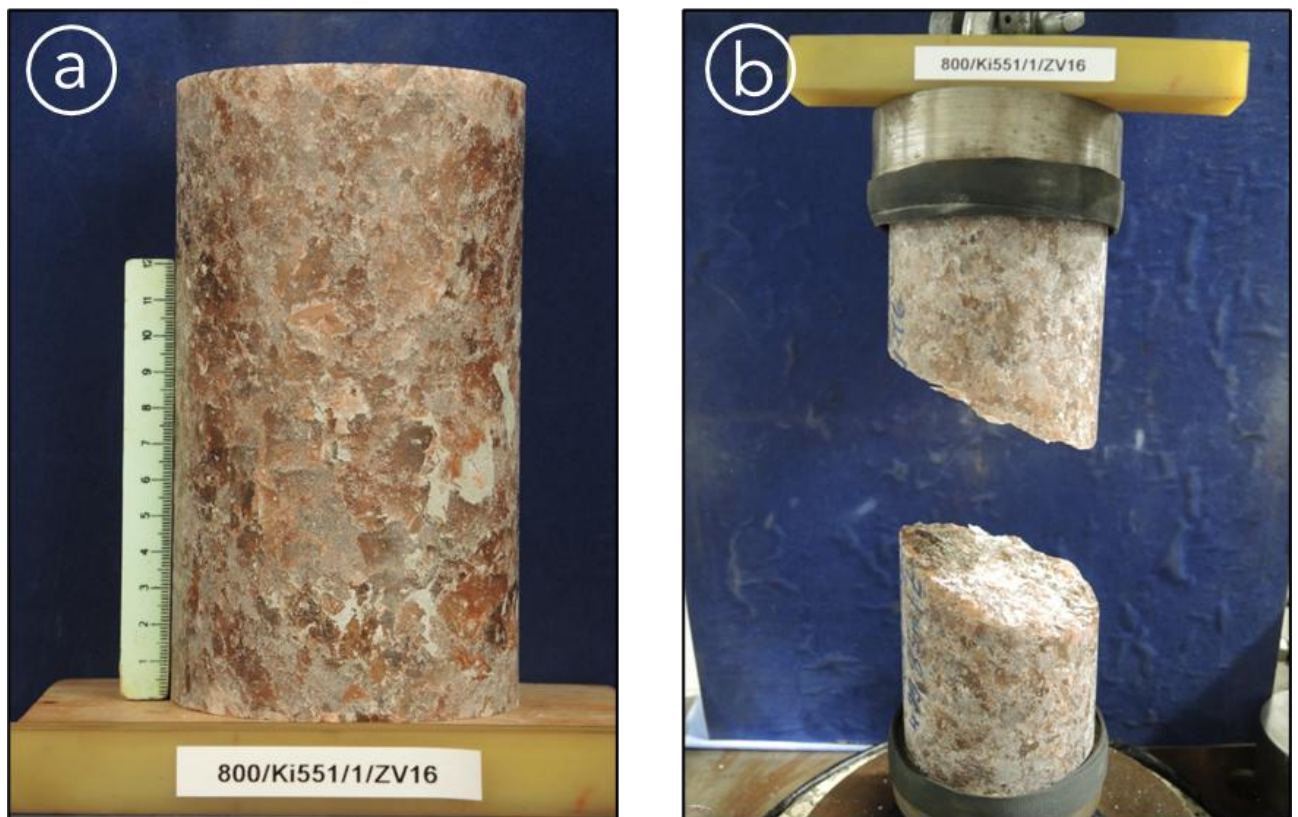


Abbildung 47: Probe aus dem Salinar sowohl vor (a) als auch nach (b) dem Direkten Zugversuch

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 91

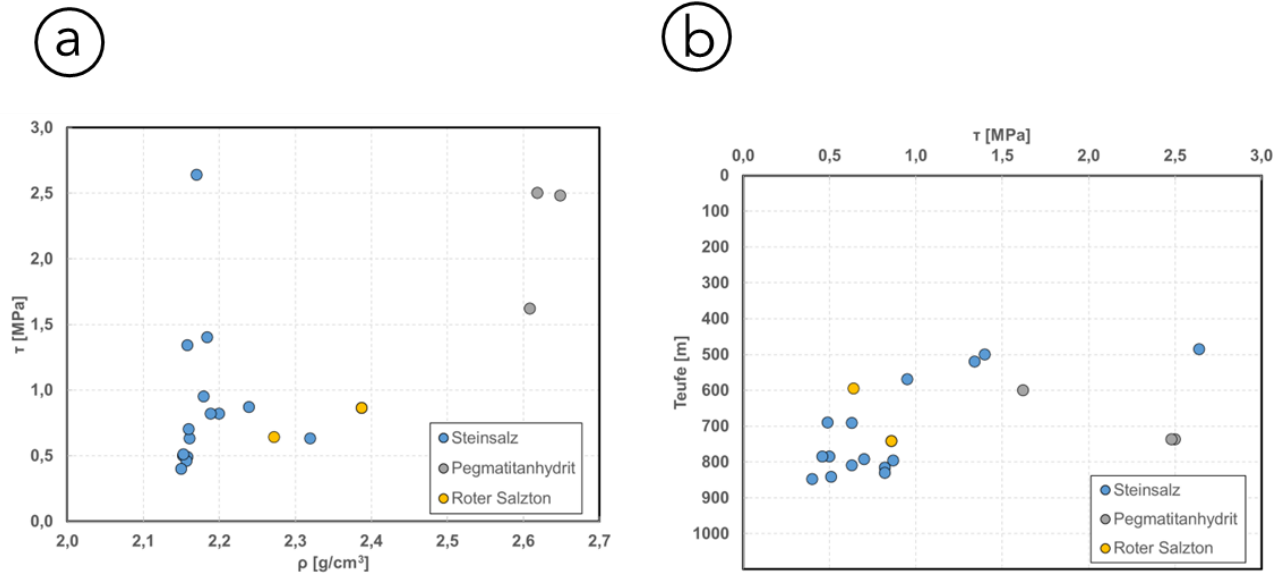


Abbildung 48: Ergebnisse - Direkte Zugversuche

|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |                                                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |           |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                               | Blatt: 92 |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                |           |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                |           |

Tabelle 10: Ergebnisse - Direkte Zugversuche

| Probe    | Teufe  | Lithotyp         | $\tau$ | $\rho$               |
|----------|--------|------------------|--------|----------------------|
|          | [m]    |                  | [MPa]  | [g/cm <sup>3</sup> ] |
| 800_ZV1  | 690,60 | Steinsalz        | 0,49   | 2,158                |
| 800_ZV2  | 691,05 | Steinsalz        | 0,63   | 2,161                |
| 800_ZV3  | 737,30 | Pegmatitanhydrit | 2,50   | 2,619                |
| 800_ZV4  | 737,55 | Pegmatitanhydrit | 2,48   | 2,649                |
| 800_ZV5  | 742,65 | Roter Salzton    | 0,86   | 2,388                |
| 800_ZV6  | 785,25 | Steinsalz        | 0,50   | 2,152                |
| 800_ZV7  | 785,50 | Steinsalz        | 0,46   | 2,157                |
| 800_ZV8  | 792,00 | Steinsalz        | 0,70   | 2,160                |
| 800_ZV9  | 796,35 | Steinsalz        | 0,87   | 2,239                |
| 800_ZV10 | 809,90 | Steinsalz        | 0,63   | 2,320                |
| 800_ZV11 | 815,30 | Steinsalz        | 0,82   | 2,200                |
| 800_ZV12 | 830,55 | Steinsalz        | 0,82   | 2,189                |
| 800_ZV13 | 841,30 | Steinsalz        | 0,51   | 2,153                |
| 800_ZV14 | 847,40 | Steinsalz        | 0,40   | 2,150                |
| 800_ZV15 | 485,05 | Steinsalz        | 2,64   | 2,170                |
| 800_ZV16 | 499,85 | Steinsalz        | 1,40   | 2,184                |
| 800_ZV17 | 519,50 | Steinsalz        | 1,34   | 2,158                |
| 800_ZV18 | 569,35 | Steinsalz        | 0,95   | 2,179                |
| 800_ZV19 | 594,75 | Roter Salzton    | 0,64   | 2,272                |
| 800_ZV20 | 600,30 | Pegmatitanhydrit | 1,62   | 2,609                |

#### 5.10.4 Spaltzugversuche (Indirekte Zugversuche)

Bei indirekter Zugbelastung versagen die Prüfkörper aus dem Deckgebirge durch die Ausbildung eines Makrorisses, der sich vertikal durch die Probe fortpflanzt und in der Regel bei den Punkten der Lastaufbringung auffächert (Abbildung 49). In einigen Fällen wird der Makroriss durch weitere, annähernd parallele kleinere Risse begleitet. Die ermittelten Spaltzugfestigkeiten ( $\sigma_t$ ) schwanken zwischen 0,1 und 3,5 MPa und zeigen eine schwache, positive Korrelation mit der Prüfkörperdichte (Abbildung 50a). Vergleichbar mit den direkten Zugfestigkeiten ist auch hier kein Zusammenhang zwischen Spaltzugfestigkeit und Teufe erkennbar (Abbildung 50b).



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 93

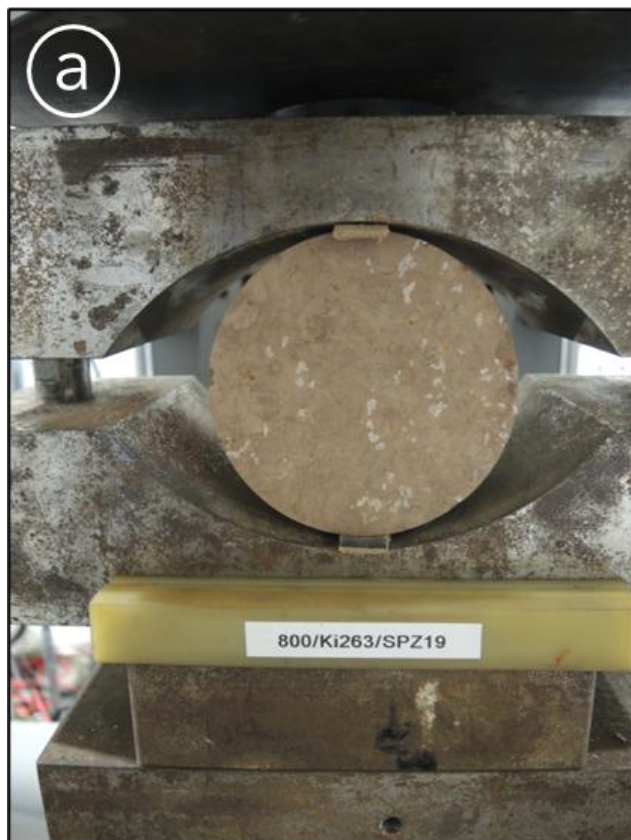
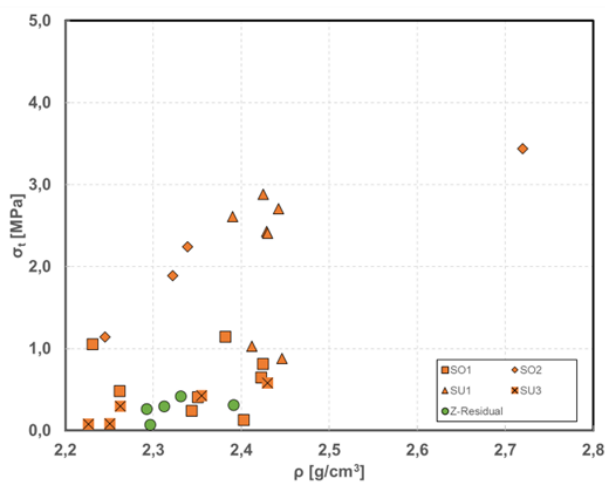


Abbildung 49: Probe aus dem Deckgebirge sowohl vor (a) als auch nach (b) dem Spaltzugversuch (Indirekter Zugversuch)

(a)



(b)

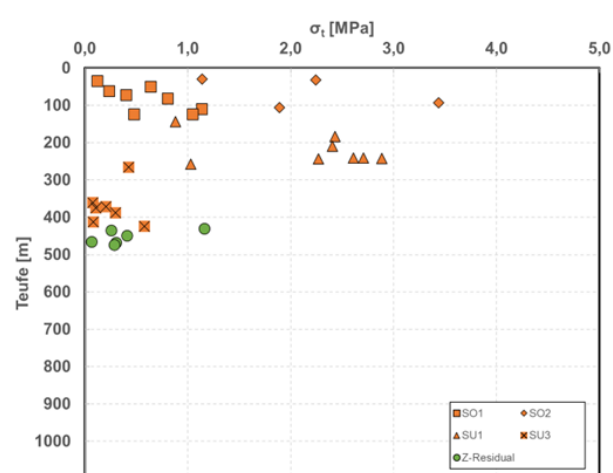


Abbildung 50: Ergebnisse – Spaltzugversuche (Indirekte Zugversuche)

|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |                                                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |           |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                               | Blatt: 94 |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                |           |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                |           |

Tabelle 11: Ergebnisse – Spaltzugversuche (Indirekte Zugversuche)

| Probe     | Teufe  | Lithotyp   | $\sigma_t$ | $\rho$               |
|-----------|--------|------------|------------|----------------------|
|           | [m]    |            | [MPa]      | [g/cm <sup>3</sup> ] |
| 800_SZ1   | 29,60  | SO2        | 1,14       | 2,245                |
| 800_SZ2   | 32,30  | SO2        | 2,25       | 2,339                |
| 800_SZ3   | 35,80  | SO1        | 0,13       | 2,403                |
| 800_SZ4   | 50,90  | SO1        | 0,64       | 2,423                |
| 800_SZ5   | 62,90  | SO1        | 0,24       | 2,344                |
| 800_SZ6   | 72,80  | SO1        | 0,40       | 2,351                |
| 800_SZ7   | 82,90  | SO1        | 0,81       | 2,425                |
| 800_SZ8   | 92,49  | SO2        | 3,44       | 2,720                |
| 800_SZ9   | 105,90 | SO2        | 1,89       | 2,322                |
| 800_SZ10  | 111,17 | SO1        | 1,14       | 2,382                |
| 800_SZ11  | 125,20 | SO1        | 0,48       | 2,262                |
| 800_SZ11b | 124,98 | SO1        | 1,05       | 2,231                |
| 800_SZ12  | 143,85 | SU1        | 0,88       | 2,446                |
| 800_SZ14  | 183,96 | SU1        | 2,43       | 2,429                |
| 800_SZ15  | 209,80 | SU1        | 2,41       | 2,430                |
| 800_SZ16  | 241,10 | SU1        | 2,61       | 2,390                |
| 800_SZ17  | 241,45 | SU1        | 2,71       | 2,442                |
| 800_SZ18  | 242,55 | SU1        | 2,89       | 2,425                |
| 800_SZ19  | 243,83 | SU1        | 2,27       |                      |
| 800_SZ20  | 257,21 | SU1        | 1,03       | 2,412                |
| 800_SZ21  | 266,05 | SU3        | 0,43       | 2,355                |
| 800_SZ22  | 360,68 | SU3        | 0,08       | 2,227                |
| 800_SZ23  | 371,39 | SU3        | 0,21       |                      |
| 800_SZ24  | 375,20 | SU3        | 0,11       |                      |
| 800_SZ25  | 387,33 | SU3        | 0,30       | 2,263                |
| 800_SZ26  | 412,24 | SU3        | 0,08       | 2,251                |
| 800_SZ27  | 423,90 | SU3        | 0,58       | 2,430                |
| 800_SZ28  | 430,90 | Z-Residual | 1,16       |                      |
| 800_SZ29  | 435,97 | Z-Residual | 0,26       | 2,293                |
| 800_SZ30  | 449,95 | Z-Residual | 0,41       | 2,332                |
| 800_SZ31  | 466,40 | Z-Residual | 0,07       | 2,297                |
| 800_SZ32  | 469,20 | Z-Residual | 0,31       | 2,392                |
| 800_SZ33  | 474,64 | Z-Residual | 0,29       | 2,313                |



| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                               | Blatt: 95 |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                |           |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                |           |

### 5.10.5 Dreiaxiale (Druck)Kriechversuche

Bei Betrachtung der Proben nach einer langzeitigen Kriechverformung aufgrund des aufgetragenen in situ relevanten Spannungsfeldes (Manteldruck, Axialspannung) ist eine auffällige Verformung nur schwer erkennbar, was auf eine durch interne Umstrukturierung von Versetzungen und/ oder Lösungs-Ausfällungsprozesse akkommodierte Deformation zurückzuführen ist (Abbildung 51).

Die ermittelten sekundären Kriechraten (Abbildung 52) sind vergleichbar mit denen in einer vorangegangenen Studie berichteten, in welcher Gesteinsmaterial aus einer in unmittelbarer Nähe abgeteufte Bohrung gewonnen und untersucht wurde. Um einen Vergleich mit dem Kriechverhalten von Steinsalz norddeutscher Salzstöcke zu ermöglichen, wird die Kriechraten-Effektivspannungsabhängigkeit dargestellt, die entsprechend dem Kriechansatz der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe für das Speisesalz des Salzstockes Asse „Stoffmodell BGR-a“ abgeleitet wurde [15]. In diesem Stoffmodell wird die Temperaturabhängigkeit durch den Arrhenius-Ansatz beschrieben,

$$\dot{\epsilon}_{\text{const}} = A \times \left(\frac{\sigma_{\text{diff}}}{\sigma_0}\right)^n \times e^{\left(-\frac{Q}{R \times T}\right)} \quad (16)$$

mit: A = Vorfaktor = 0,18 d<sup>-1</sup>,  $\sigma_{\text{diff}}$  = Differenzspannung,  $\sigma_0$  = Normierungsfaktor = 1 MPa, n = Spannungsexponent = 1 bzw. 5, Q = Aktivierungsenergie = 54kJ/mol×K, R = universelle Gaskonstante = 8,314 J/mol×K und T = absolute Temperatur.

In Abbildung 52 zeigen die grauen Linien (Strich: n=1, Punkt: n = 5) die abgeschätzten Raten nach dem oben erwähnten Ansatz. Für den Datensatz dieser Studie wurde ein Spannungsexponent von n=3 ermittelt (blaue gestrichelte Linie in Abbildung 52). Während bei höheren Differenzspannungen und damit höheren induzierten Spannungsexponenten (n=5) die Deformation hauptsächlich mit Versetzungen und Verschiebungen entlang der Korngrenzen assoziiert wird, deutet ein niedriger Exponent (n=1) aufgrund niedriger Differenzspannungen, auf mögliche Drucklösungsprozesse hin [16], [17]. Daraus ergibt sich eine mögliche Überlagerung dieser Prozesse für den hier vorgestellten Datensatz, da hier ein Spannungsexponent von n=3 berechnet wurde.

Im Großteil liegen die abgeleiteten Kriechraten oberhalb des Kriechansatzes der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Daher und weil dieser Ansatz die Kriechraten bei sehr geringen Differenzspannungen wesentlich unterschätzt (aufgrund der linearen Schreibweise in doppelt-logarithmischen Ebene), wird hier zusätzlich auf ein am IfG entwickelten Ansatz (schwarze Linie in Abbildung 52) hingewiesen, welcher auch bei der Abschätzung von Kriechraten bei geringen Spannungen Anwendung finden kann.

$$\dot{\epsilon}_{\text{const}} = \frac{\sigma_{\text{diff}}}{\eta_M} \quad (17)$$

$$\eta_M = \frac{\eta_M^0}{\sinh\left(m \times \left(\frac{\sigma_{\text{diff}}}{\sigma_0}\right)^n\right)} \quad (18)$$

Mit:  $\eta_M^0 = 3,3 \times 10^6 \text{ MPa} \times \text{s}$ , m = 0,45,  $\sigma_0 = 2,27 \text{ MPa}$  und n = 1,14.

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 96



Abbildung 51: Probe aus dem Salinar sowohl vor (a) als auch nach (b) dem Dreiaxialen (Druck-) Kriechversuch

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 97

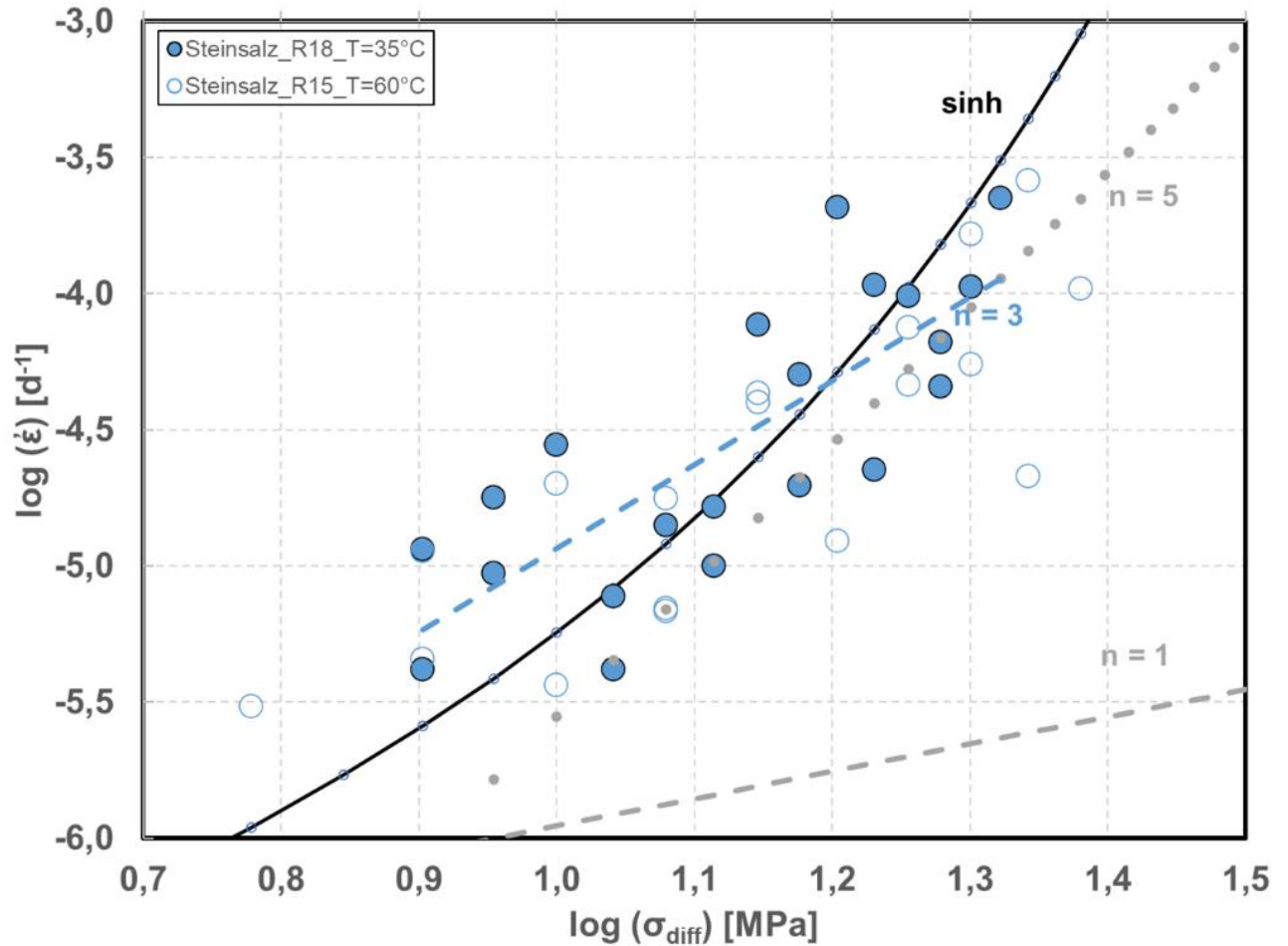


Abbildung 52: Ergebnisse - Dreiaxiale (Druck)Kriechversuche

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev                                                                                                                            |           |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AAAN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN                                                                                                                             | Blatt: 98 |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00                                                                                                                             |           |

| Probe     | Teufe  | Lithotyp  | $\sigma_3$ | $\sigma_1$ | $\sigma_{\text{diff}}$ | $\log \sigma_{\text{diff}}$ | $\dot{\epsilon}$   | $\log \dot{\epsilon}$ |
|-----------|--------|-----------|------------|------------|------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|
|           | [m]    |           | [MPa]      | [MPa]      | [MPa]                  | [MPa]                       | [d <sup>-1</sup> ] | [d <sup>-1</sup> ]    |
| 800/TCC17 | 847,10 | Steinsalz | 20         | 30         | 10                     | 1,00                        | 2,79E-05           | -4,55                 |
| 800/TCC16 | 847,55 | Steinsalz | 20         | 32         | 12                     | 1,08                        | 1,41E-05           | -4,85                 |

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |                                                                                                                                |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |                                                                                                                                |  |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNNAANN          | AAANNNA    | AAANN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |                                                                                                                                |  |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |                                                                                                                                |  |  |
| Blatt: 99                                                                                         |             |                  |            |           |         |    |         |     |                                                                                                                                |  |  |

|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |                                                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |            |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                               | Blatt: 100 |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                |            |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                |            |

## 6 Zusammenfassung

Im Rahmen der geplanten Rückholung von radioaktiven Abfällen und dem damit verbundenen neu zu errichtenden Schacht Asse 5 wurde das Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG) durch die Bundesgesellschaft für Endlagerung mit der Durchführung von Laboruntersuchungen beauftragt, um die in einer Erkundungsbohrung angetroffenen Gesteinsschichten gebirgsmechanisch zu charakterisieren. Das angetroffene Gesteinsmaterial wurde auf Basis charakteristischer Eigenschaften (Beschaffenheit, Teufe, Erscheinungsbild etc.) in insgesamt 11 verschiedene Lithotypen kategorisiert, wovon nach Absprache mit dem AG acht am IfG untersucht wurden:

- SO1 Ton-Schluffstein, rotbraun, vereinzelt grau, stark verfaultet
- SO2 Gipsstein, dunkel- bis hellgrau, mit Tonsteineinlagen, stark verfaultet
- SU1 Ton-Schluffstein, rotbraun, vereinzelt grau, einheitliche Lagerung
- SU3 Ton-Schluffstein, rotbraun, vereinzelt grau, wechselnde Lagerung
- Zechstein-Residual Ton-Schluffstein, rotbraun, gering fest, mit festen Anhydritblöcken
- Steinsalz Steinsalz (Leine- und Aller-Serien des Zechsteins), rötlich-weißlich
- Roter Salztou Ton-Schluffstein, rotbraun
- Pegmatitanhydrit Anhydritstein, weißgrau
- *SBS1, SBS2, SU2 Nicht am IfG untersucht, Definition bzw. Charakterisierung können dem Bericht des Schachtplaners entnommen werden*

Diese Untersuchungen umfassen eine Vielzahl unterschiedlicher Versuchstypen, welche sowohl an Gesteinsmaterial aus dem Deckgebirge als auch dem Salinar durchgeführt wurden. Insgesamt wurden mehr als 300 Untersuchungen durchgeführt, welche auf die gesteinsmechanische und petrophysikalische Charakterisierung des Materials abzielten:

- |                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| • Einaxiale Druckversuche                        | 43  |
| • Triaxiale Druckversuche (inklusive Mehrstufen) | 101 |
| • Zugversuche (direkt und indirekt)              | 53  |
| • Triaxiale (Druck)Kriechversuche                | 21  |
| • Bestimmung der Veränderlichkeit                | 31  |
| • Bestimmung des Abrasivitätsindex               | 28  |
| • Bestimmung der Mineralogie                     | 29  |

Diese große Anzahl an durchgeführten Untersuchungen erlaubt eine detaillierte und profunde Charakterisierung des Gesteins. Im Allgemeinen kann dem Material aus dem Deckgebirge (SO1, SO2, SU1, SU3, Zechstein-Residual) ein eher sprödes Materialverhalten bei einaxialen Randbedingungen und Umgebungstemperatur attestiert werden. Bei in situ relevanten thermodynamischen Randbedingungen (erhöhter Manteldruck) verschiebt sich dieses mehr in Richtung duktil.

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BGE</b> BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                                      |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                      |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 101                                                                                                                           |

Die Proben aus dem Salinar (Steinsalz, Roter Salzton, Pegmatitanhydrit) sind im Vergleich dazu im Allgemeinen mehr duktil und deformieren auch bei geringen Einspannungen bereits plastisch. Im direkten Vergleich fällt auf, dass die abgeleiteten Parameter der Proben aus dem Deckgebirge wesentlich heterogener sind als die des Salinars.

Die ermittelten Kennwerte bieten optimale Eingabeparameter für numerische Berechnungen und tragen somit maßgeblich zum erfolgreichen Abteufen eines geplanten Schachtes bei.

Nachfolgend eine tabellarische Übersicht mit den ermittelten Kennwerten für die unterschiedlichen Lithotypen.



Tabelle 13: Zusammenfassung Ergebnisse 1/2

| Lithotyp           | $\rho$               | $\sigma_{\text{ucs}}$ | $E_{\text{ein}}$ | $\sigma_{\text{TCS}}$ | $E_{\text{tri}}$ |
|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
|                    | [g/cm <sup>3</sup> ] | [MPa]                 | [GPa]            | [MPa]                 | [GPa]            |
| SO1                | 2,383                | 2,15 – 33,18          | 1,14 – 20,90     | 3,67 – 25,65          | 0,60 – 11,32     |
| SO2                | 2,375                | 3,86 – 28,04          | 6,37 – 28,96     | 5,59 – 52,71          | 1,99 – 30,38     |
| SU1                | 2,342                | 10,85 – 25,13         | 6,07 – 8,91      | 13,62 – 44,73         | 3,10 – 6,80      |
| SU3                | 2,171                | 0,67 – 14,33          | 0,05 – 4,10      | 4,04 – 71,36          | 0,55 – 16,41     |
| Zechstein-Residual | 2,168                | 0,73 – 8,57           | 0,07 – 7,27      | 1,09 – 37,65          | 0,67 – 15,18     |
| Steinsalz          | 2,174                | 24,68 – 29,37         | 15,71 – 25,04    | 27,90 – 66,97         | 1,00 – 15,40     |
| Roter Salzton      | 2,351                | 7,08 – 12,70          | 2,89 – 7,71      | 18,29 – 32,92         | 2,80 – 5,50      |
| Pegmatitanhydrit   | 2,652                | 57,08                 | 36,38            | 50,03 – 93,30         | 14,00 – 39,77    |

$\rho_0$  = Dichte (Mittelwert),  $\sigma_{\text{UCS}}$  = Einaxiale Druckfestigkeit,  $E_{\text{ein}}$  = Elastizitätsmodul (einaxial),  $\sigma_{\text{TCS}}$  = Triaxiale Druckfestigkeit,  $E_{\text{tri}}$  = Elastizitätsmodul (triaxial)

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |            | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev |            |                                                                                                                                |  |
| NAA-N                                                                                             | NNNNNNNNNN  | NNA-AANN         | AAANNNA    | AAANN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  | Blatt: 102 |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |            |                                                                                                                                |  |

### Tabelle 14: Zusammenfassung Ergebnisse 2/2

| Lithotyp           | $\tau$      | $\sigma_t$  | n | CAI       | VÄ     |
|--------------------|-------------|-------------|---|-----------|--------|
|                    | [MPa]       | [MPa]       |   | [Index]   | [Grad] |
| SO1                | /           | 0,13 – 1,14 | / | 0,1 – 1,9 | 1 – 2  |
| SO2                | /           | 1,14 – 3,44 | / | 0,2 – 0,3 | 1 – 4  |
| SU1                | /           | 0,88 – 2,89 | / | 0,3 – 2,9 | 2 – 4  |
| SU3                | /           | 0,08 – 0,58 | / | 0,2 – 0,6 | 2 – 5  |
| Zechstein-Residual | /           | 0,07 – 1,16 | / | 0,2 – 0,4 | 2 – 5  |
| Steinsalz          | 0,40 – 2,64 | /           | 3 | /         | /      |
| Roter Salzton      | 0,64 – 0,86 | /           | / | /         | 4      |
| Pegmatitanhydrit   | 1,60 – 2,50 | /           | / | /         | /      |

$\tau$  = Zugfestigkeit,  $\sigma_t$  = Spaltzugfestigkeit,  $n$  = Spannungsexponent, CAI = Abrasivitätsindex, VÄ = Veränderlichkeit

Abrasivität: 0,0 – 0,5 = extrem niedrig; 0,5 – 1,0 = sehr niedrig; 1,0 – 2,0 = niedrig; 2,0 – 3,0 = mittel

Veränderlichkeit: 1 = nicht veränderlich; 2 – 3 = veränderlich, 4 – 5 = stark veränderlich

| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |                    |                         |                   |                  |                |           |                |  <b>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</b> |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Projekt</b>                                                                                            | <b>PSP-Element</b> | <b>Funktion / Thema</b> | <b>Komponente</b> | <b>Baugruppe</b> | <b>Aufgabe</b> | <b>UA</b> | <b>Lfd Nr.</b> | <b>Rev</b>                                                                                                                          | <b>Blatt: 103</b> |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN         | NNAAANN                 | AAANNNA           | AAANN            | AAAA           | AA        | NNNN           | NN                                                                                                                                  |                   |
| 9A                                                                                                        | 55211000           |                         |                   |                  | GCA            | RB        | 0003           | 00                                                                                                                                  |                   |
|                                                                                                           |                    |                         |                   |                  |                |           |                |                                                                                                                                     |                   |

|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |                                                                                                                                         |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |  <b>BGE</b><br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |            |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev                                                                                                                                     | Blatt: 104 |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN                                                                                                                                      |            |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00                                                                                                                                      |            |

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT), Empfehlungen des Arbeitskreises Versuchstechnik Fels. Wiley, 2022. doi: 10.1002/9783433610909.
- [2] Norton Abrasives, "https://www.nortonabrasives.com/de-de/unsere-produkte/tischsage-cm-501-major."
- [3] T. Mutschler, "Empfehlung Nr. 1: Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsprüfkörpern," 1st ed., Ernst & Sohn GmbH, 2023, ch. 1.
- [4] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Empfehlungen des Arbeitskreises "Versuchstechnik Fels," 1st ed., vol. 1. Ernst & Sohn, 2022.
- [5] T. Kármán, "Festigkeitsversuche unter allseitigem Druck," Zeitschrift Verein Deutscher Ingenieure, vol. 55, Jan. 1912.
- [6] ottozeus by ruderer, "https://www.ottozeus.com/aralditer-2011-ep.html."
- [7] U. Hunsche, "Empfehlung Nr. 16: Ein- und dreiaxiale Kriechversuche an Gesteinsproben," in Empfehlungen des Arbeitskreises Versuchstechnik Fels, 2022, pp. 221–232. doi: <https://doi.org/10.1002/9783433610909.ch17>.
- [8] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN EN ISO 14689-1 - Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14689-1:2003); Deutsche Fassung EN ISO 14689-1:2003. 2011.
- [9] H. Käsling and R. J. Plinninger, "Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch," Bautechnik, vol. 93, no. 6, pp. 409–415, Jun. 2016, doi: <https://doi.org/10.1002/bate.201600029>.
- [10] R. J. Plinninger, H. Käsling, and T. Popp, "Empfehlung Nr. 25: Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit mineralogisch-petrografischen Verfahren," in Empfehlungen des Arbeitskreises Versuchstechnik Fels, 2022, pp. 349–371. doi: <https://doi.org/10.1002/9783433610909.ch26>.
- [11] H. M. Rietveld, "A profile refinement method for nuclear and magnetic structures," J Appl Crystallogr, vol. 2, no. 2, pp. 65–71, Jun. 1969, doi: 10.1107/S0021889869006558.
- [12] V. Czermak et al., Physical Properties of Rocks - Landolt-Börnstein, Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology, A., vol. 1. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1981. [Online]. Available: [https://archive.org/details/landoltbornsteinOO00Ounse\\_a9c8](https://archive.org/details/landoltbornsteinOO00Ounse_a9c8)
- [13] M. D. Zoback, Reservoir Geomechanics. Cambridge University Press, 2007.
- [14] W. Minkley, J. Mühlbauer, and C. Lüdeling, "Dimensioning Principles in Potash and Salt: Stability and Integrity," Rock Mech Rock Eng, vol. 49, no. 11, pp. 4537–4555, Nov. 2016, doi: 10.1007/s00603-016-1086-x.
- [15] U. Hunsche and A. Hampel, "Rock salt-the mechanical properties of the host rock material for a radioactive waste repository," 1999.
- [16] S. Y. Li and J. L. Urai, "Rheology of rock salt for salt tectonics modeling," Pet Sci, vol. 13, no. 4, pp. 712–724, Nov. 2016, doi: 10.1007/s12182-016-0121-6.

|                                                                                                           |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</b> |             |                |            |           |         |    |          |     |  <b>BGE</b> BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
| Projekt                                                                                                   | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |                                                                                                                                      |
| NAAN                                                                                                      | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                      |
| 9A                                                                                                        | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  | Blatt: 105                                                                                                                           |

- [17] J. A. Tielke, L. N. Hansen, M. Tasaka, C. Meyers, M. E. Zimmerman, and D. L. Kohlstedt, "Observations of grain size sensitive power law creep of olivine aggregates over a large range of lattice-preferred orientation strength," J Geophys Res Solid Earth, vol. 121, no. 2, pp. 506–516, Feb. 2016, doi: 10.1002/2015JB012302.

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.Nr. | Rev |            |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AAAN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  | Blatt: 106 |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |            |



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |          |     | <br>BÜNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd N.r. | Rev | Blatt: 107                                                                                                                     |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAANN           | AAANNNA    | AAAN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                |

**Anhang 2: Übersicht Proben Triaxiale Druckversuche (TC)**

| IfG-Labor.-Nr. | Bohrkernkiste | Material  | Teufe<br>[m] | Länge<br>[mm] | Durchmesser<br>[mm] | Masse<br>[g] | Dichte<br>[g/cm³] | E <sub>dyn</sub><br>[GPa] | v <sub>dyn</sub> |
|----------------|---------------|-----------|--------------|---------------|---------------------|--------------|-------------------|---------------------------|------------------|
| 800 TC1        | Ki13          | SO2       | 29,40        | 192,02        | 96,08               | 3227,90      | 2,32              | -                         | -                |
| 800 TC2        | Ki14          | SO2       | 29,95        | 160,03        | 80,07               | 1853,00      | 2,30              | -                         | -                |
| 800 TC4        | Ki15          | SO2       | 30,77        | 192,02        | 96,03               | 3269,30      | 2,35              | -                         | -                |
| 800 TC5        | Ki15          | SO2       | 31,35        | 191,93        | 96,02               | 3153,70      | 2,27              | -                         | -                |
| 800 TC7        | Ki20          | SO1       | 35,40        | 192,08        | 96,08               | 3369,40      | 2,42              | -                         | -                |
| 800 TC8        | Ki30          | SO1       | 43,45        | 192,06        | 96,05               | 3292,90      | 2,37              | -                         | -                |
| 800 TC10       | Ki39          | SO1       | 50,70        | 192,04        | 96,04               | 3360,40      | 2,42              | -                         | -                |
| 800 TC13       | Ki52          | SO1       | 63,70        | 199,06        | 100,84              | 3755,50      | 2,36              | -                         | -                |
| 800 TC16       | Ki64          | SO1       | 72,20        | 198,91        | 101,02              | 3769,70      | 2,36              | -                         | -                |
| 800 TC17       | Ki67          | SO1       | 75,10        | 200,08        | 100,83              | 3742,00      | 2,34              | -                         | -                |
| 800 TC18       | Ki67          | SO1       | 75,70        | 200,09        | 100,94              | 3761,90      | 2,35              | -                         | -                |
| 800 TC20       | Ki70          | SO1       | 78,00        | 200,04        | 100,96              | 3876,60      | 2,42              | -                         | -                |
| 800 TC22       | Ki87          | SO2       | 92,61        | 200,10        | 100,73              | 3945,70      | 2,47              | -                         | -                |
| 800 TC23       | Ki87          | SO2       | 92,94        | 200,01        | 100,61              | 3945,30      | 2,48              | -                         | -                |
| 800 TC24       | Ki93          | SO2       | 96,57        | 199,97        | 101,06              | 3745,90      | 2,34              | -                         | -                |
| 800 TC25       | Ki99          | SO2       | 102,30       | 200,02        | 101,18              | 3819,40      | 2,38              | -                         | -                |
| 800 TC29       | K194          | SU1       | 183,53       | 200,01        | 100,73              | 3894,60      | 2,44              | -                         | -                |
| 800 TC30       | Ki194         | SU1       | 183,8        | 200,15        | 100,71              | 3854,70      | 2,42              | -                         | -                |
| 800 TC31       | Ki221         | SU1       | 209,52       | 199,95        | 100,87              | 3900,50      | 2,44              | -                         | -                |
| 800 TC32       | Ki228         | SU1       | 215,67       | 200,04        | 100,72              | 3853,50      | 2,42              | -                         | -                |
| 800 TC33       | Ki228         | SU1       | 215,89       | 199,99        | 100,80              | 3875,60      | 2,43              | -                         | -                |
| 800 TC35       | Ki250         | SU1       | 235,79       | 200,08        | 100,85              | 3918,10      | 2,45              | -                         | -                |
| 800 TC36       | Ki257         | SU1       | 242,05       | 180,03        | 90,00               | 2787,90      | 2,43              | -                         | -                |
| 800 TC37       | Ki273         | SU1       | 255,33       | 180,03        | 90,13               | 2770,50      | 2,41              | -                         | -                |
| 800 TC38       | Ki273         | SU1       | 255,52       | 180,08        | 90,06               | 2746,20      | 2,39              | -                         | -                |
| 800 TC39       | Ki275         | SU1       | 257,54       | 200,02        | 100,79              | 3837,60      | 2,40              | -                         | -                |
| 800 TC40       | Ki384         | SU3       | 351,88       | 200,05        | 100,61              | 3789,70      | 2,38              | -                         | -                |
| 800 TC41       | Ki384         | SU3       | 352,09       | 200,17        | 100,66              | 3814,20      | 2,39              | -                         | -                |
| 800 TC42       | Ki660         | Steinsalz | 682,6        | 192,13        | 96,09               | 3006,80      | 2,16              | -                         | -                |

|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |            |                                                                                                                                |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |            | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev | Blatt: 108 |                                                                                                                                |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AA>NNNA    | AA>NN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |            |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |            |                                                                                                                                |  |
|                                                                                                   |             |                  |            |           |         |    |         |     |            |                                                                                                                                |  |



| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.Nr. | Rev |            |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AAAN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  | Blatt: 109 |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |            |



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.Nr. | Rev |            |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AAAN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |            |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  | Blatt: 110 |


  
**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |            | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.Nr. | Rev |            |                                                                                                                                |  |
| N/A/N                                                                                             | NNNNNNNNNN  | NN/A/NN          | AA/NN/NA   | AA/NN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |            |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  | Blatt: 111 |                                                                                                                                |  |

## Anhang 4: Übersicht Proben Direkte Zugversuche (ZV)

| IfG-Labor.-Nr. | Bohrkernkiste | Material         | Teufe<br>[m] | Länge<br>[mm] | Durchmesser<br>[mm] | Masse<br>[g] | Dichte<br>[g/cm³] | E <sub>dyn</sub><br>[GPa] | V <sub>dyn</sub> |
|----------------|---------------|------------------|--------------|---------------|---------------------|--------------|-------------------|---------------------------|------------------|
| 800 ZV1        | Ki670         | Steinsalz        | 690,60       | 192,07        | 96,06               | 3004,40      | 2,16              | -                         | -                |
| 800 ZV2        | Ki670         | Steinsalz        | 691,05       | 192,02        | 96,04               | 3006,60      | 2,16              | 33,81                     | 0,27             |
| 800 ZV3        | Ki724         | Pegmatitanhydrit | 737,30       | 192,08        | 96,07               | 3646,00      | 2,62              | 58,47                     | 0,27             |
| 800 ZV4        | Ki724         | Pegmatitanhydrit | 737,55       | 192,10        | 96,06               | 3687,40      | 2,65              | -                         | -                |
| 800 ZV5        | Ki729         | Roter Salzton    | 742,65       | 192,05        | 96,18               | 3331,80      | 2,39              | -                         | -                |
| 800 ZV6        | Ki777         | Steinsalz        | 785,25       | 192,13        | 96,18               | 3004,20      | 2,15              | -                         | -                |
| 800 ZV7        | Ki777         | Steinsalz        | 785,5        | 192,12        | 96,16               | 3010,00      | 2,16              | -                         | -                |
| 800 ZV8        | Ki784         | Steinsalz        | 792,00       | 192,10        | 96,11               | 3009,80      | 2,16              | -                         | -                |
| 800 ZV9        | Ki789         | Steinsalz        | 796,35       | 192,06        | 96,08               | 3118,20      | 2,24              | -                         | -                |
| 800 ZV10       | Ki803         | Steinsalz        | 809,90       | 192,08        | 96,15               | 3235,70      | 2,32              | -                         | -                |
| 800 ZV11       | Ki809         | Steinsalz        | 815,30       | 192,08        | 96,11               | 3065,30      | 2,20              | -                         | -                |
| 800 ZV12       | Ki826         | Steinsalz        | 830,55       | 192,04        | 96,11               | 3049,60      | 2,19              | 34,60                     | 0,27             |
| 800 ZV13       | Ki837         | Steinsalz        | 841,30       | 192,11        | 96,11               | 3000,70      | 2,15              | -                         | -                |
| 800 ZV14       | Ki843         | Steinsalz        | 847,40       | 150,09        | 92,15               | 2151,60      | 2,15              | -                         | -                |
| 800 ZV15       | Ki529 1       | Steinsalz        | 485,05       | 170,10        | 96,12               | 2678,50      | 2,17              | 41,90                     | 0,08             |
| 800 ZV16       | Ki551 1       | Steinsalz        | 499,85       | 170,04        | 96,05               | 2691,10      | 2,18              | -                         | -                |
| 800 ZV17       | Ki575 2       | Steinsalz        | 519,50       | 170,07        | 96,09               | 2661,10      | 2,16              | 29,15                     | 0,32             |
| 800 ZV18       | Ki530 2       | Steinsalz        | 569,35       | 170,00        | 96,06               | 2684,90      | 2,18              | -                         | -                |
| 800 ZV19       | Ki560 2       | Roter Salzton    | 594,75       | 120,13        | 100,76              | 2176,60      | 2,27              | -                         | -                |
| 800 ZV20       | Ki568 2       | Pegmatitanhydrit | 600,30       | 112,11        | 100,68              | 2328,40      | 2,61              | -                         | -                |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |            | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.Nr. | Rev |            |                                                                                                                                |  |
| N/A/N                                                                                             | NNNNNNNNNN  | NN/A/AA/N        | AA/NN/NA   | AA/NN     | AAAA    | AA | NN/NN   | NN  |            |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  | Blatt: 112 |                                                                                                                                |  |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |            | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.Nr. | Rev |            |                                                                                                                                |  |
| N/A/N                                                                                             | NNNNNNNNNN  | NN/A/NN          | AA/NN/NA   | AA/NN     | AAAA    | AA | NN/NN   | NN  | Blatt: 113 |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  |            |                                                                                                                                |  |

| IfG-Labor.-Nr. | Bohrkernkiste | Material   | Teufe<br>[m] | Länge<br>[mm] | Durchmesser<br>[mm] | Masse<br>[g] | Dichte<br>[g/cm <sup>3</sup> ] | E <sub>dyn</sub><br>[GPa] | v <sub>dyn</sub> |
|----------------|---------------|------------|--------------|---------------|---------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------|------------------|
| 800 SZ30       | Ki492         | Z-Residual | 449,95       | 99,84         | 99,55               | 1811,70      | 2,33                           | -                         | -                |
| 800 SZ31       | Ki512         | Z-Residual | 466,40       | 99,97         | 99,27               | -            | -                              | -                         | -                |
| 800 SZ32       | Ki508         | Z-Residual | 469,20       | 99,94         | 99,26               | 1849,70      | 2,39                           | -                         | -                |
| 800 SZ33       | Ki519         | Z-Residual | 474,64       | 100,61        | 99,70               | 1816,50      | 2,31                           | -                         | -                |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     | <br>BUNDESGESELLSCHAFT<br>FÜR ENDLAGERUNG |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd Nr. | Rev |                                                                                                                                |  |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AA>NNNA    | AA>NN     | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |                                                                                                                                |  |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  | Blatt: 114                                                                                                                     |  |

| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                  |            |           |         |    |         |     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------|-----------|---------|----|---------|-----|------------|
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion / Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.Nr. | Rev |            |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN          | AAANNNA    | AAAN      | AAAA    | AA | NNNN    | NN  |            |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                  |            |           | GCA     | RB | 0003    | 00  | Blatt: 115 |



**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 116

## Anhang 7: UC - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 117





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 118



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 119





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 120



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 121





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 122





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 123





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 124





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 125





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 126





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 127



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 128





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 129

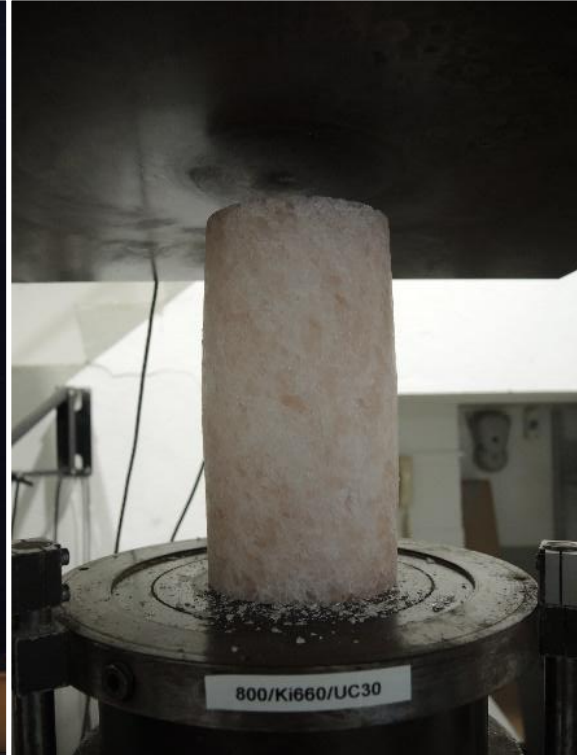


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 130



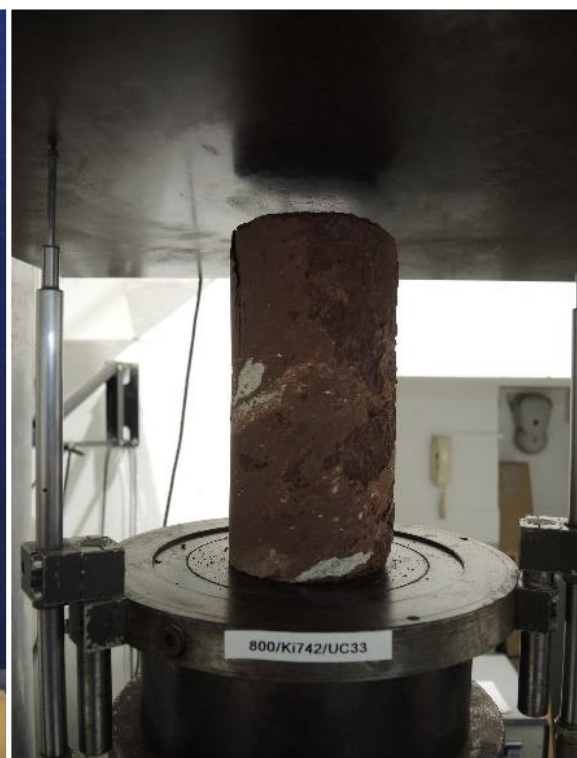
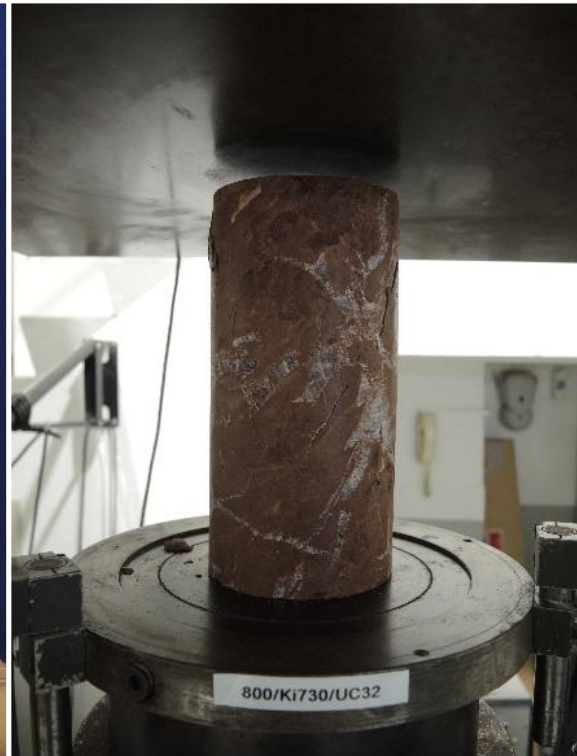


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

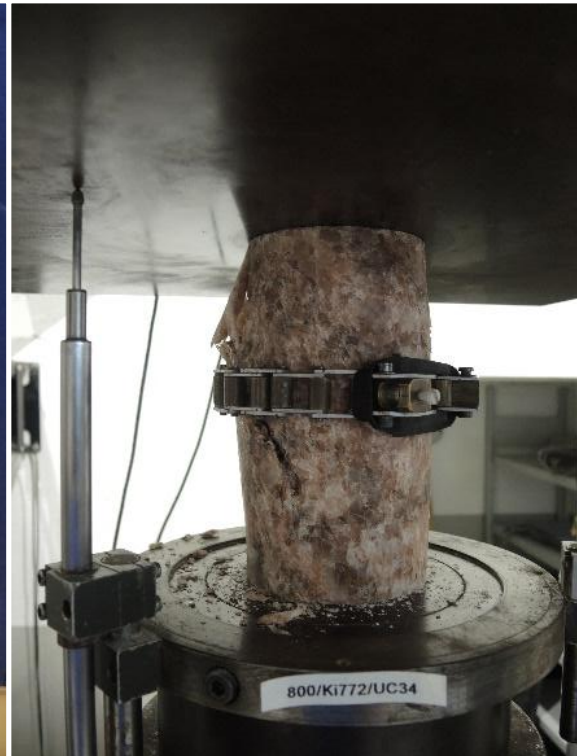
Blatt: 131



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 132

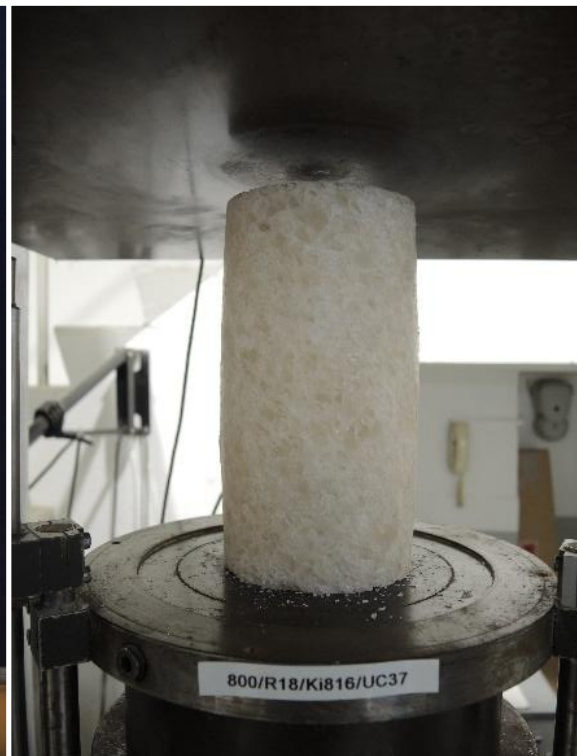




# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 133





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

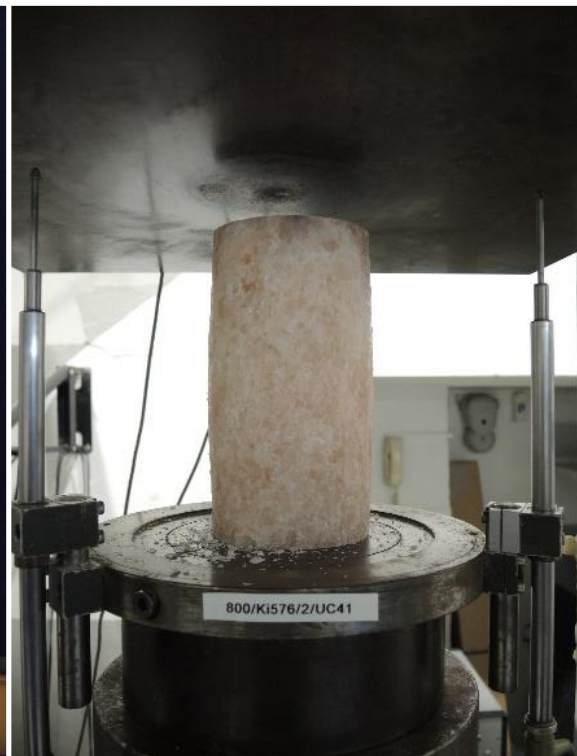
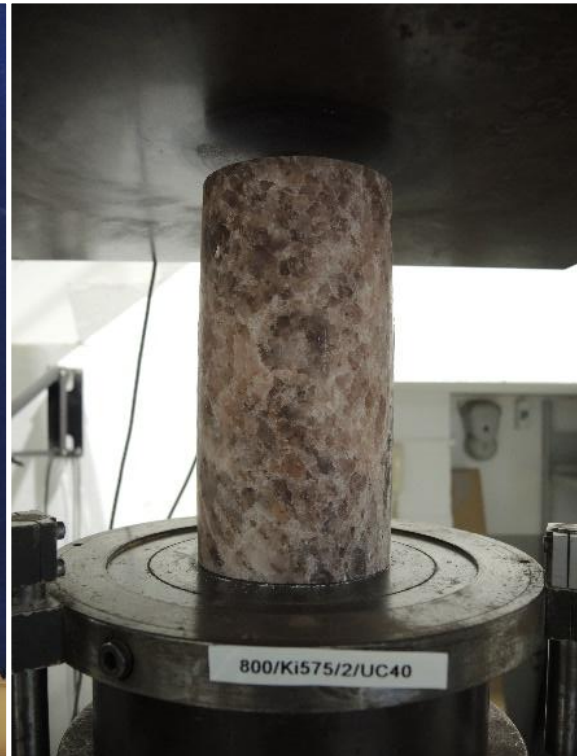
Blatt: 134



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 135

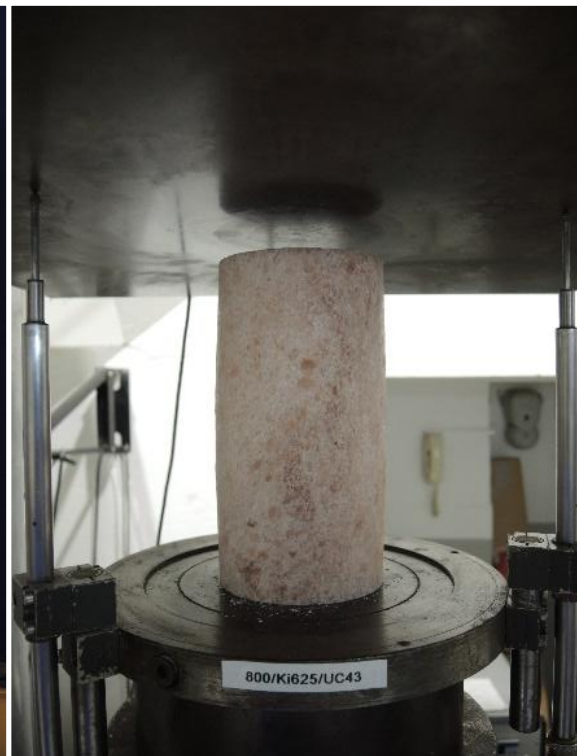
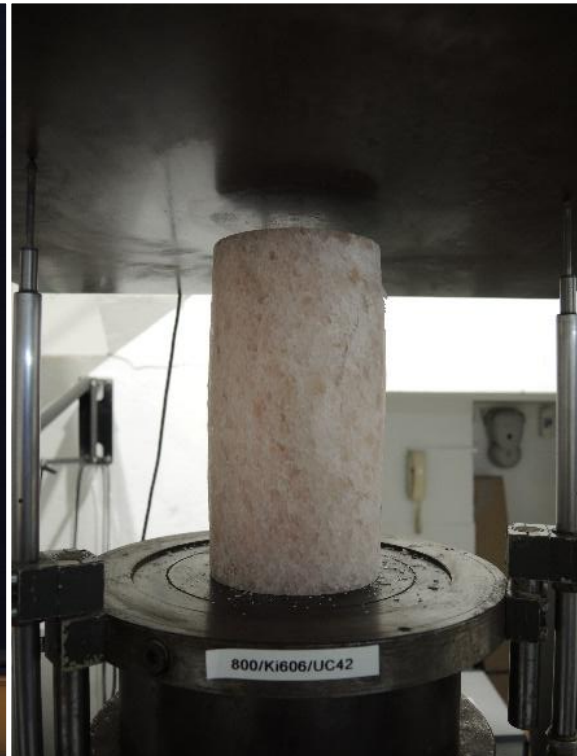




# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 136



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 137



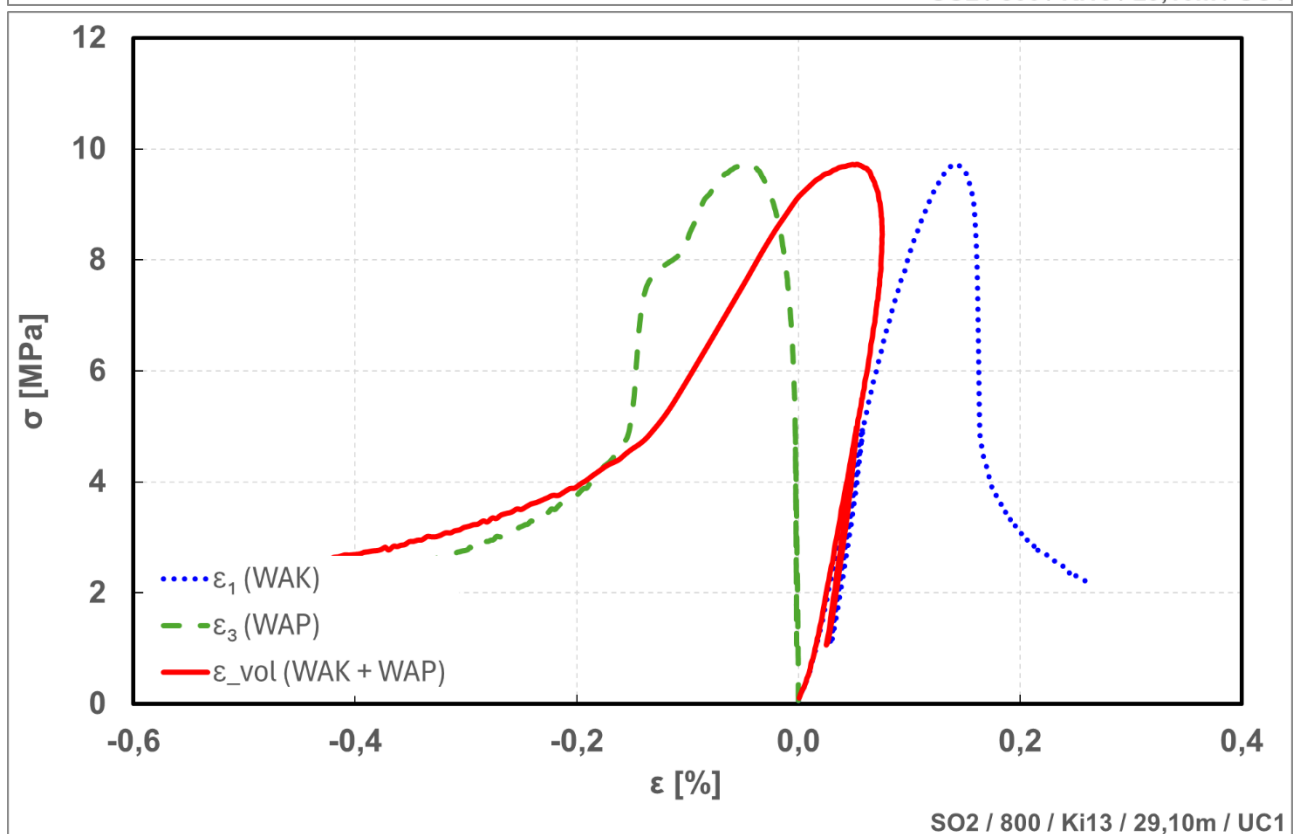
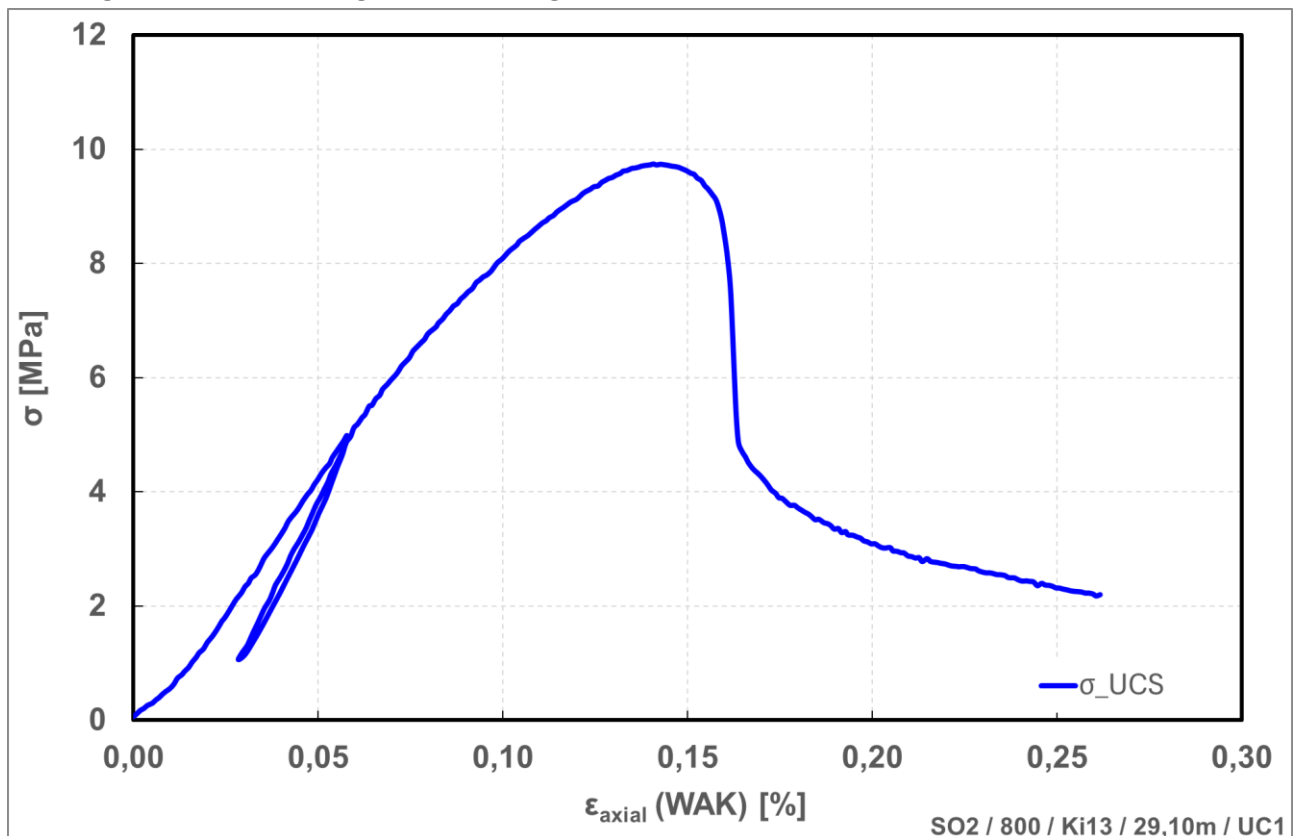
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 138

## Anhang 8: UC - Spannungs-Verformungskurven



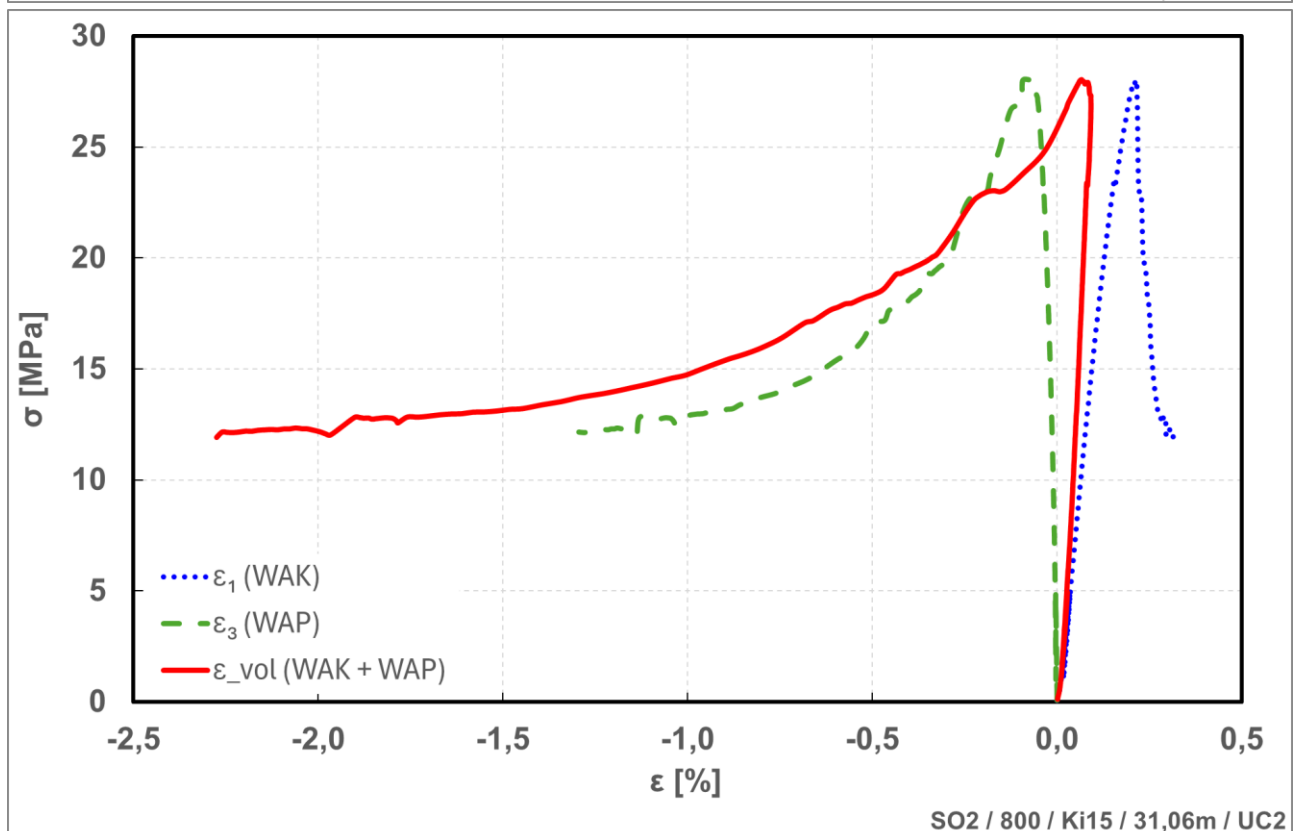
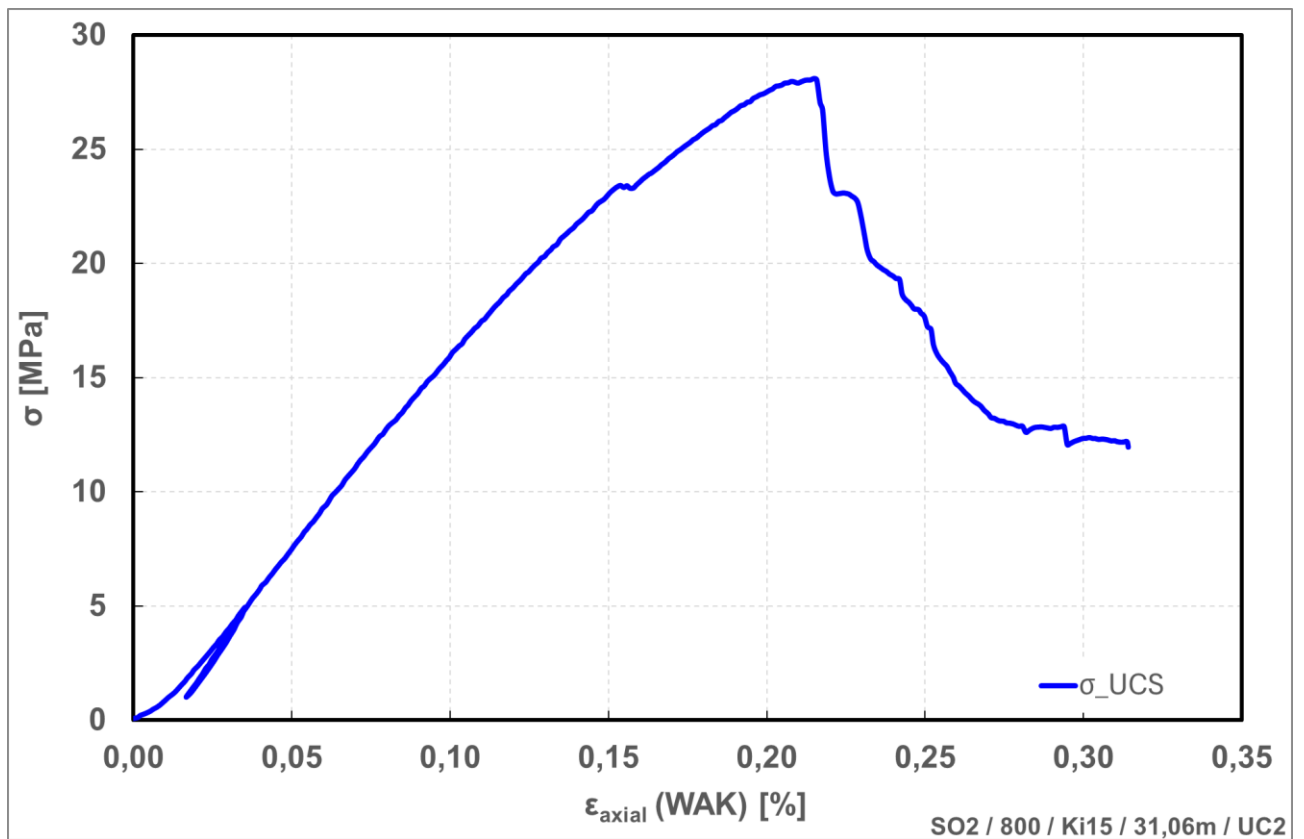


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 139

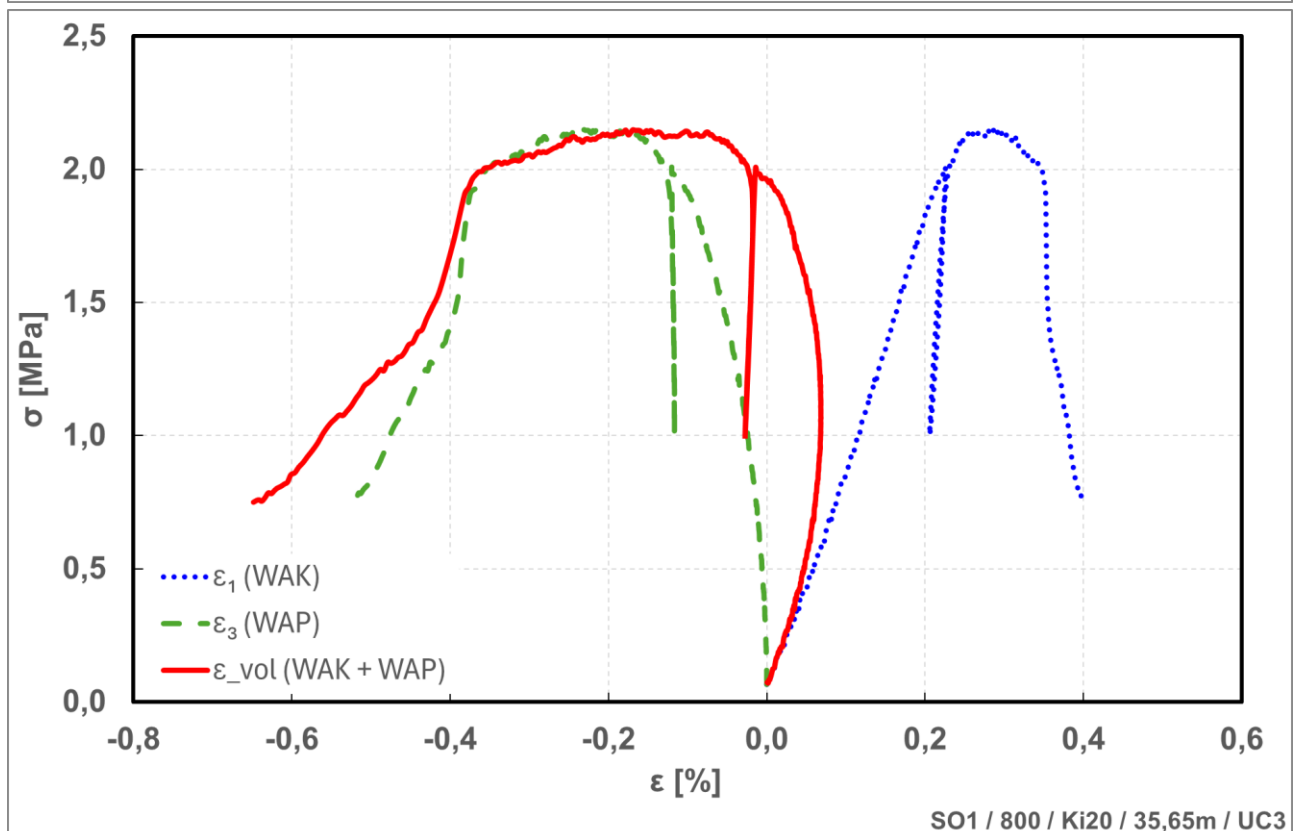
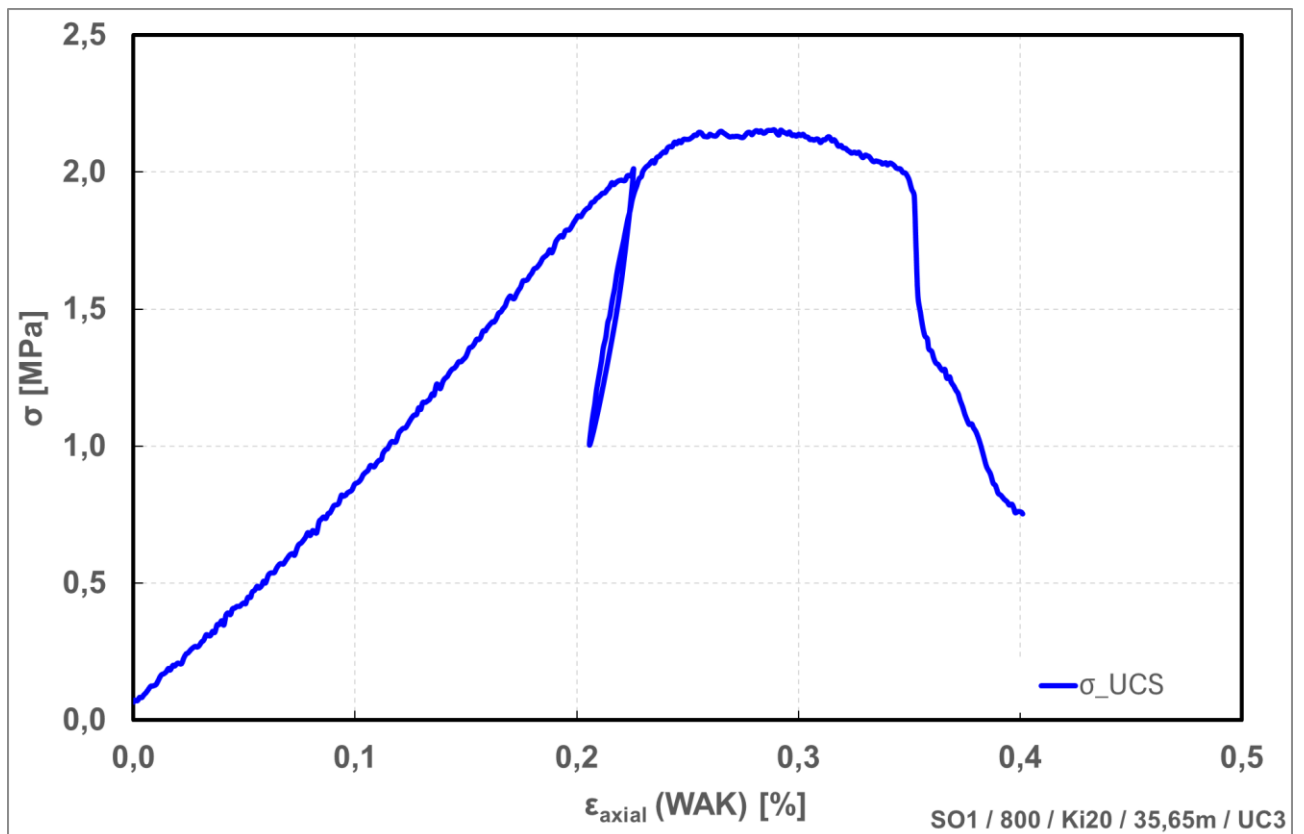


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 140

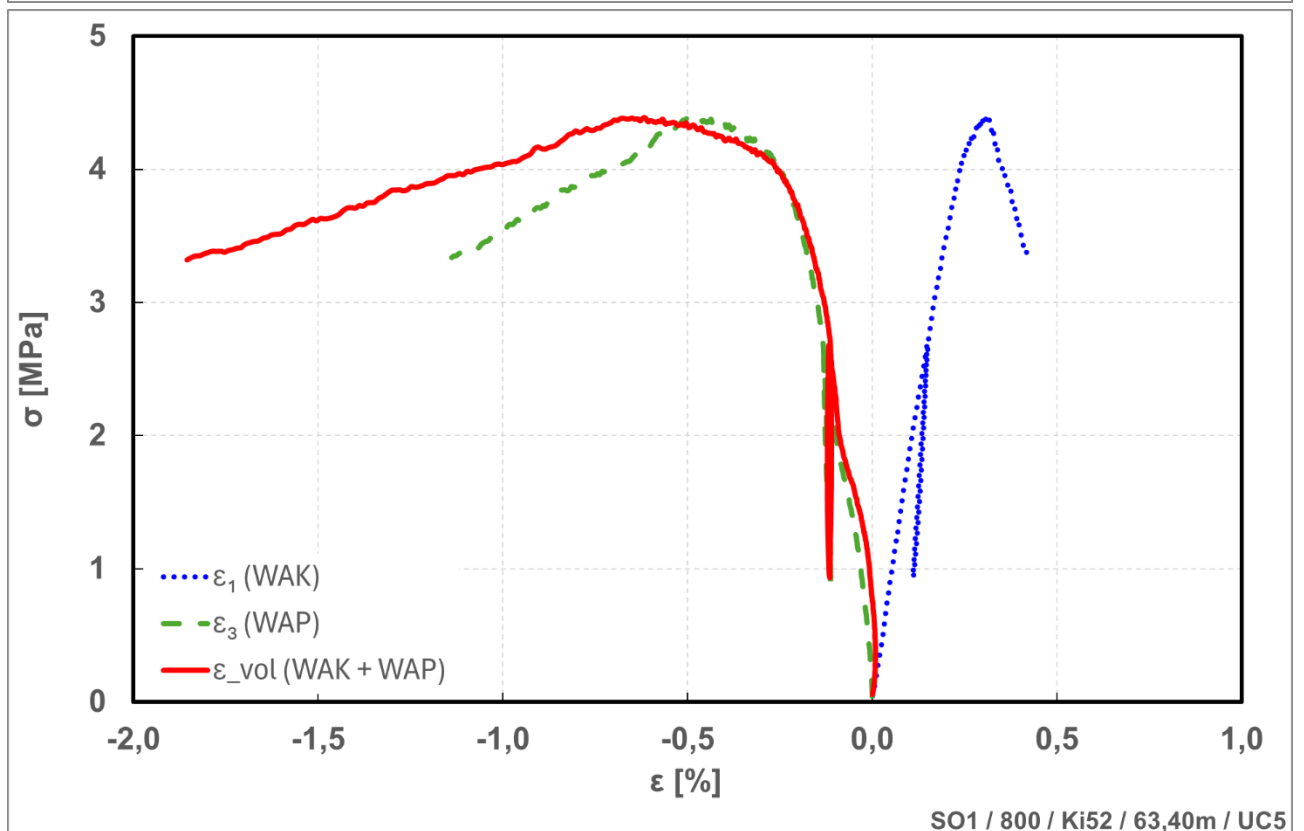
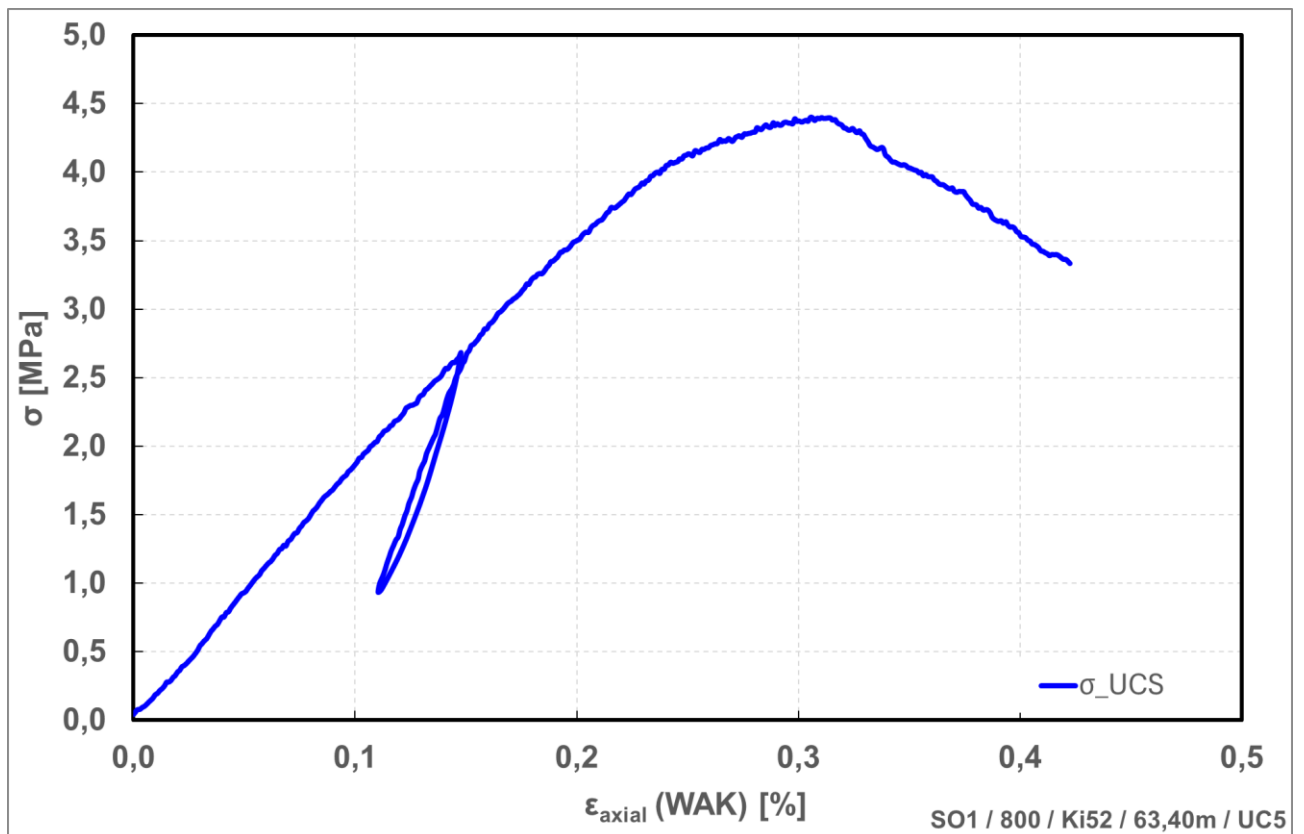


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 141



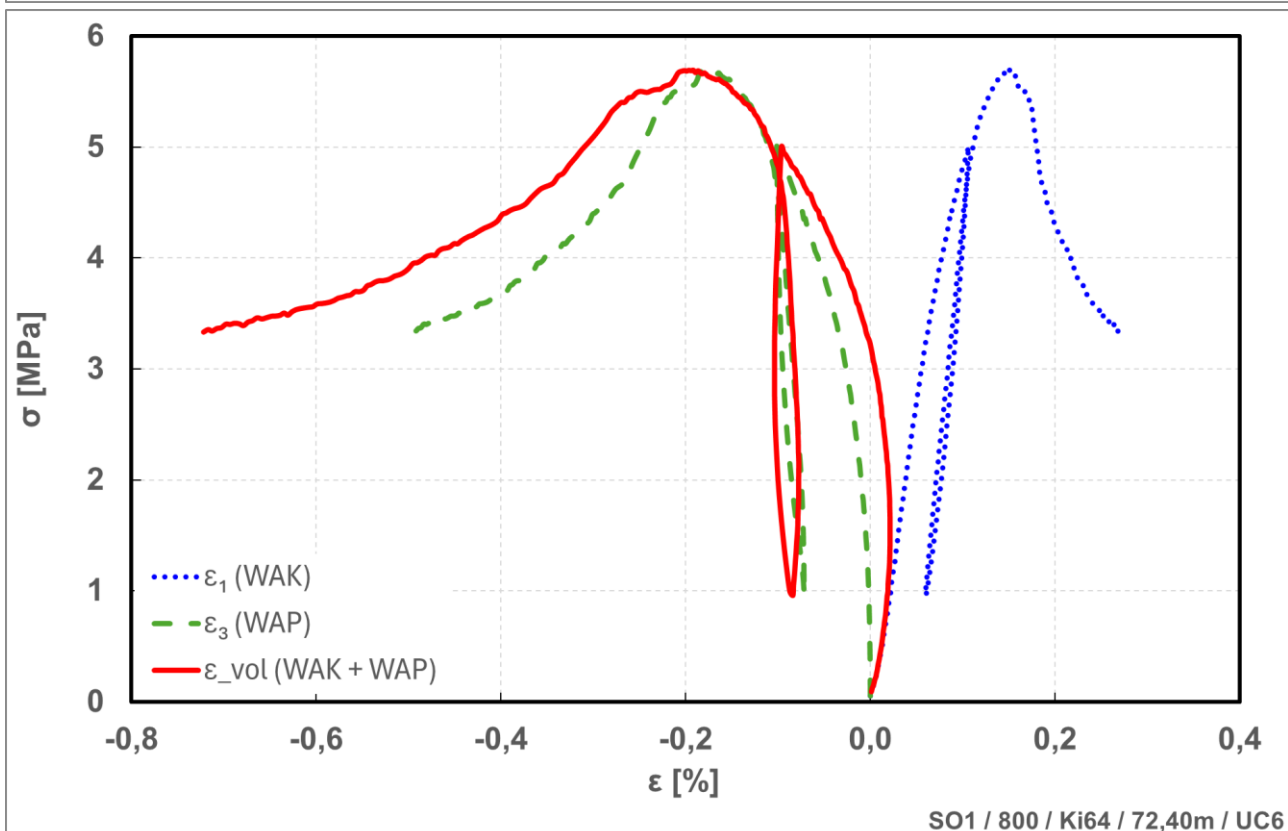
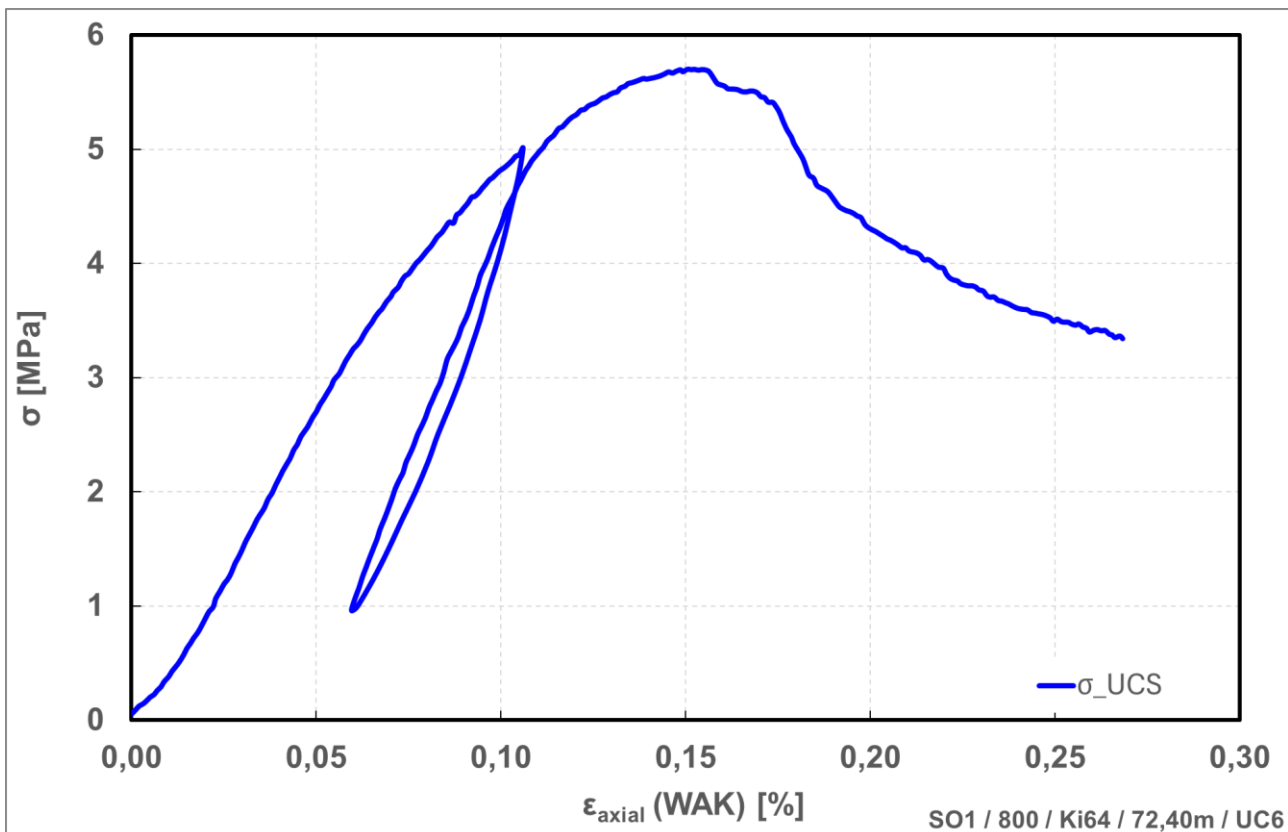
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 142

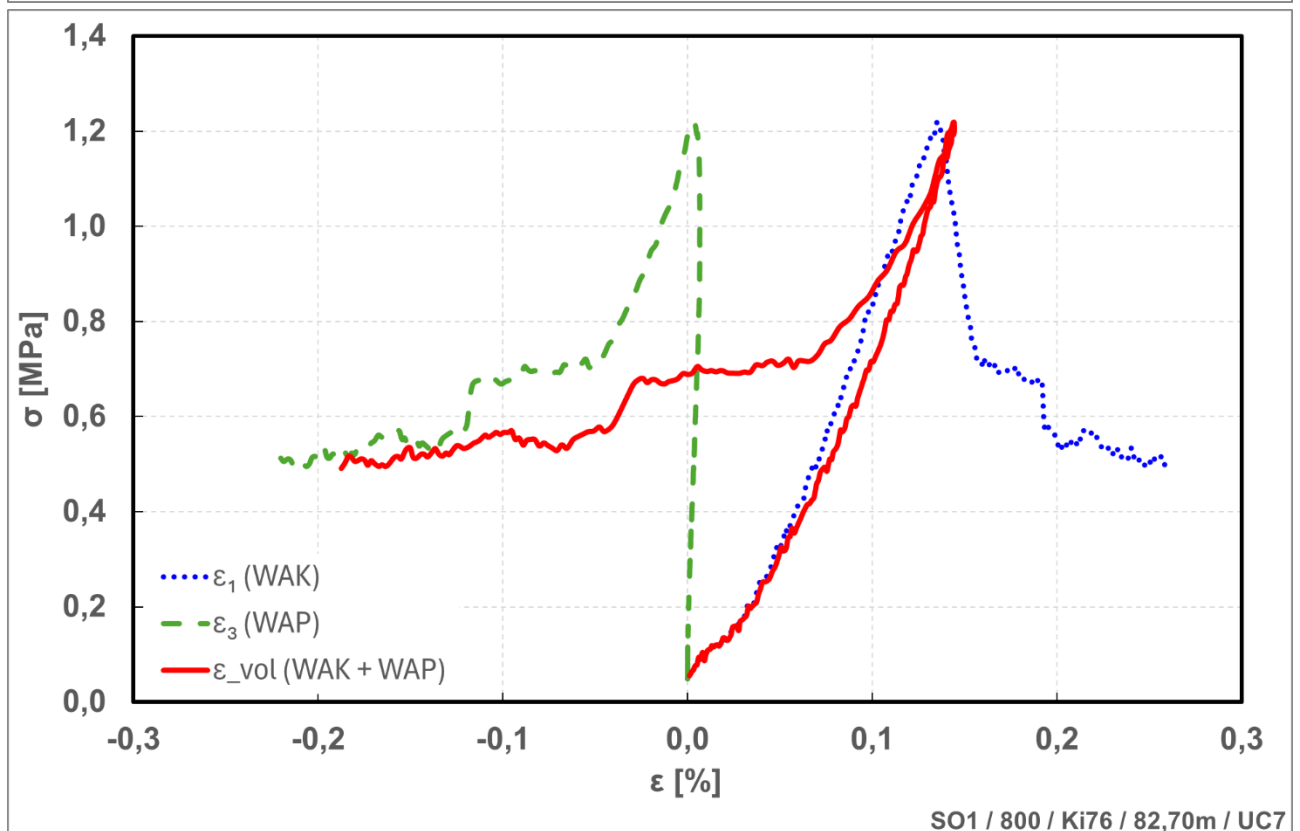
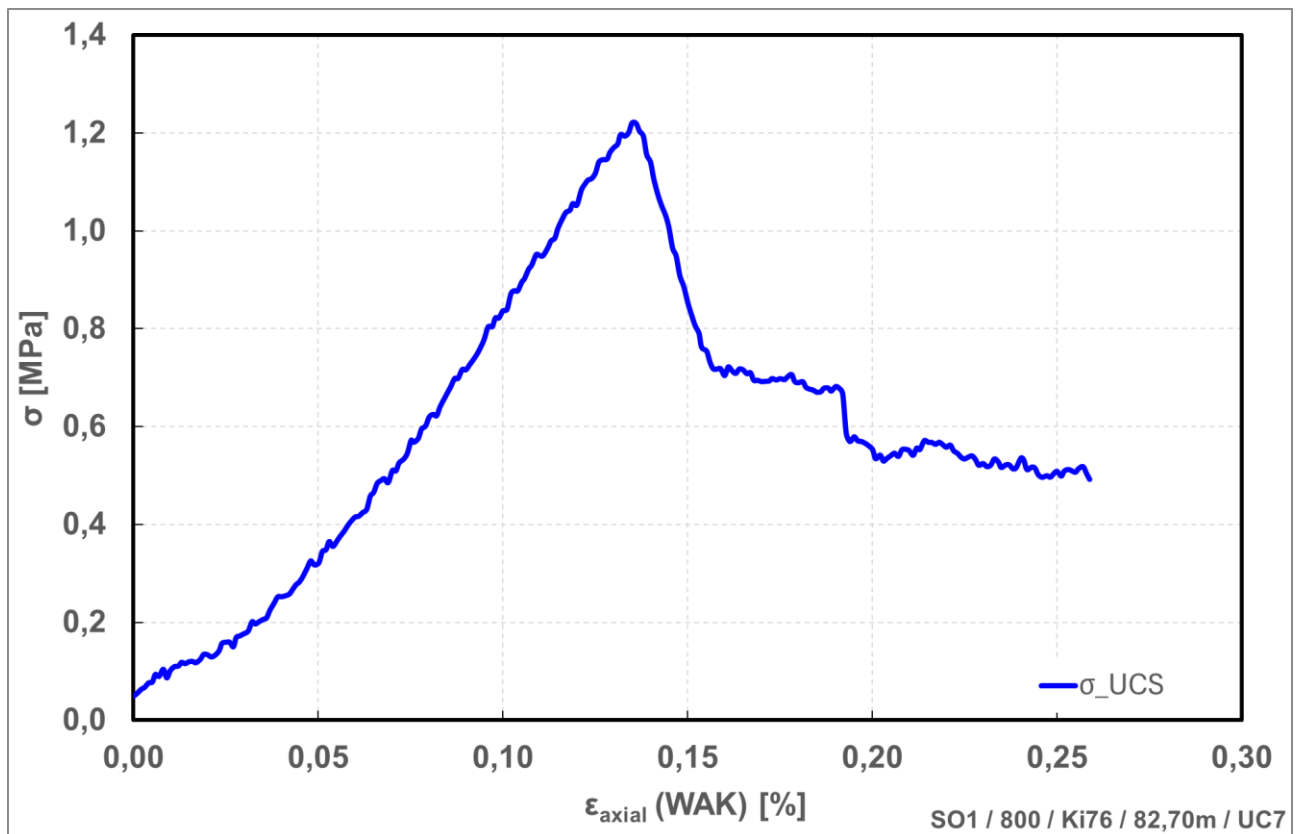


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 143



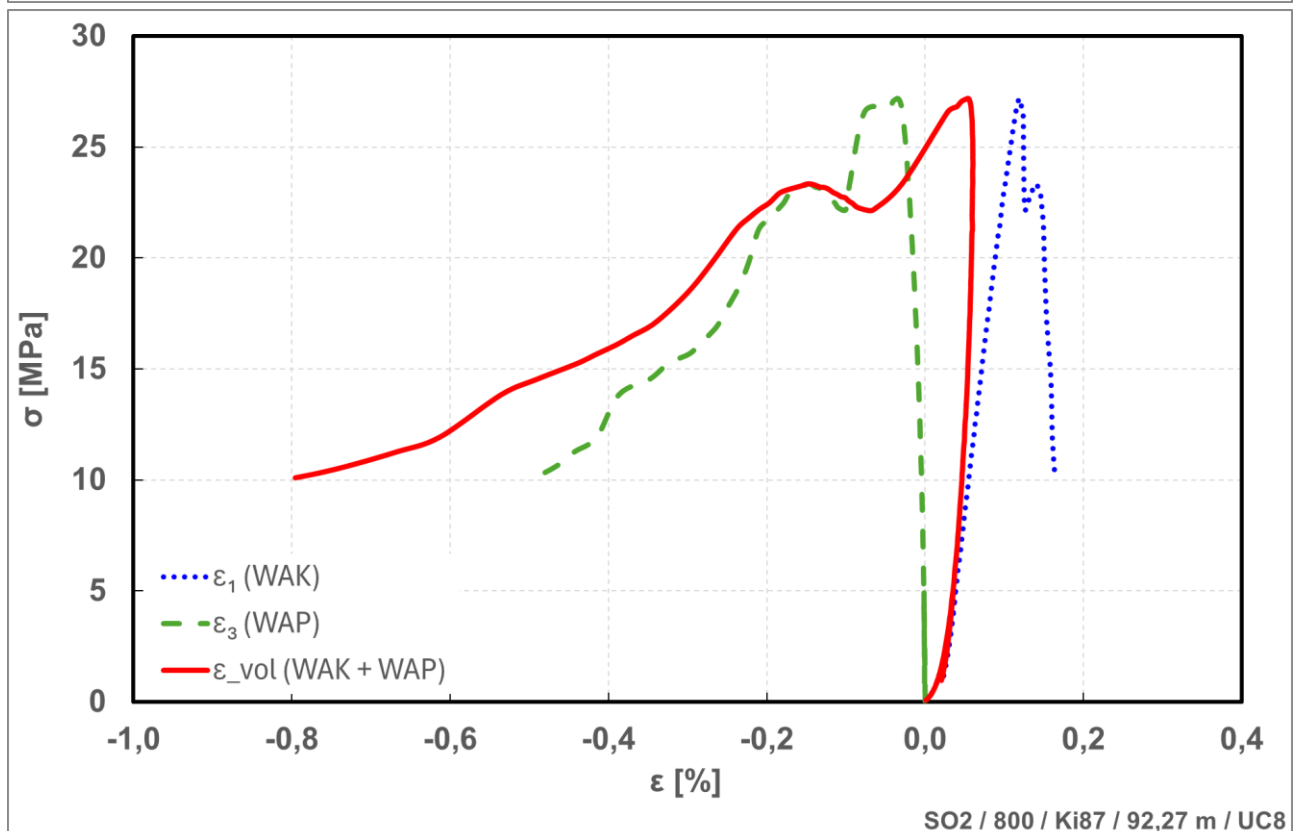
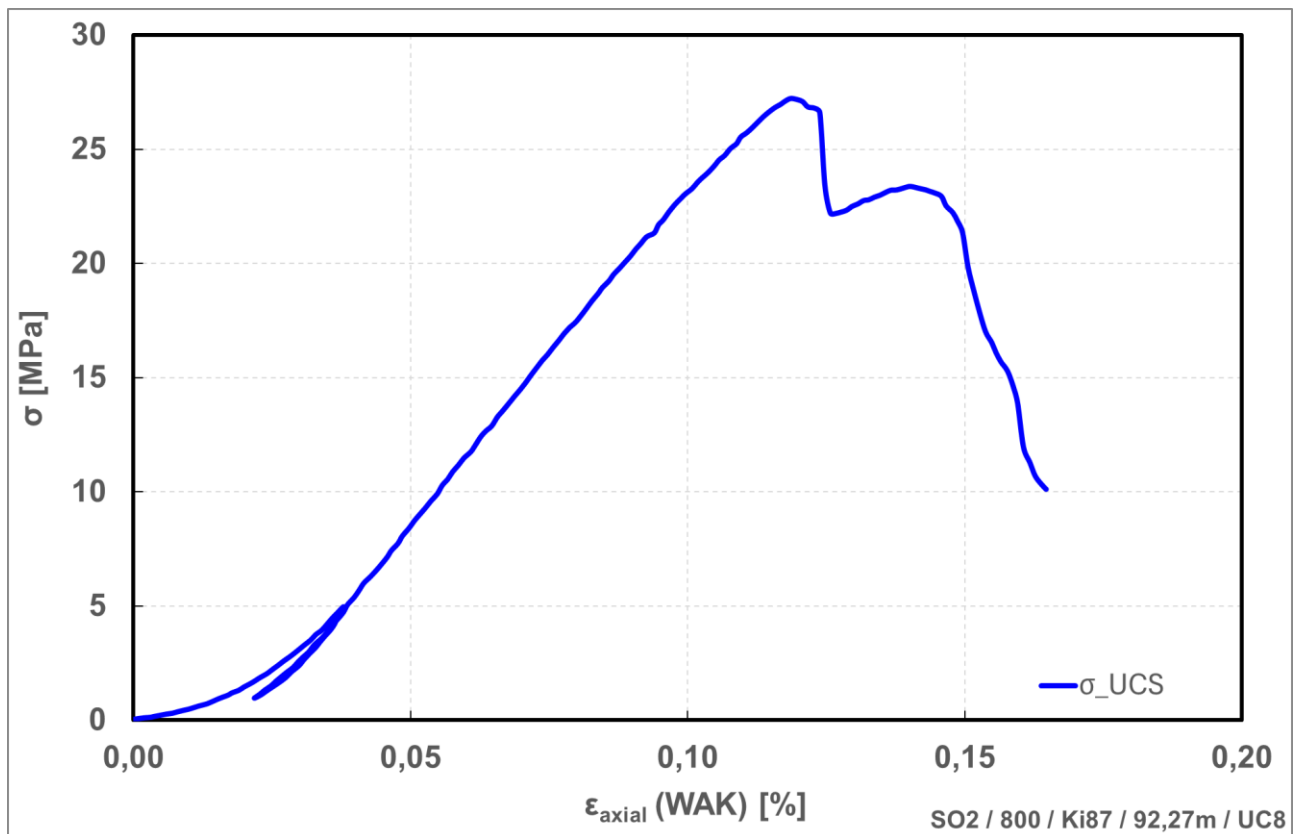


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 144



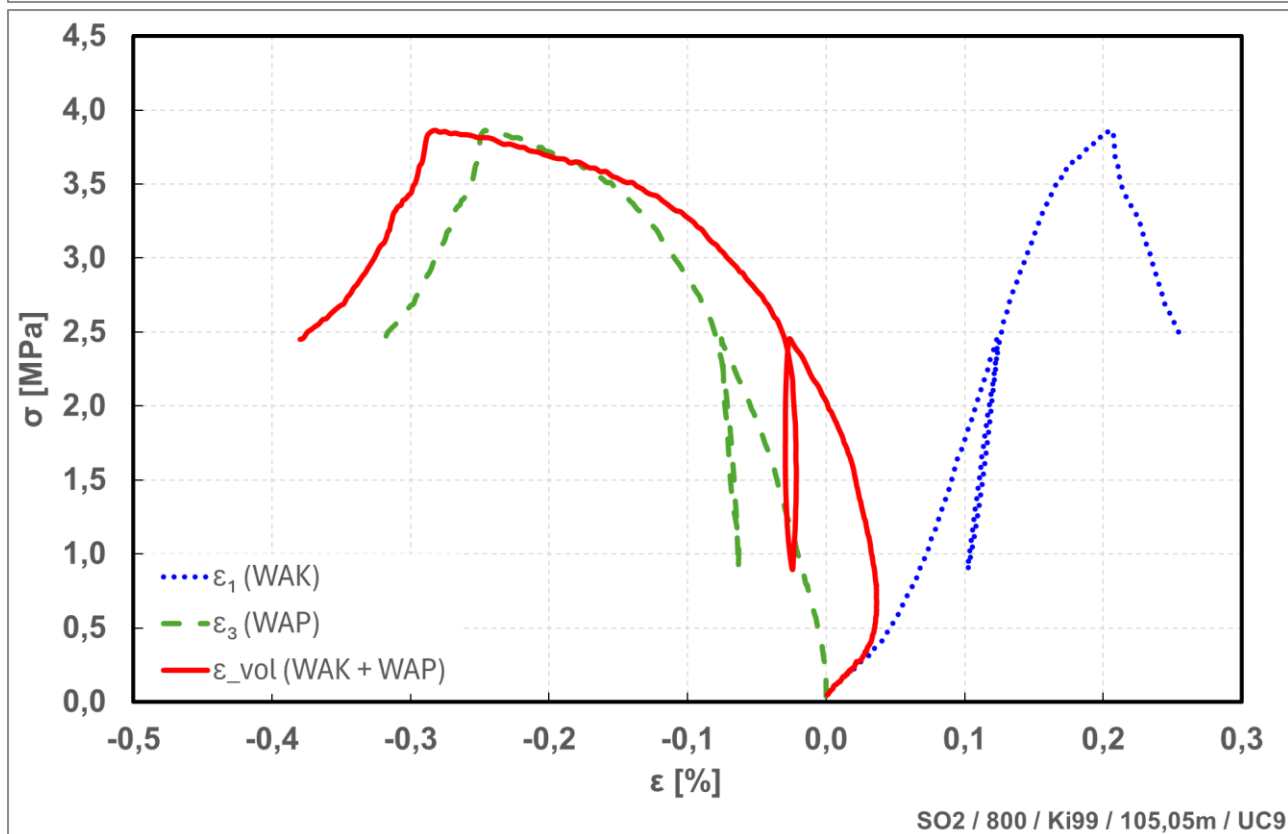
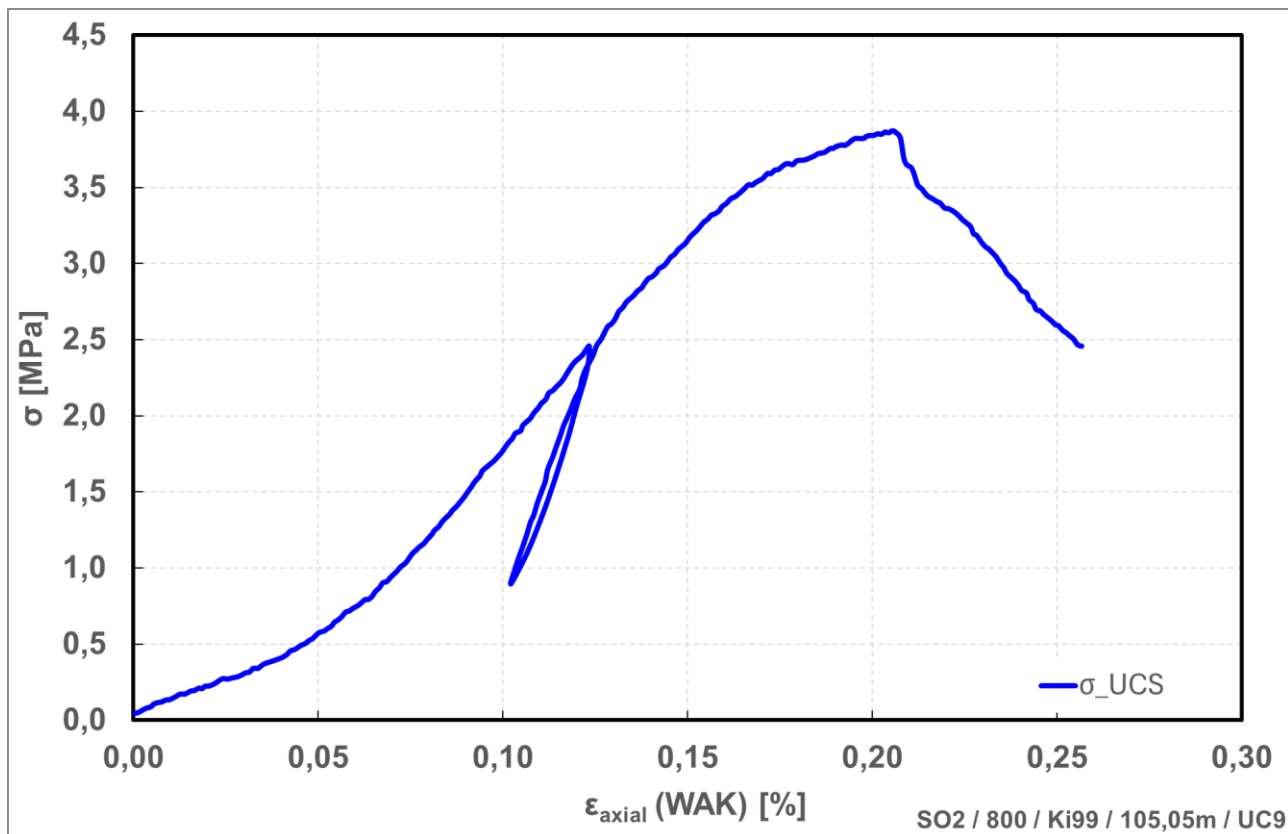
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 145

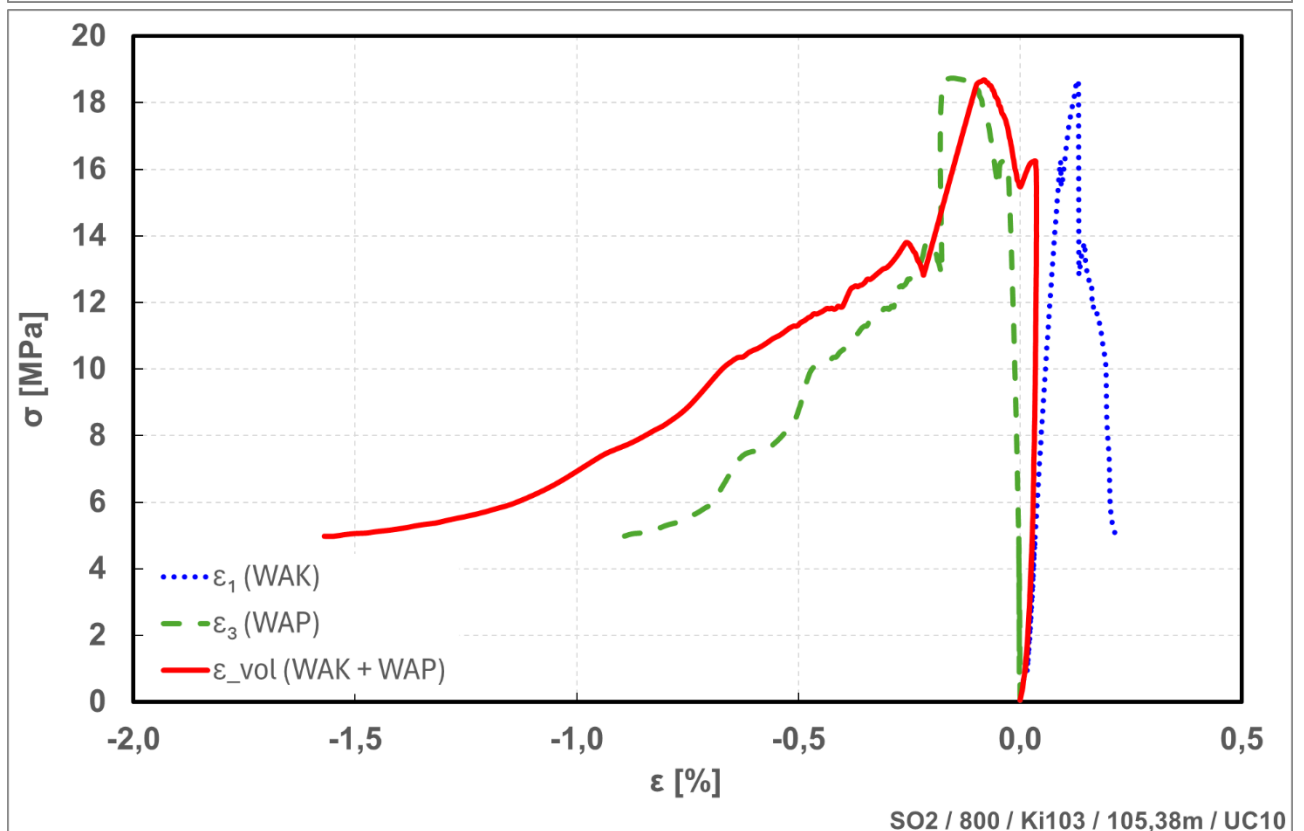
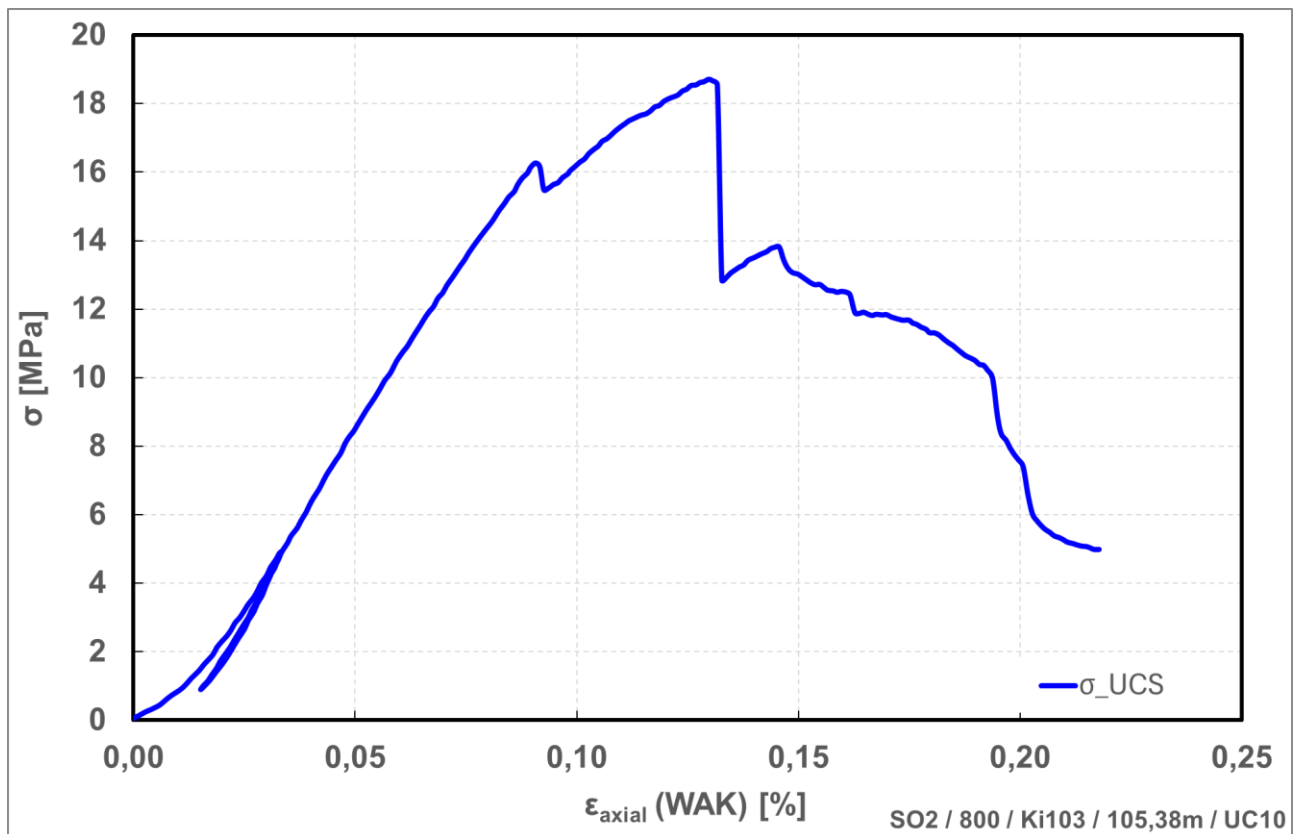


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 146

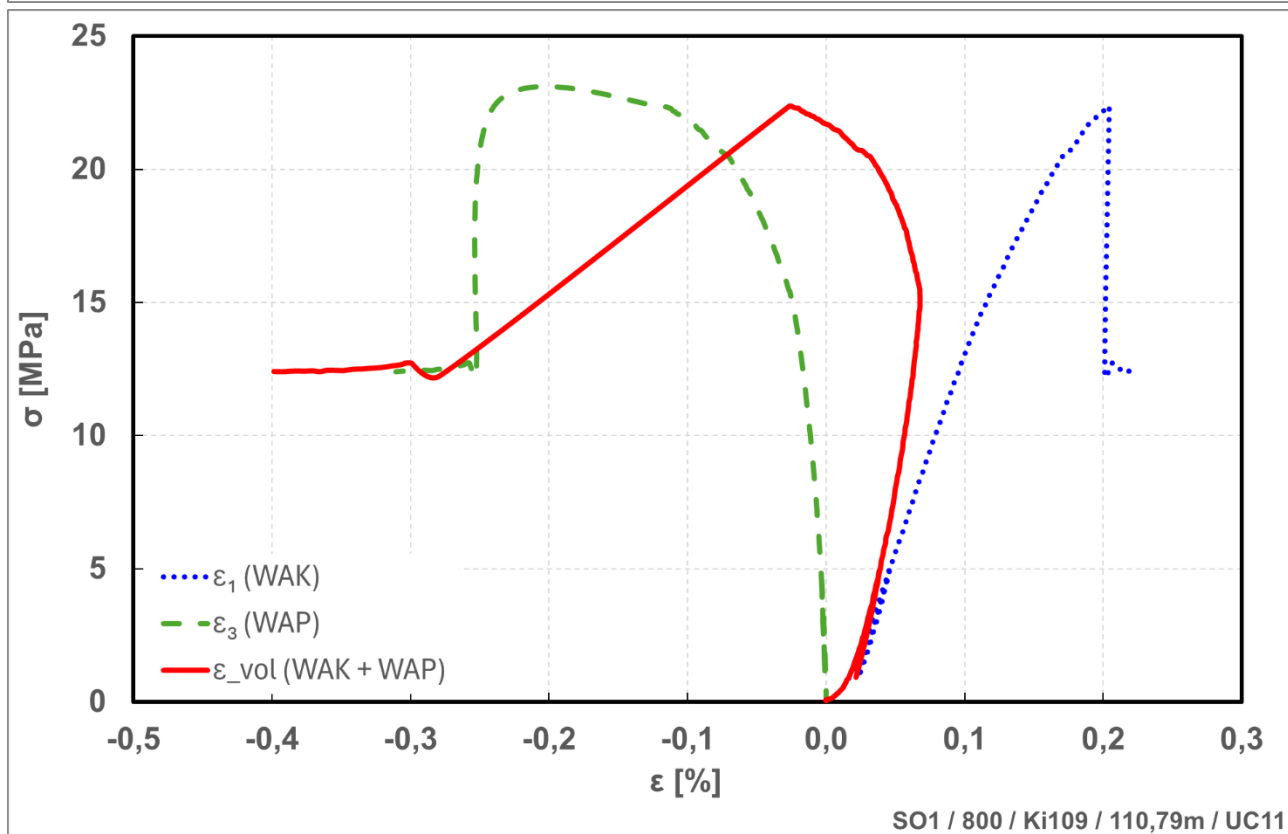
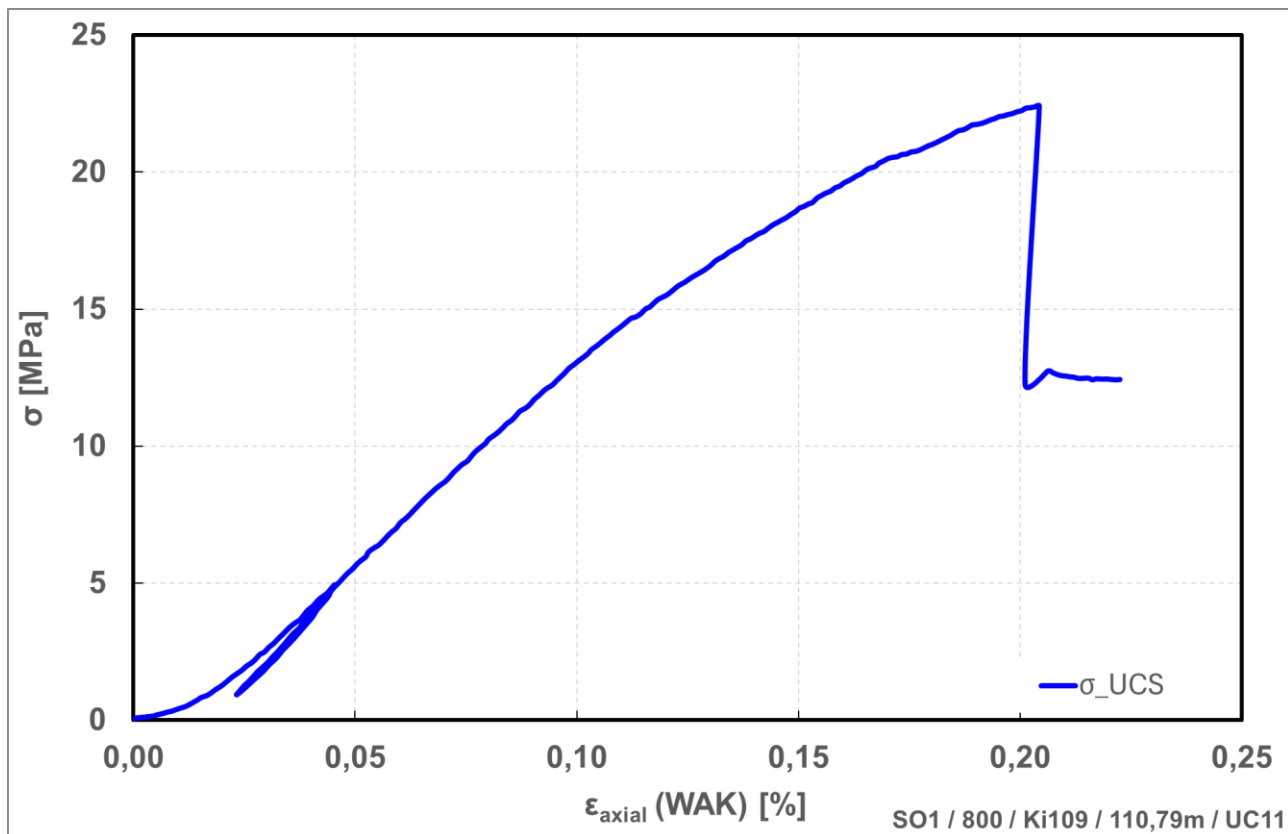


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 147

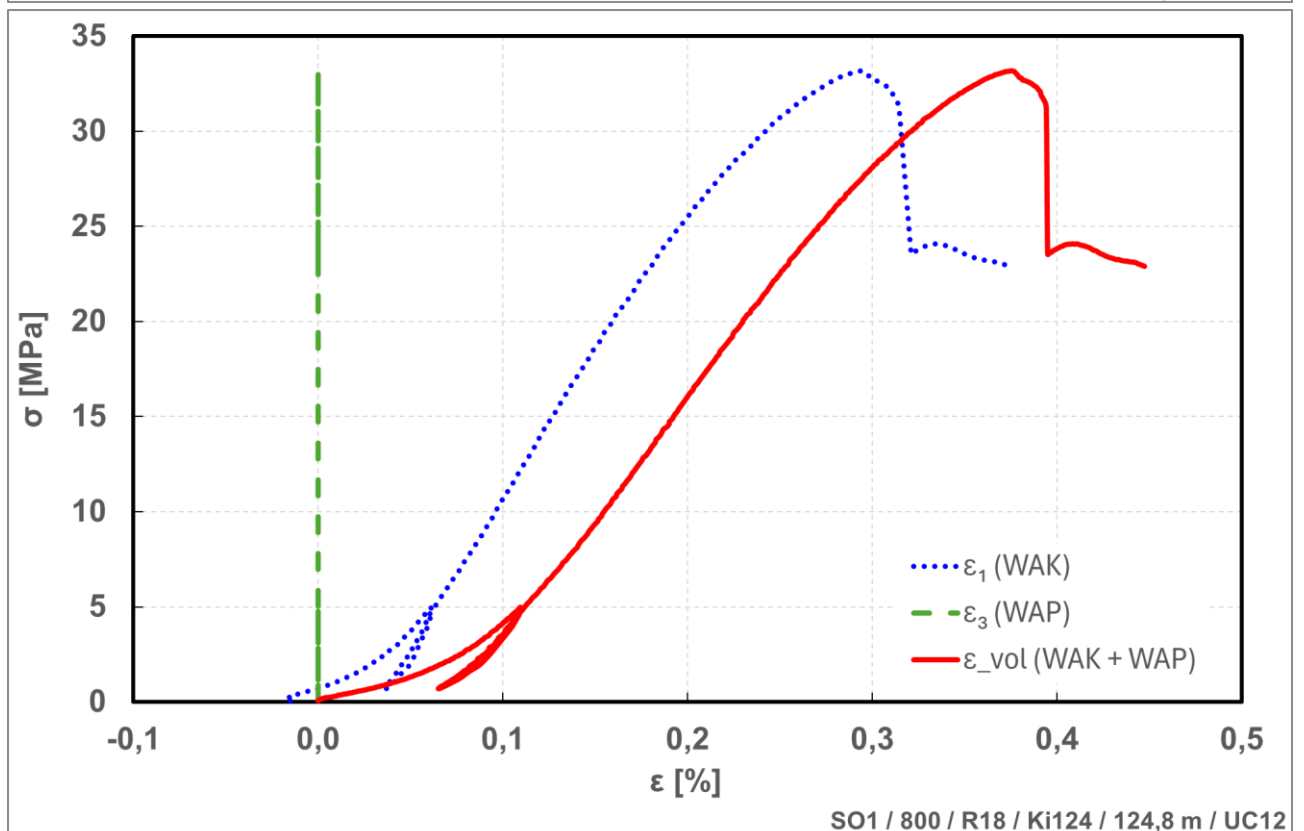
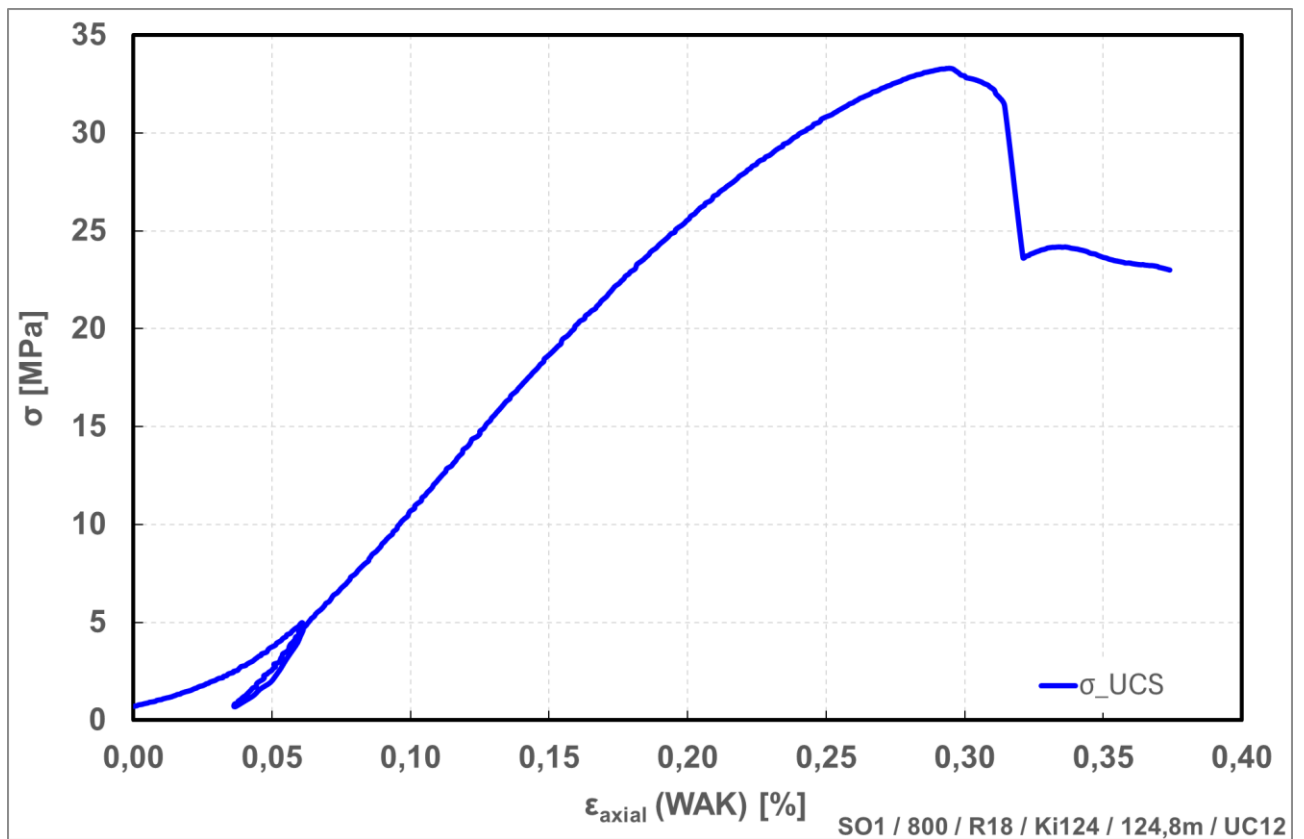


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 148



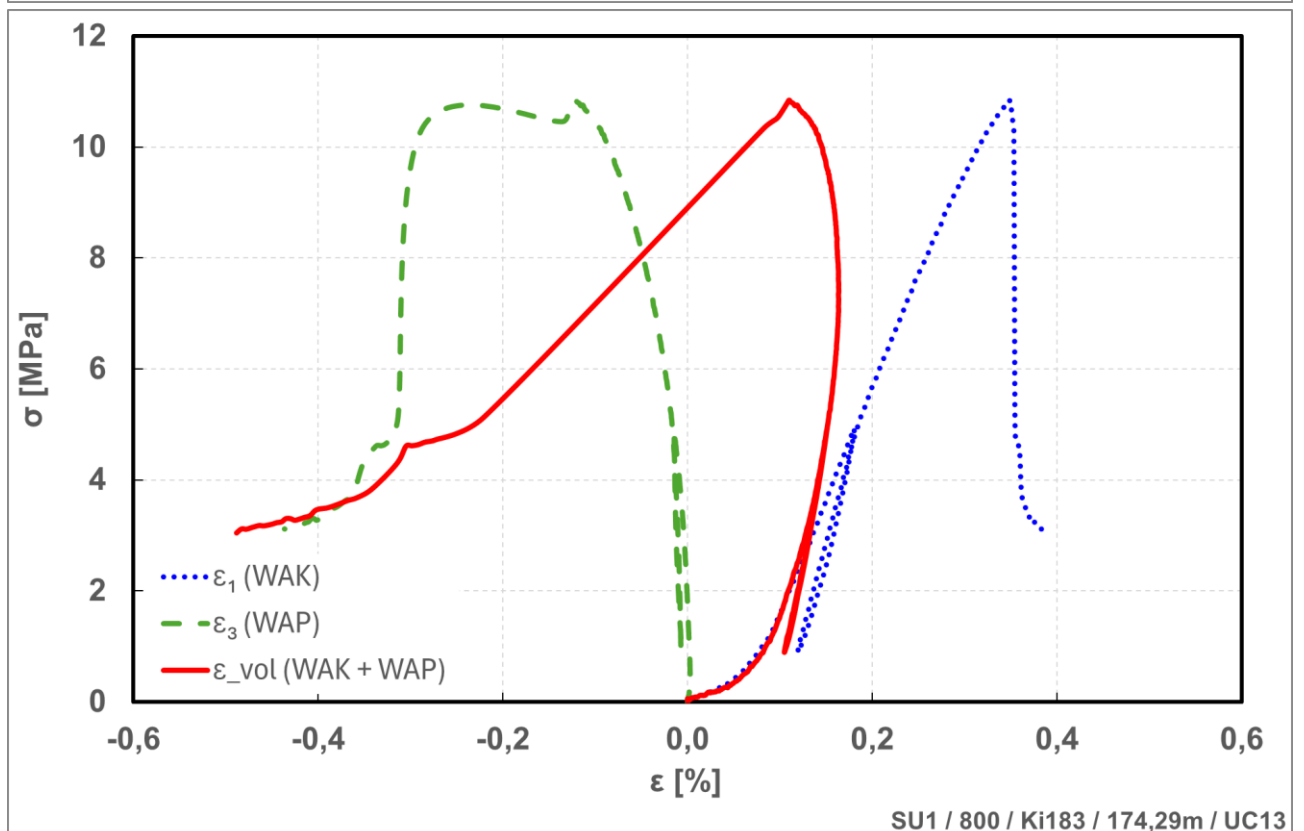
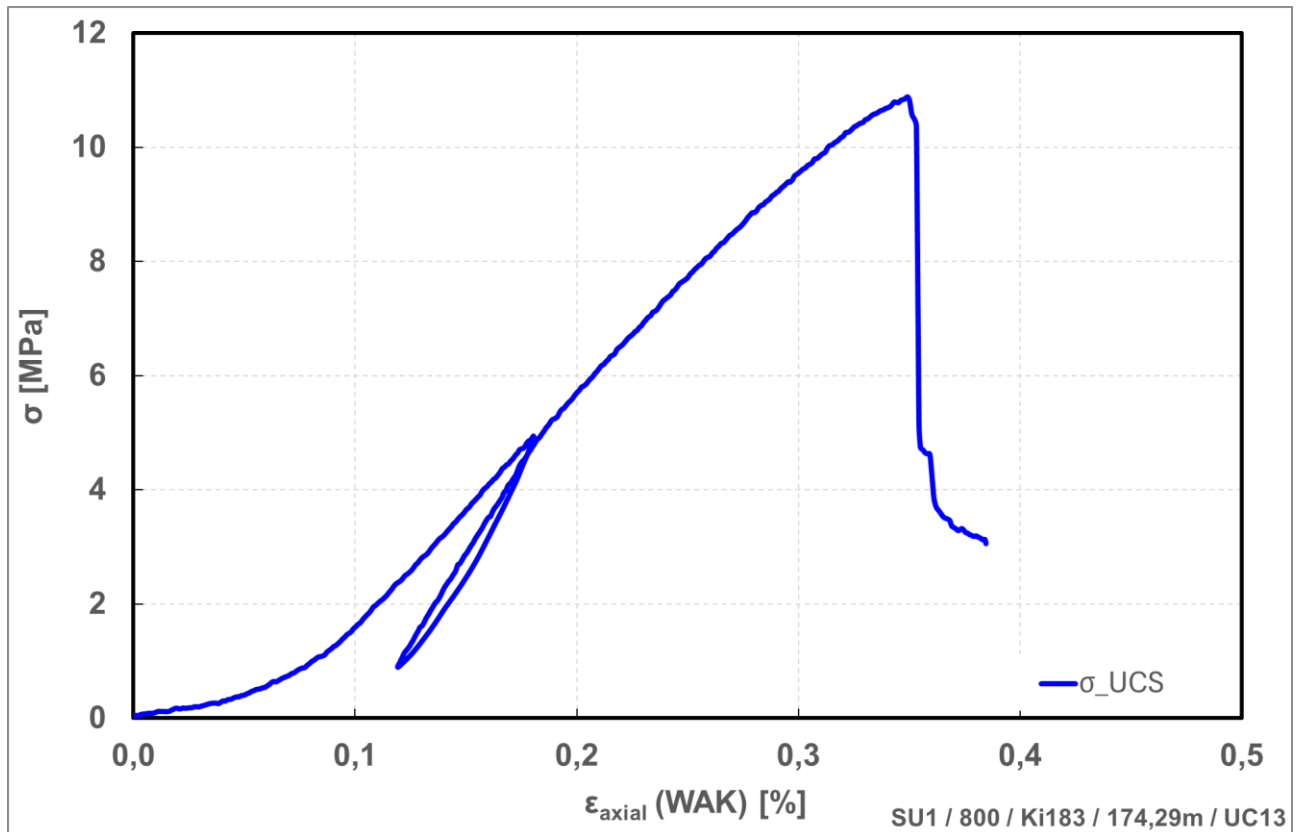


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 149

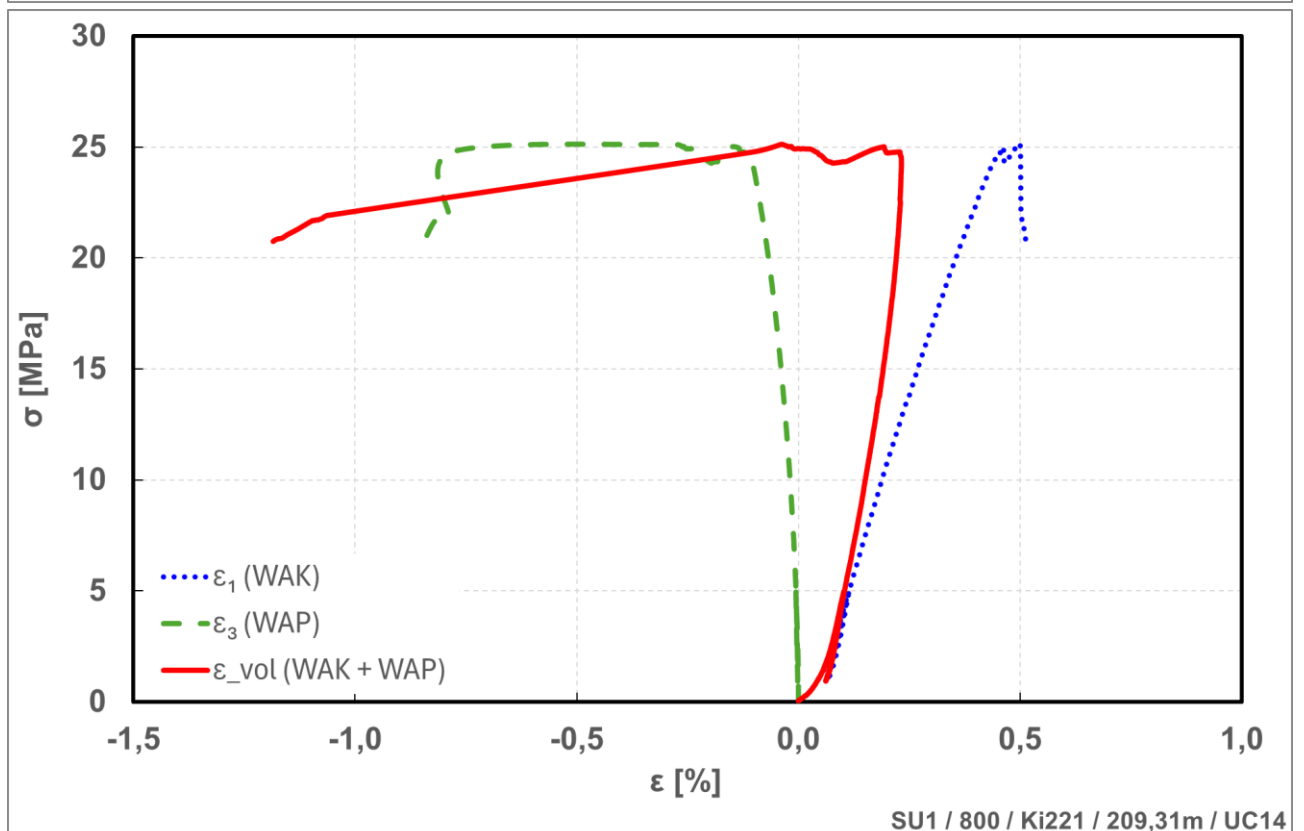
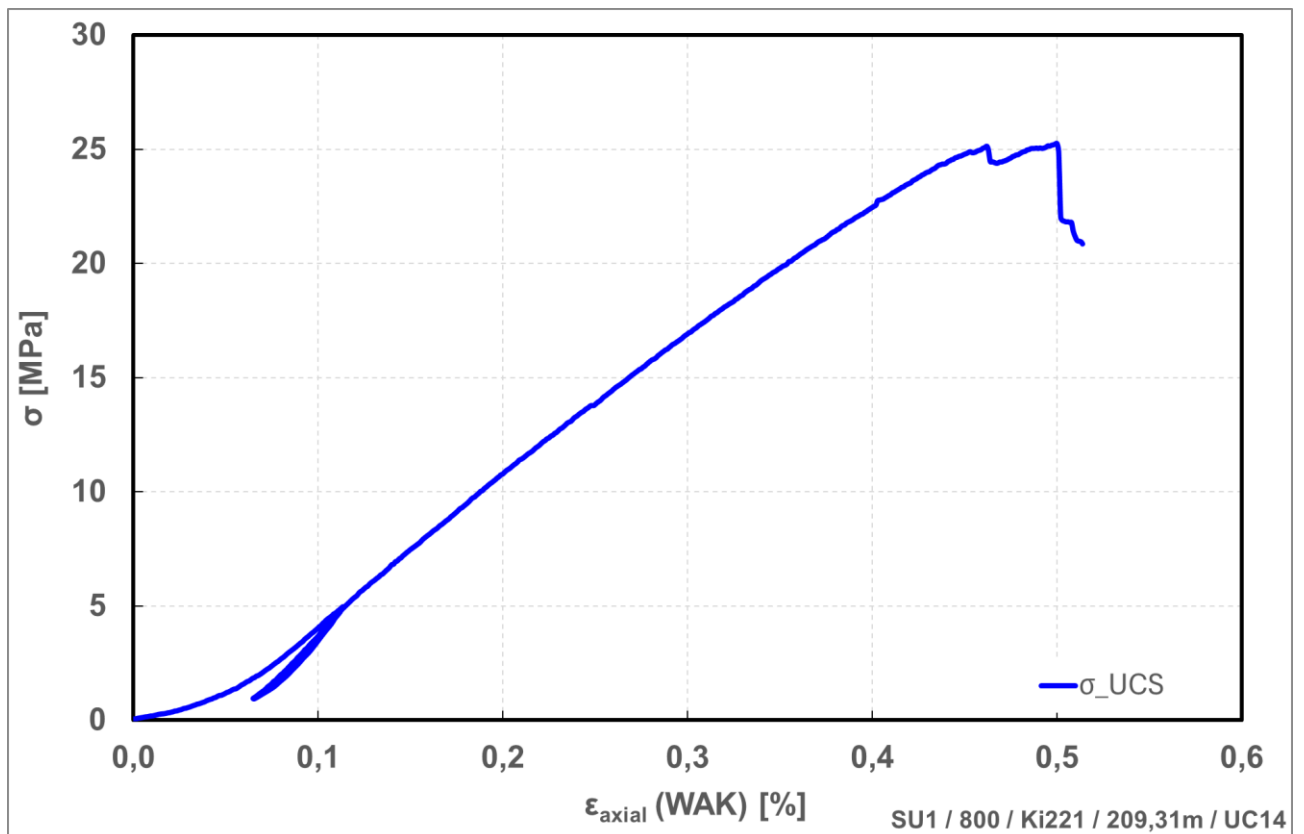


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 150

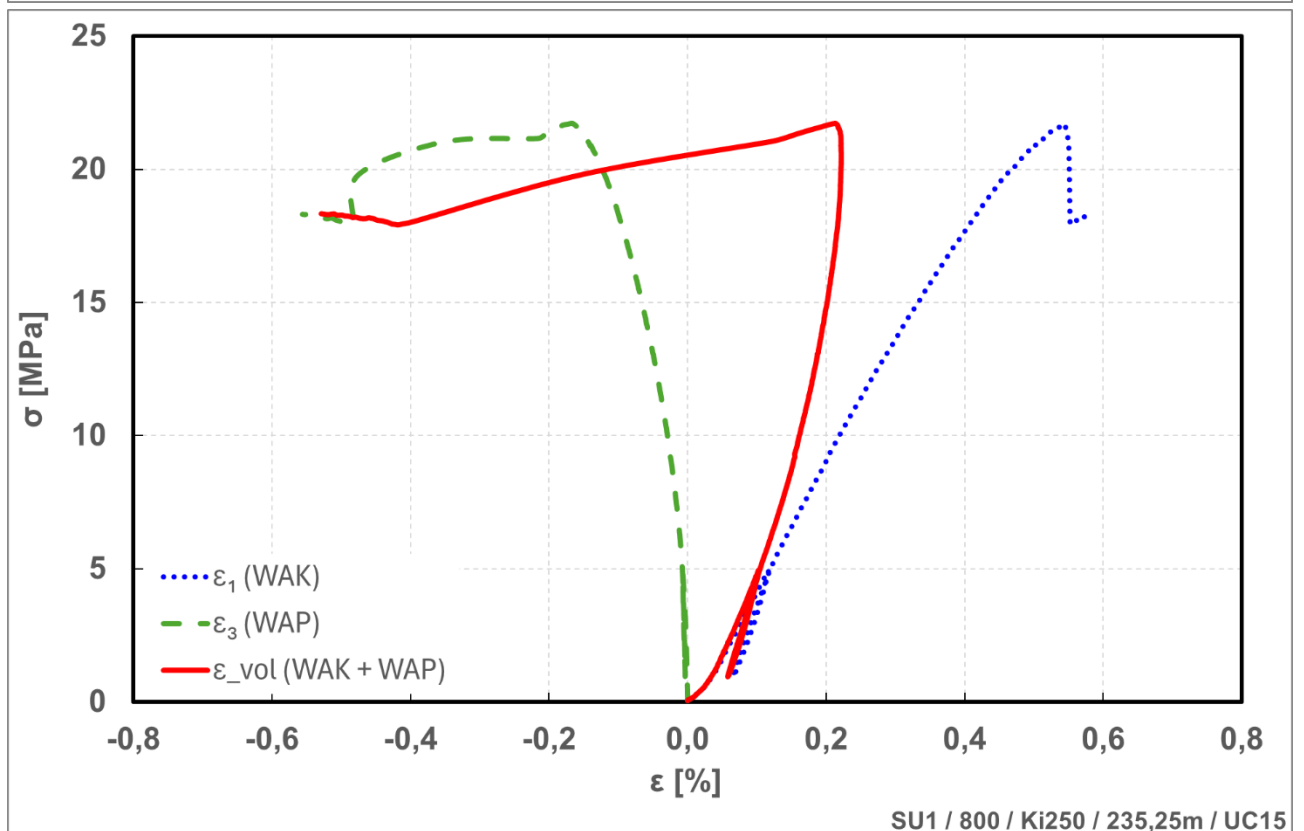
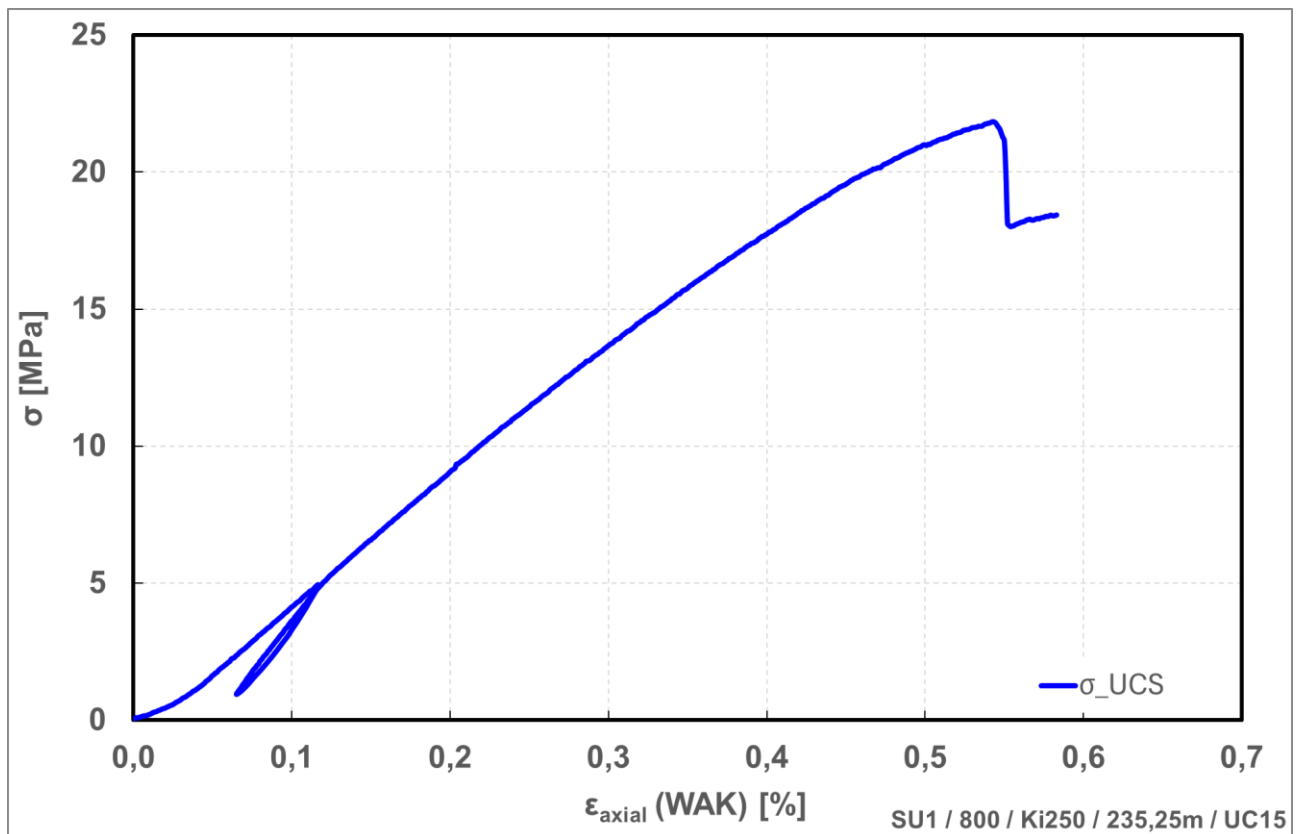


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 151

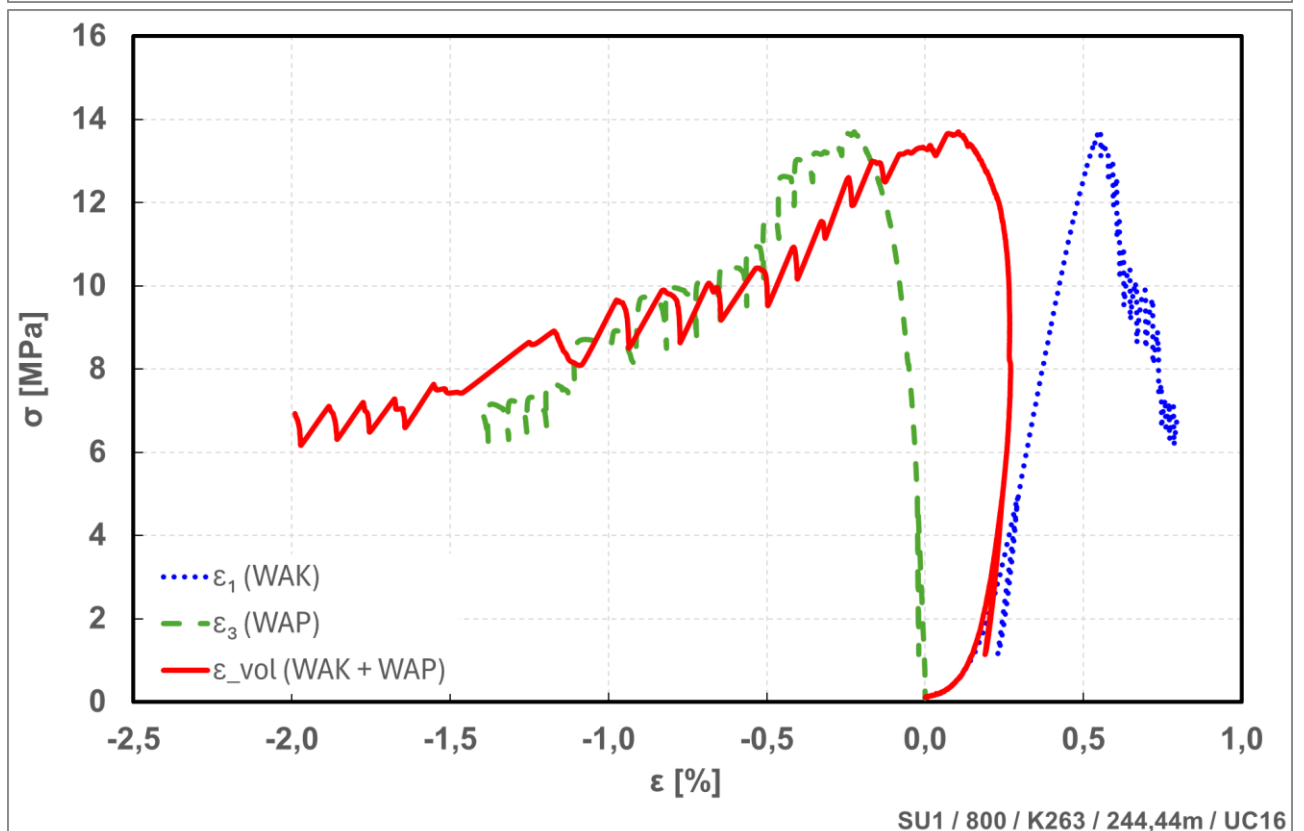
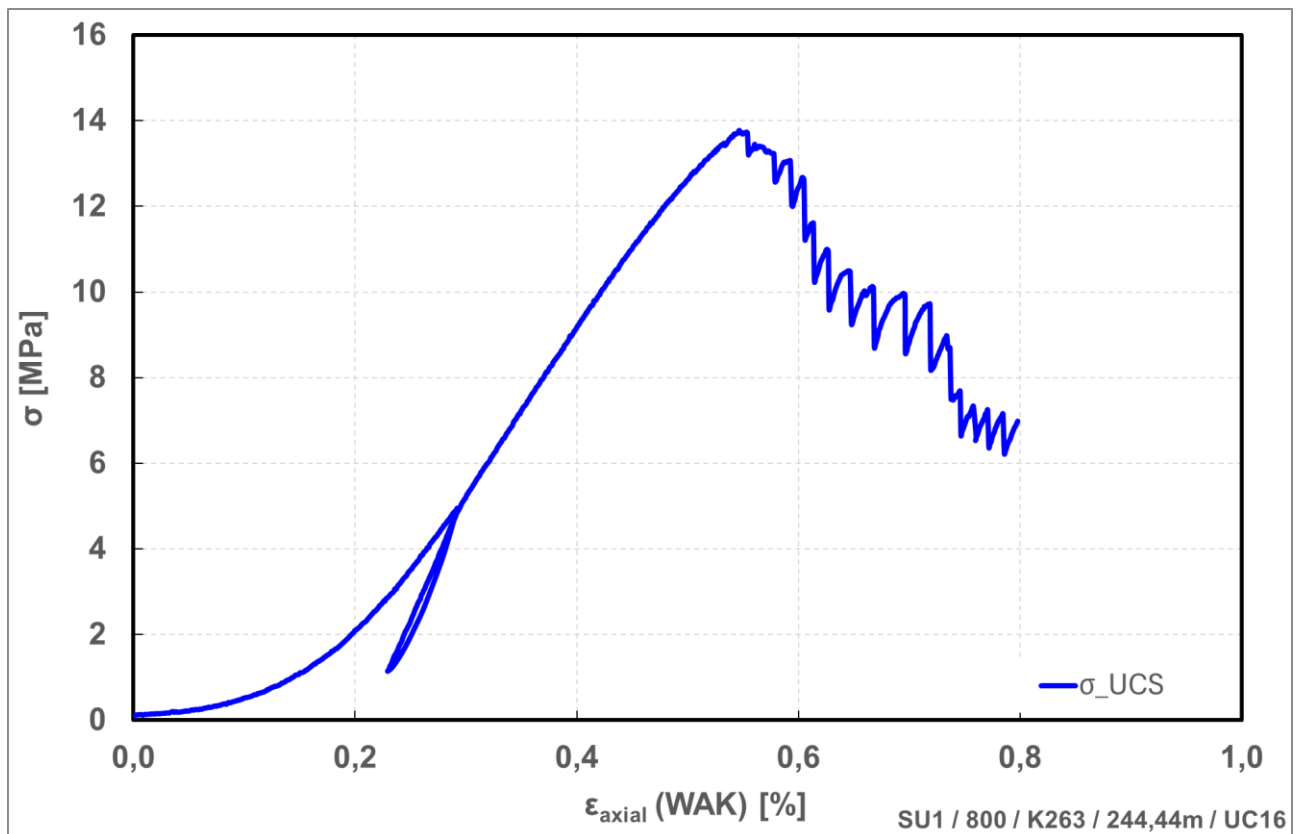


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 152

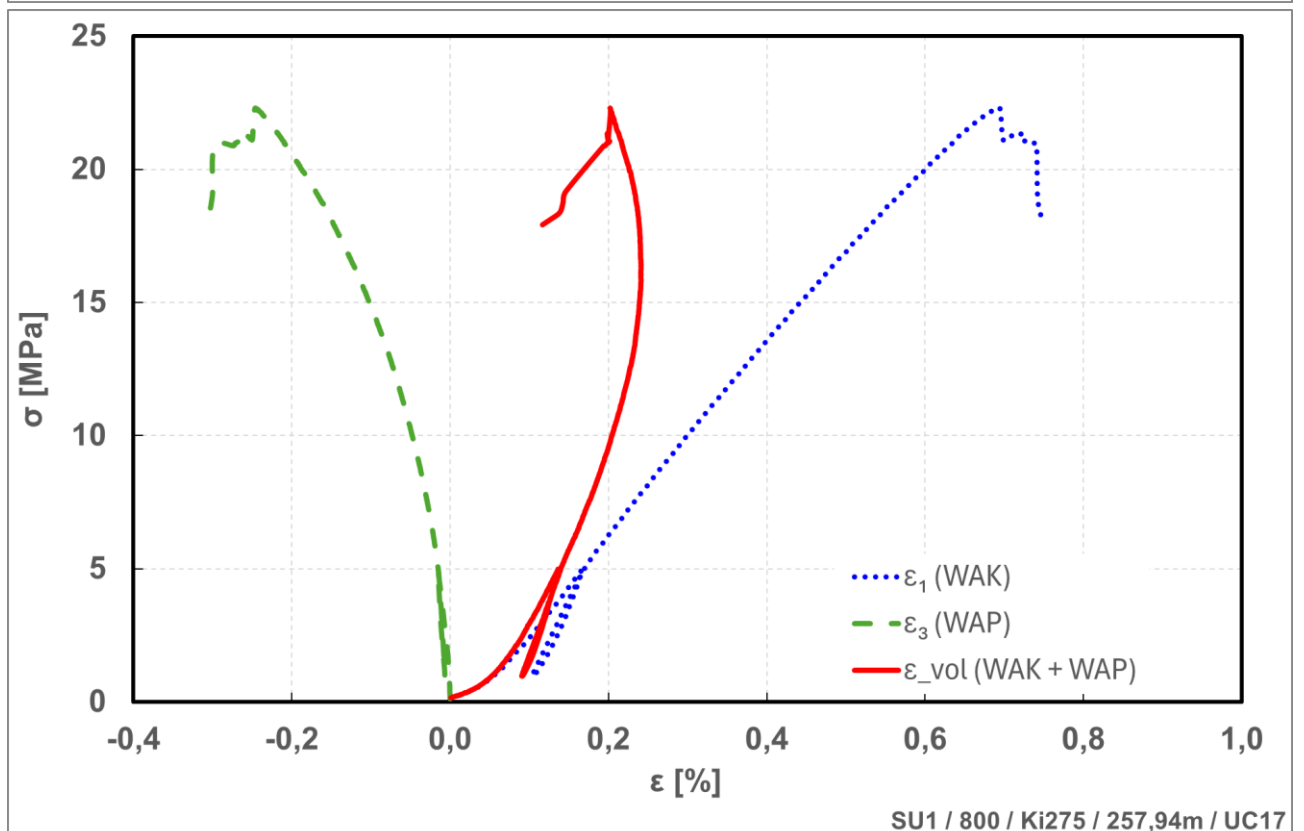
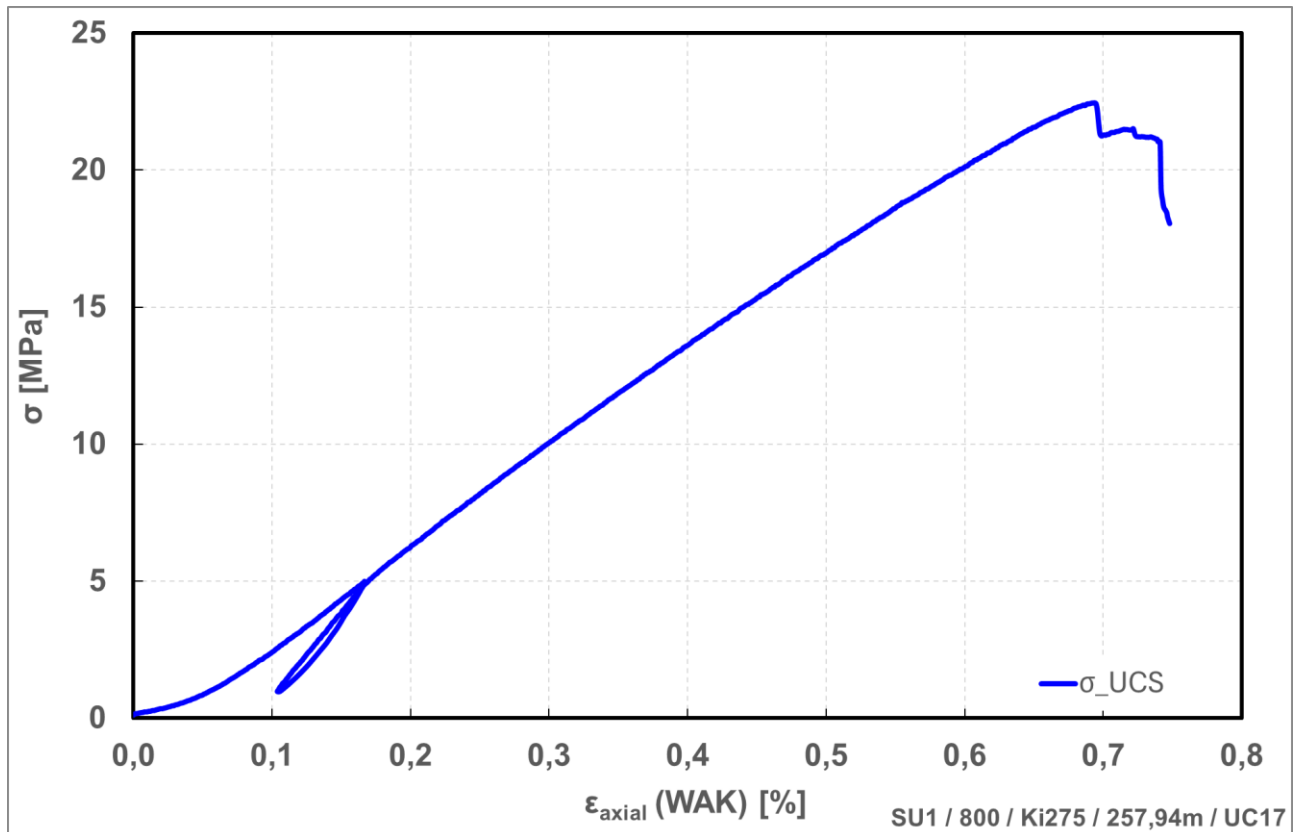


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 153



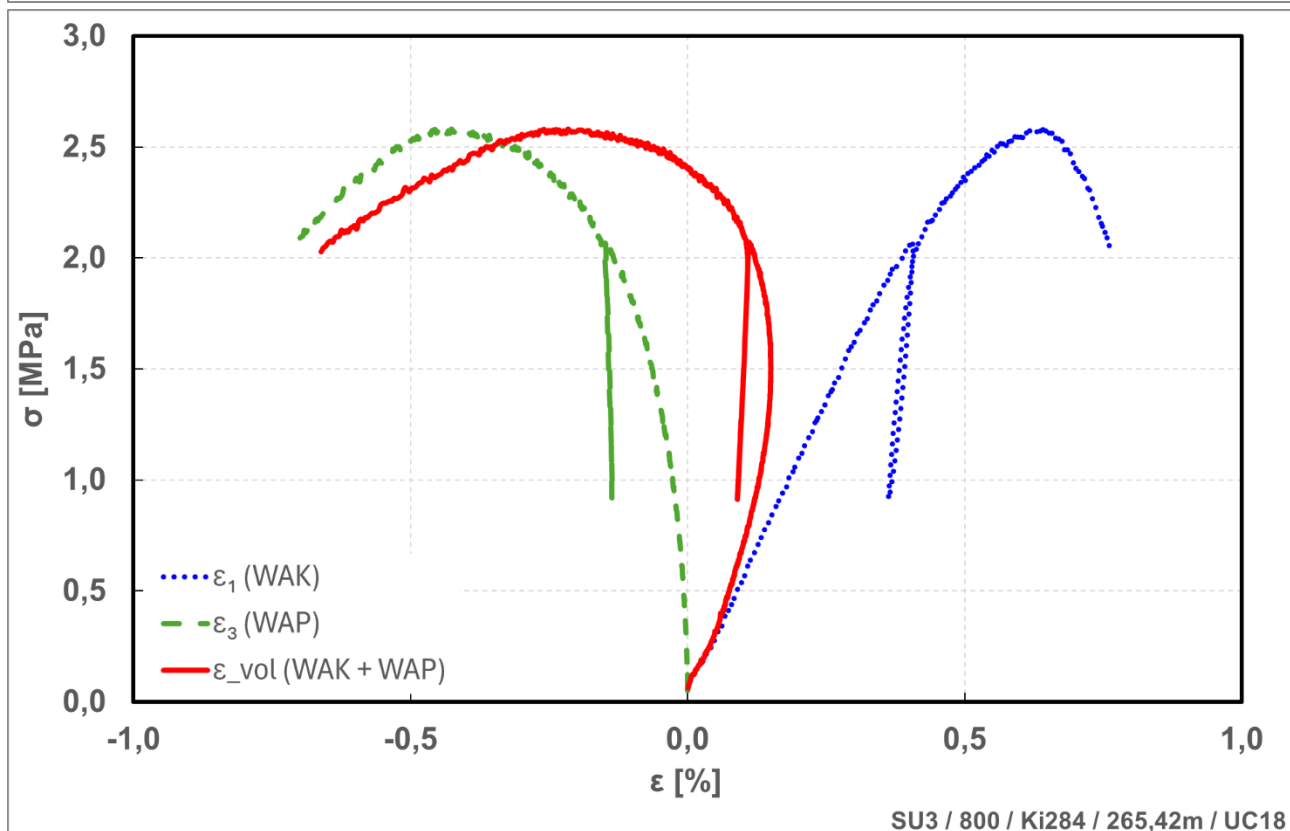
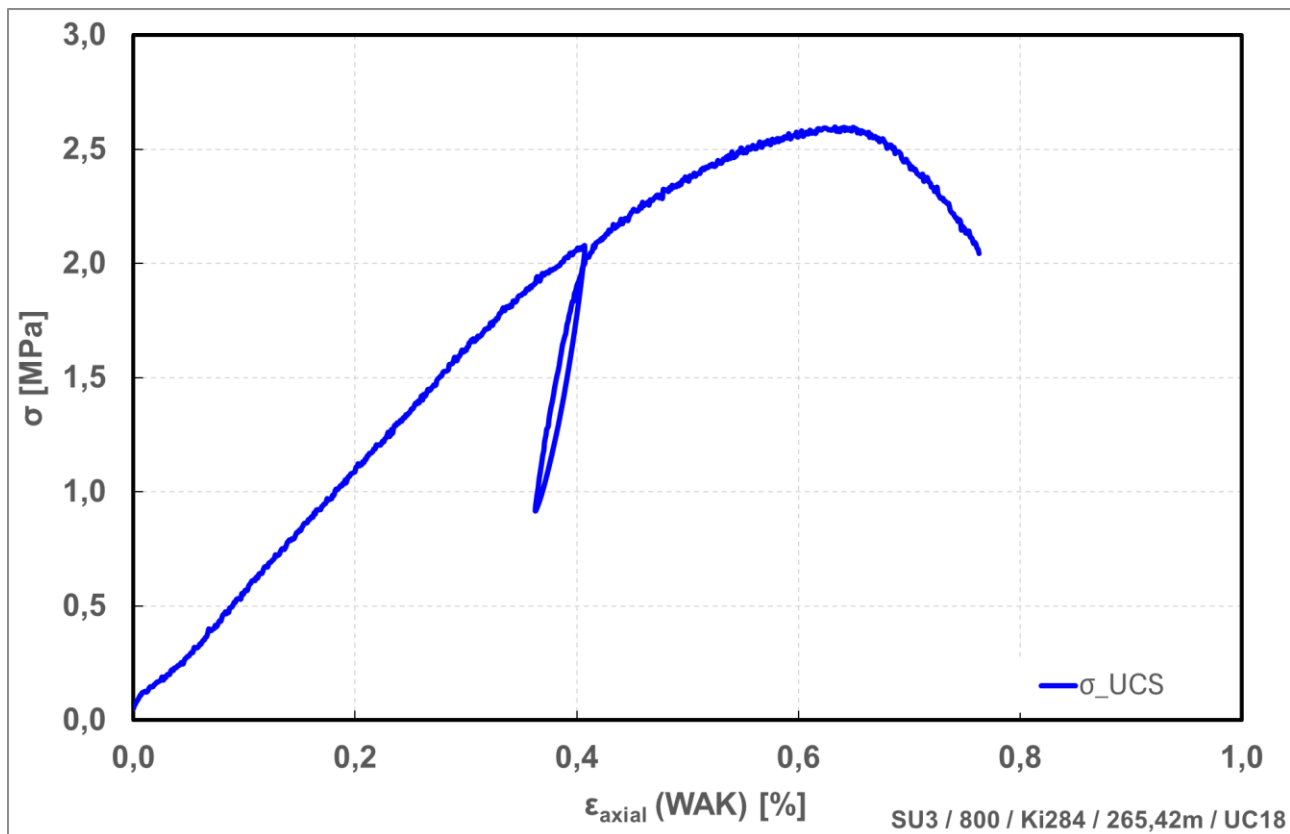


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 154

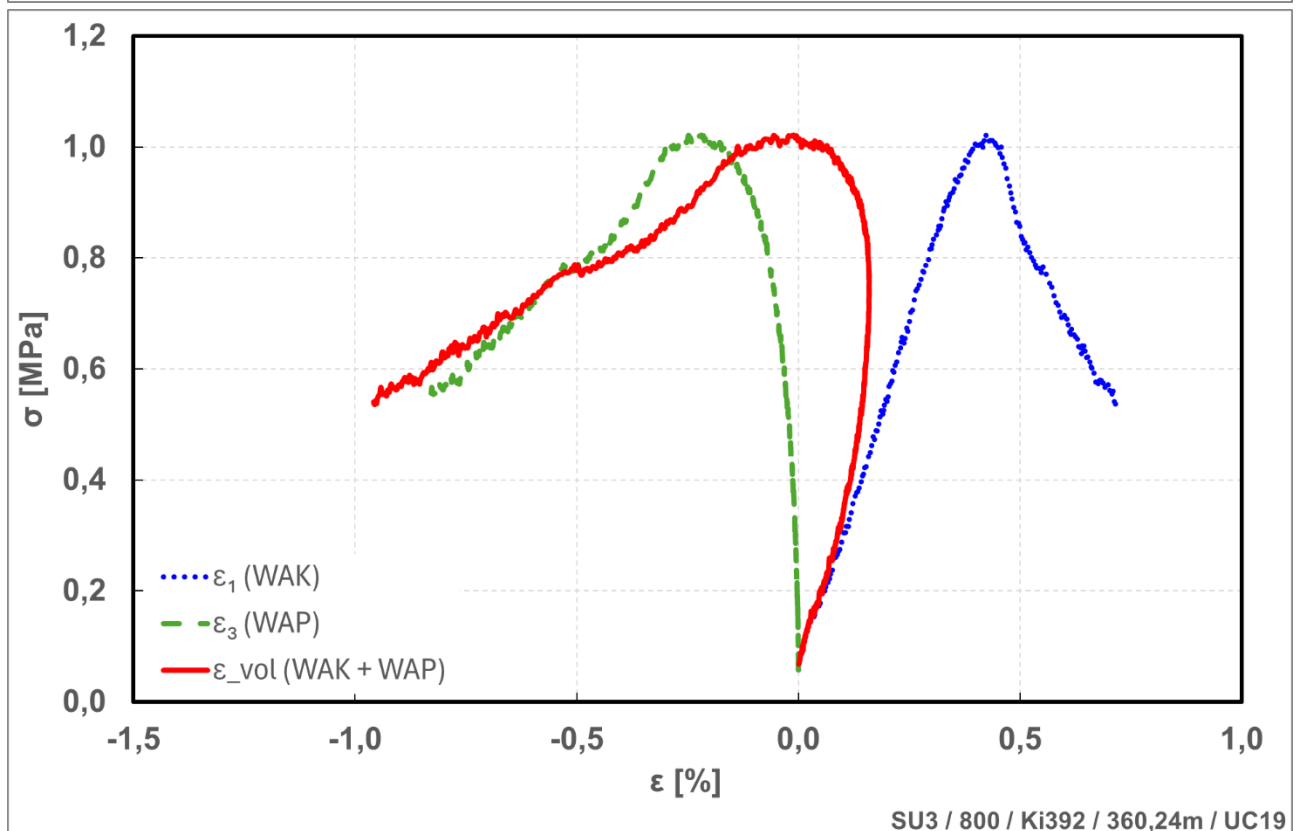
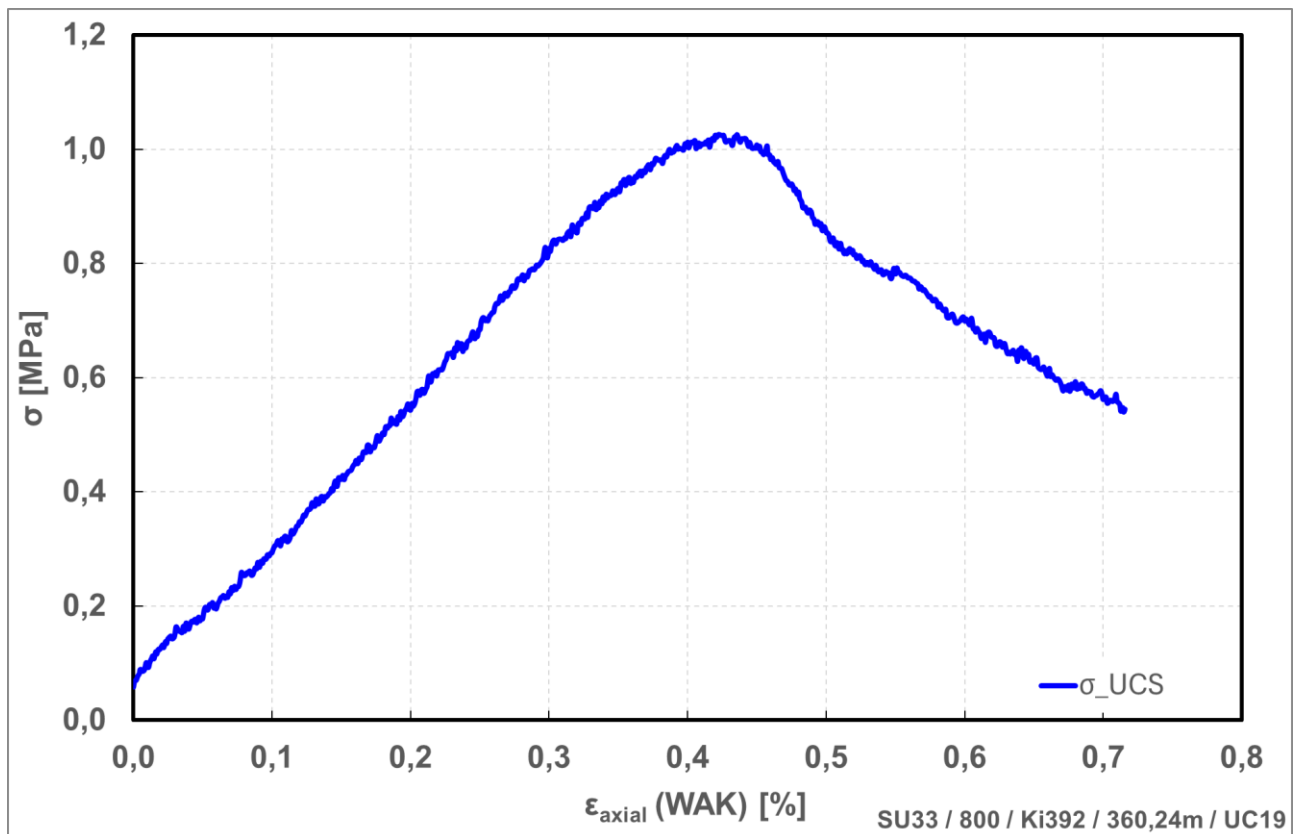


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 155



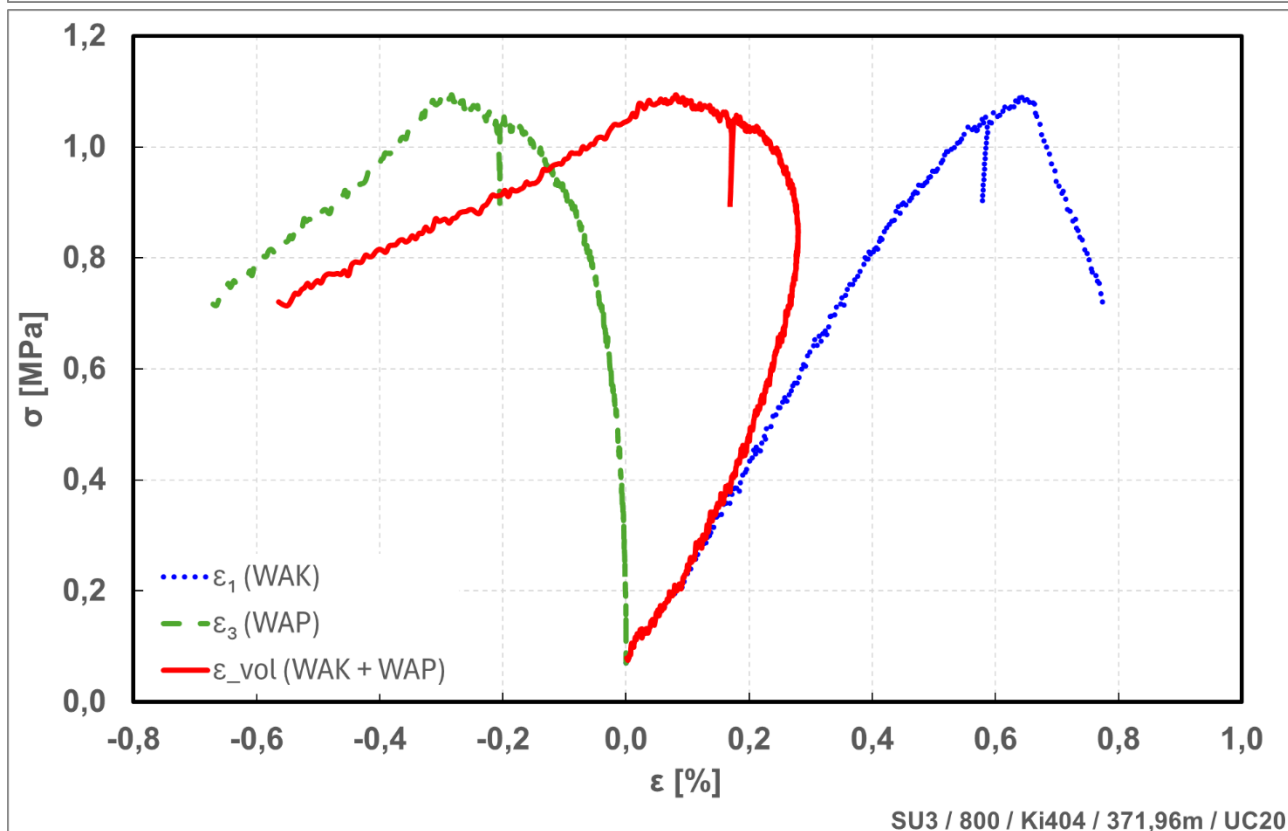
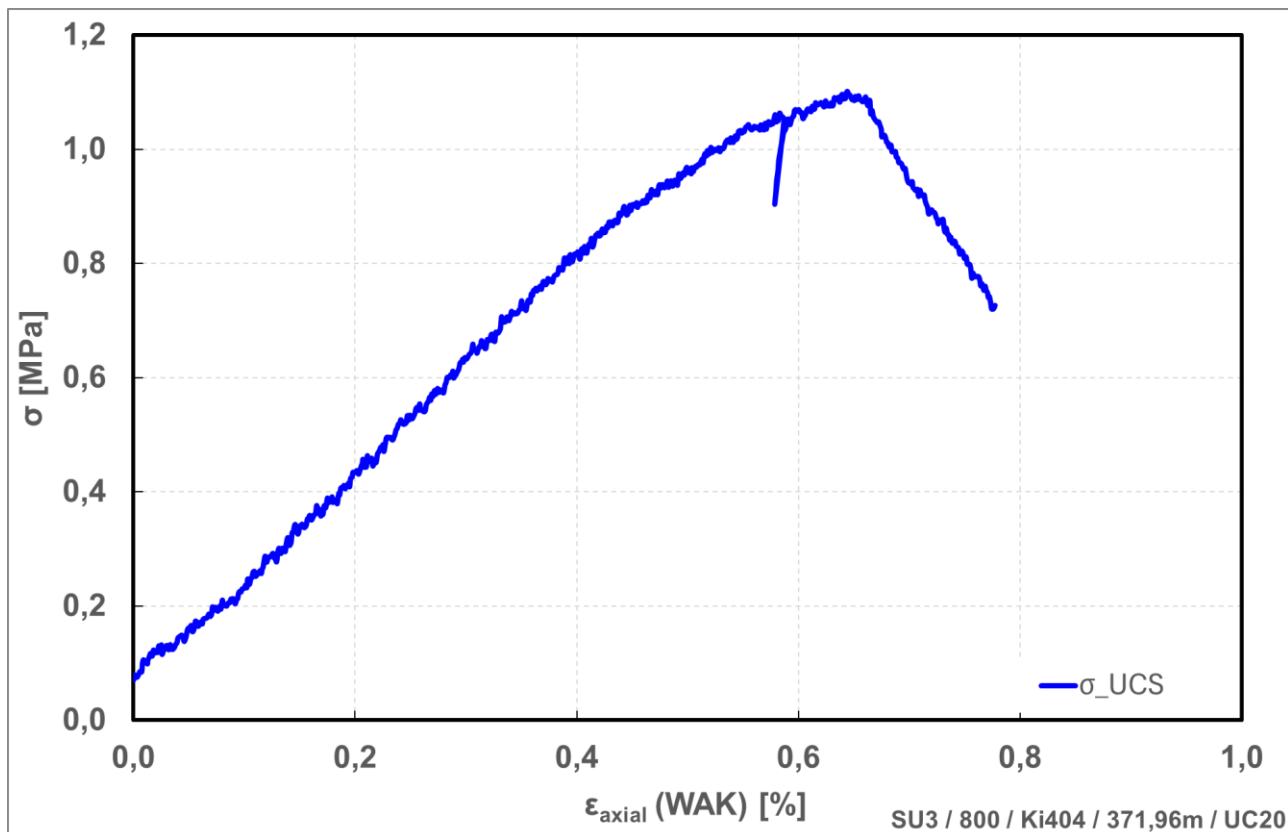
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 156

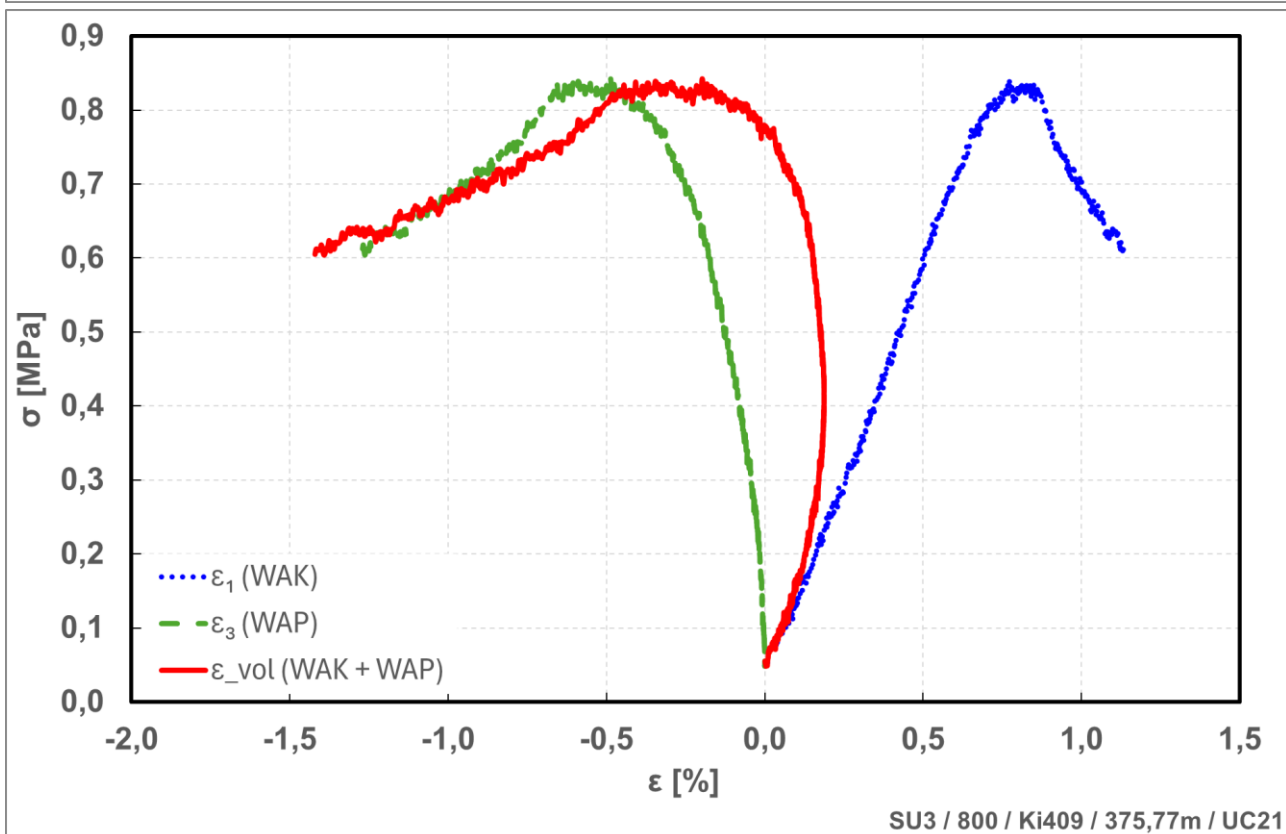
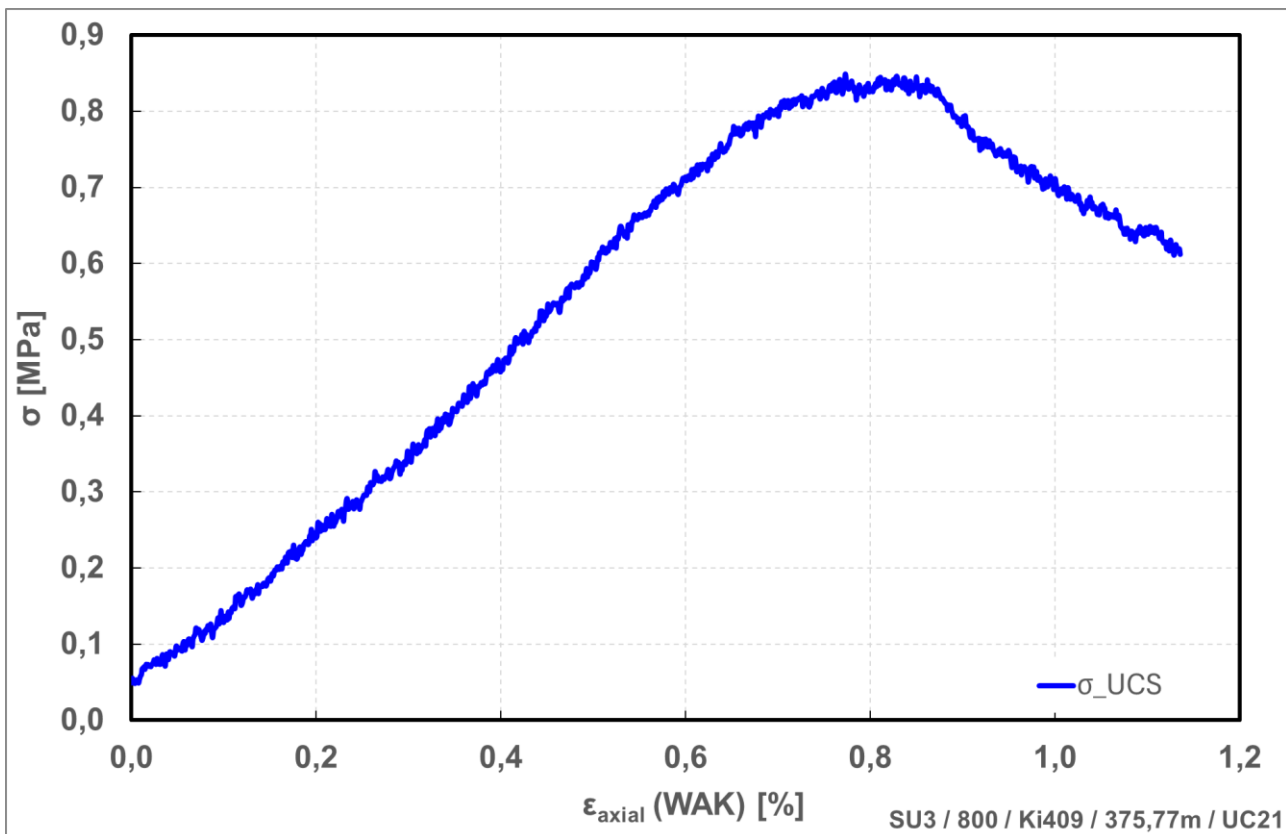


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 157



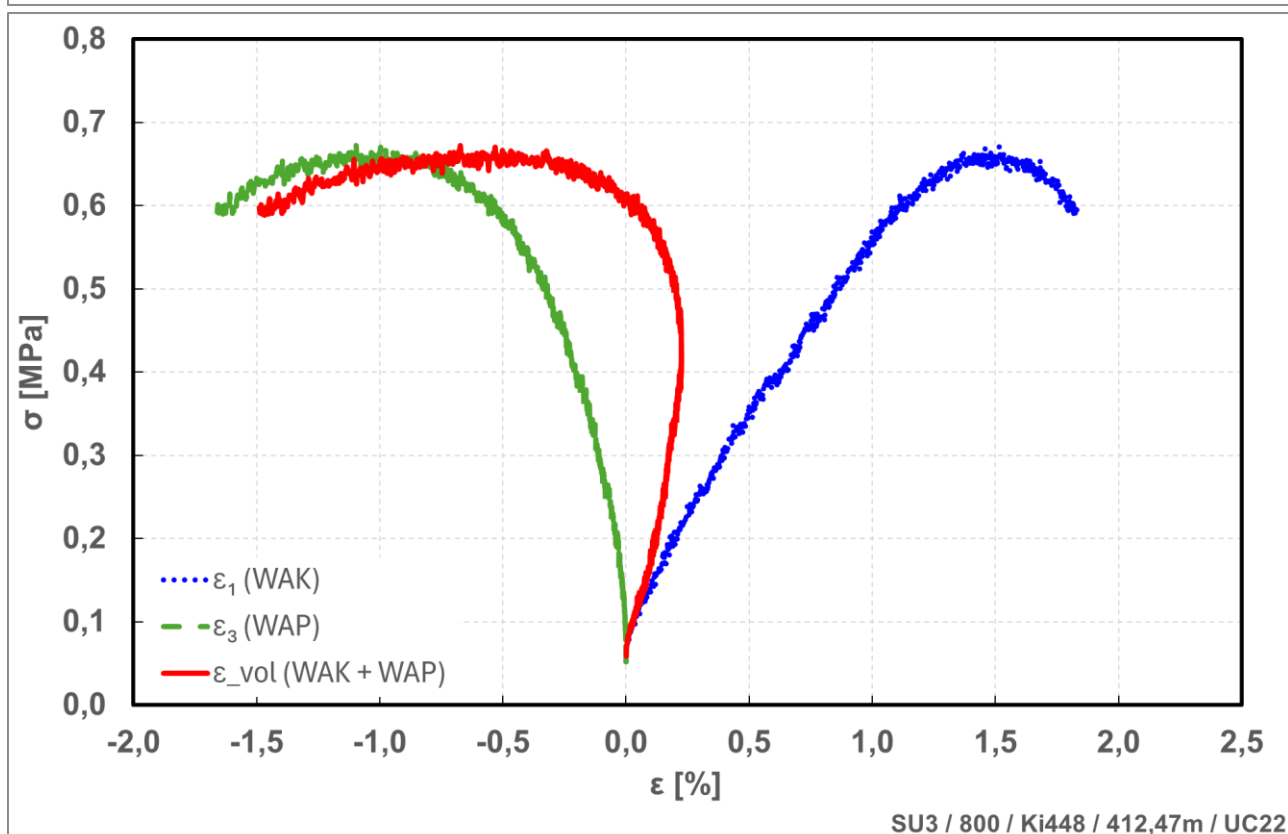
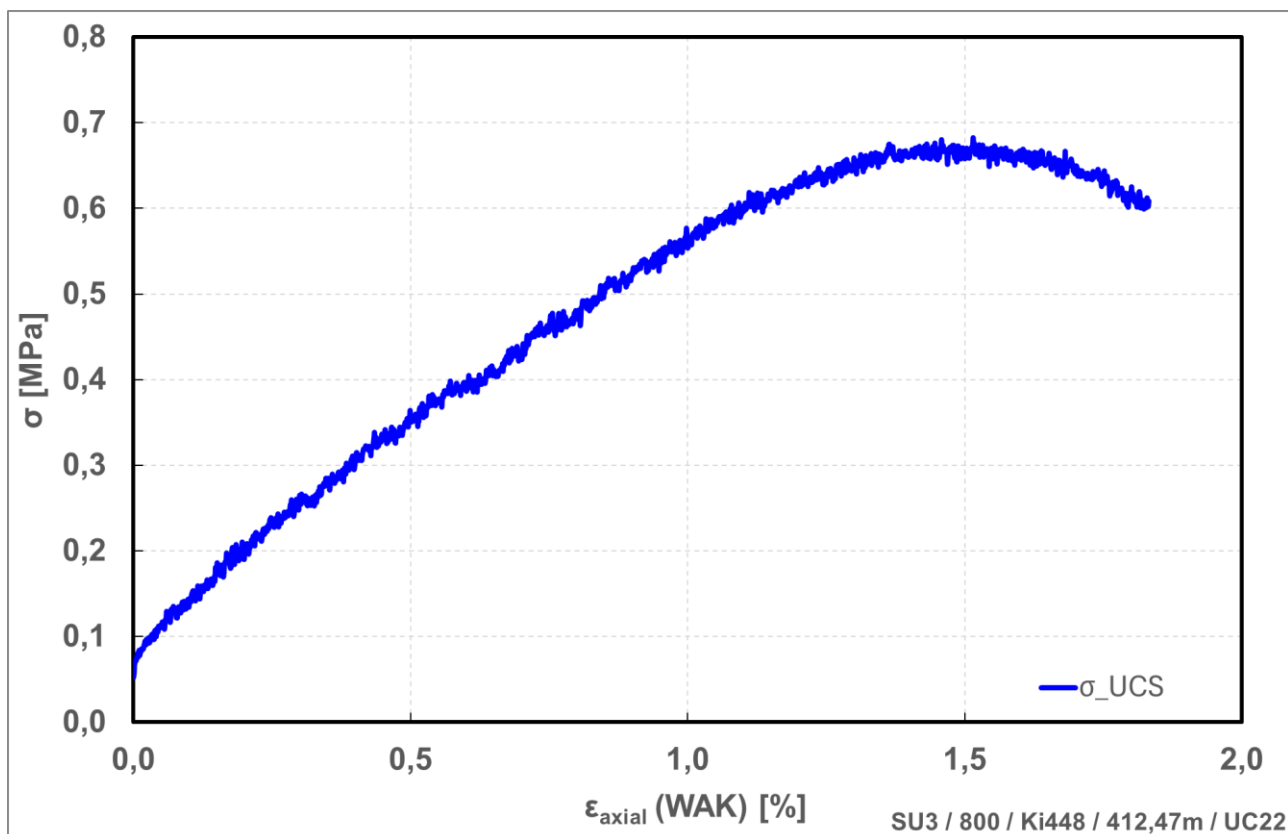
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 158



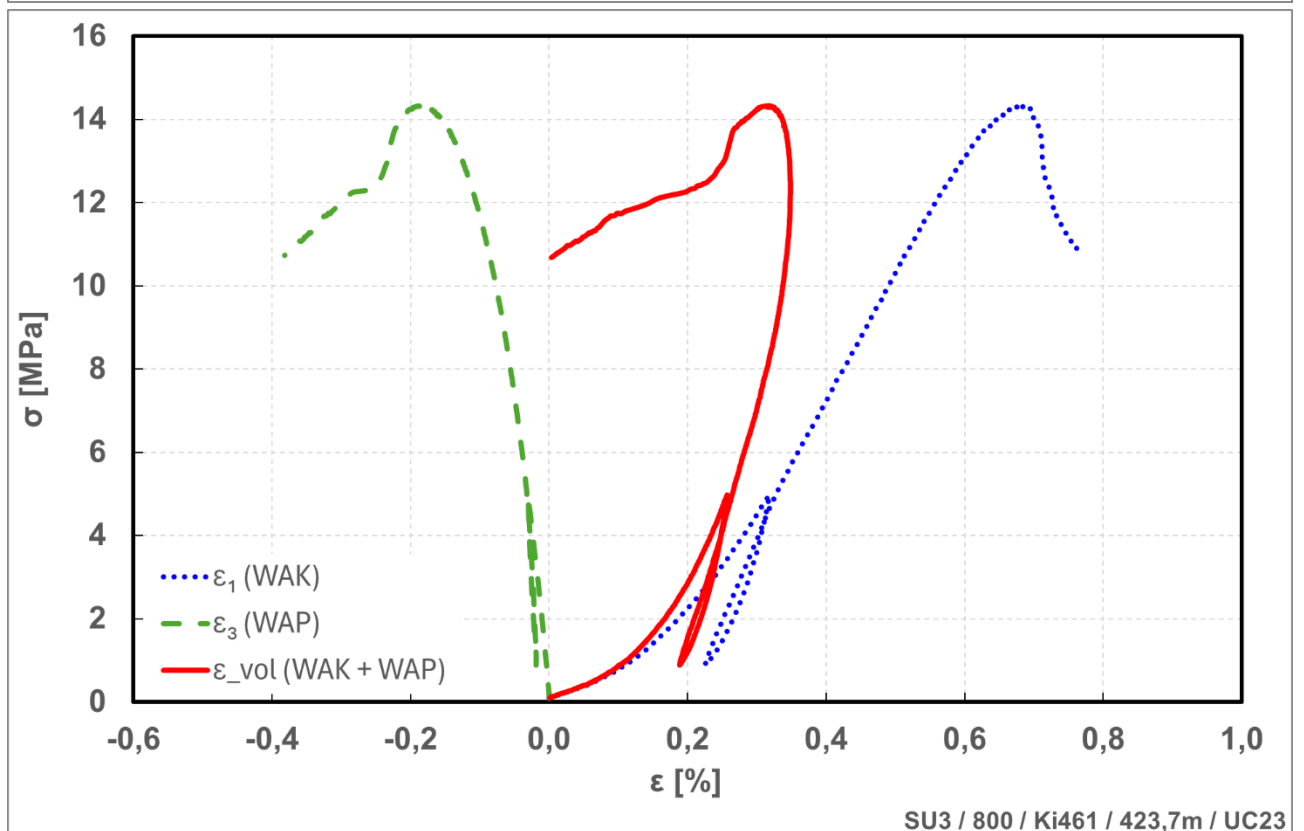
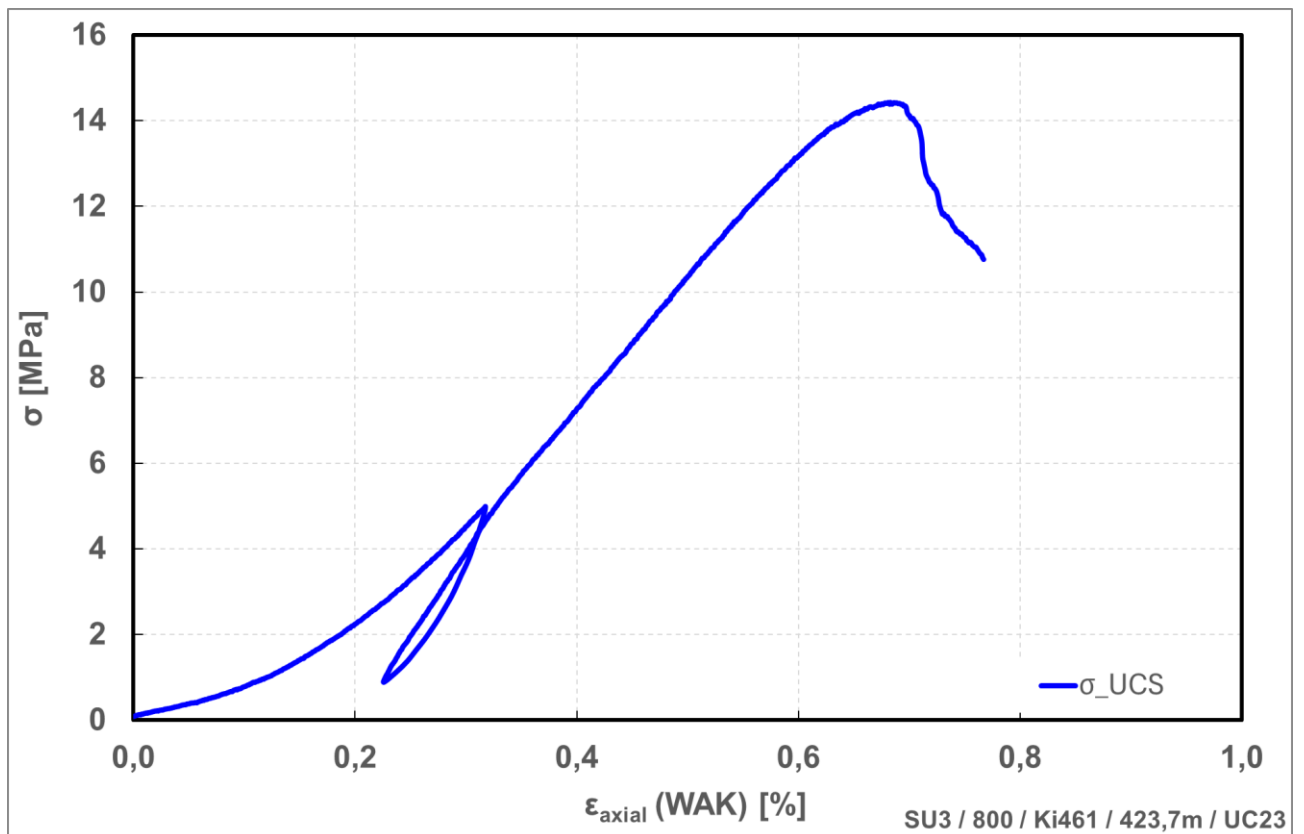


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 159

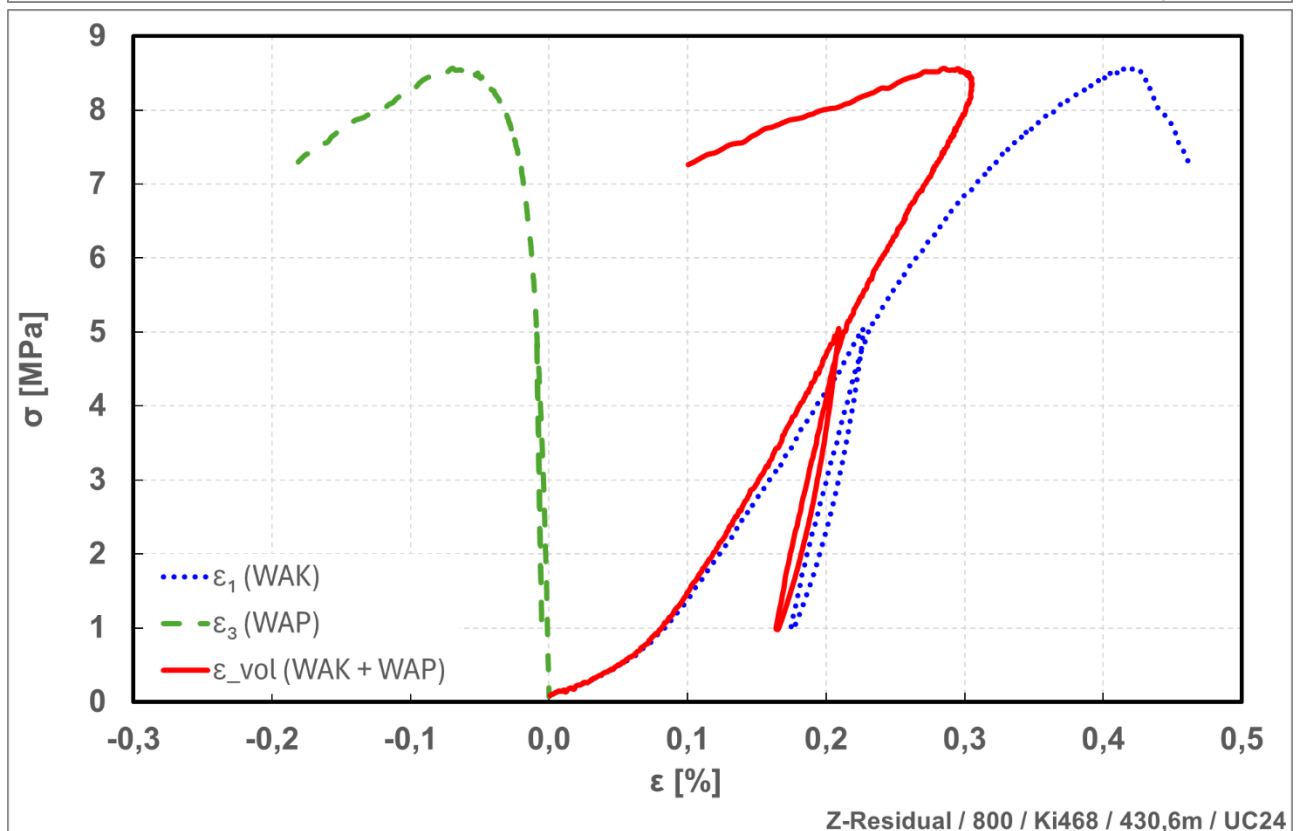
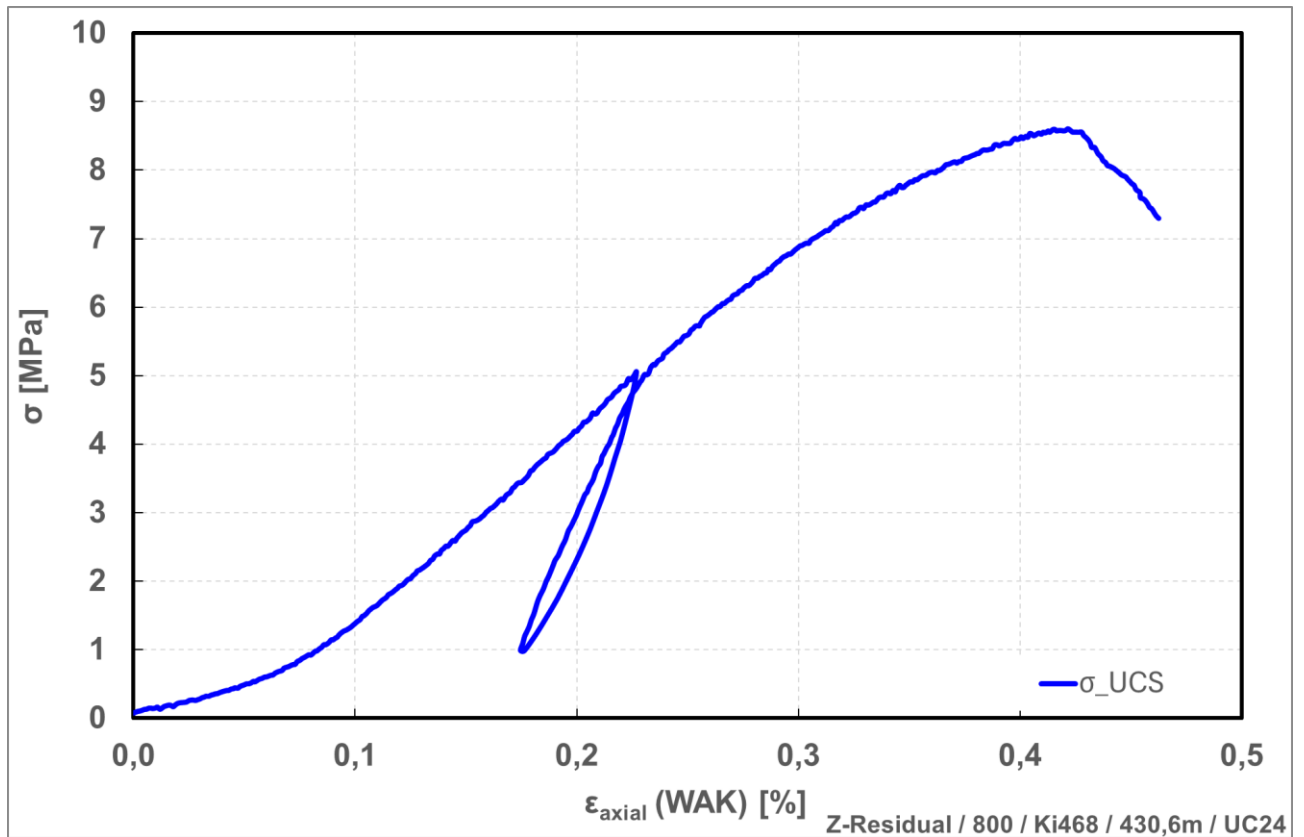


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 160



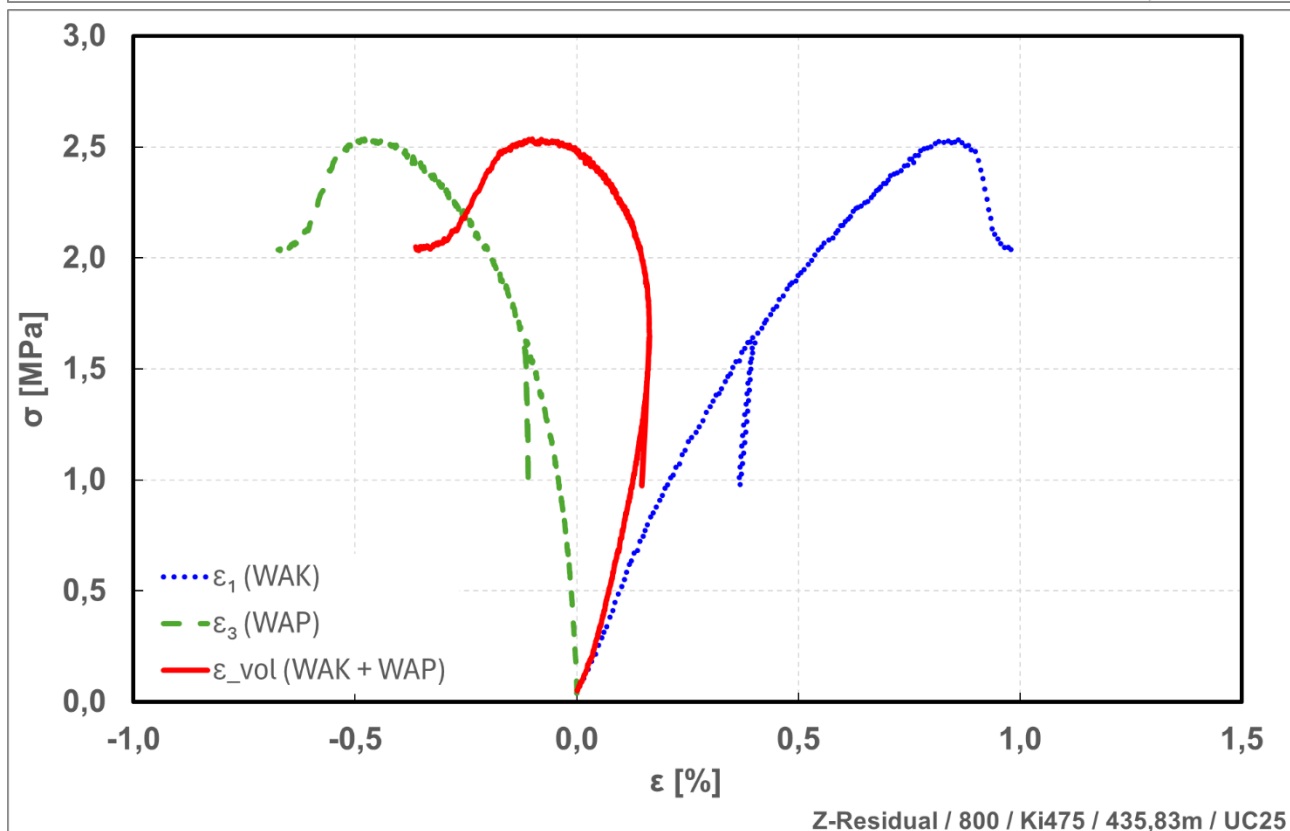
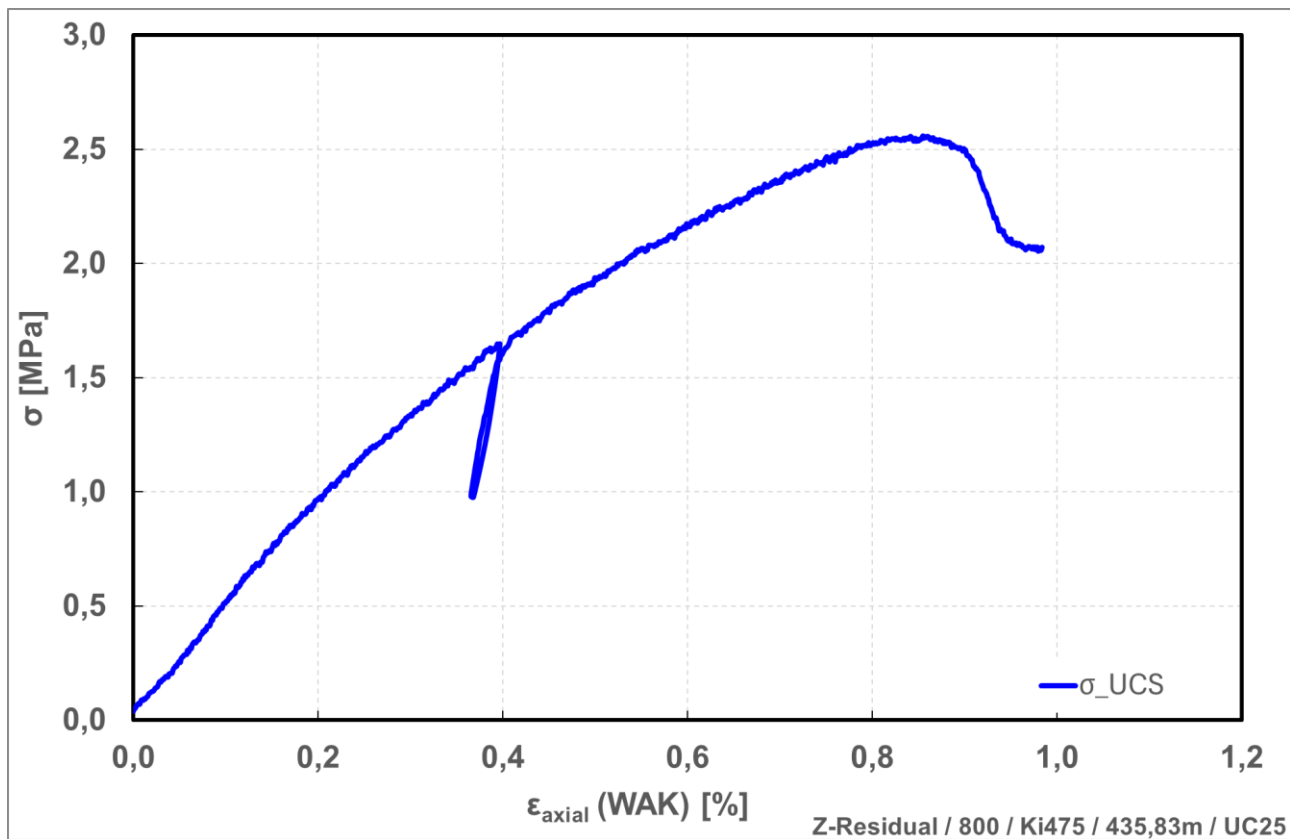
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 161

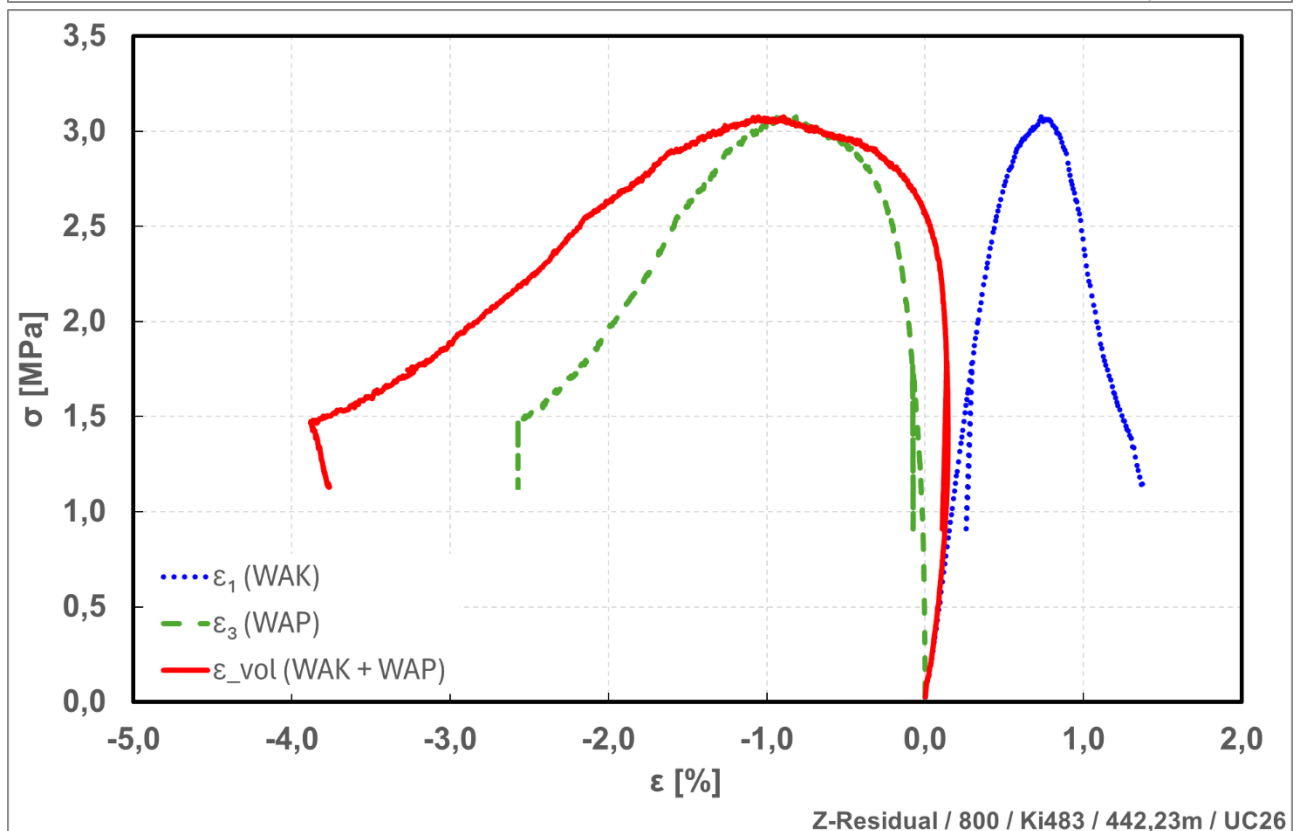
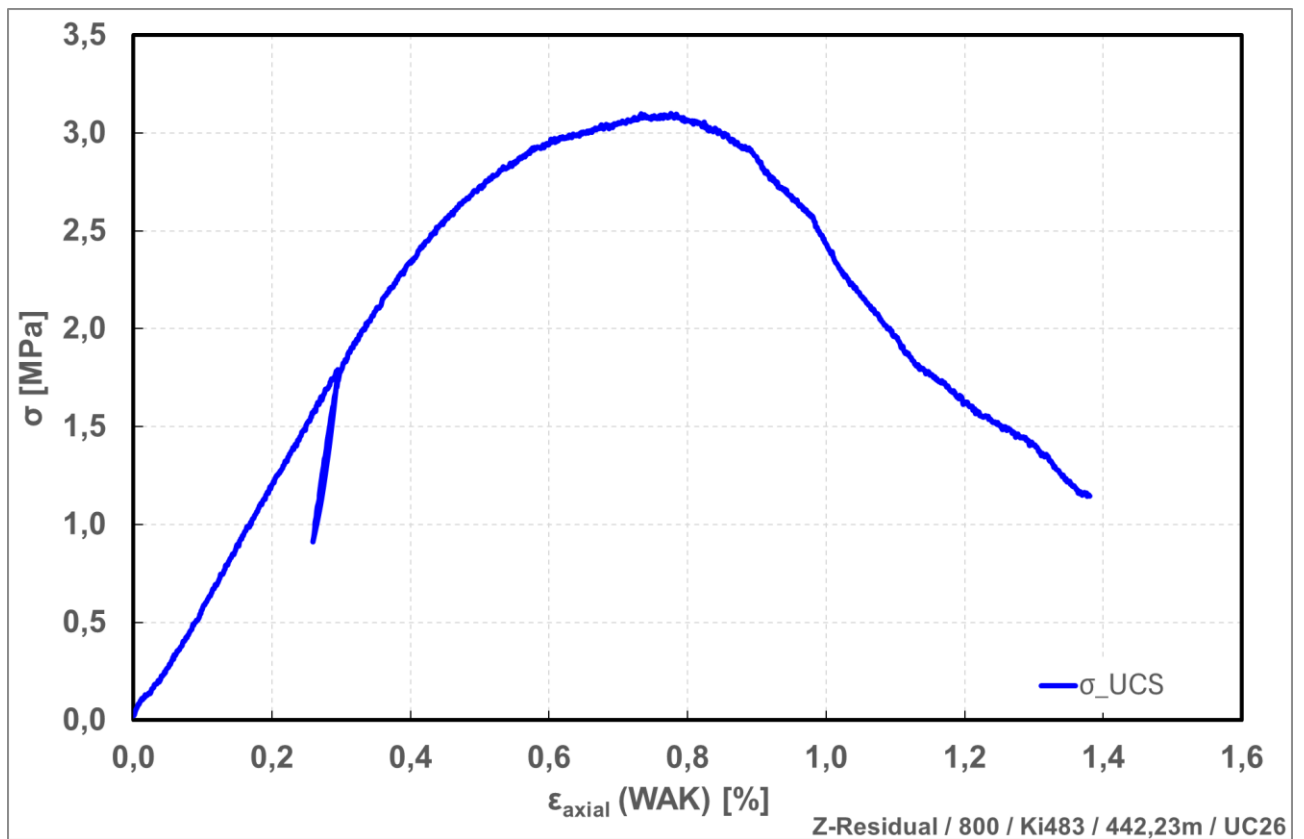


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 162

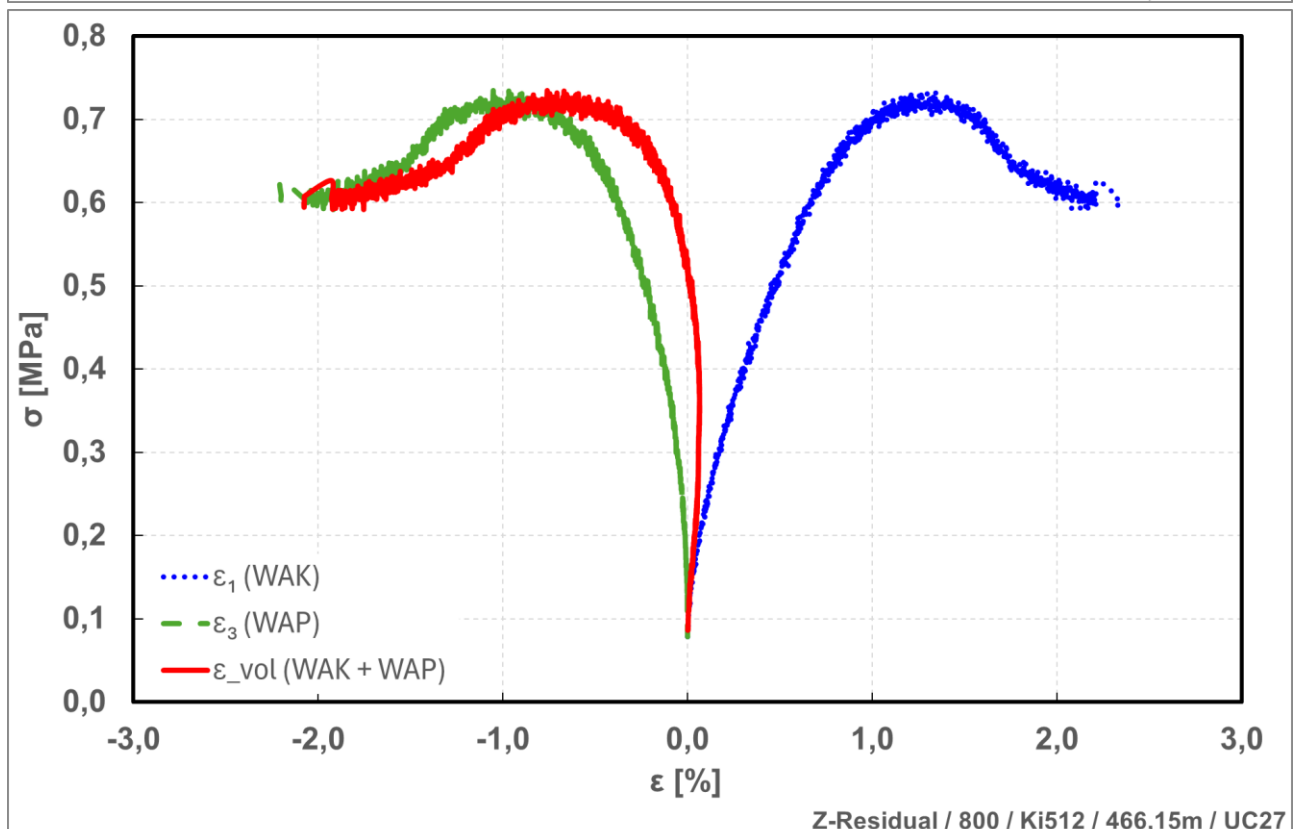
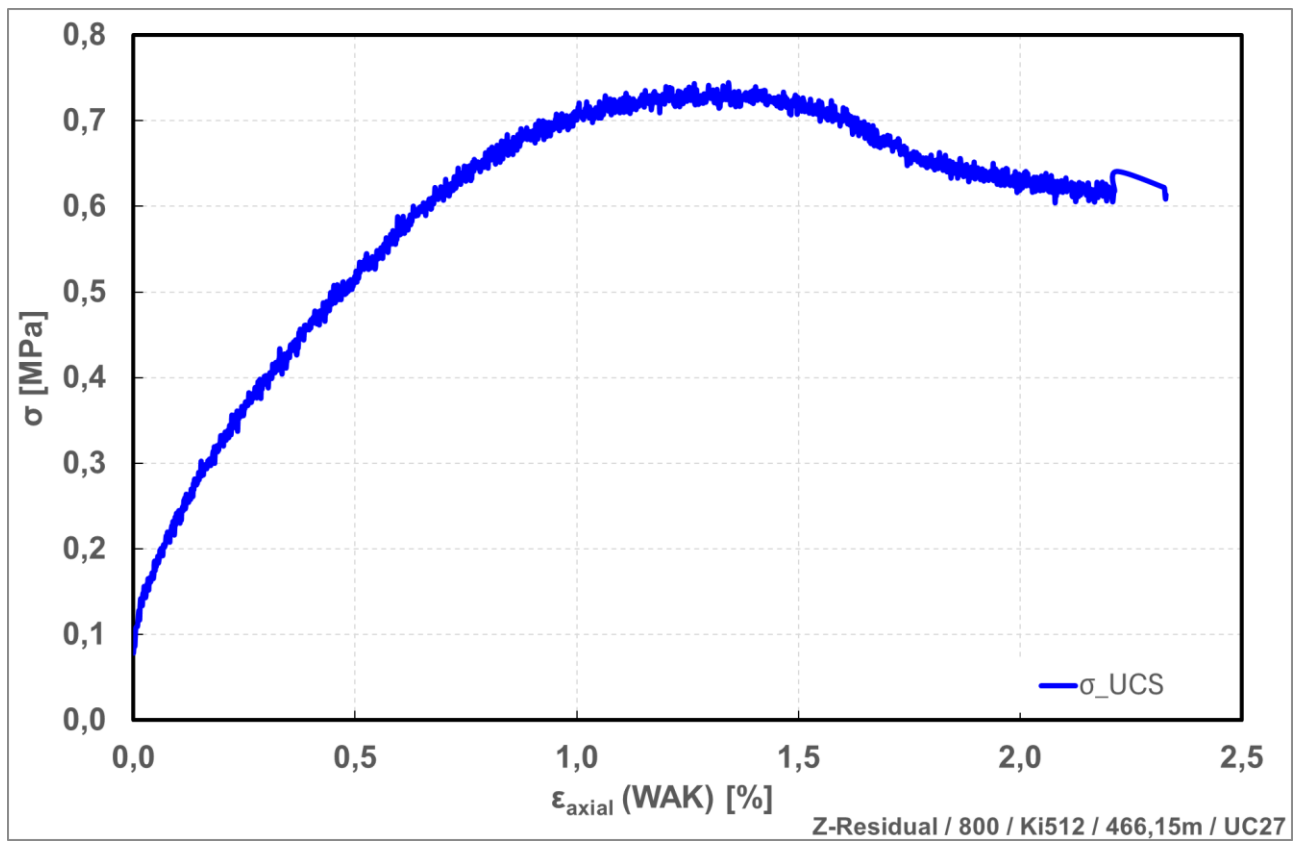


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 163





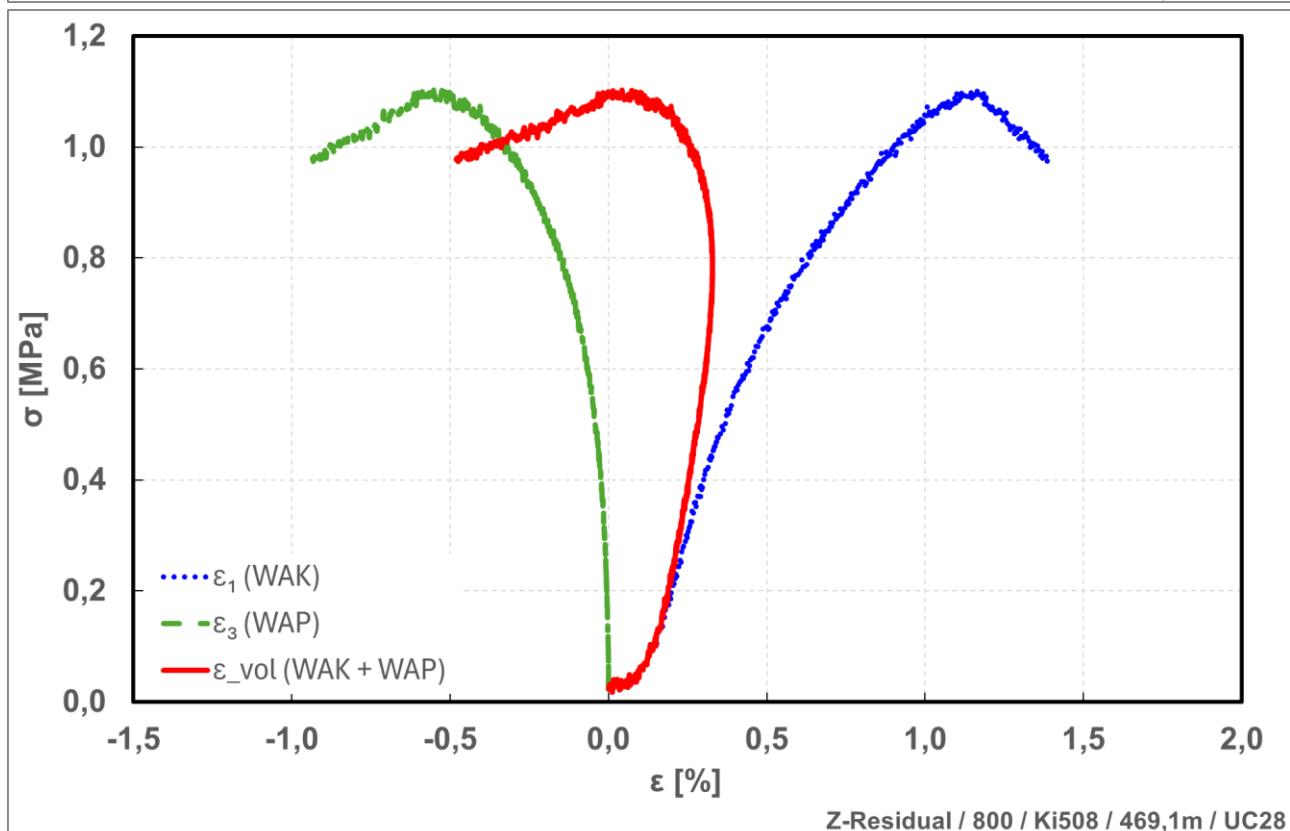
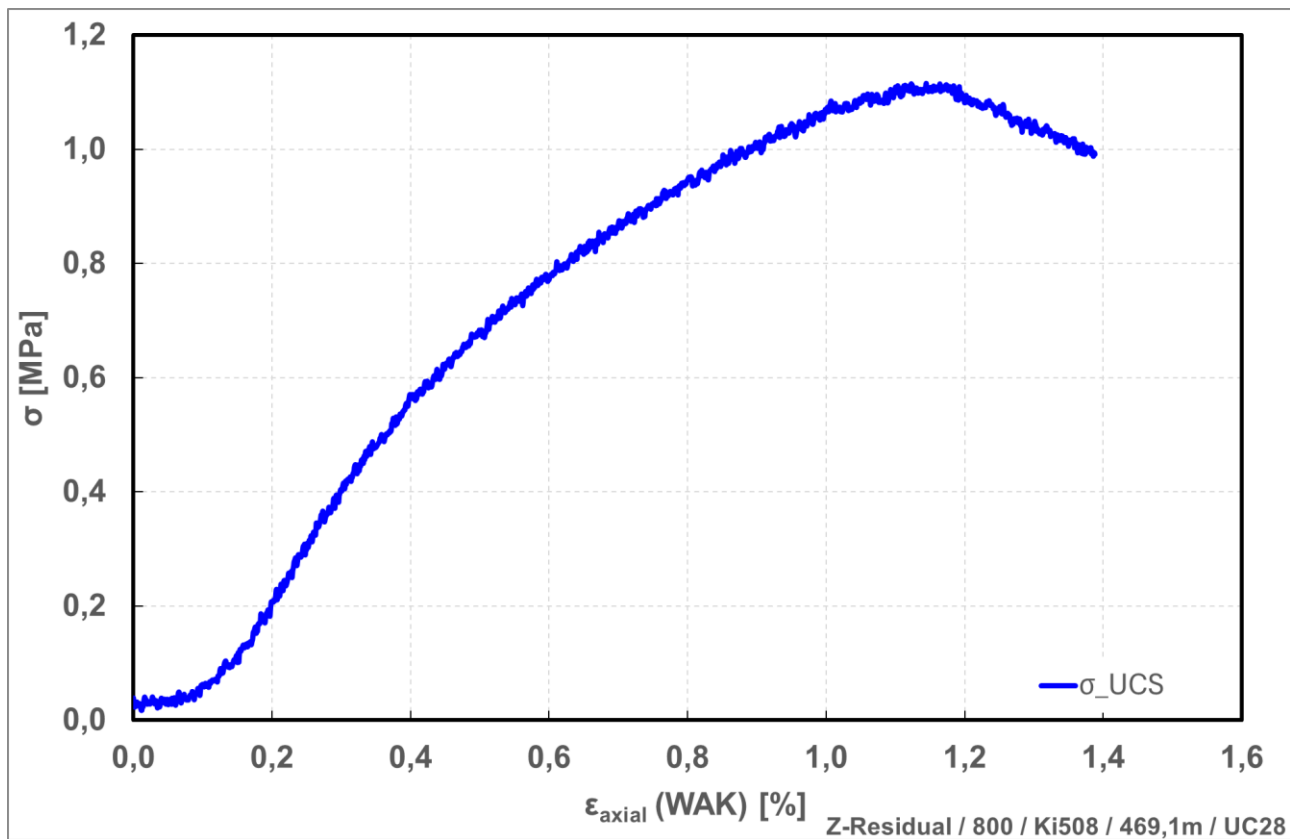
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 164



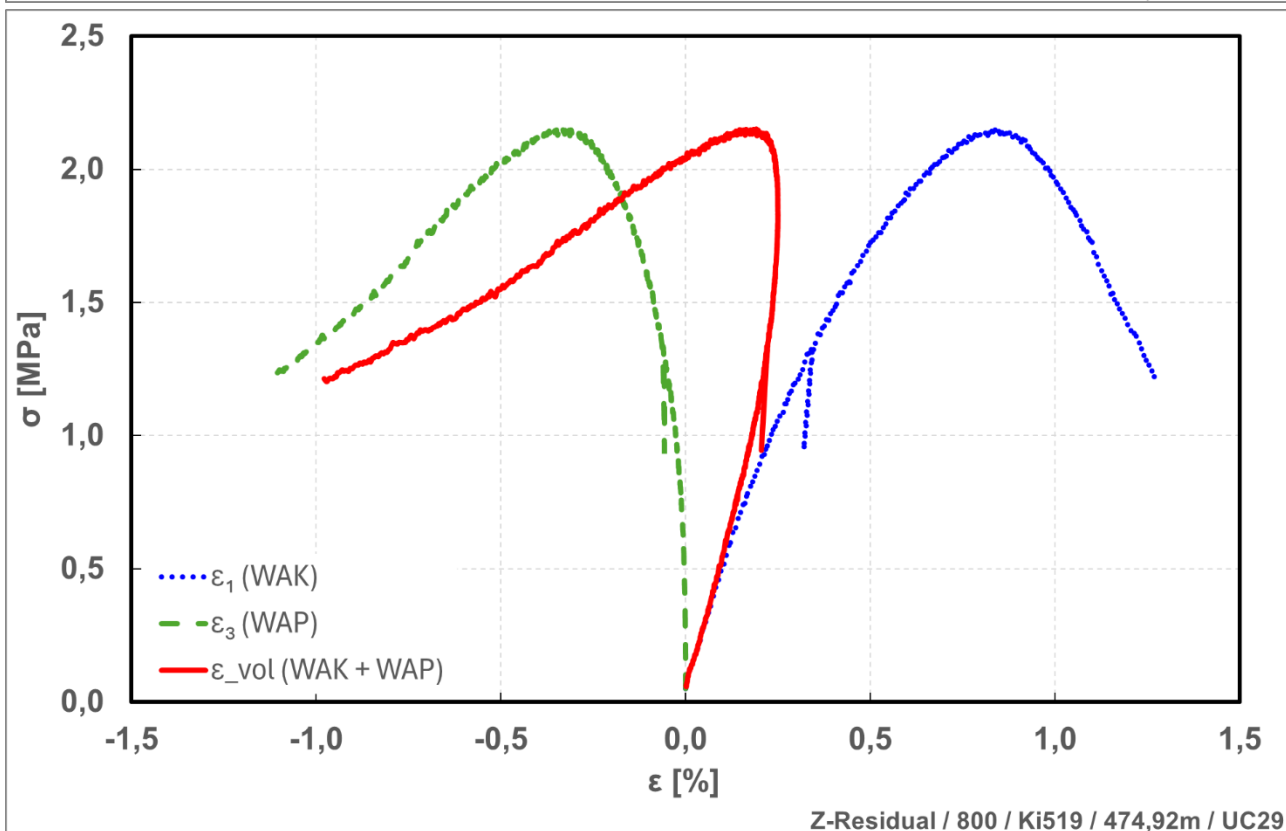
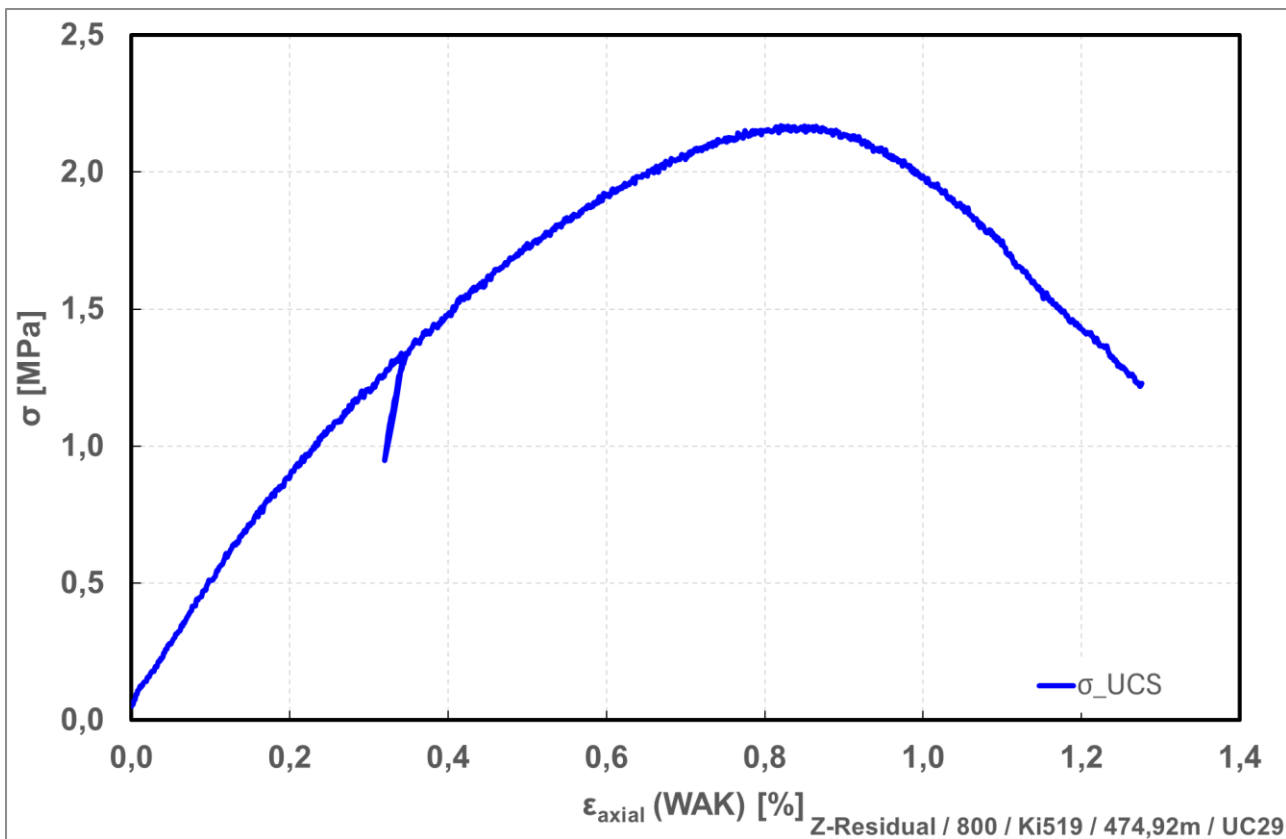
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 165

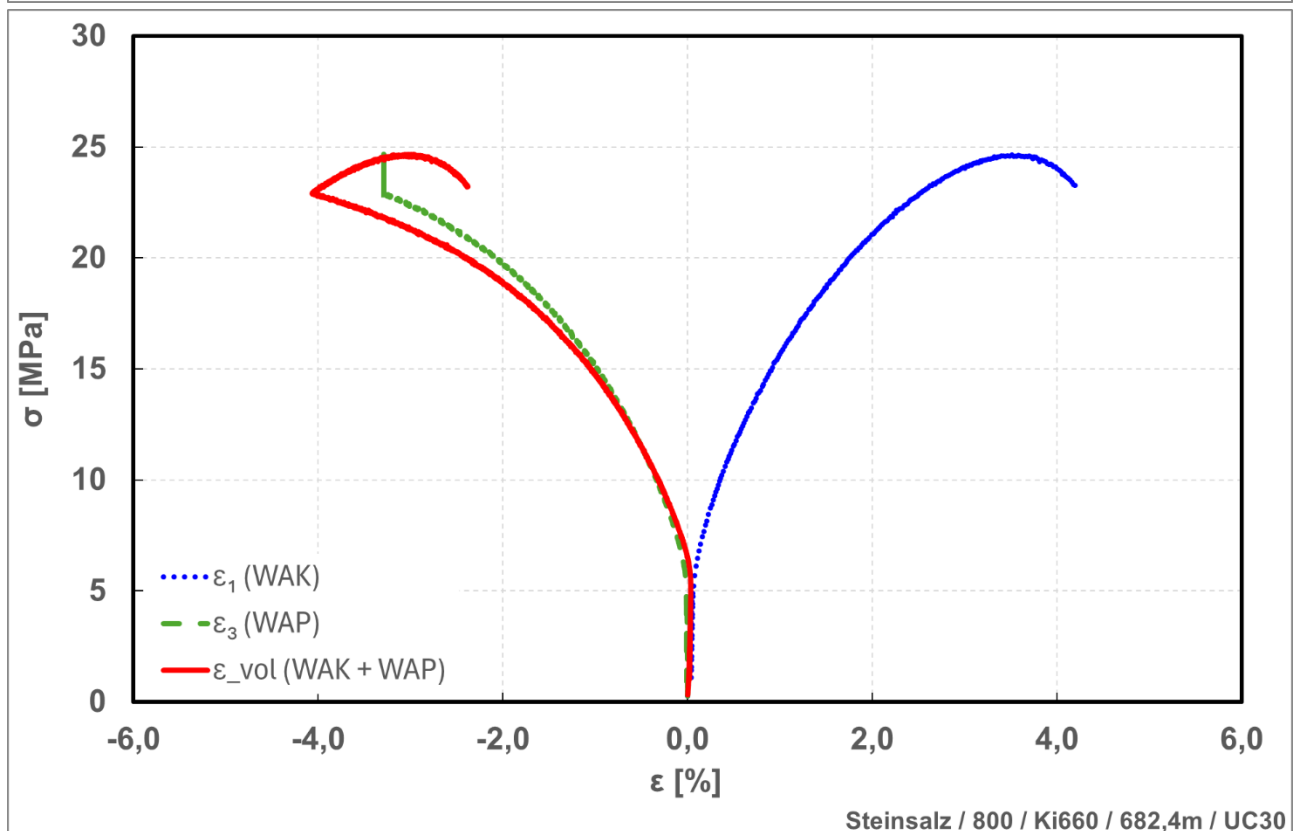
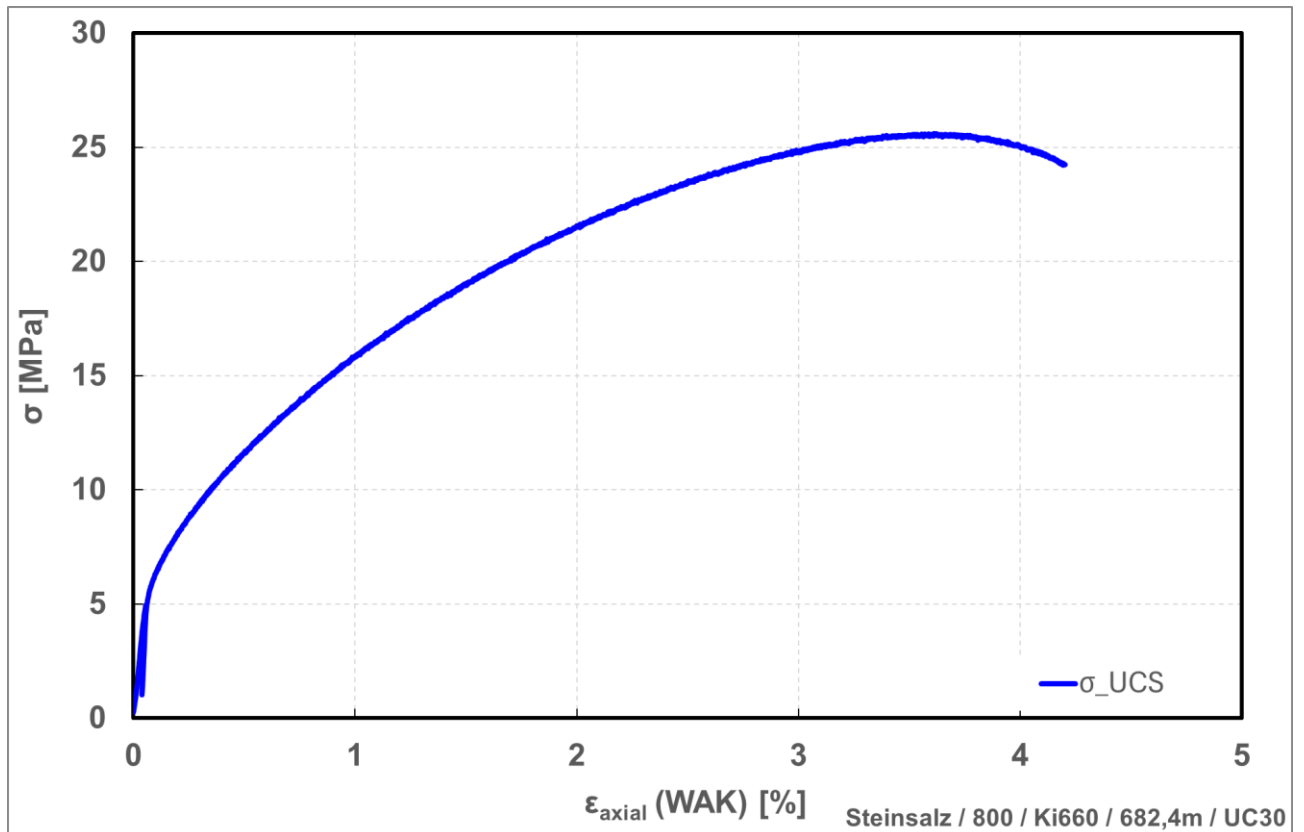


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 166

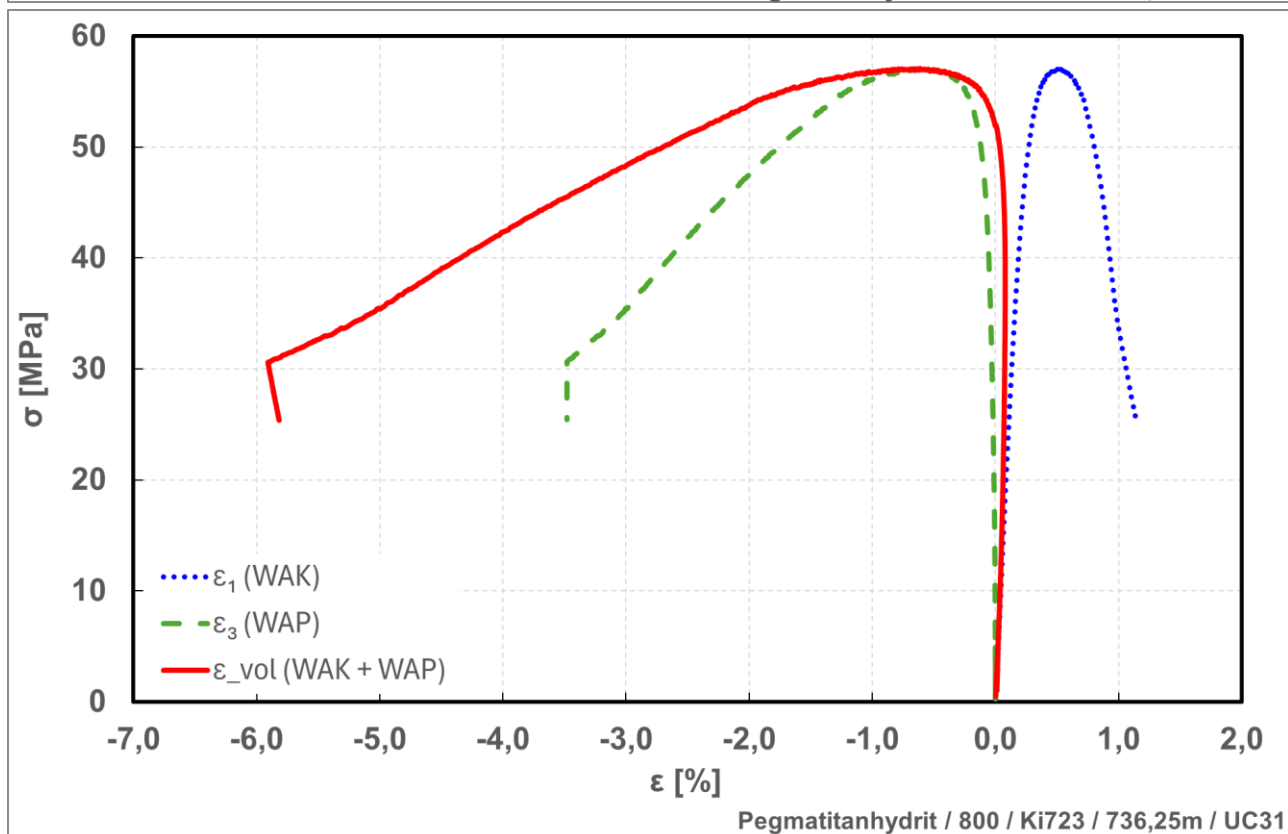
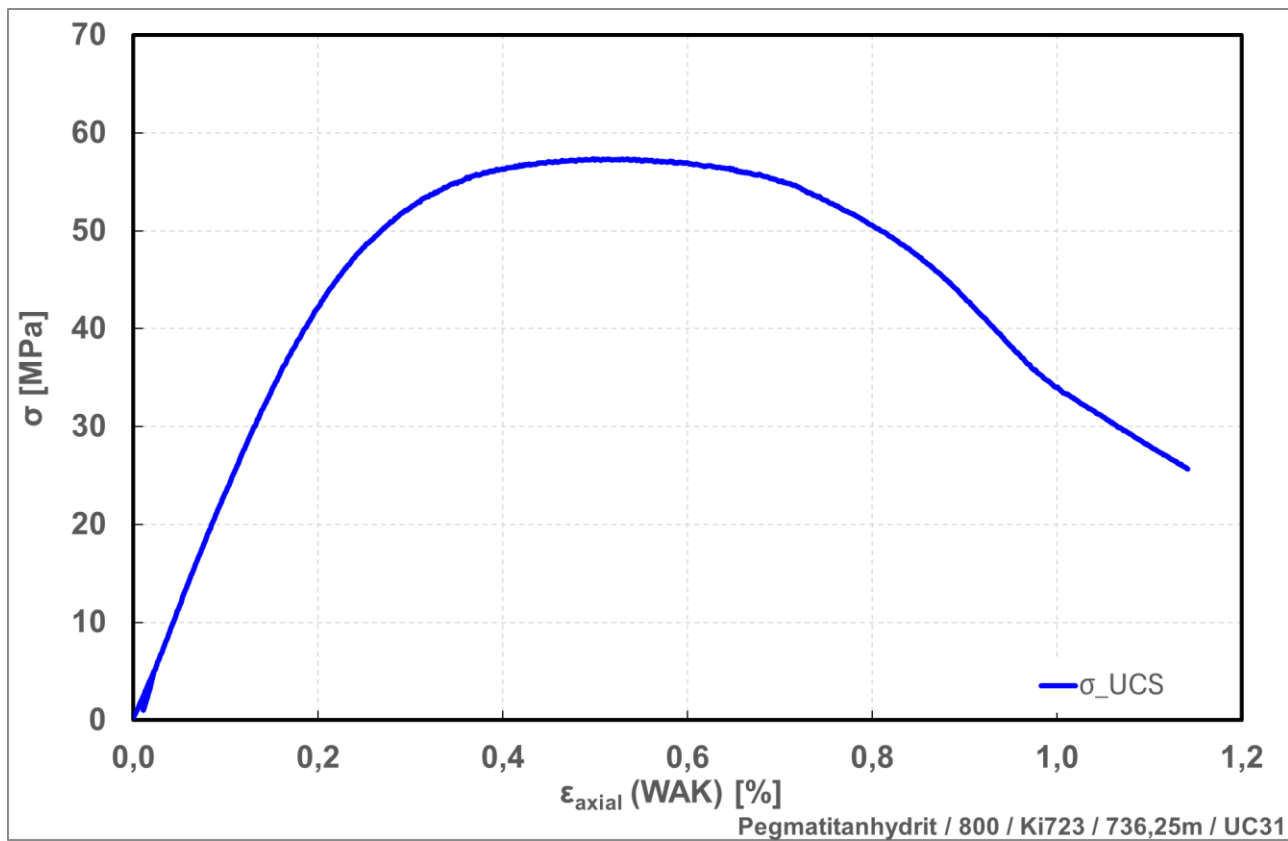


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 167

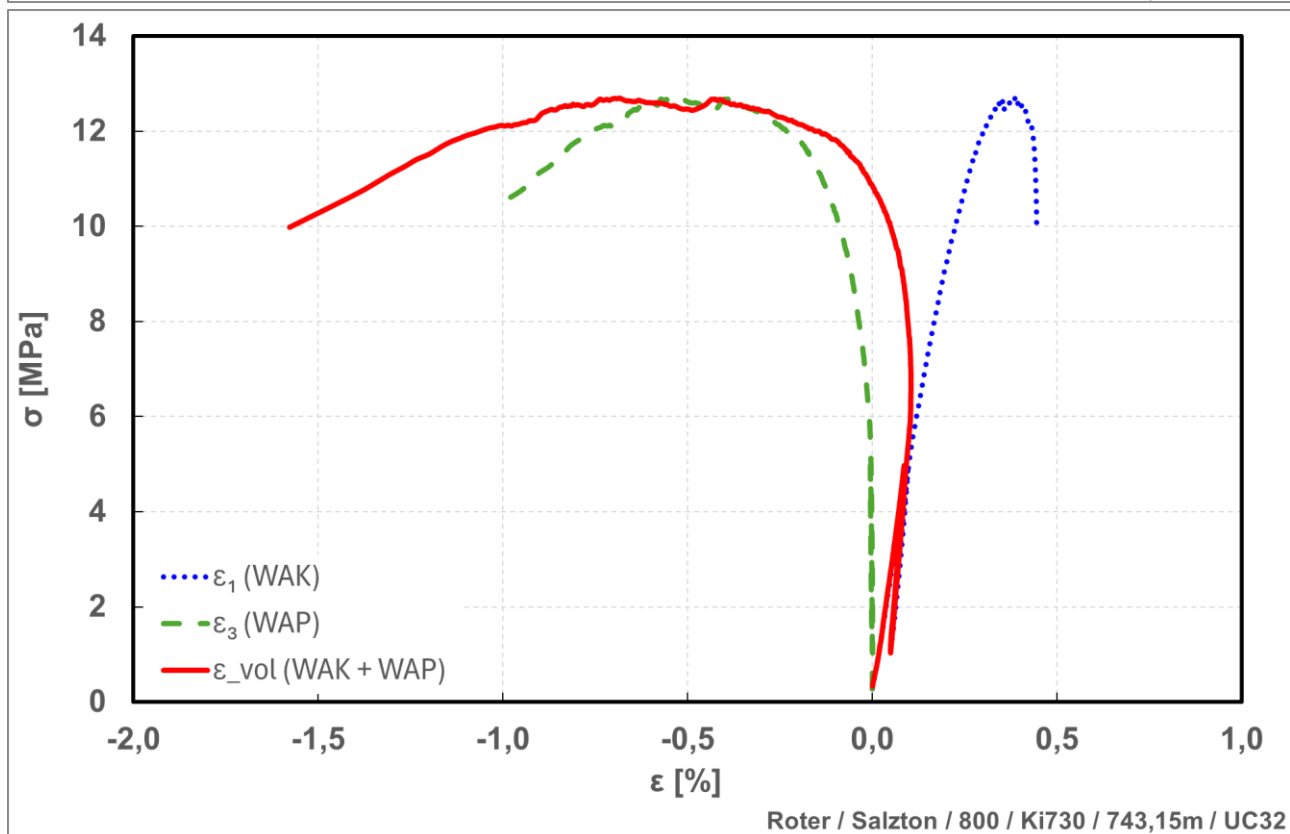
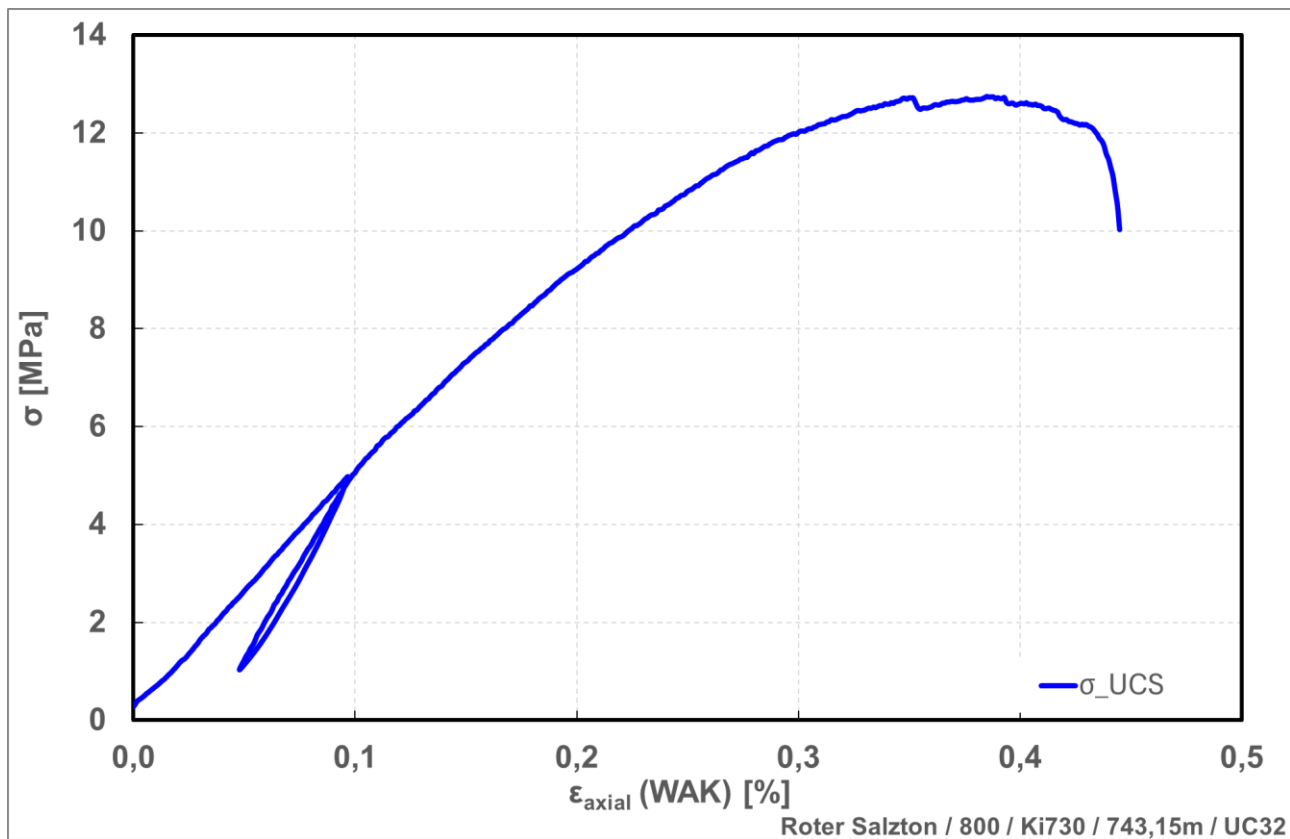


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 168



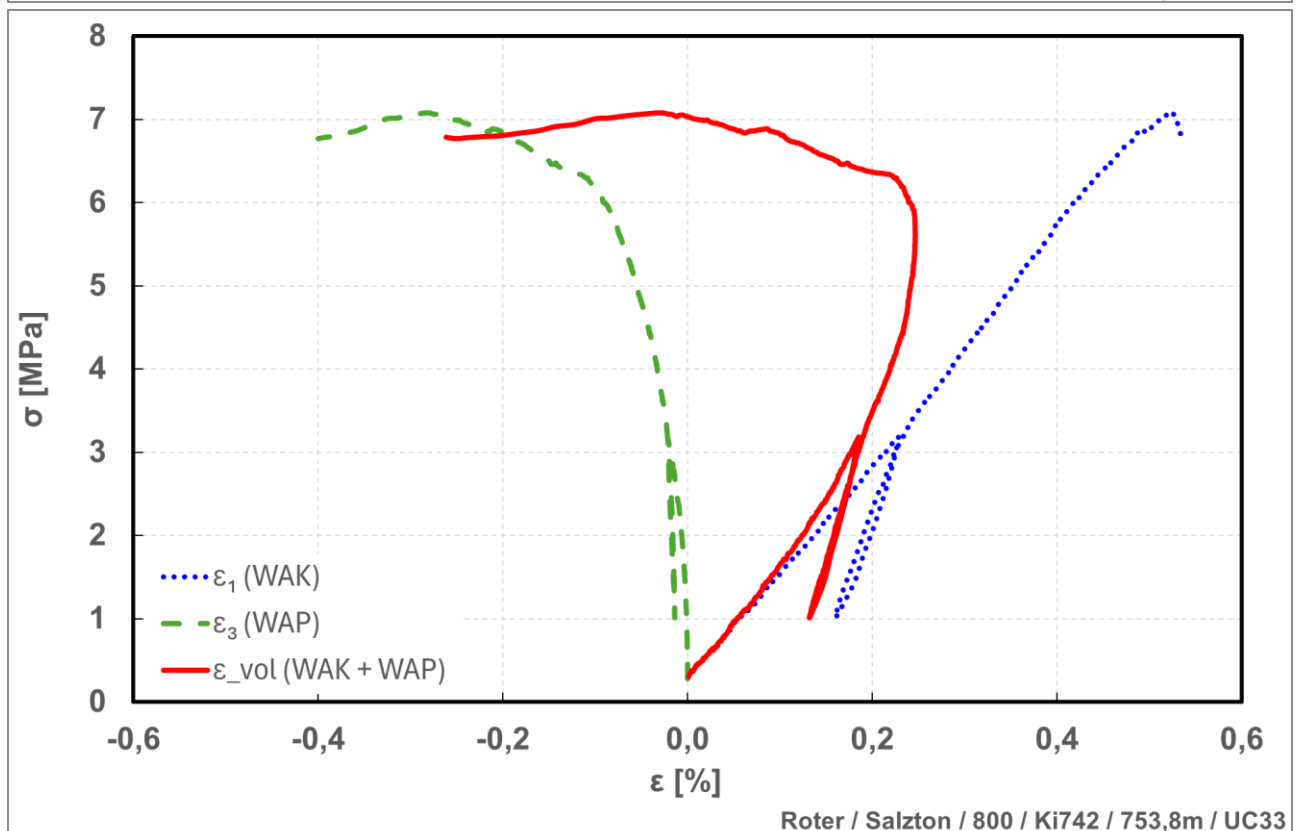
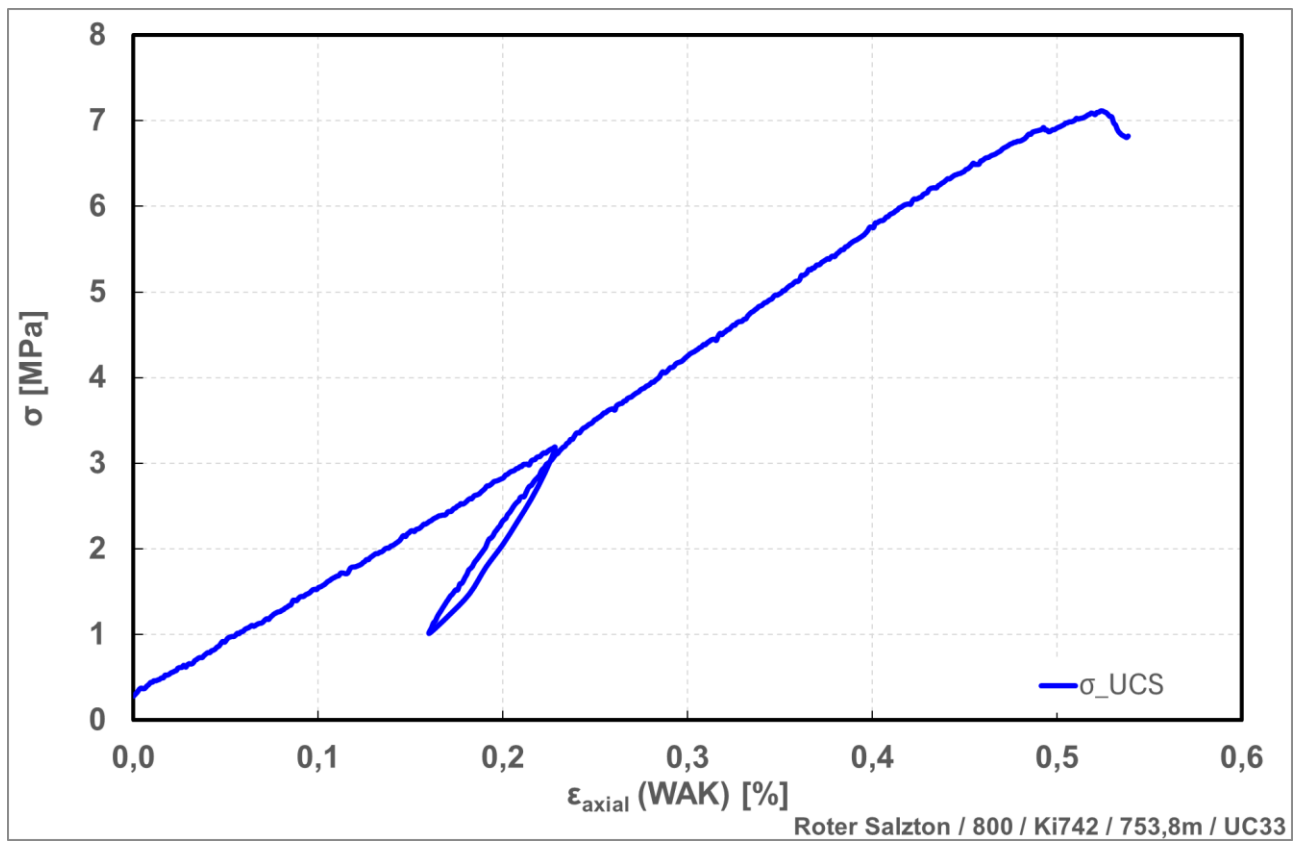


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 169

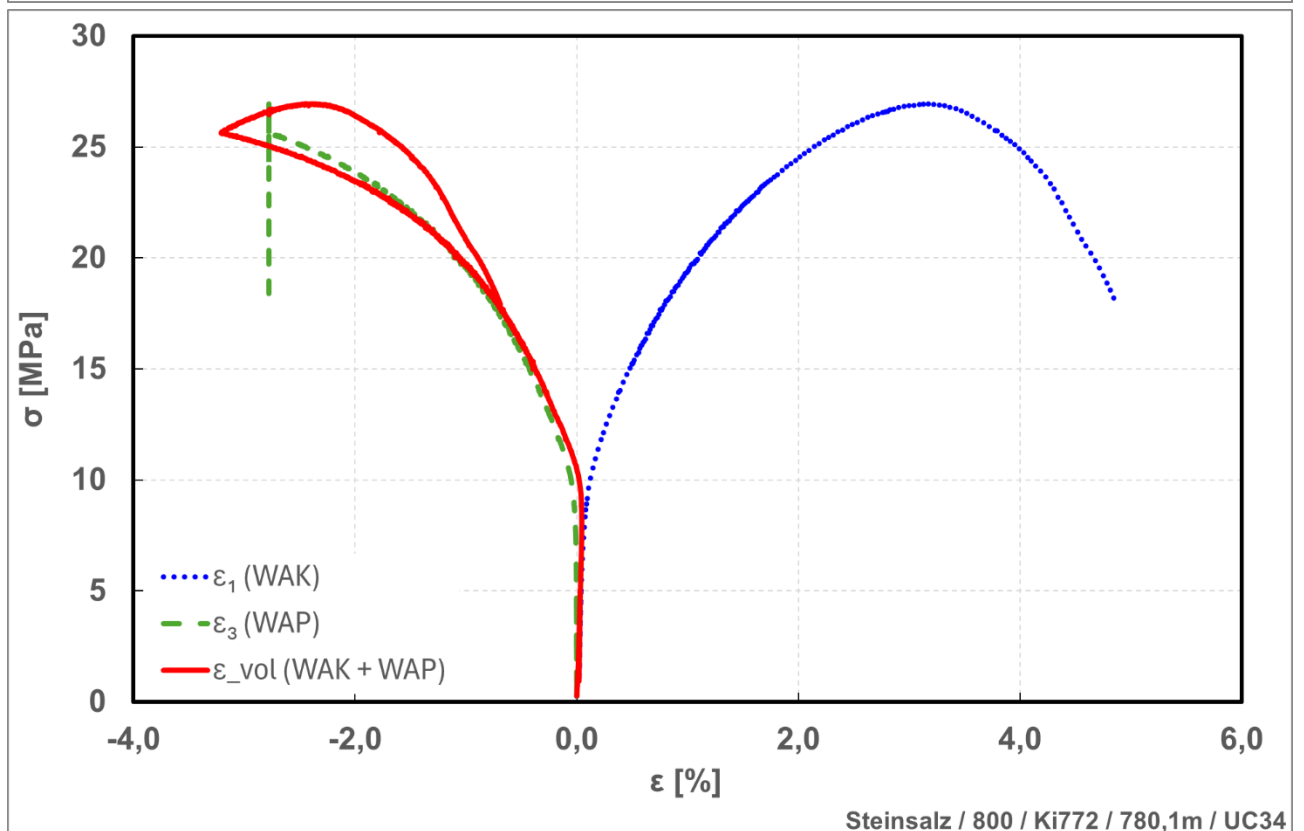
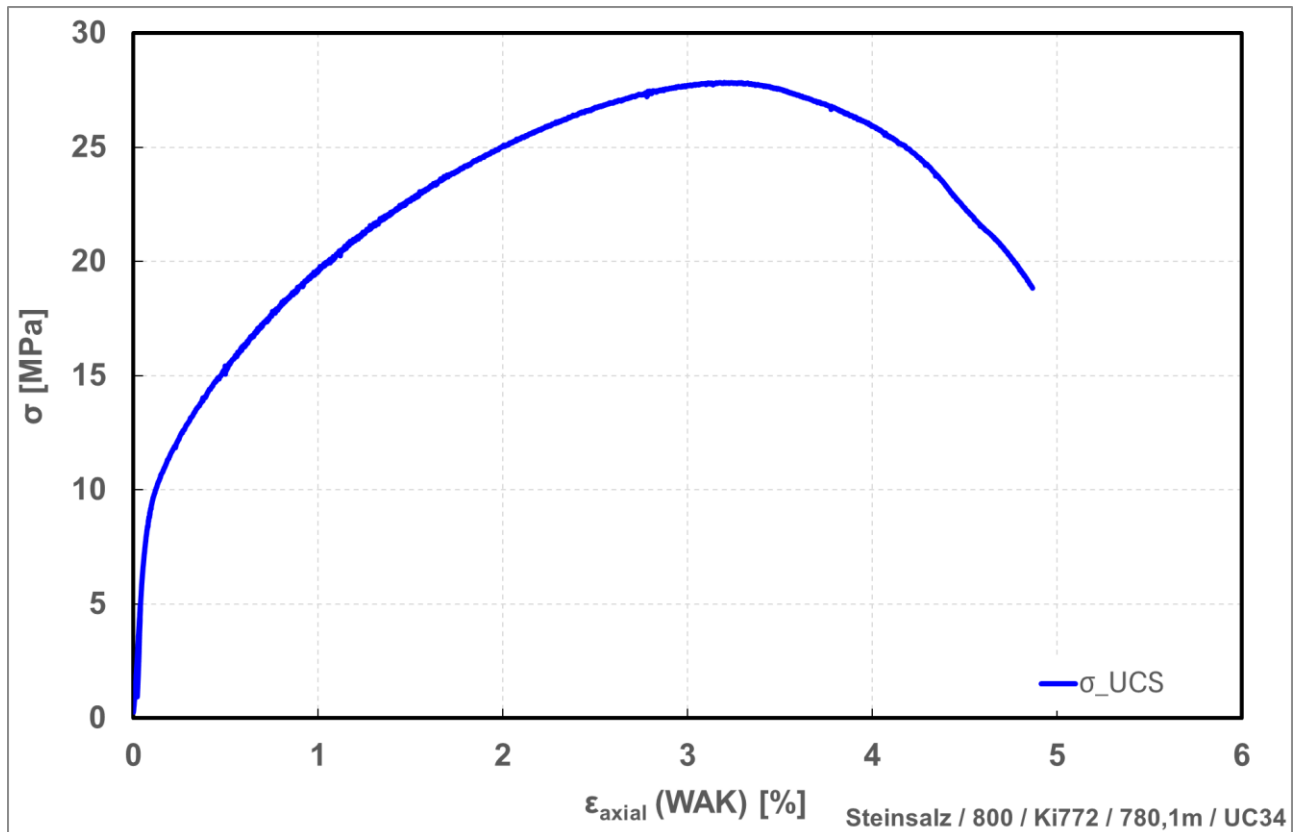


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 170

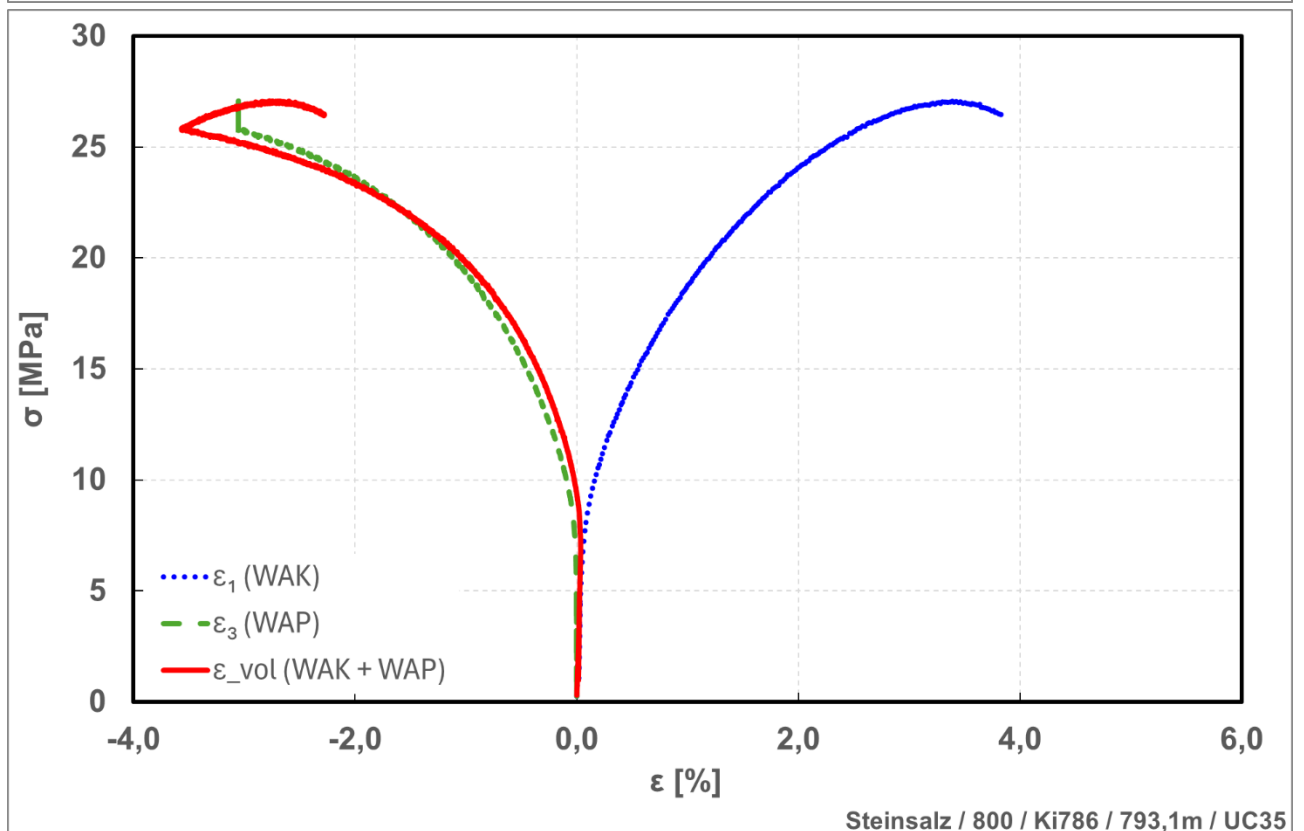
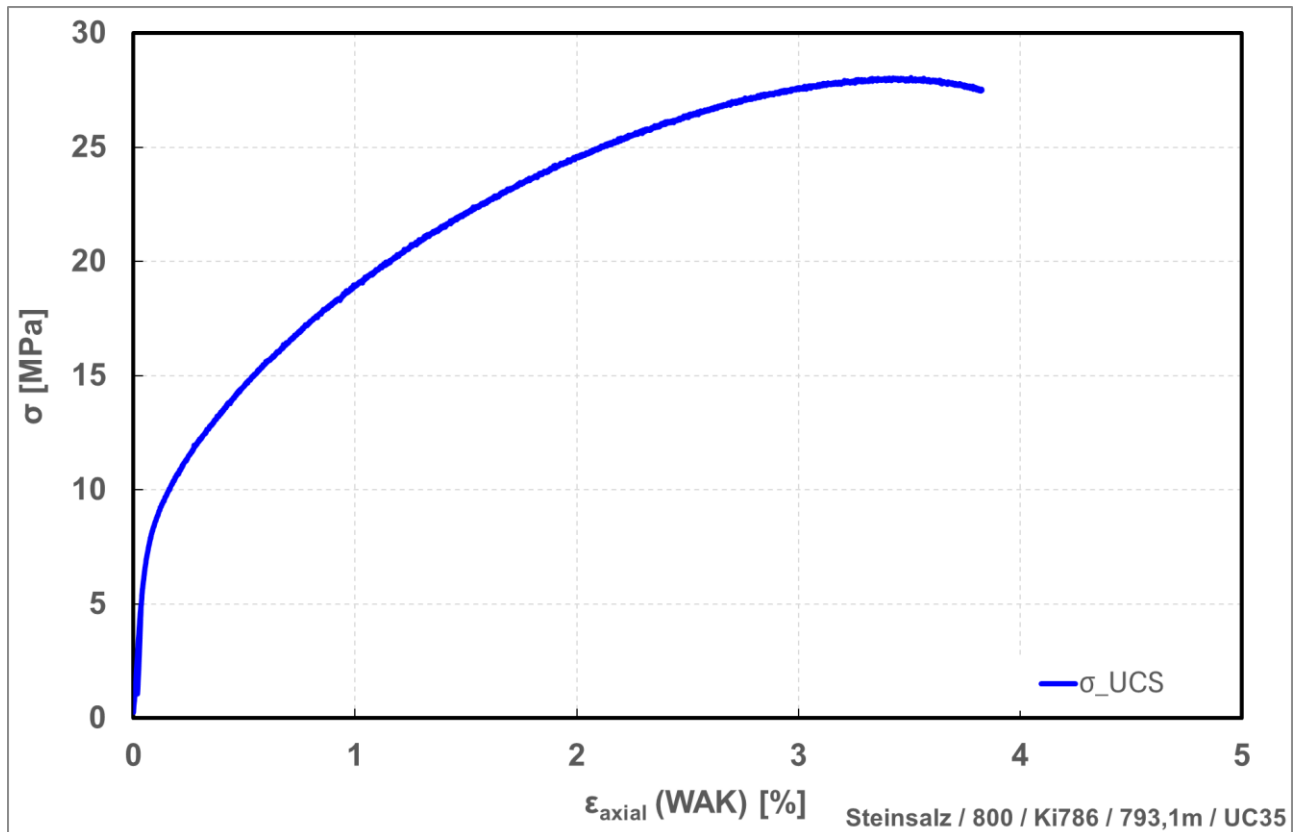


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 171

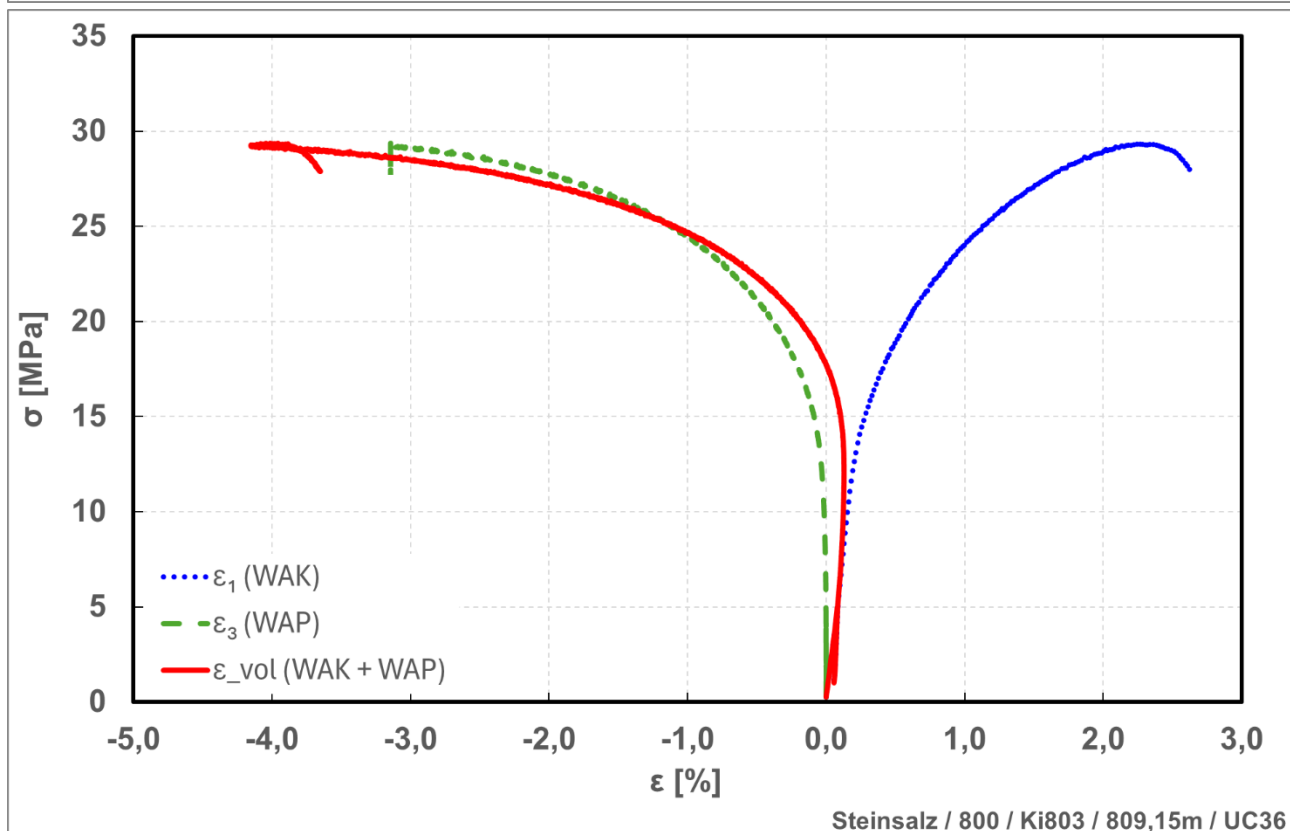
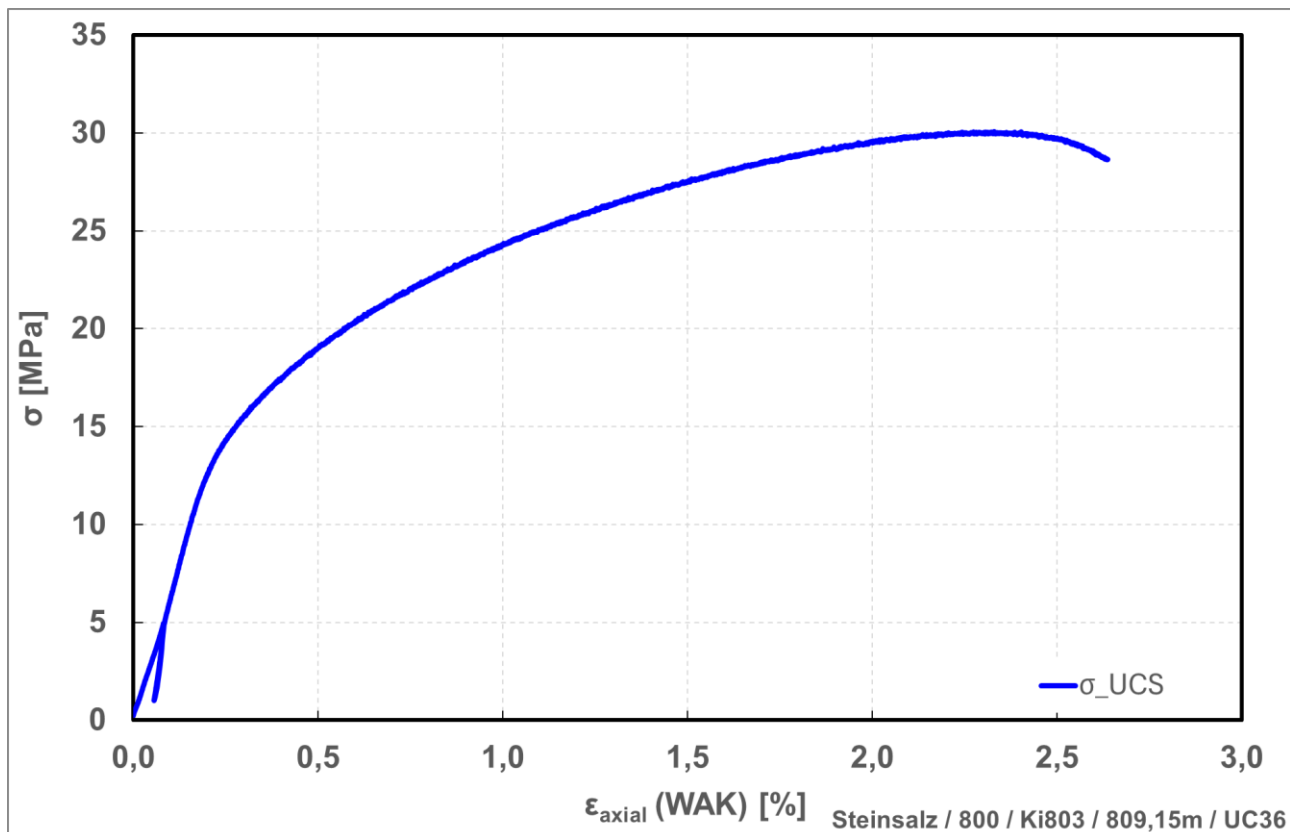


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 172



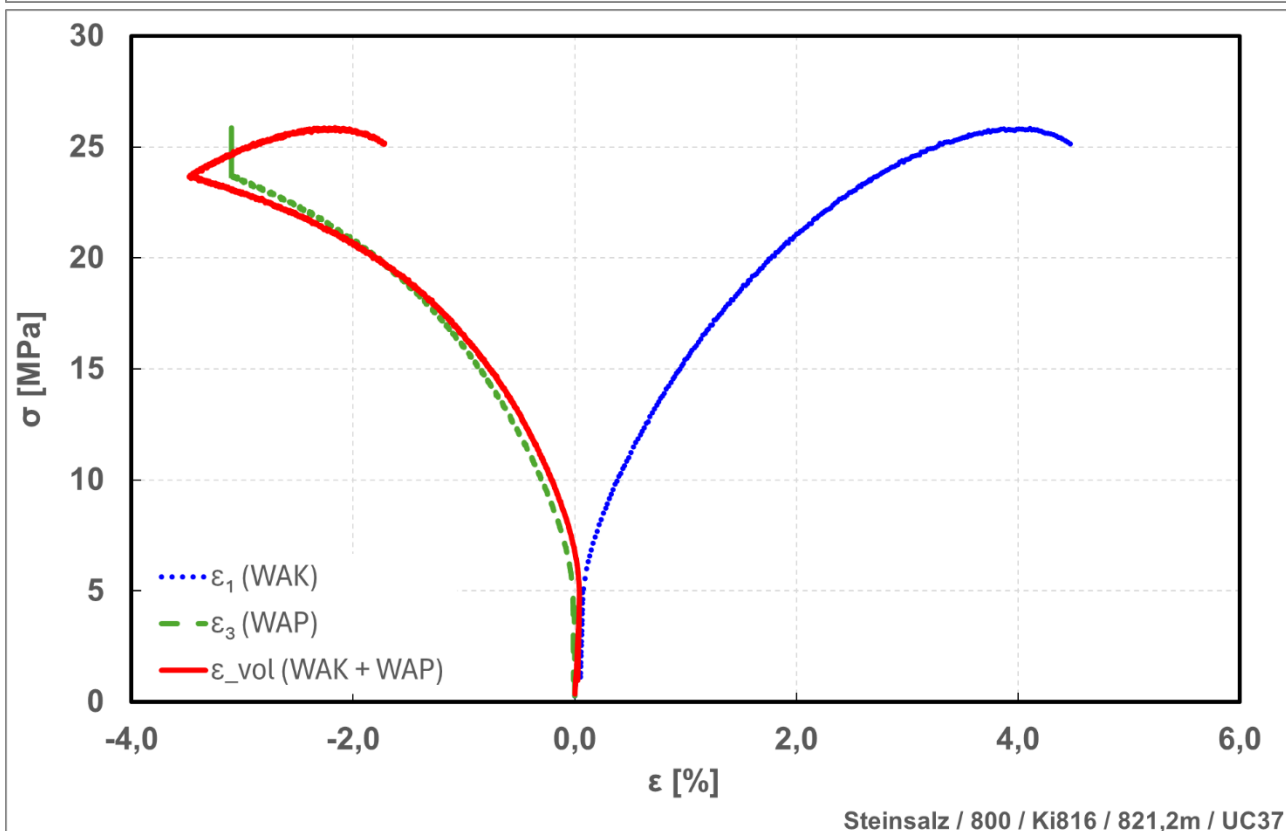
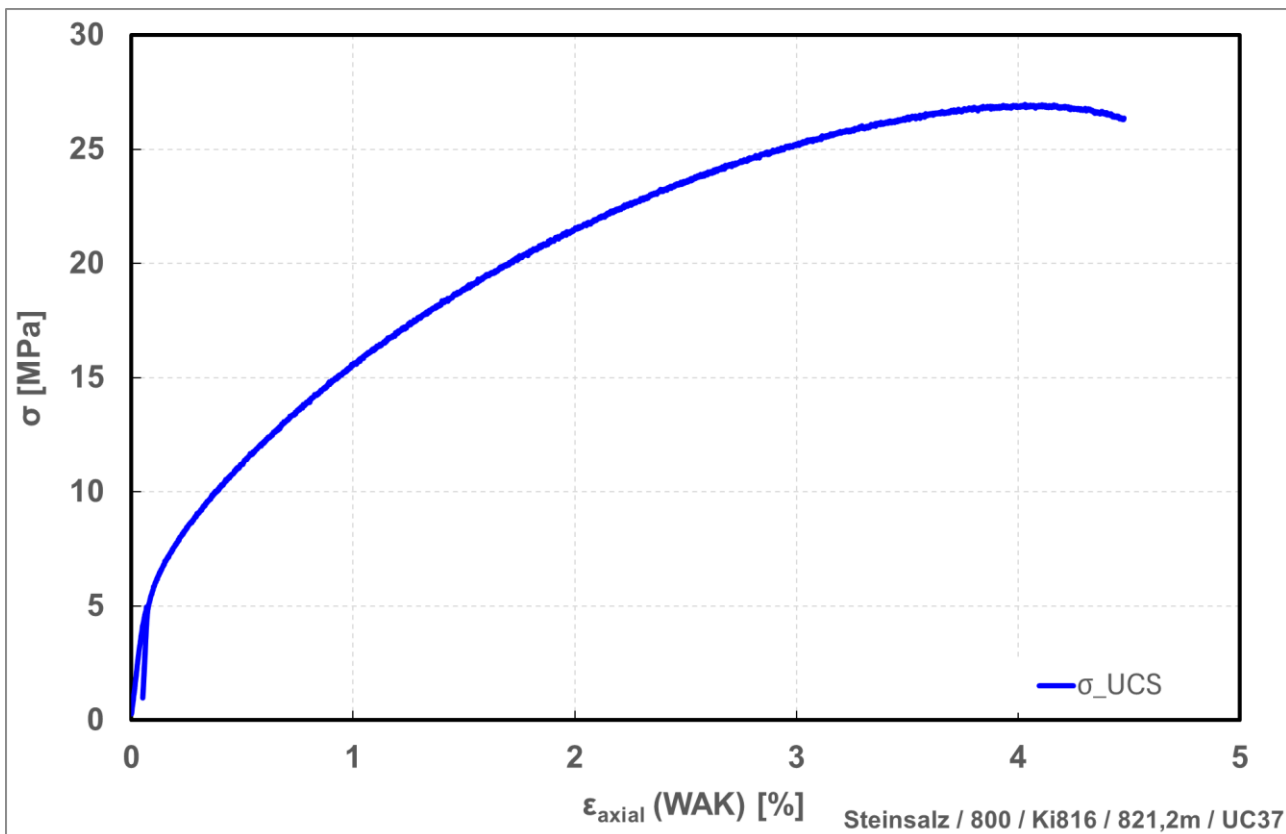
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 173



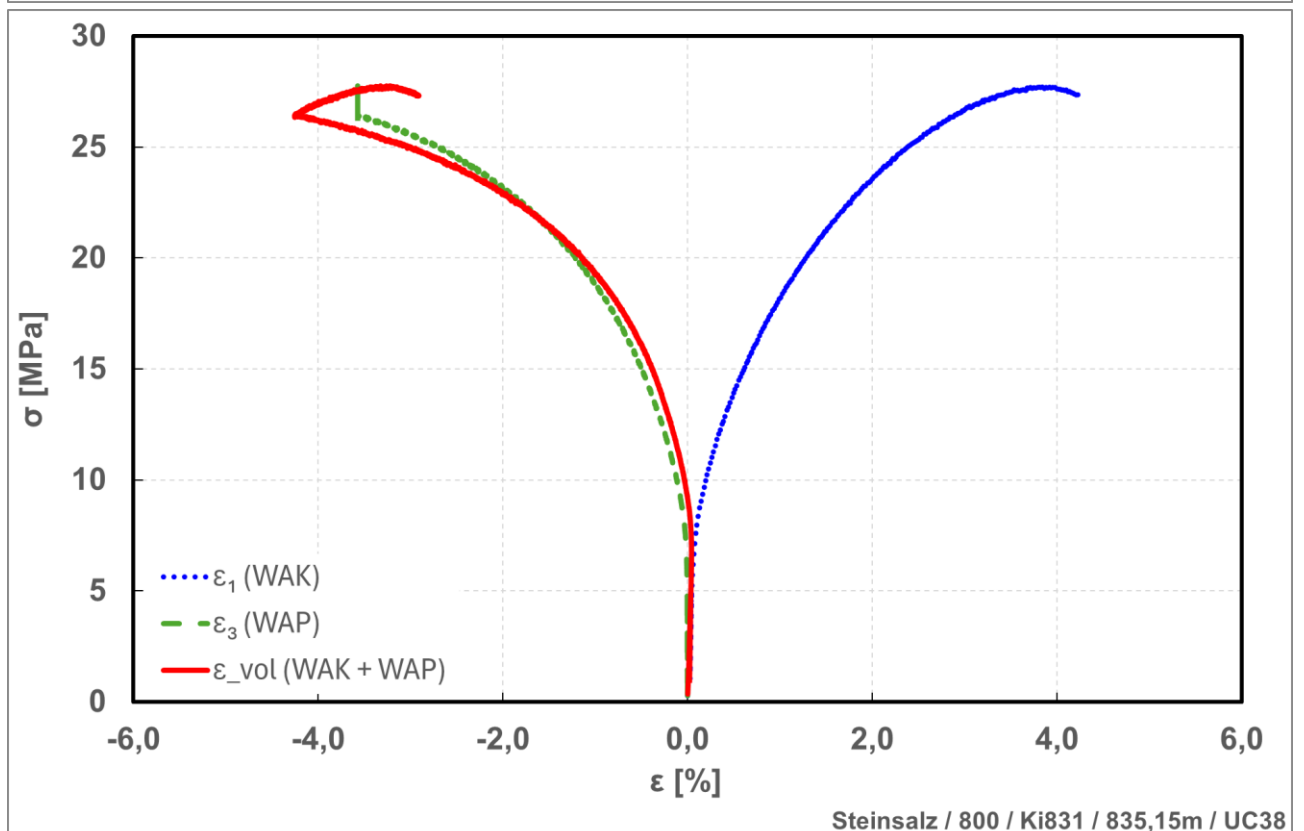
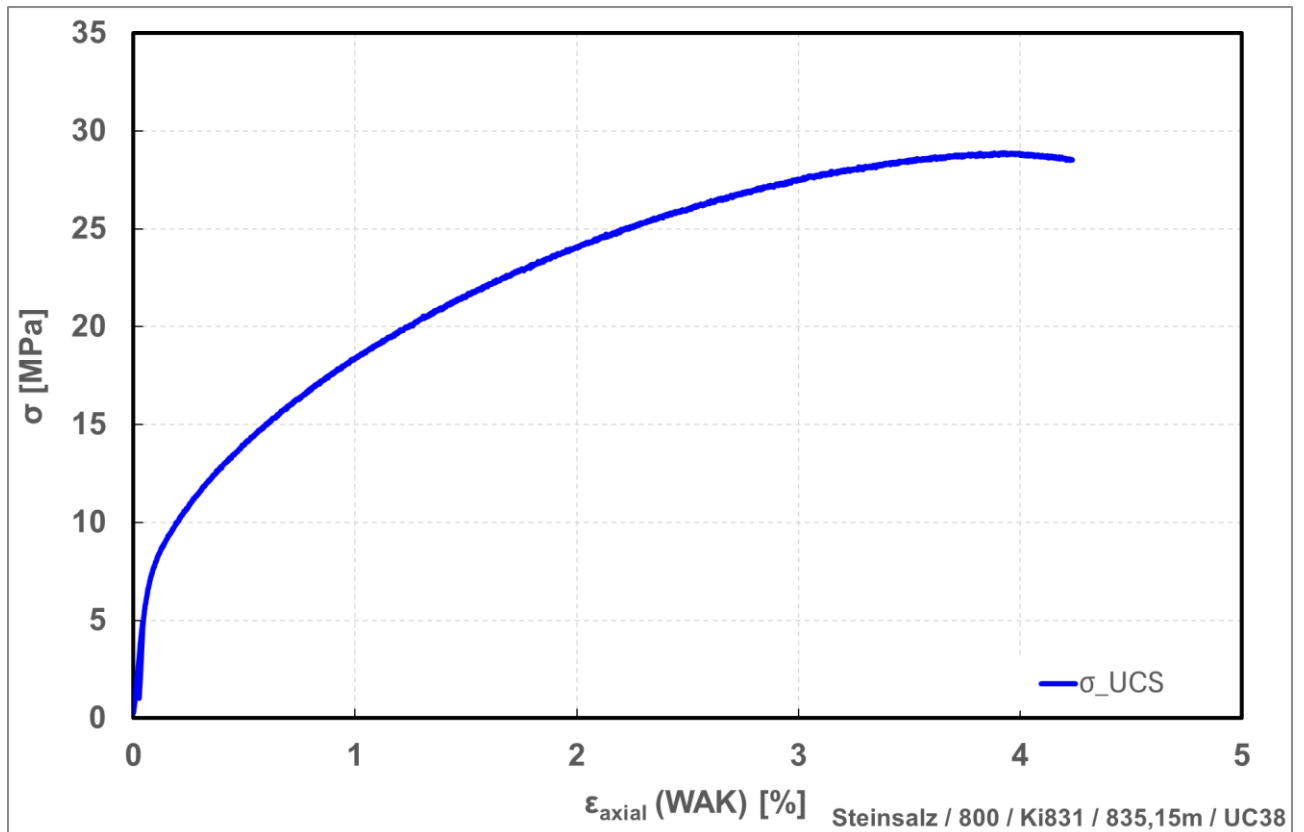


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 174

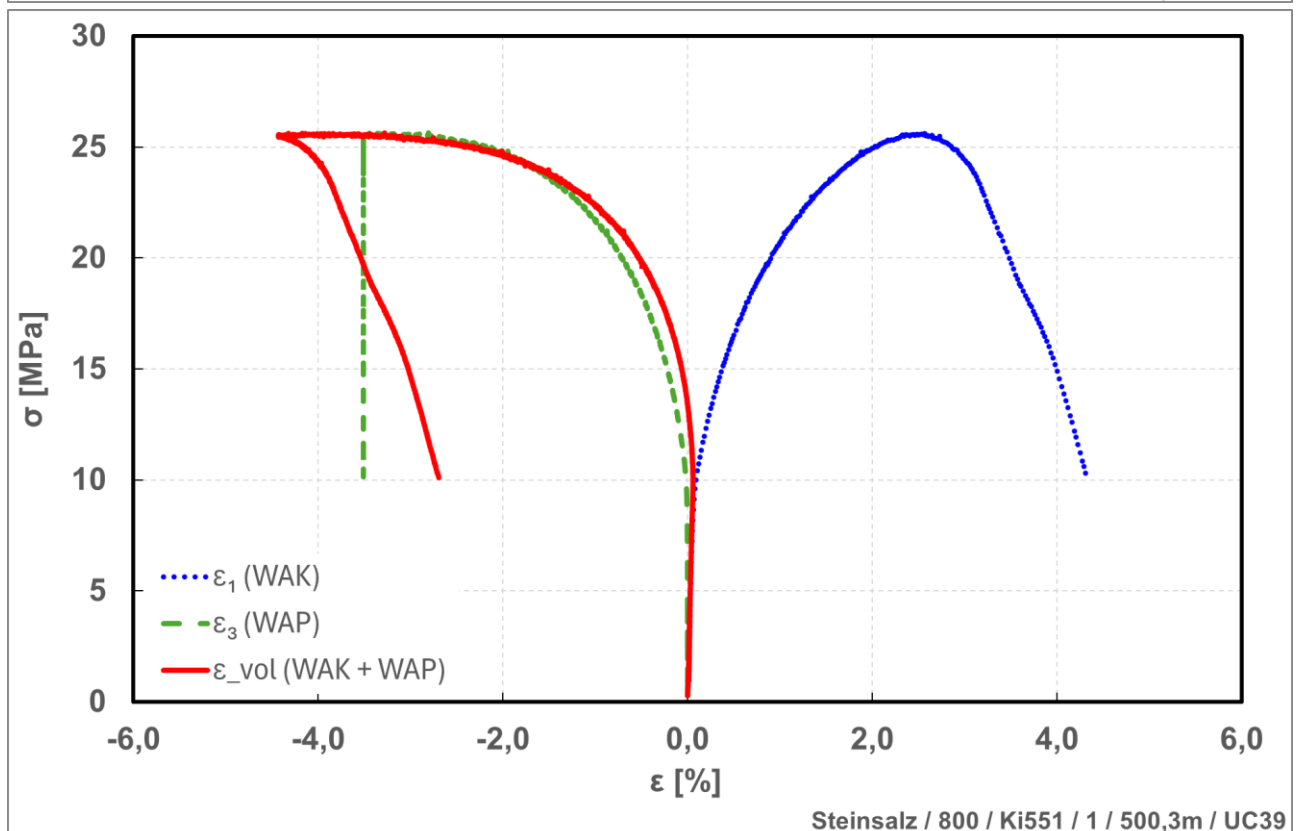
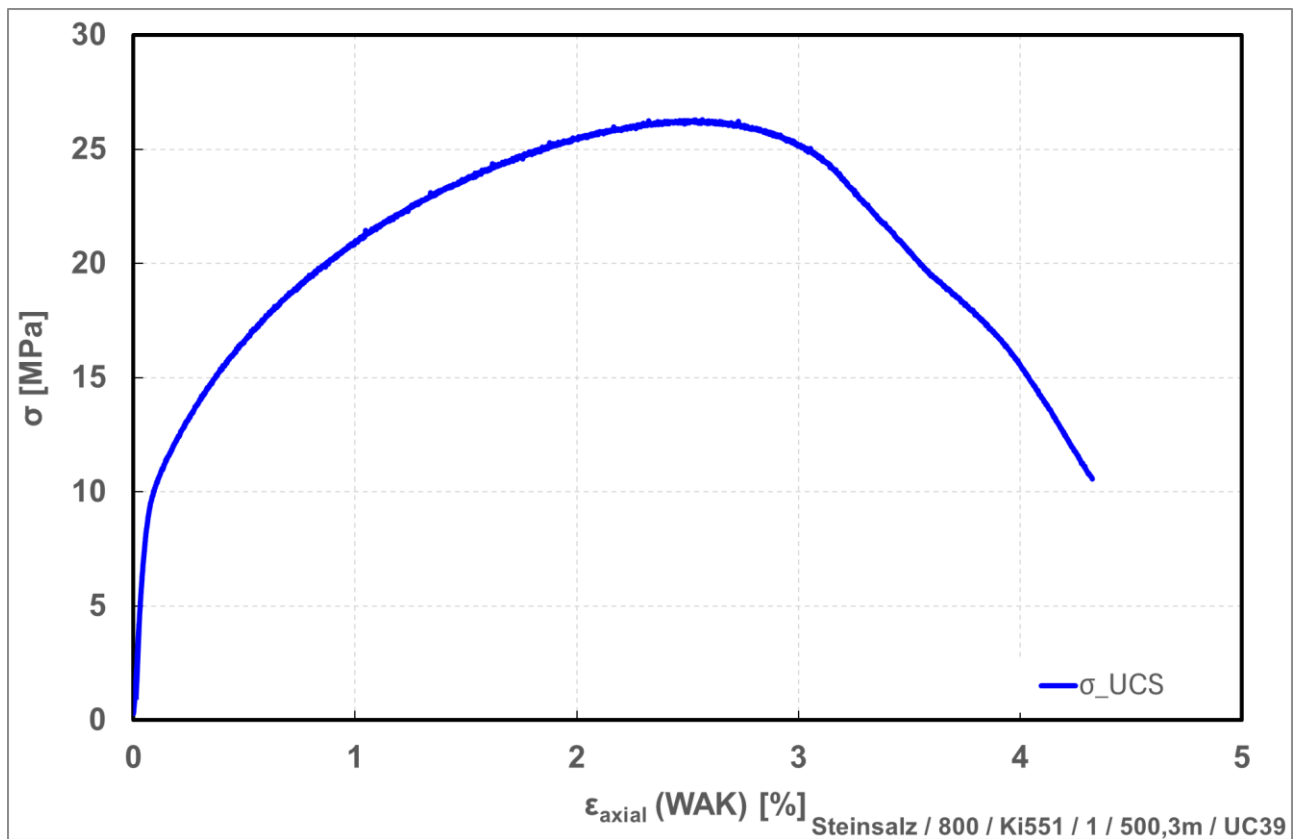


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 175

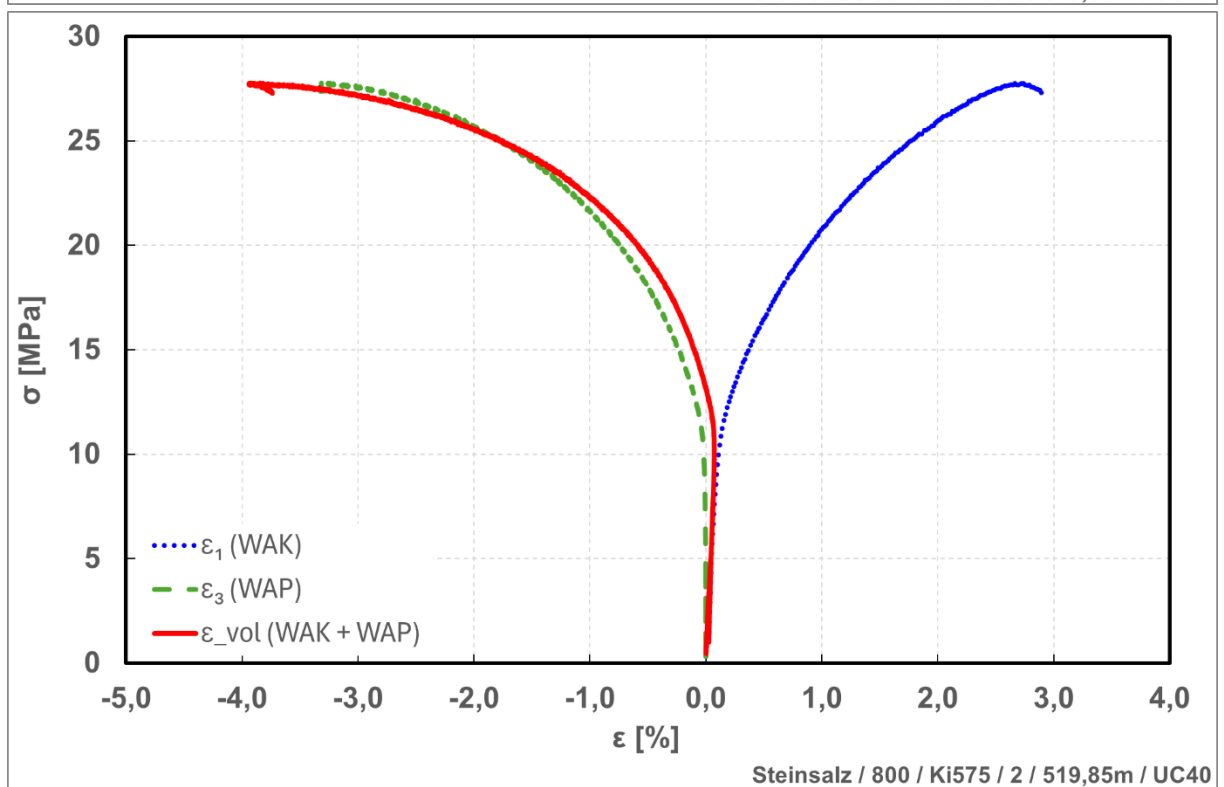
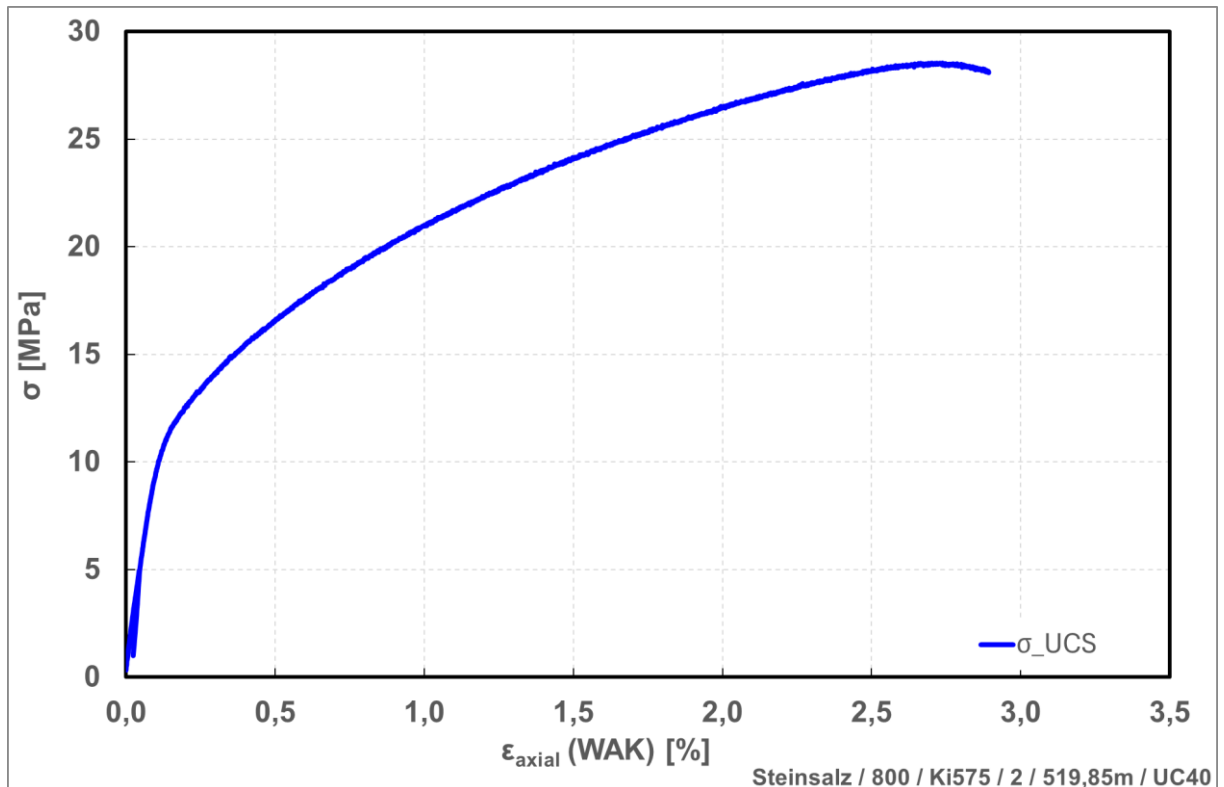


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 176

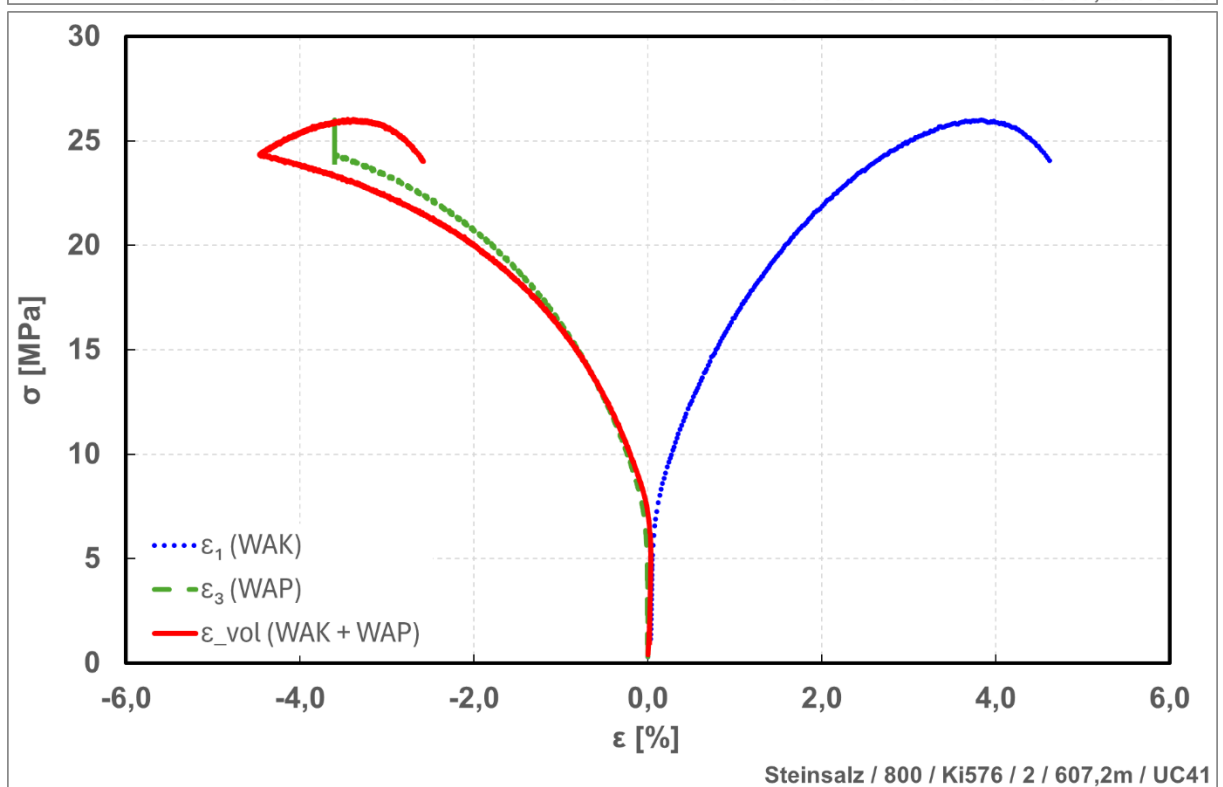
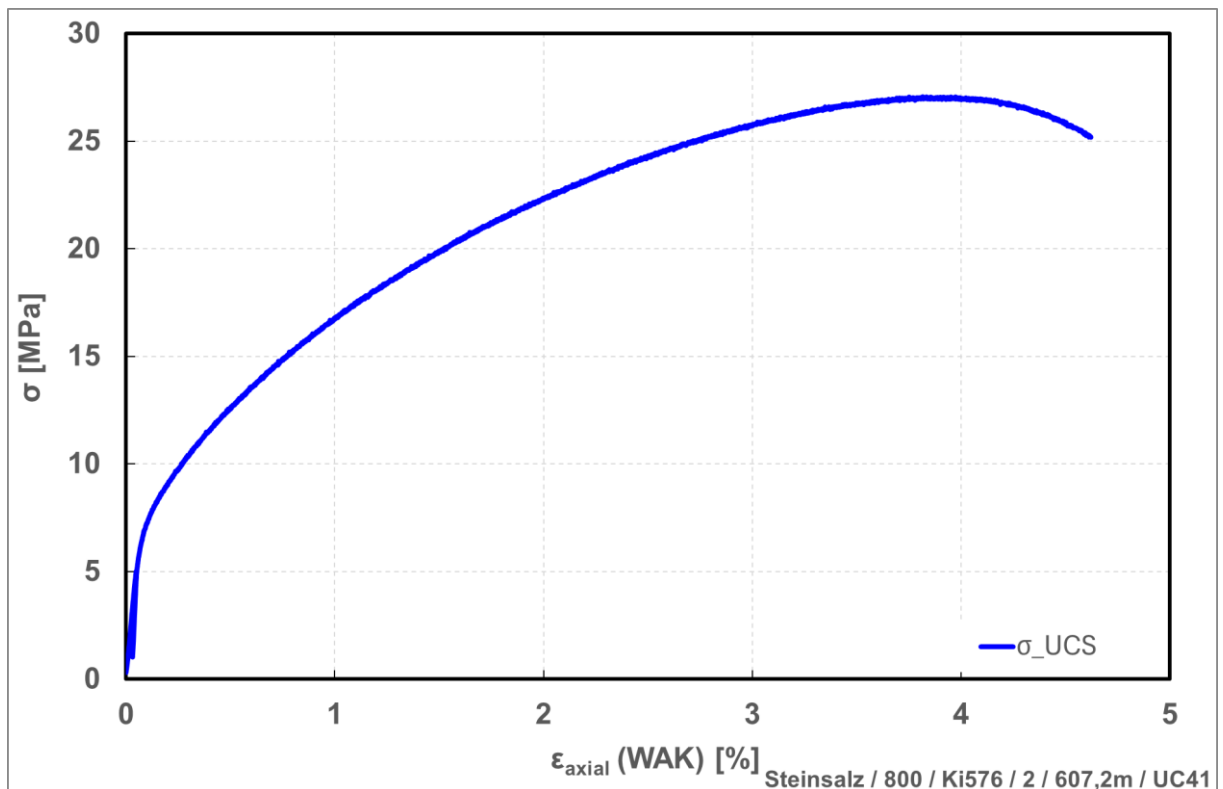


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 177



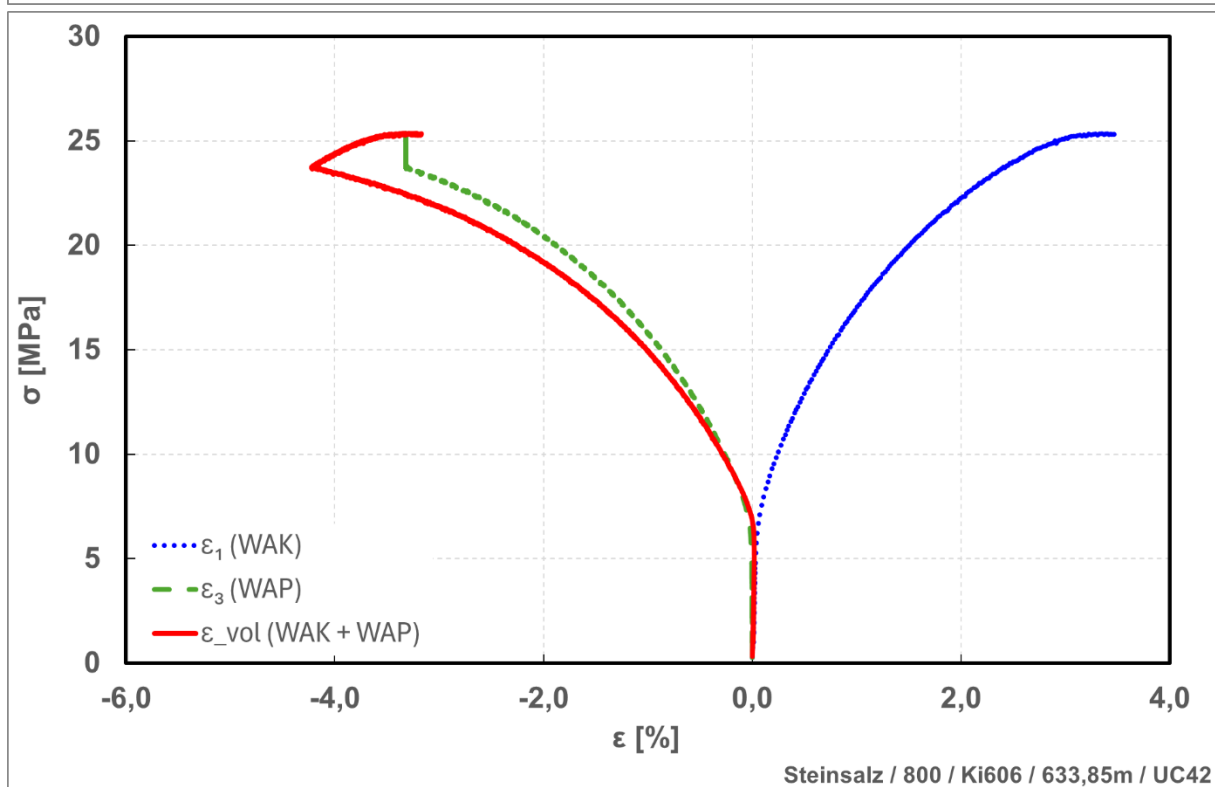
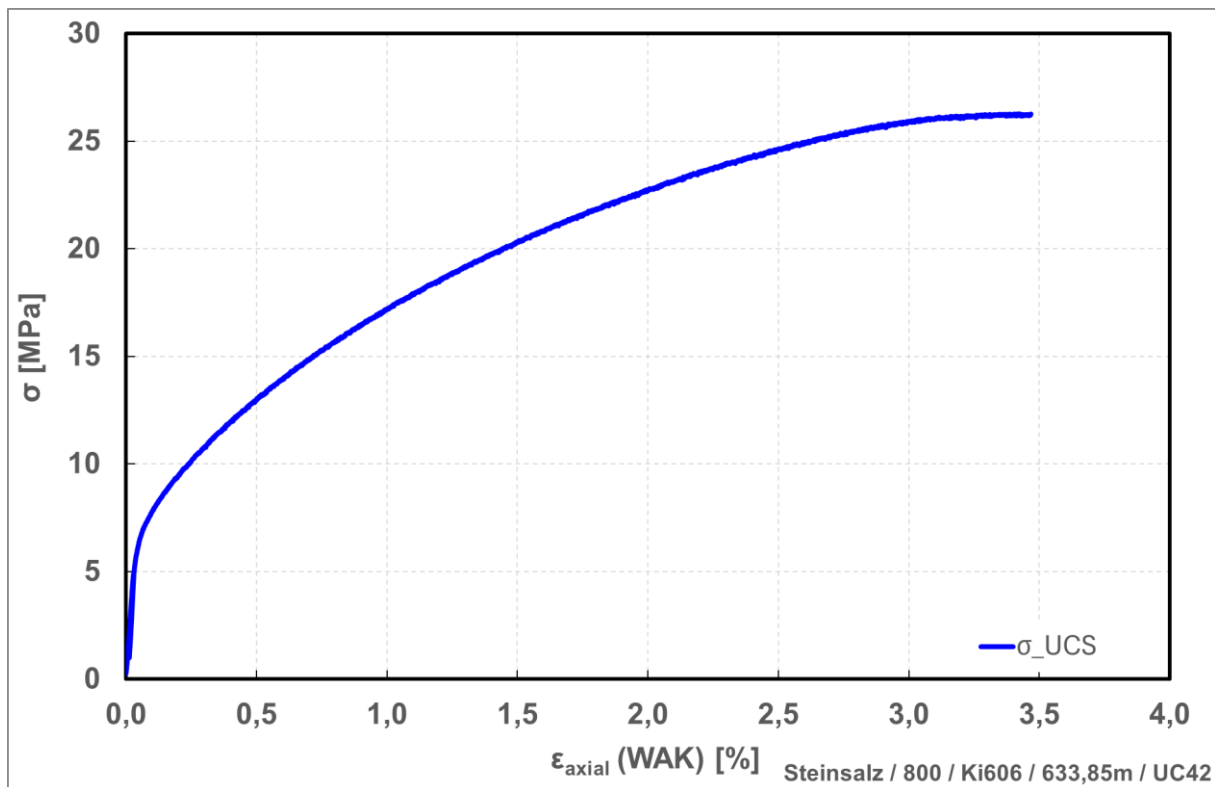
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 178



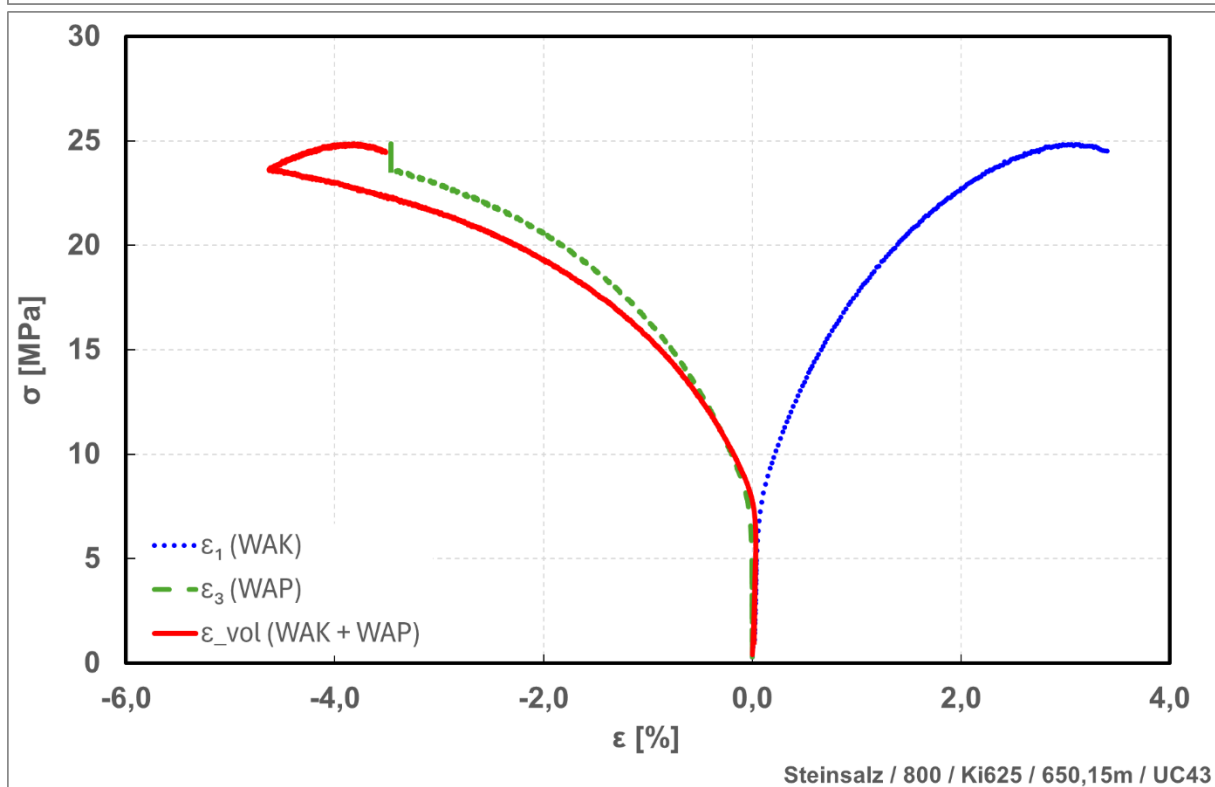
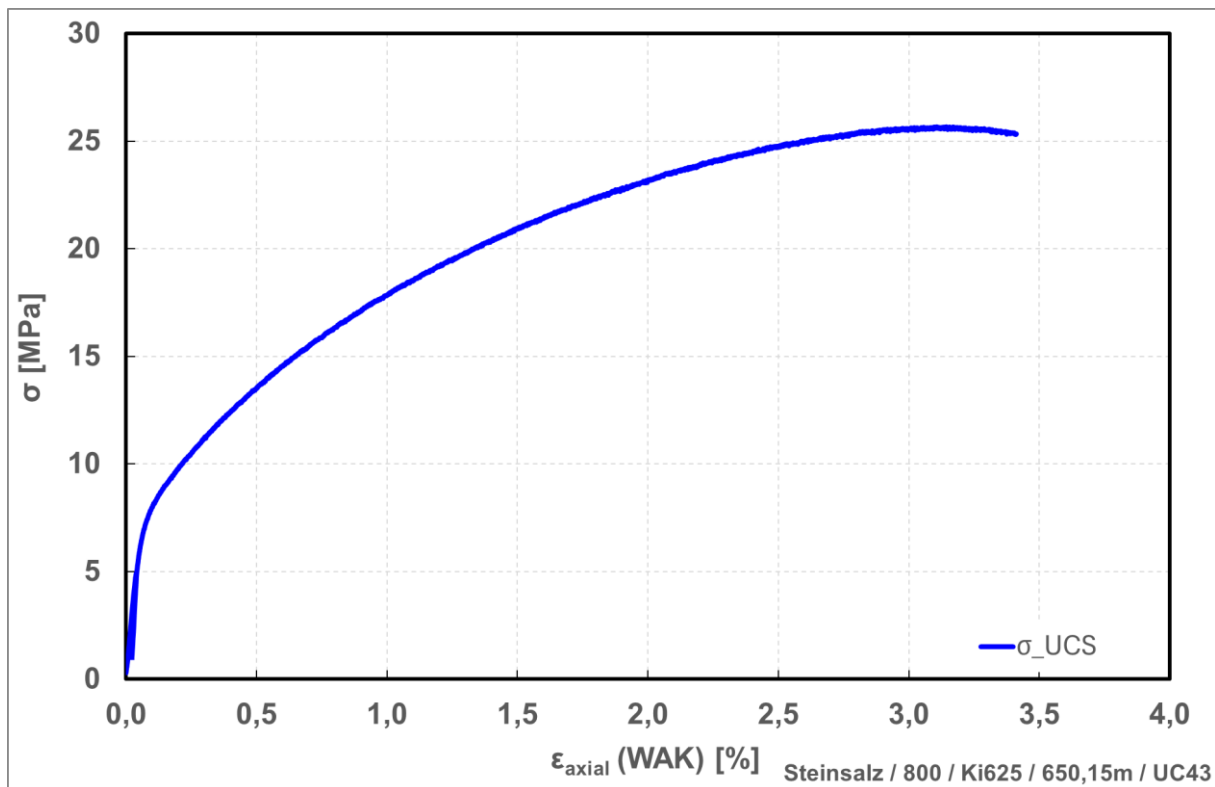
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 179



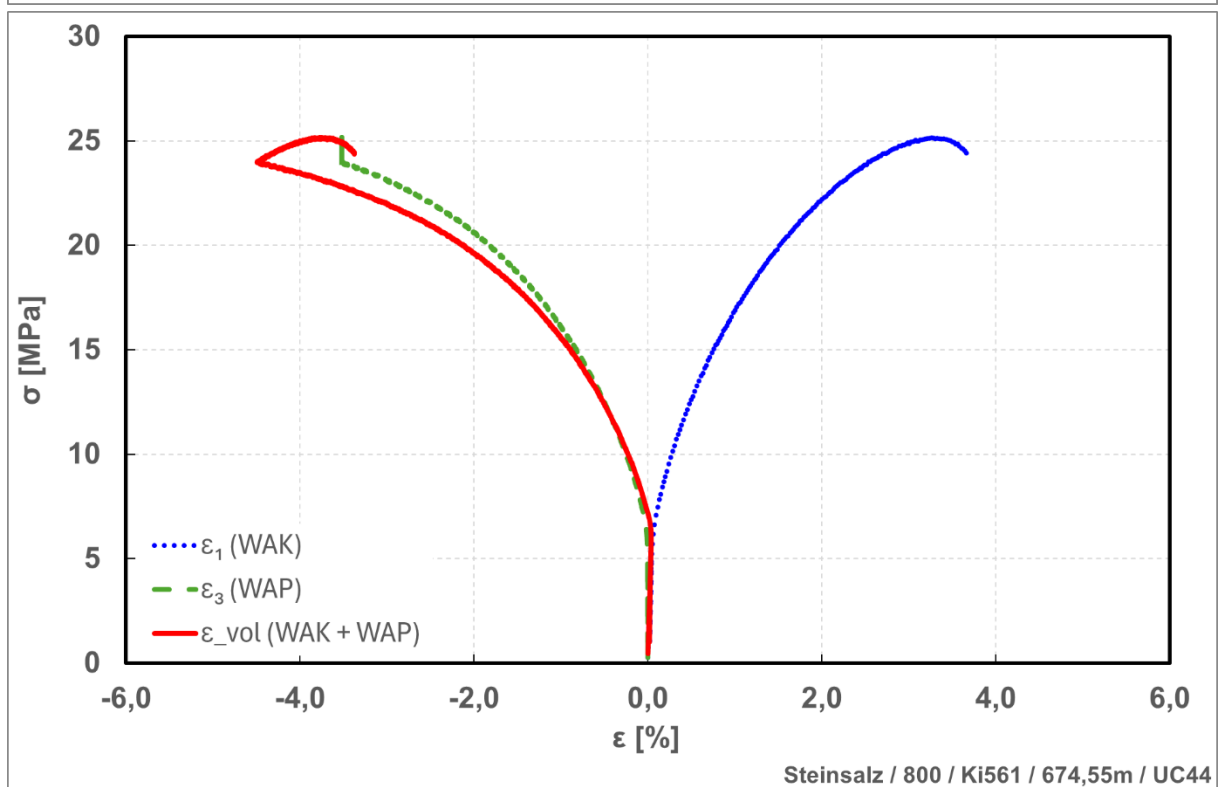
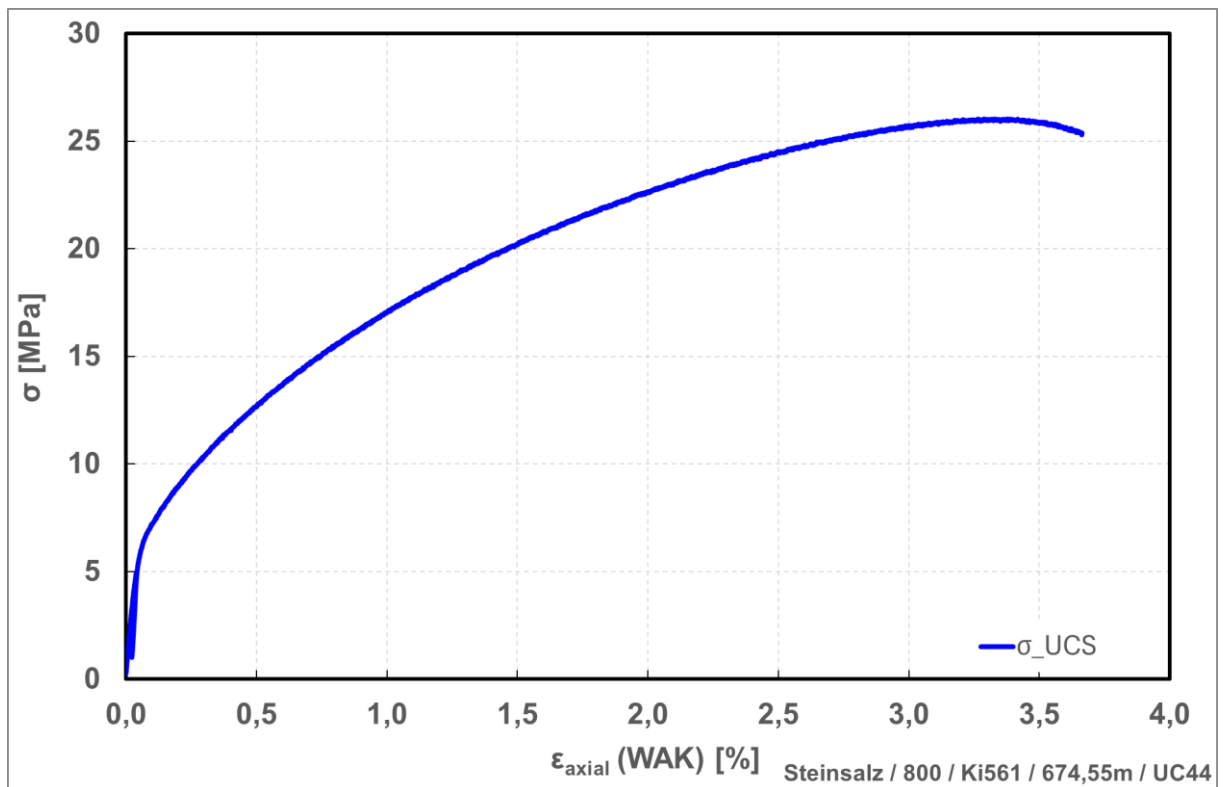


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 180



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 181

## Anhang 9: TC - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 182





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 183



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 184





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 185





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 186



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 187





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 188



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 189





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 190





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 191



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 192





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 193



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 194





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 195





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 196

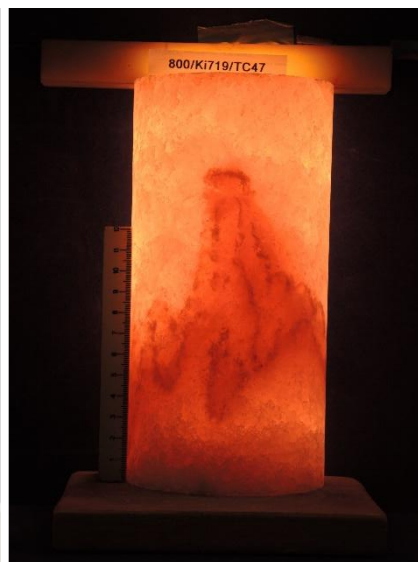


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 197





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 198



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 199



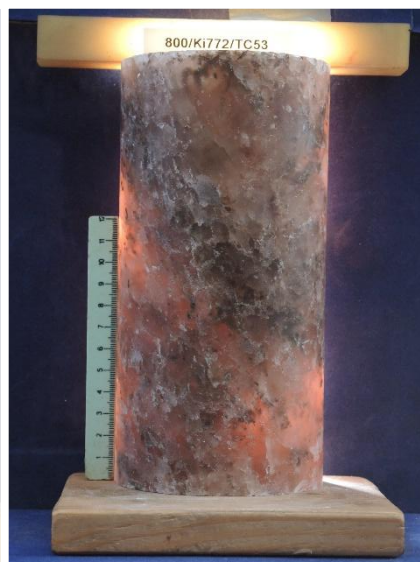


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 200





|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     |  <div>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</div> |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev | Blatt: 201                                                                                                                            |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                       |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                       |

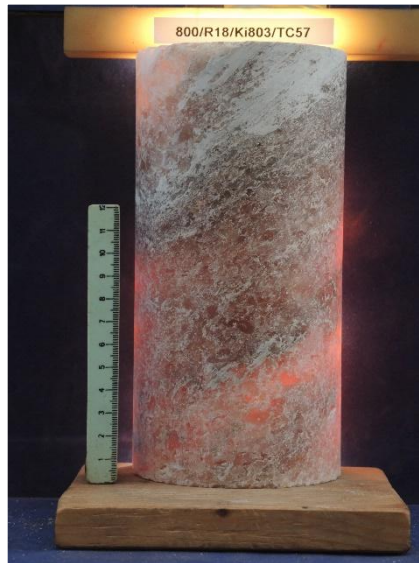


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

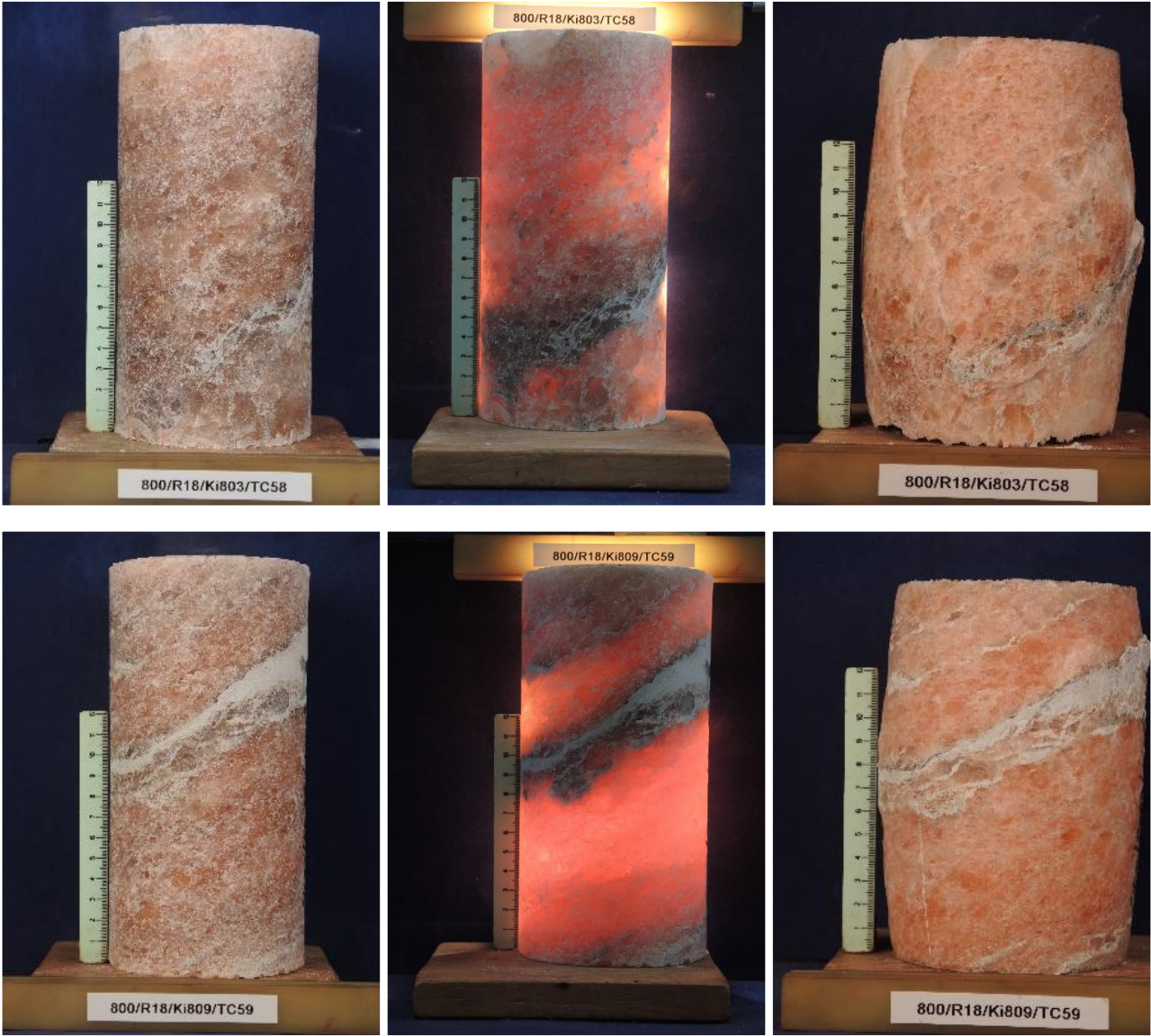


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 202







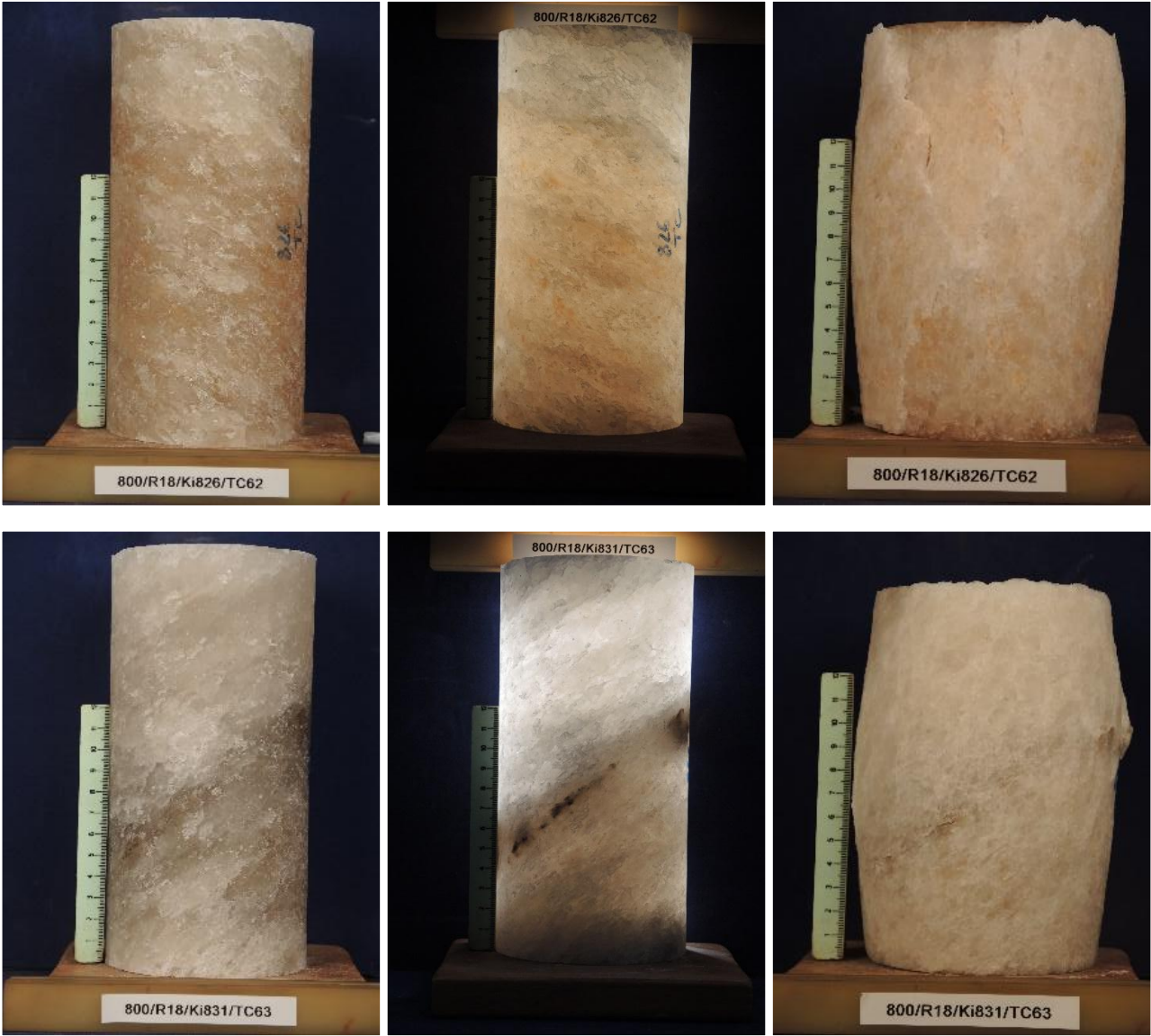
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 204









|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     |  <div>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</div> |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev | Blatt: 206                                                                                                                            |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                       |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                       |



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 207





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 208



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 209





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 210





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 211



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 212





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 213



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 214





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 215



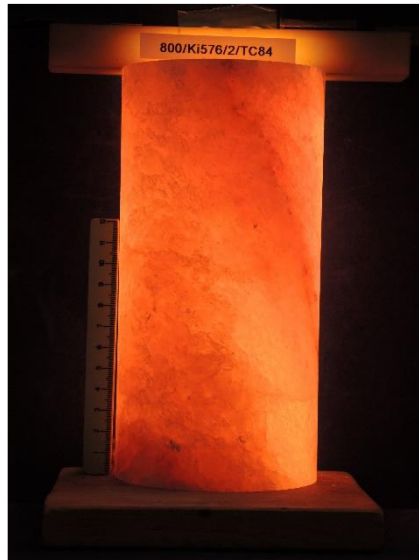


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

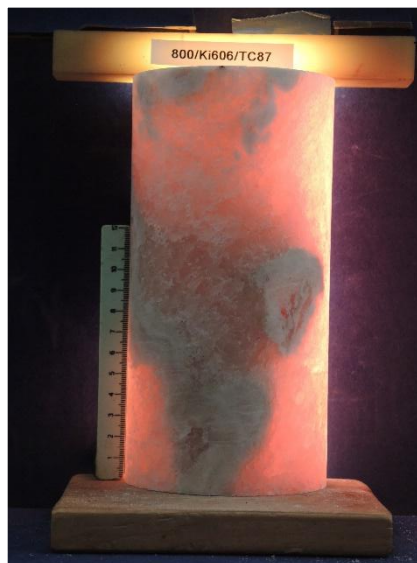
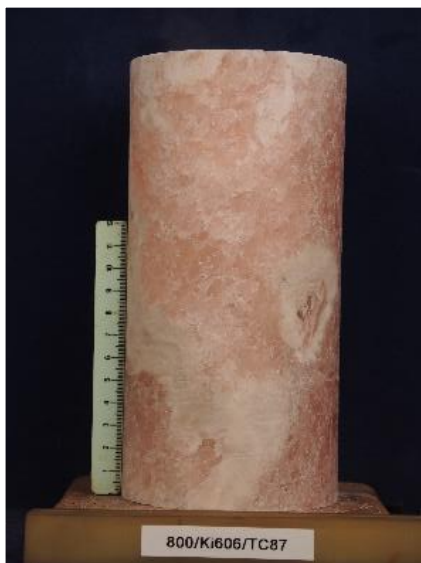
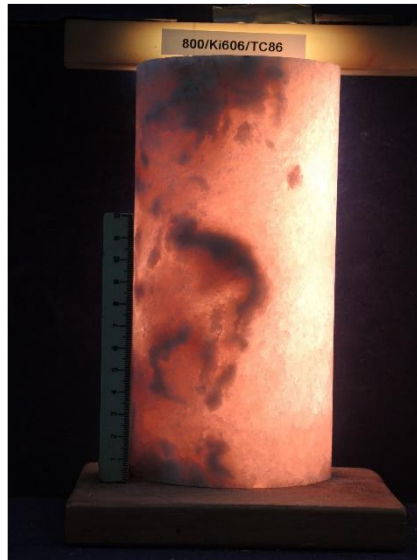
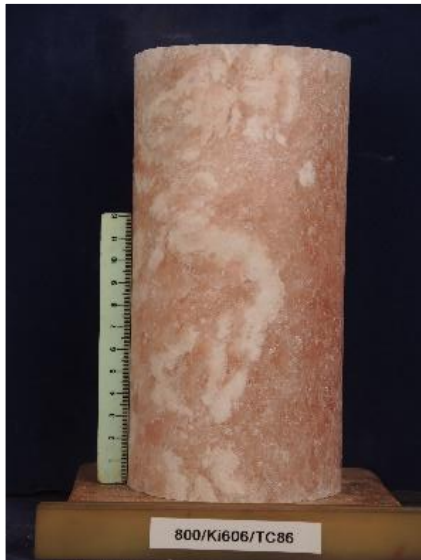
Blatt: 216



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 217

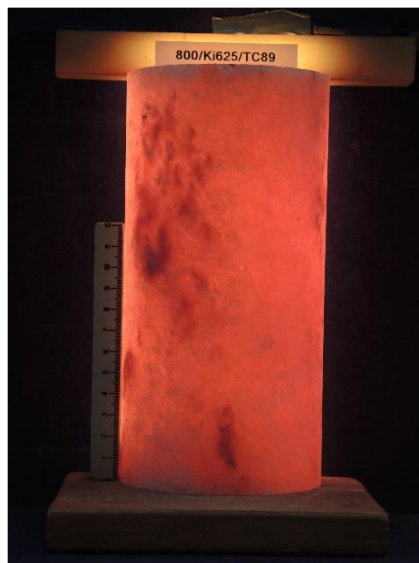
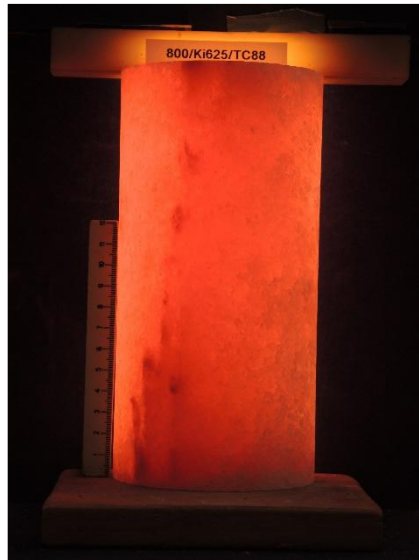


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 218





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 219





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

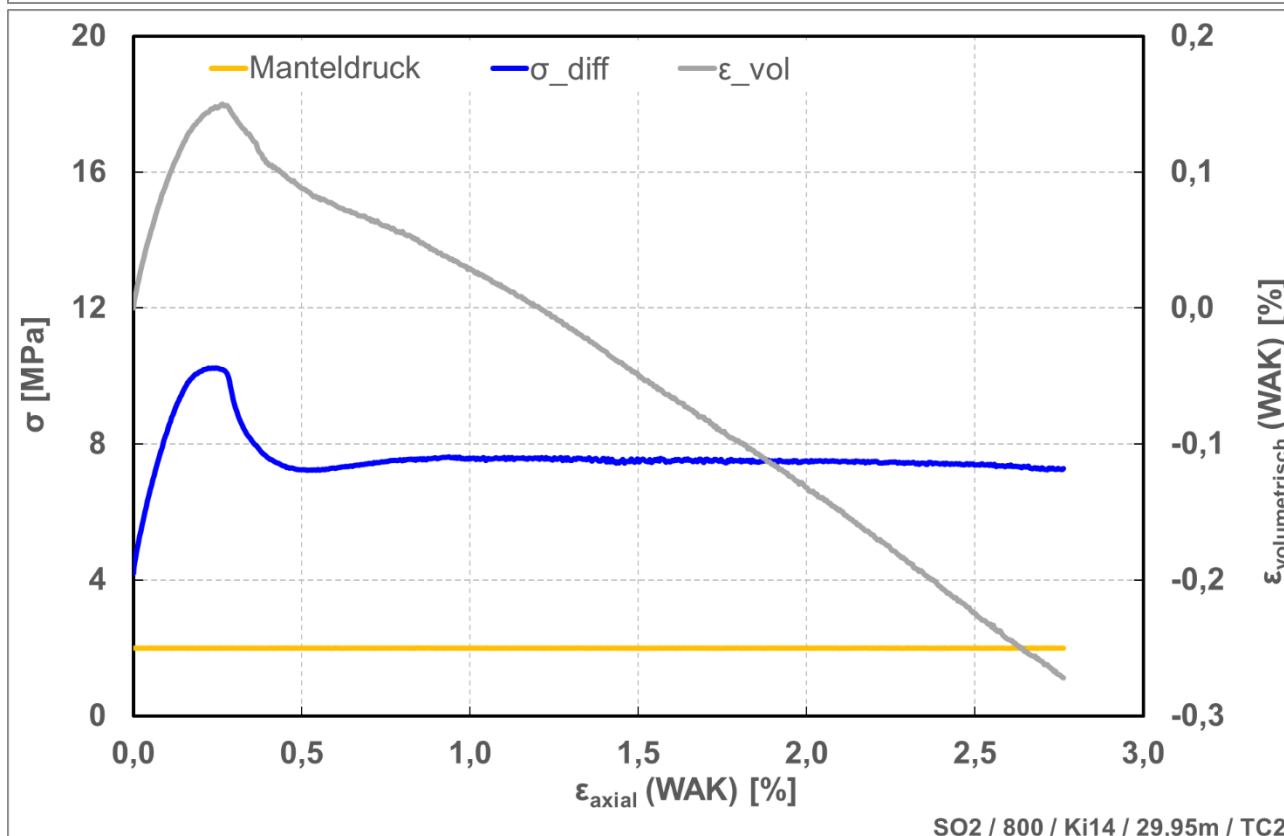
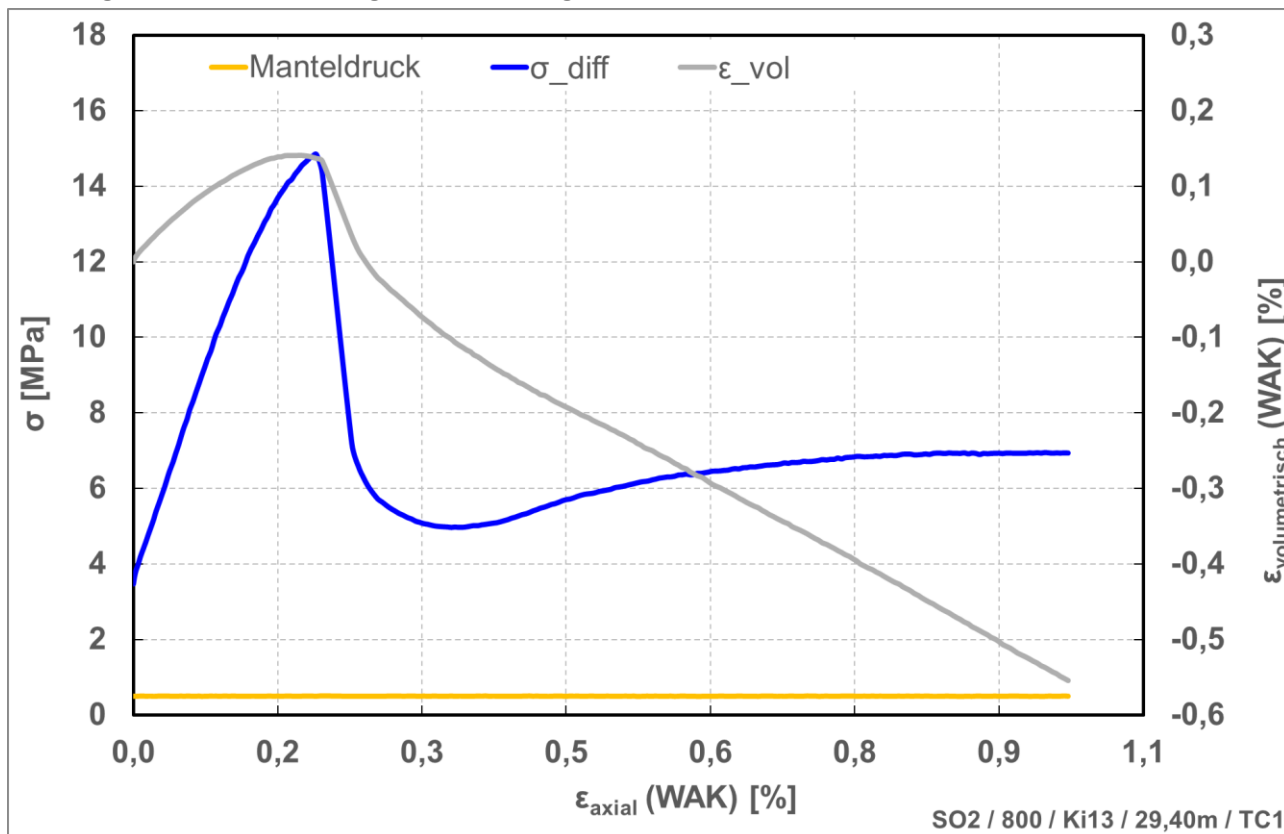


BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 220

## Anhang 10: TC - Spannungs-Verformungskurven



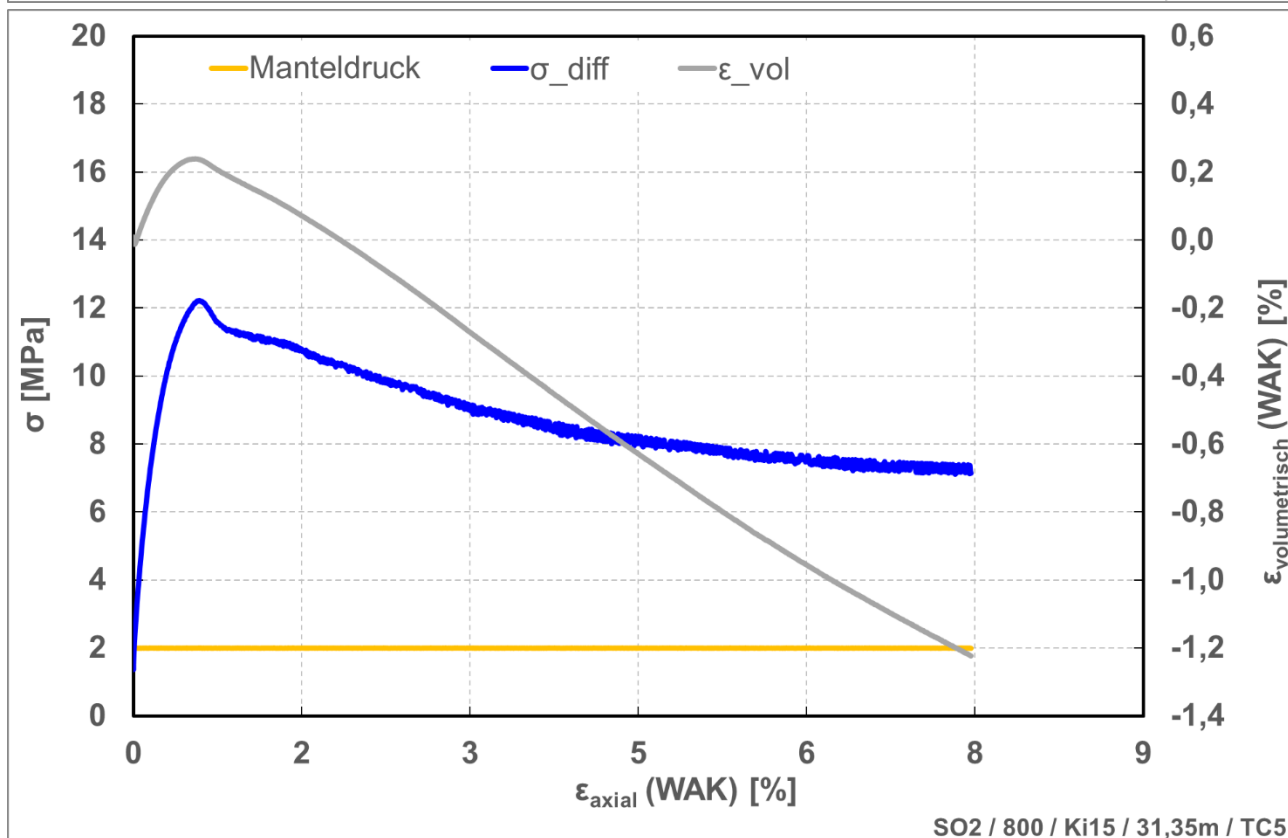
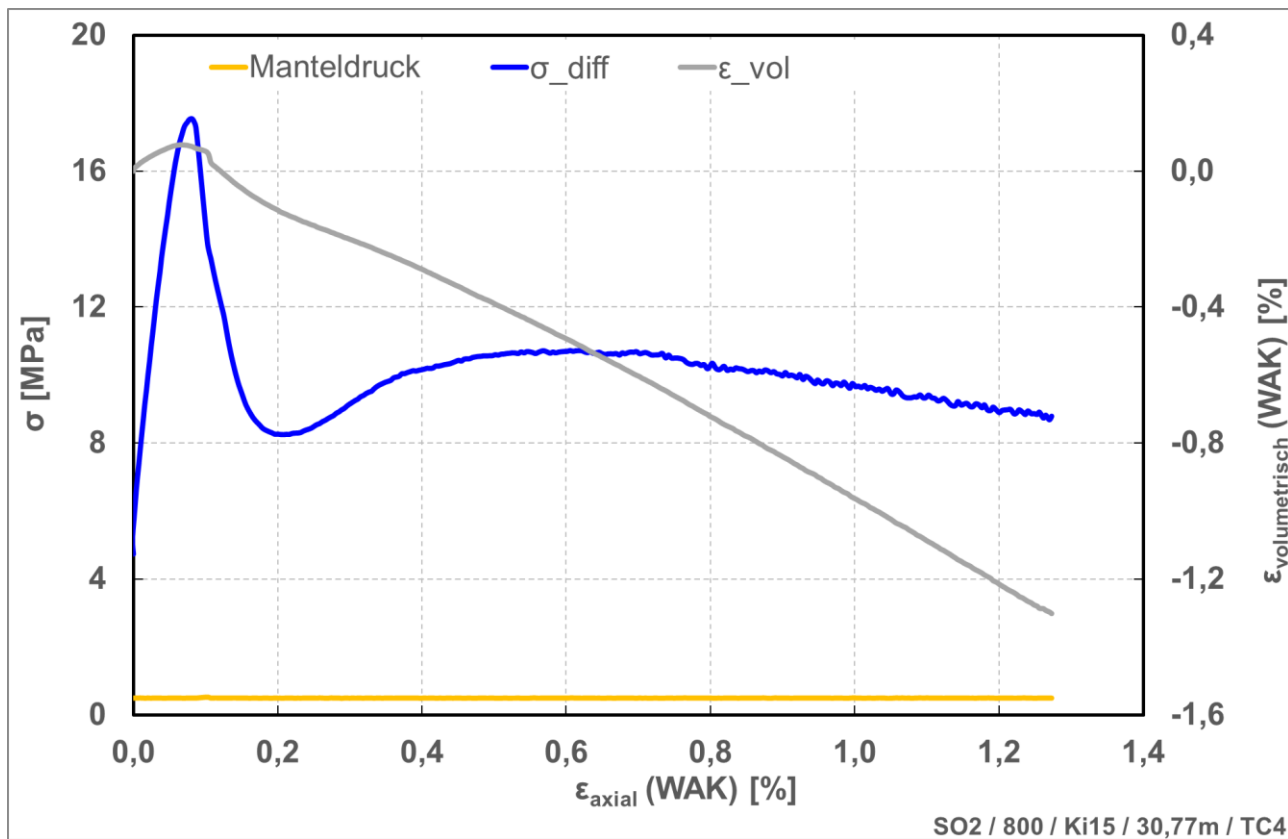
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 221

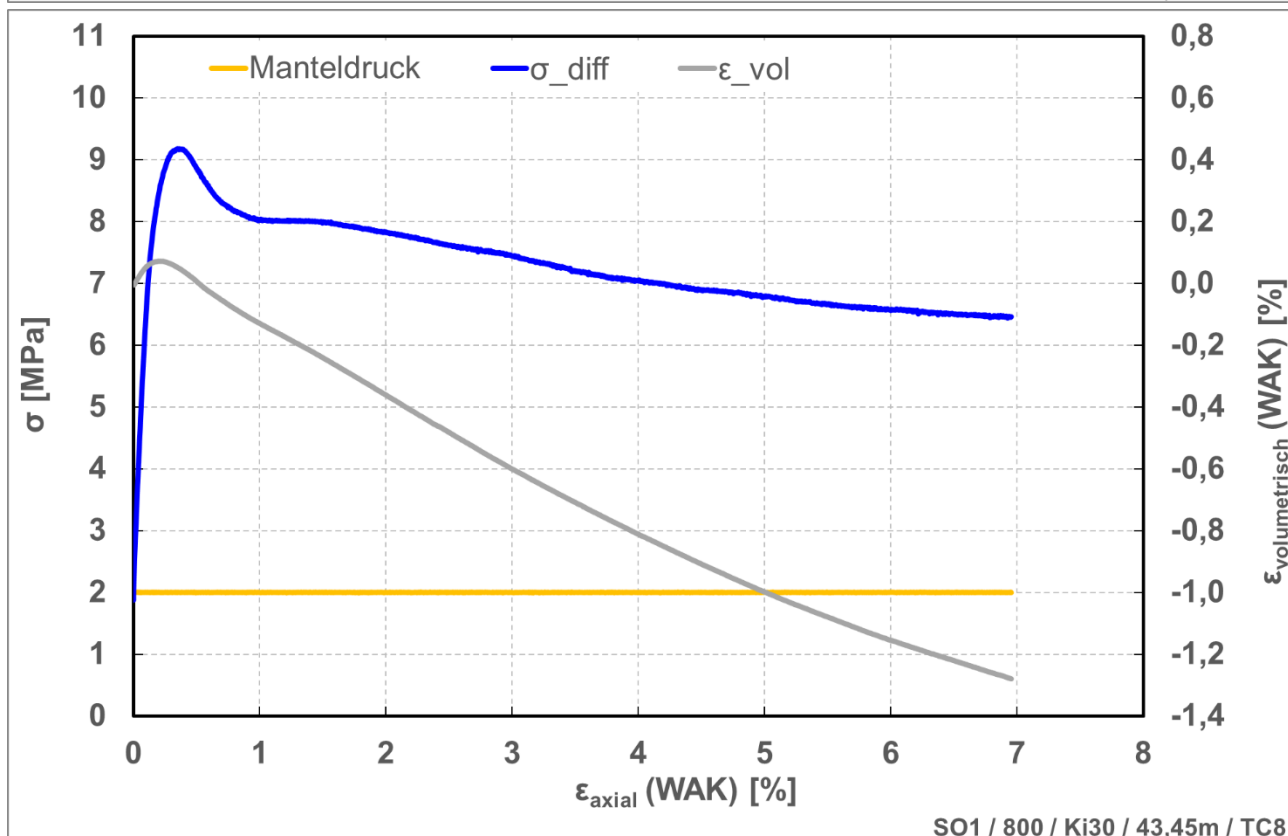
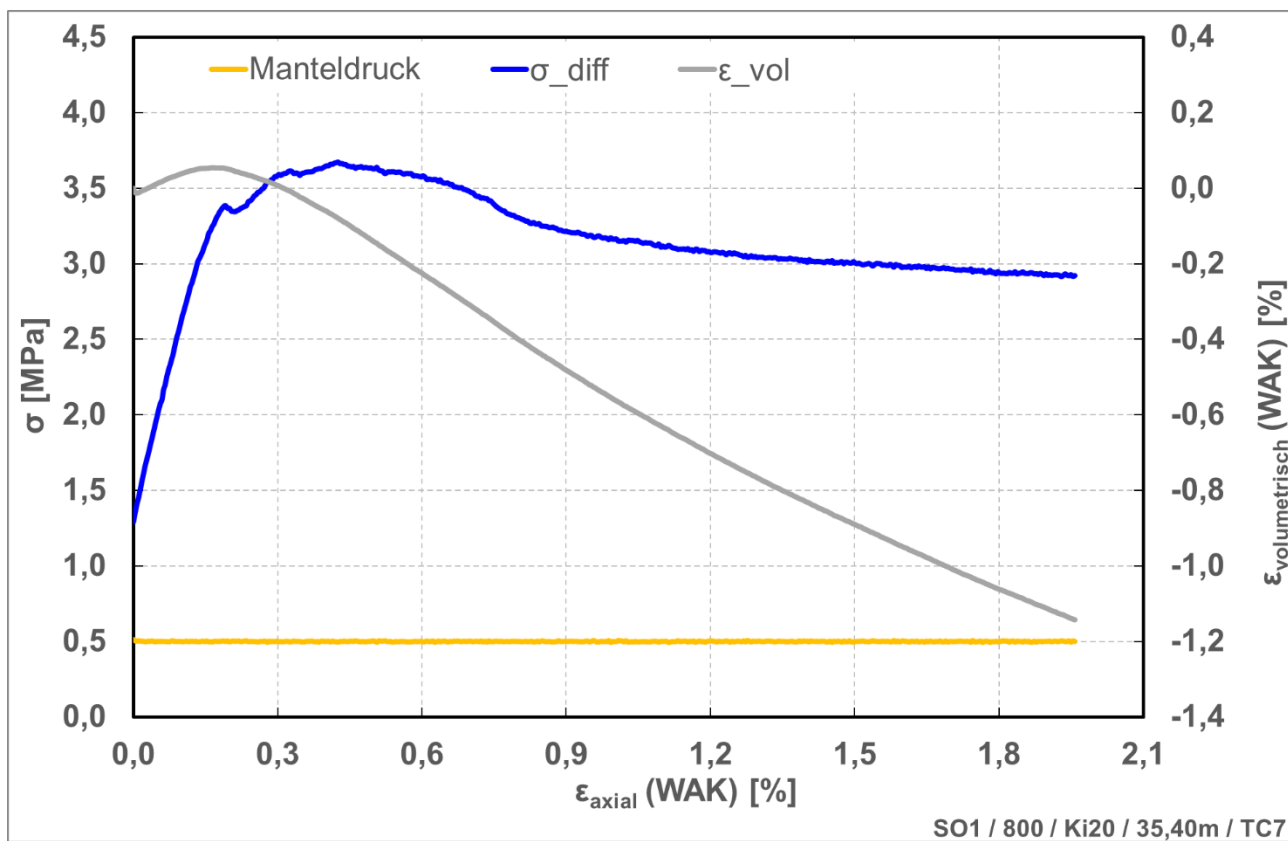


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 222



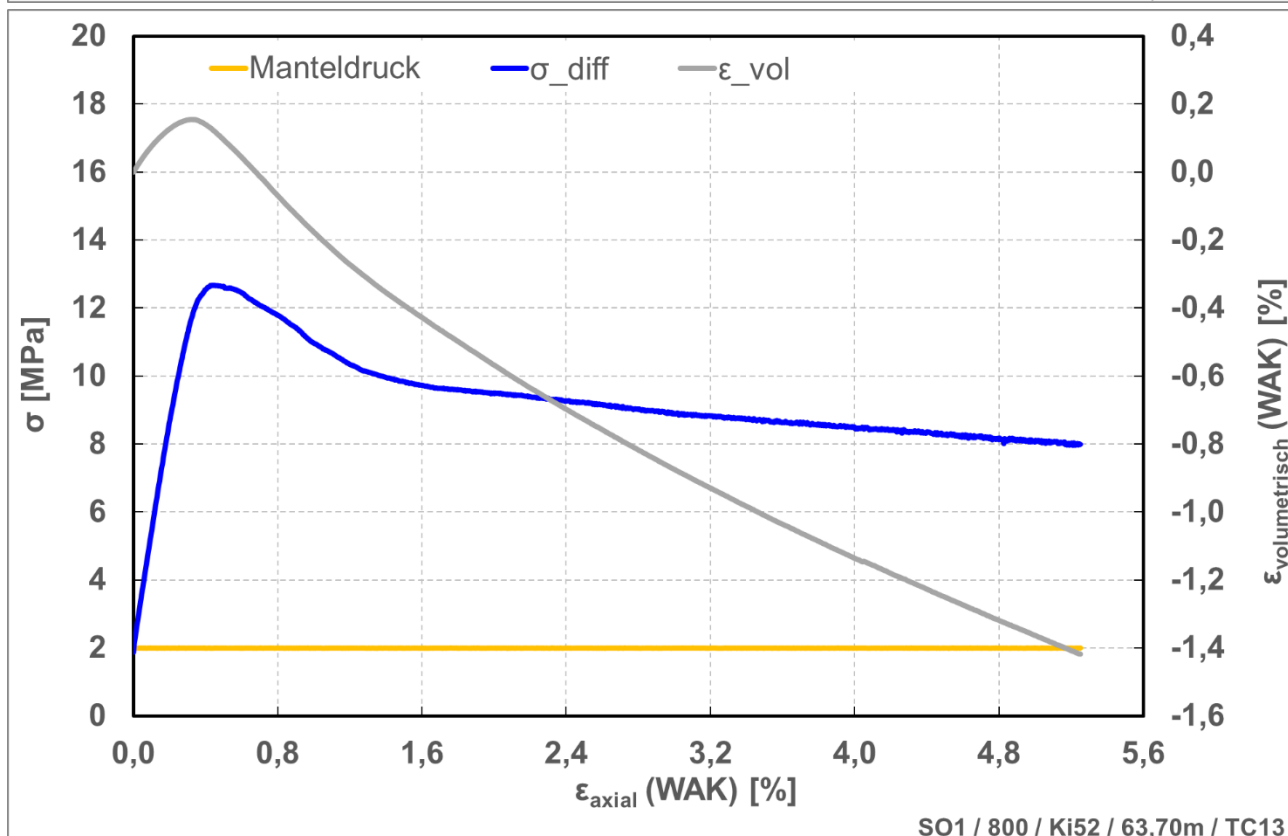
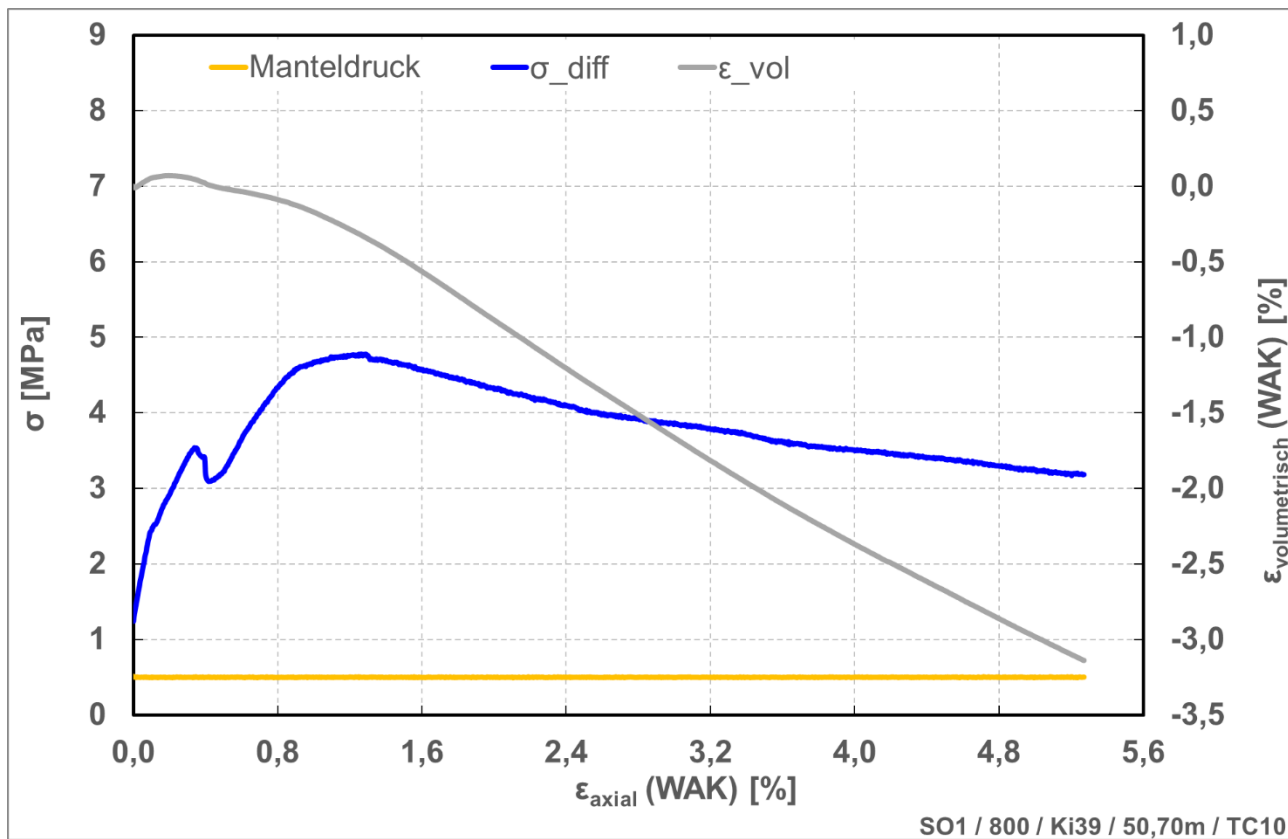
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 223





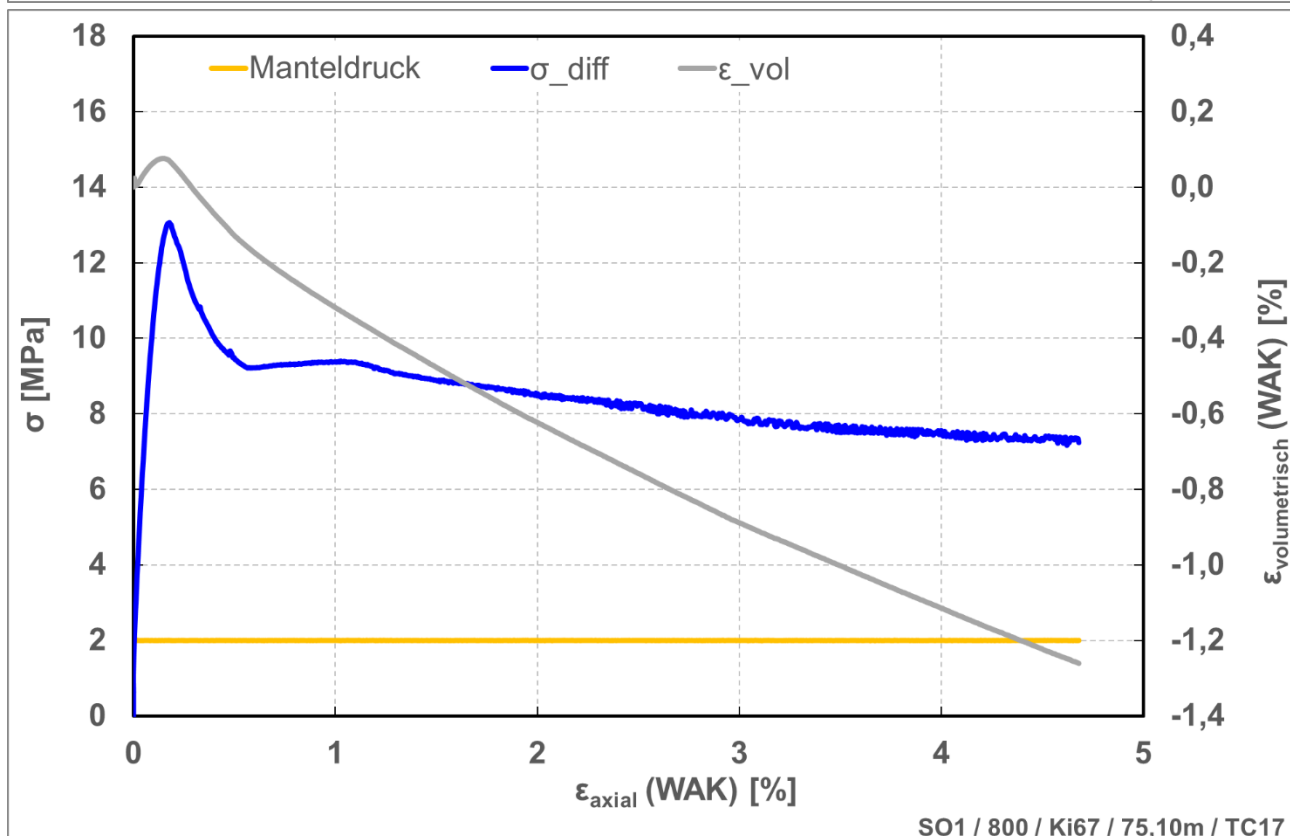
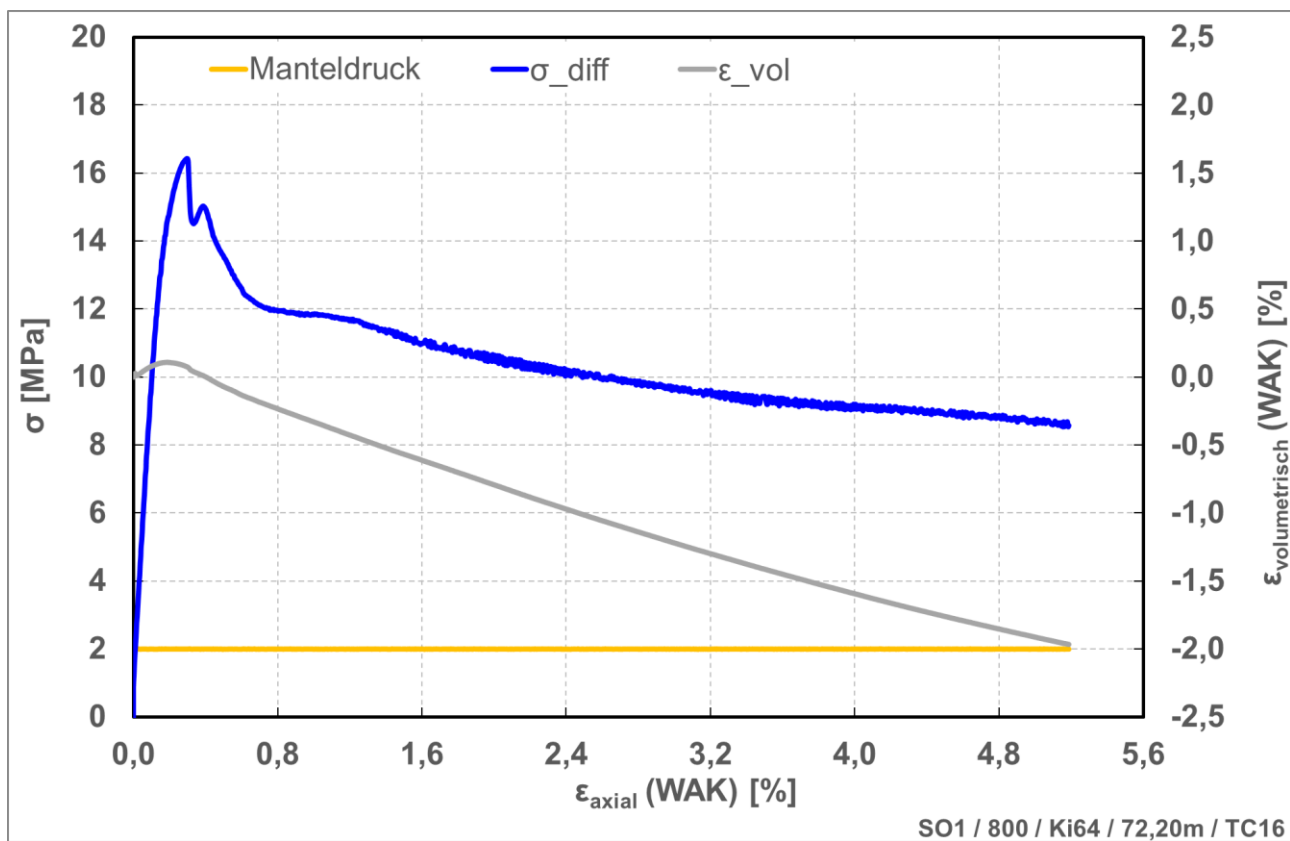
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 224



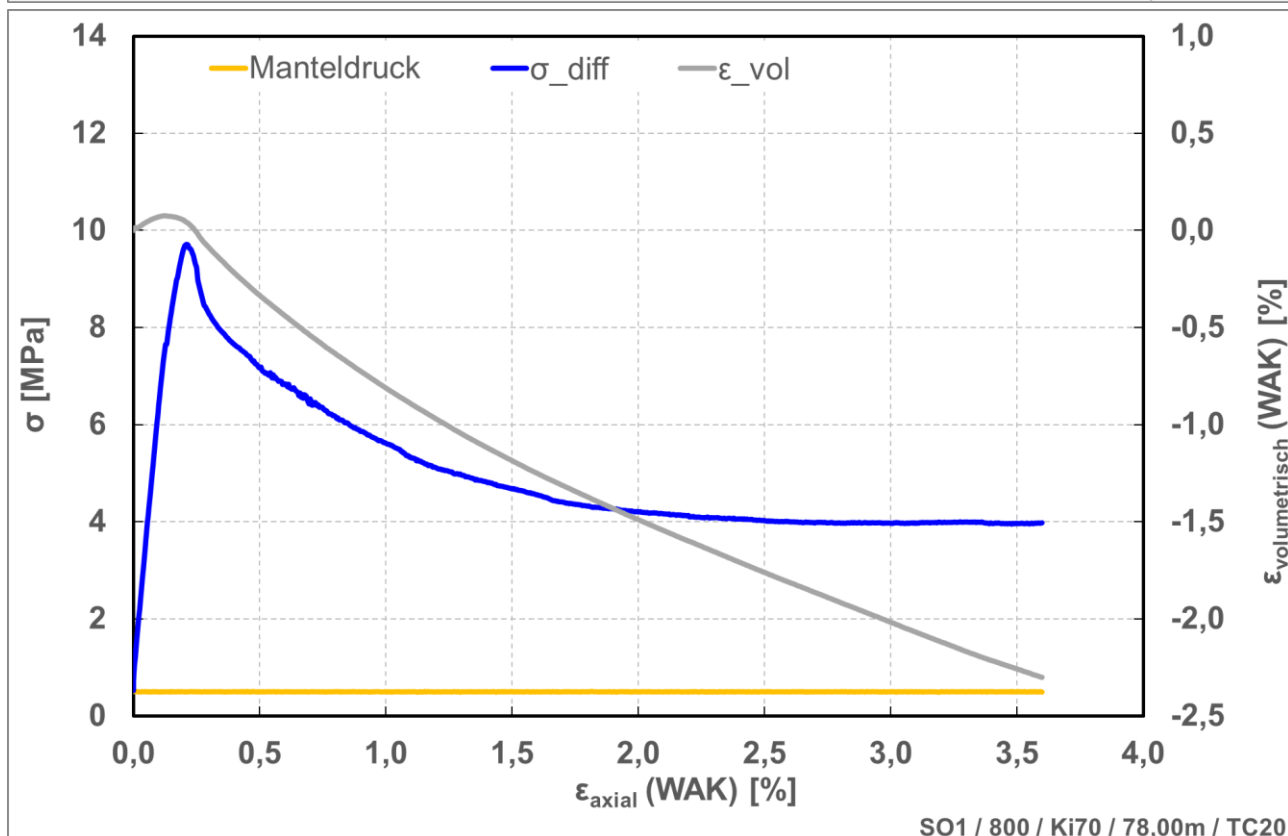
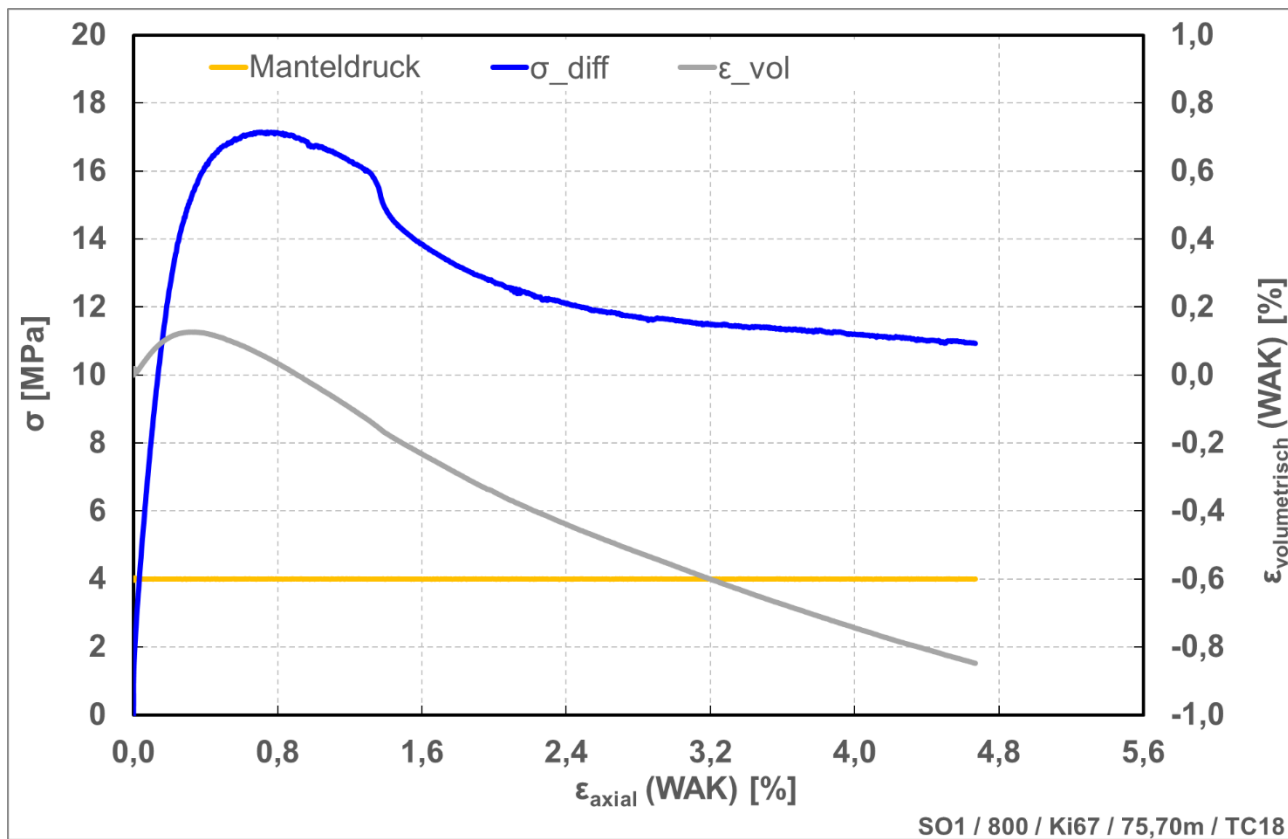
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 225



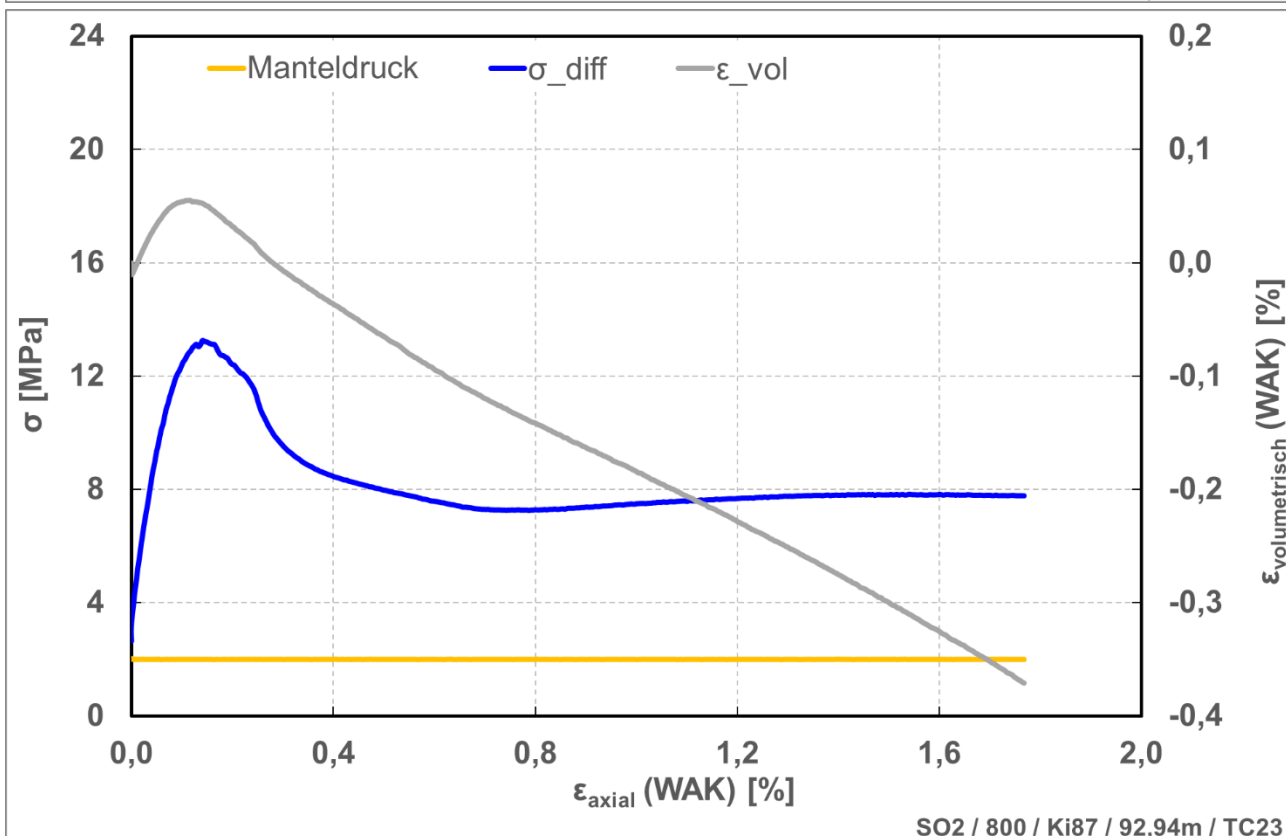
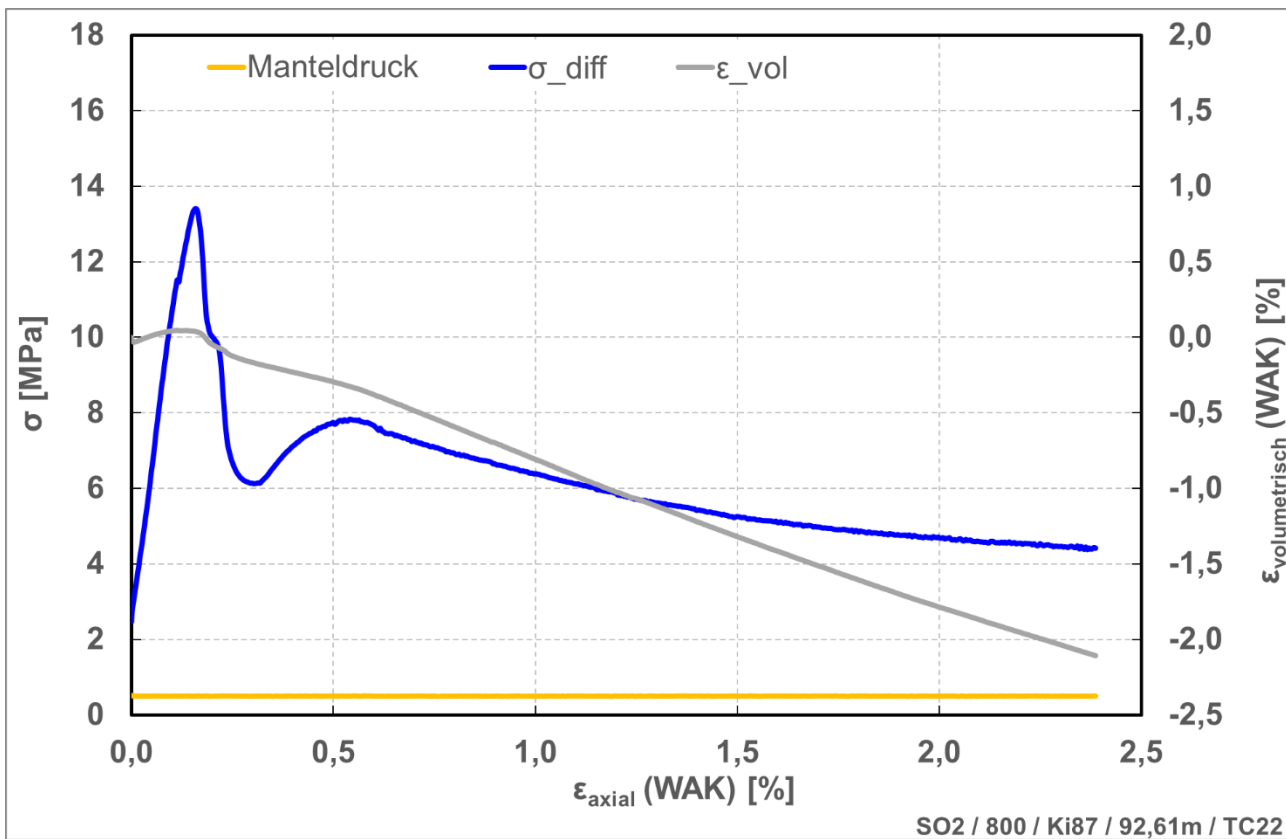
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 226



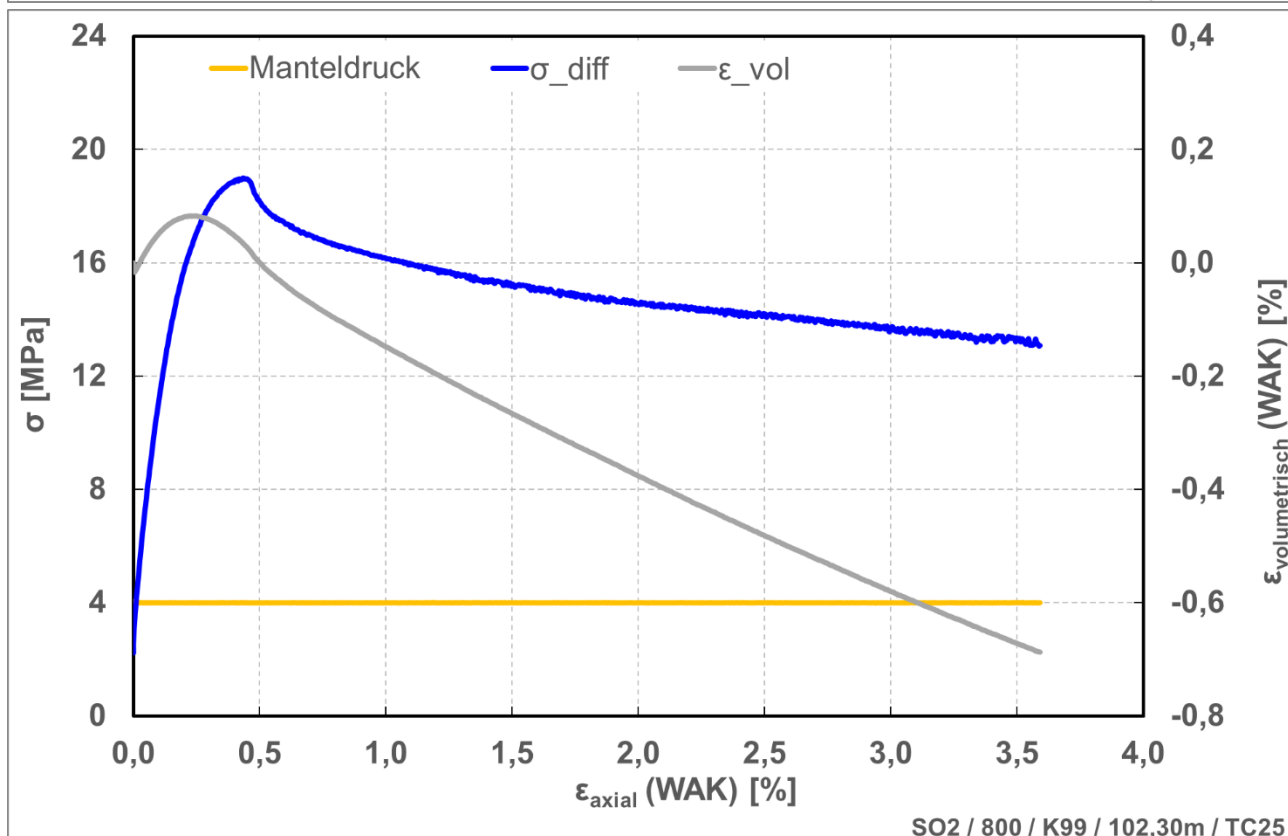
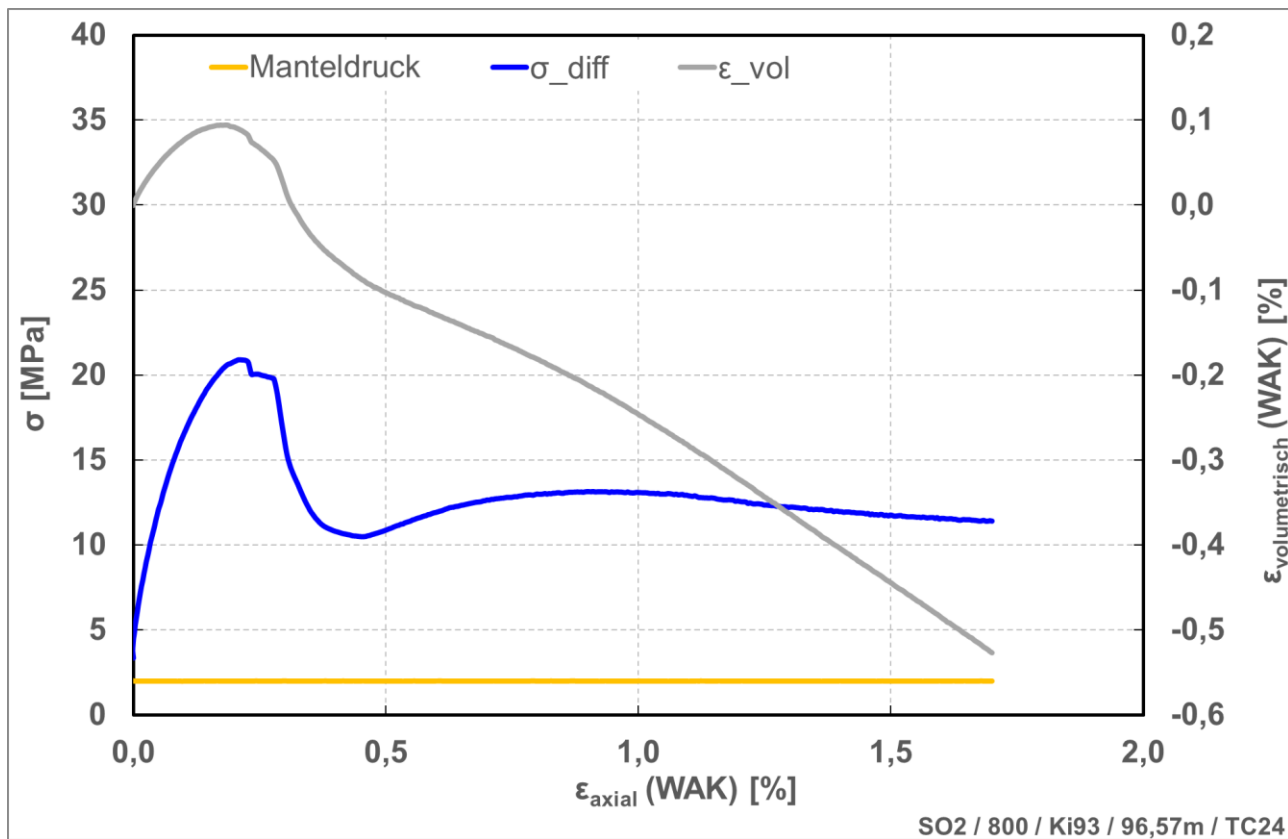
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 227





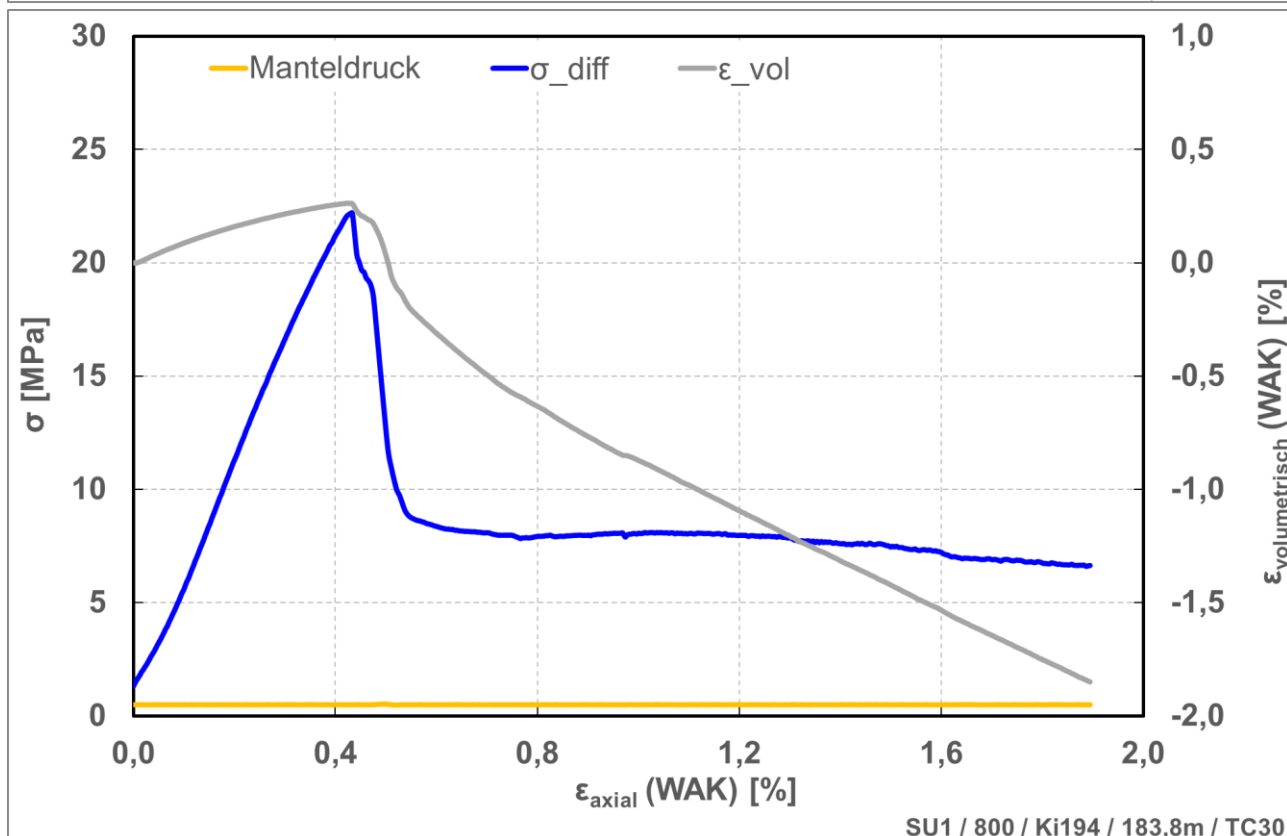
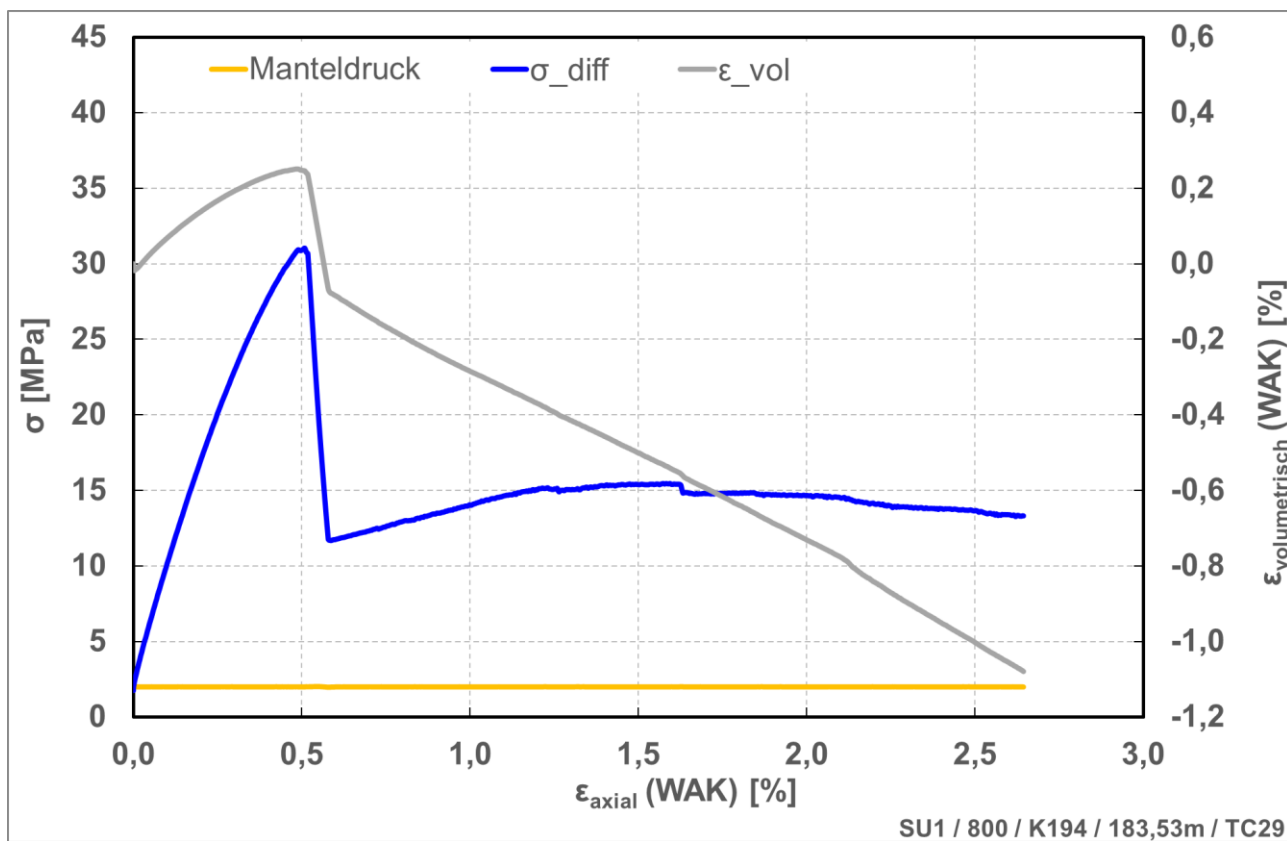
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 228



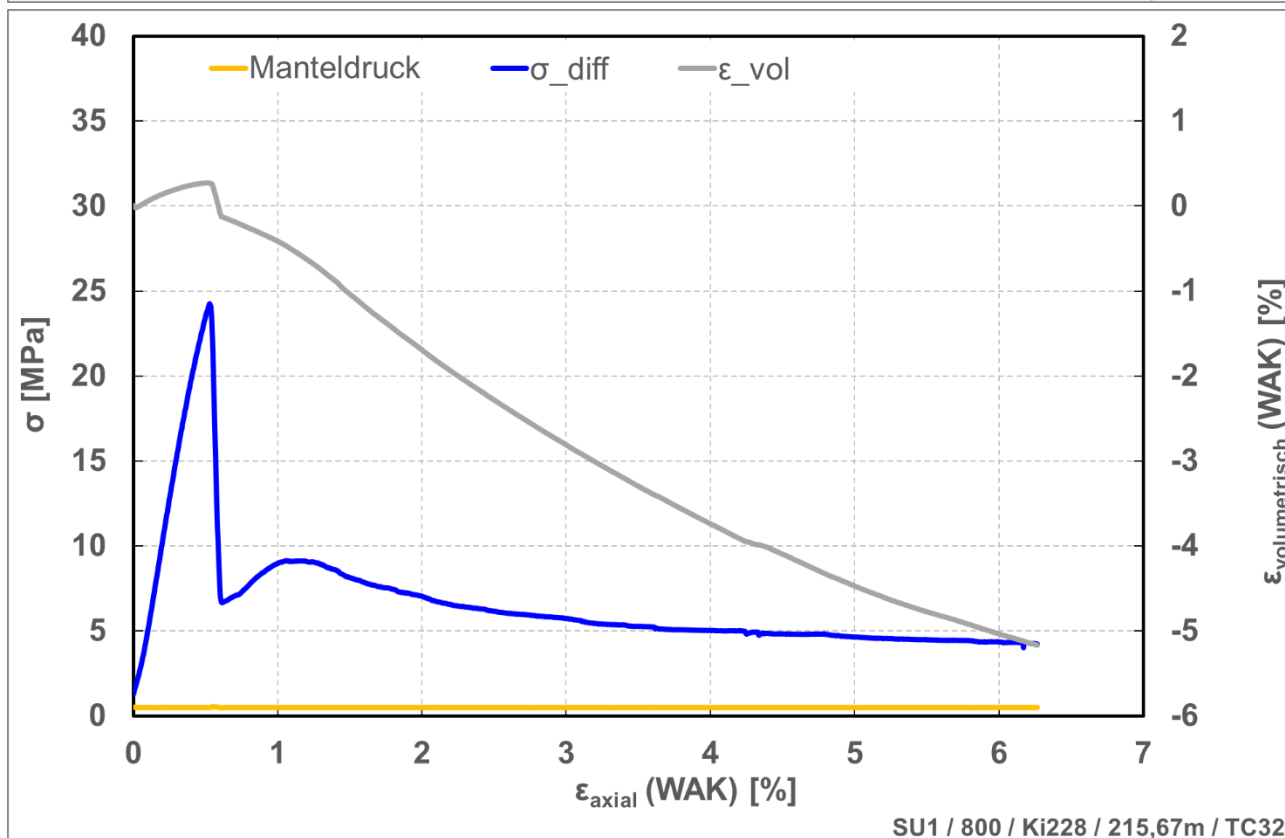
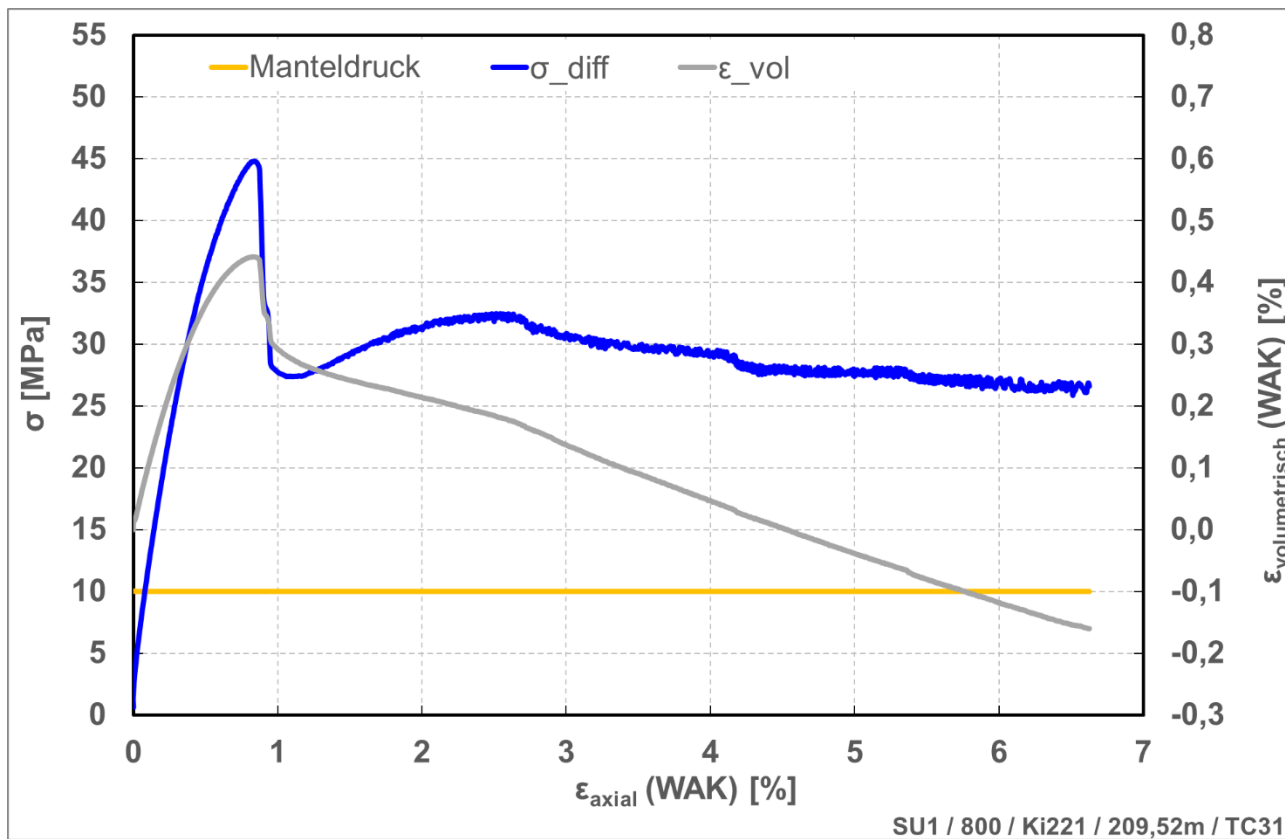
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 229



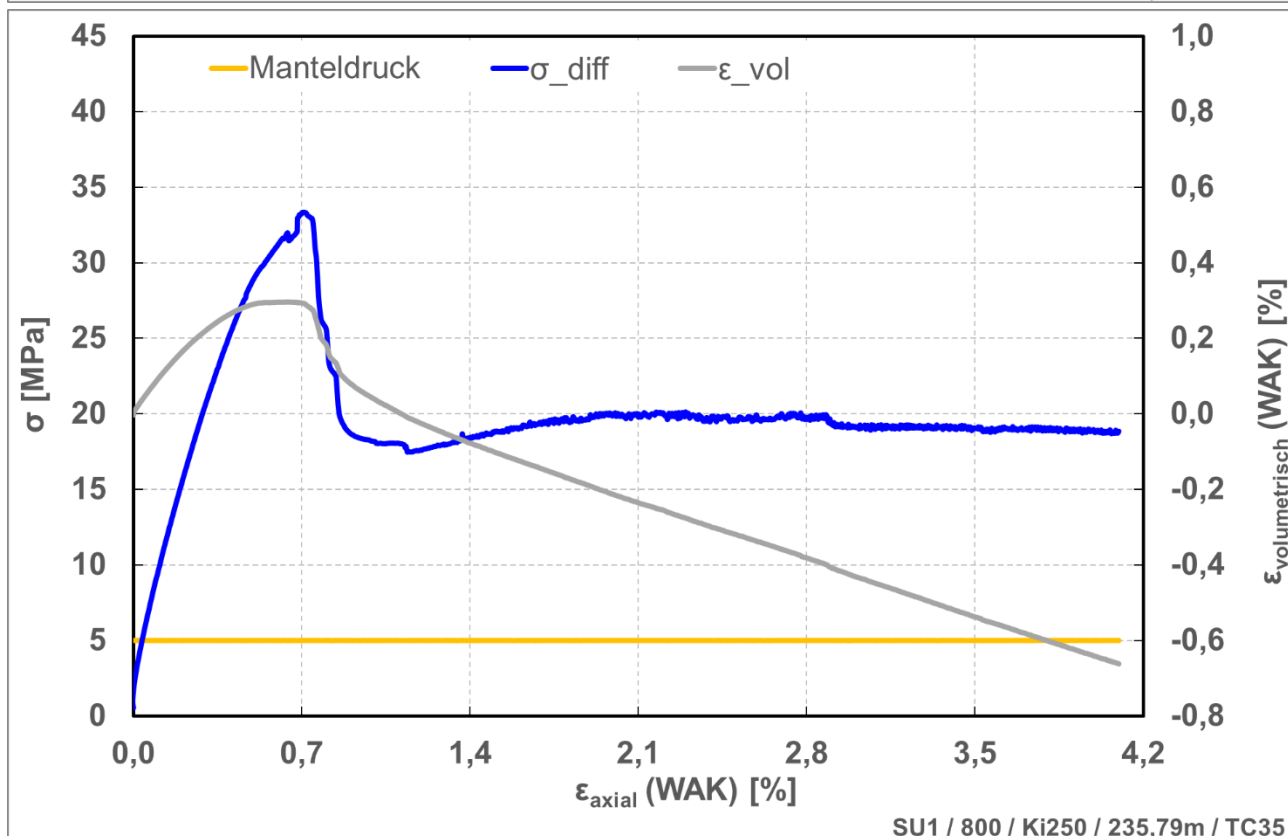
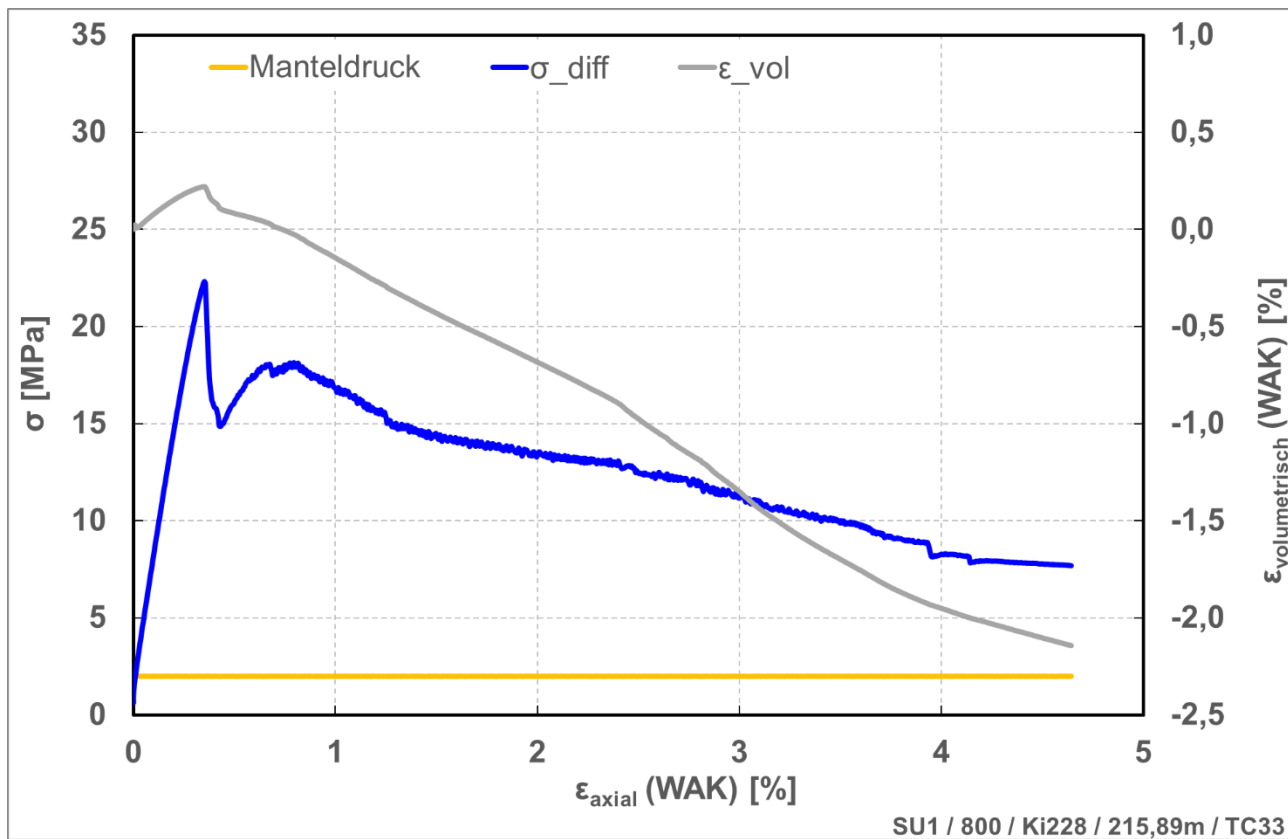
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 230



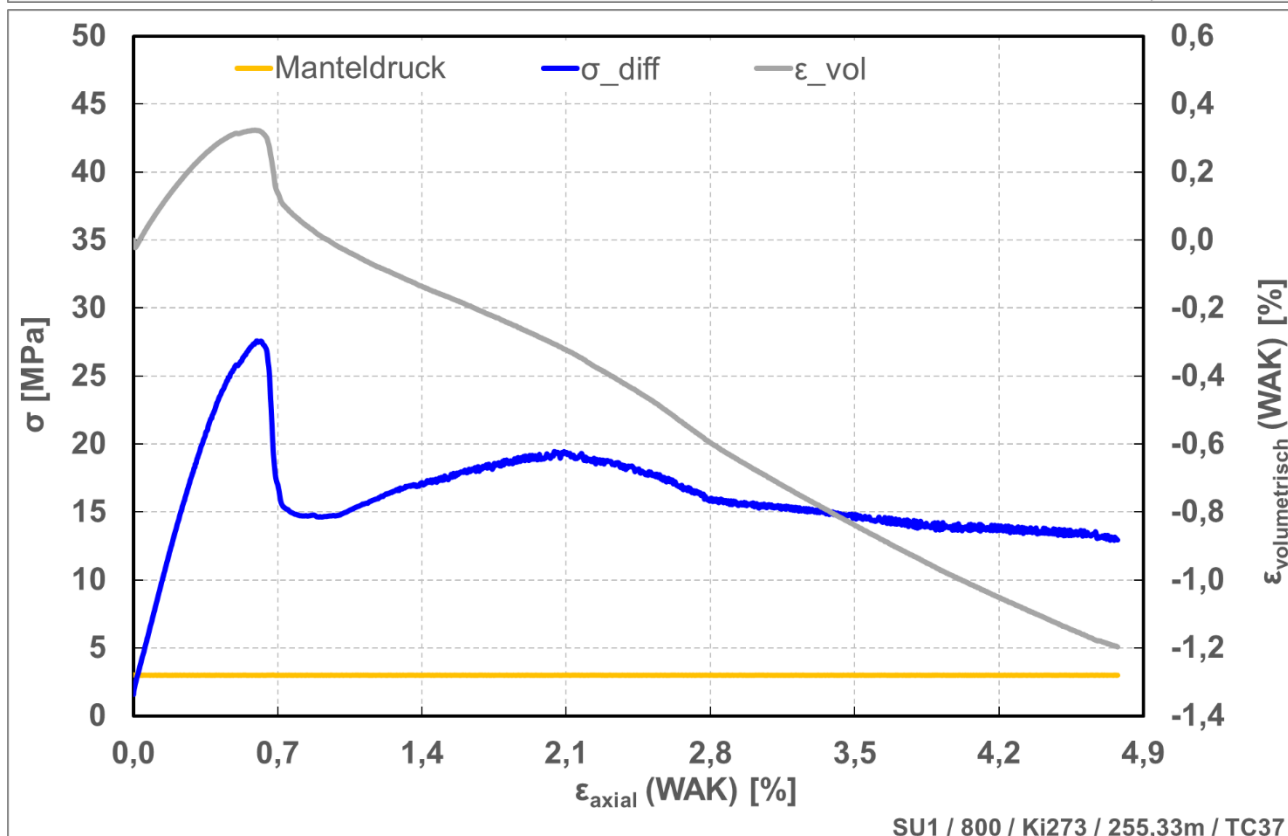
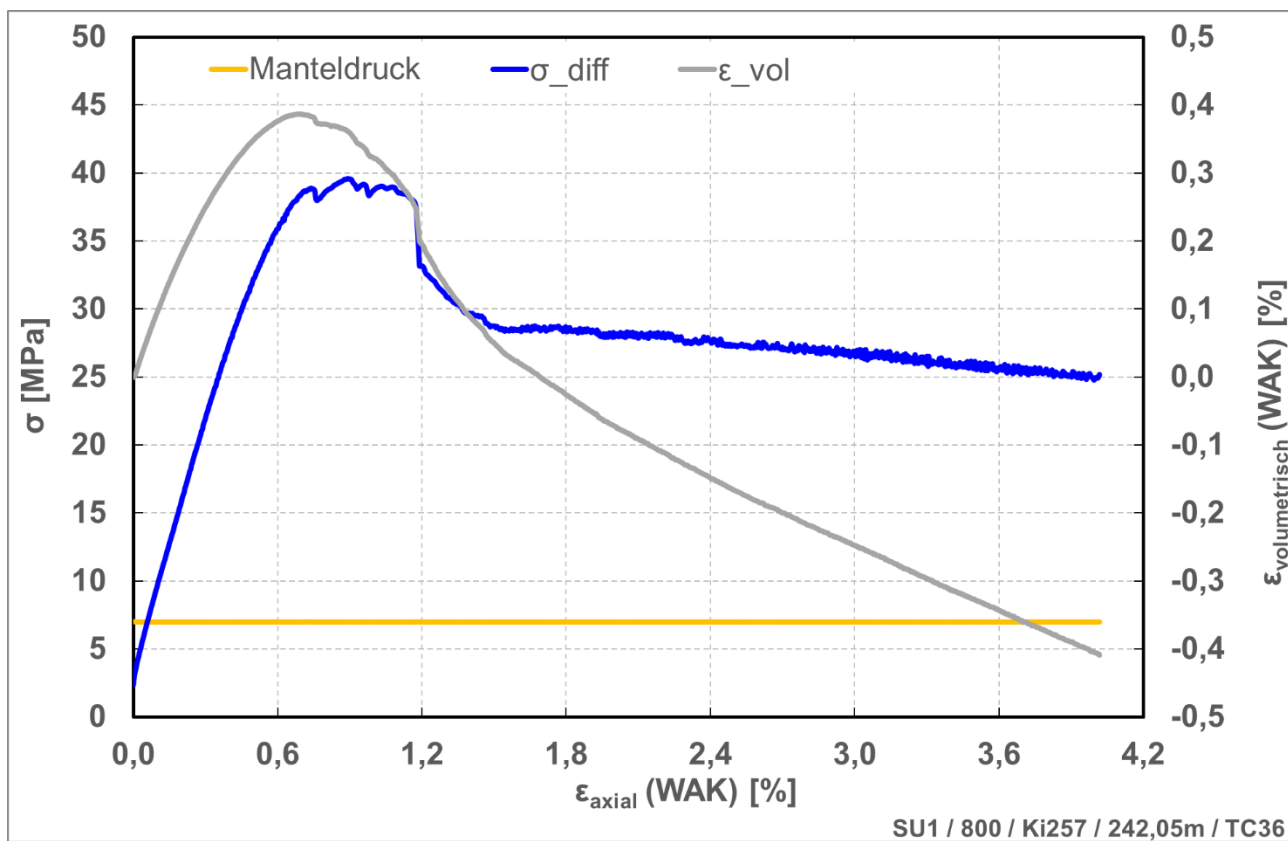
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 231



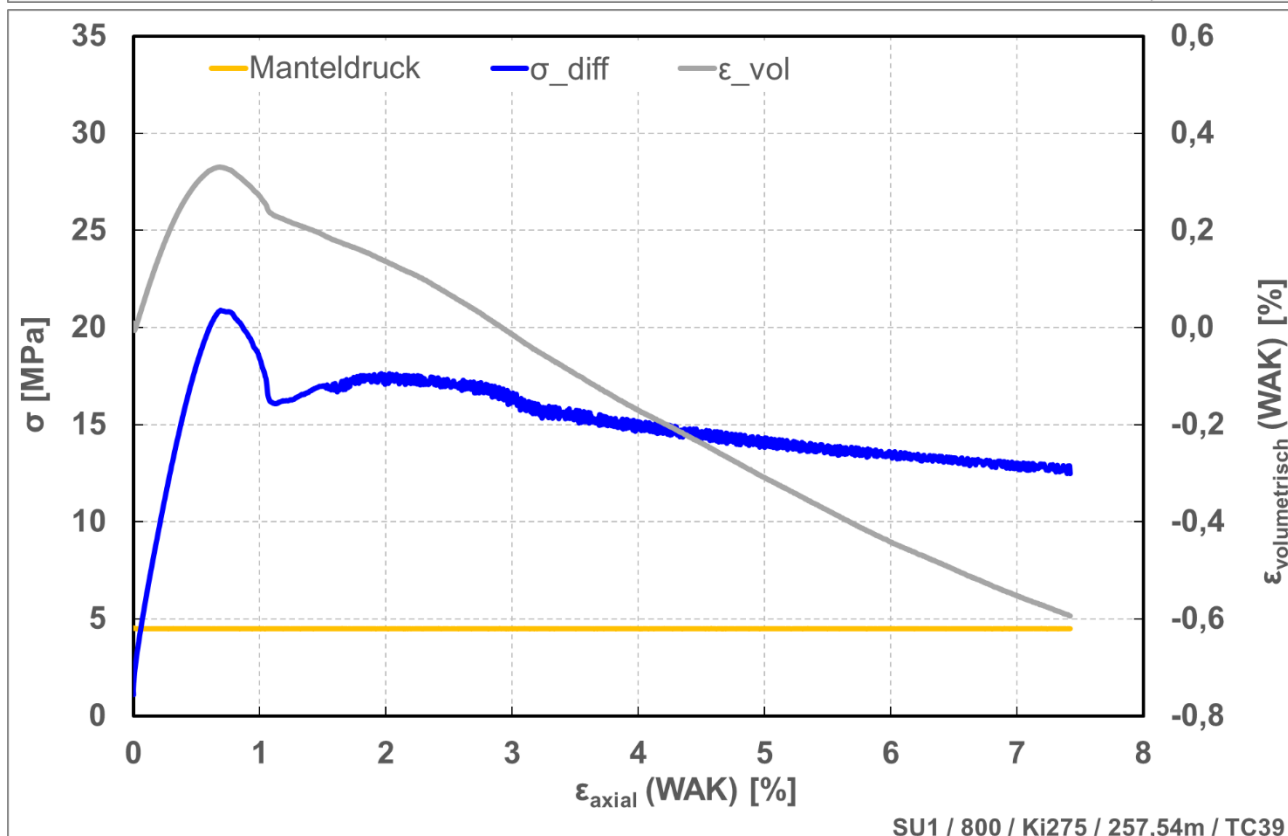
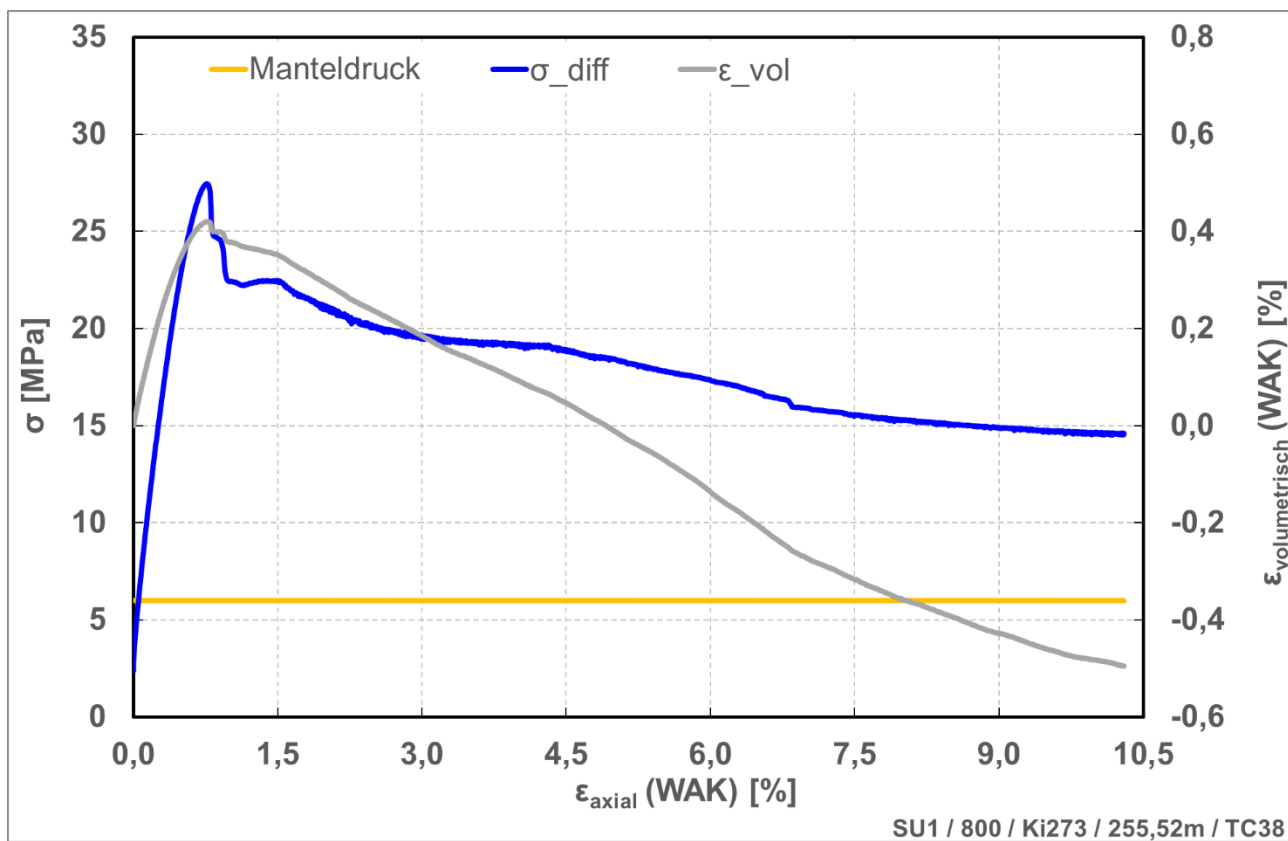
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 232





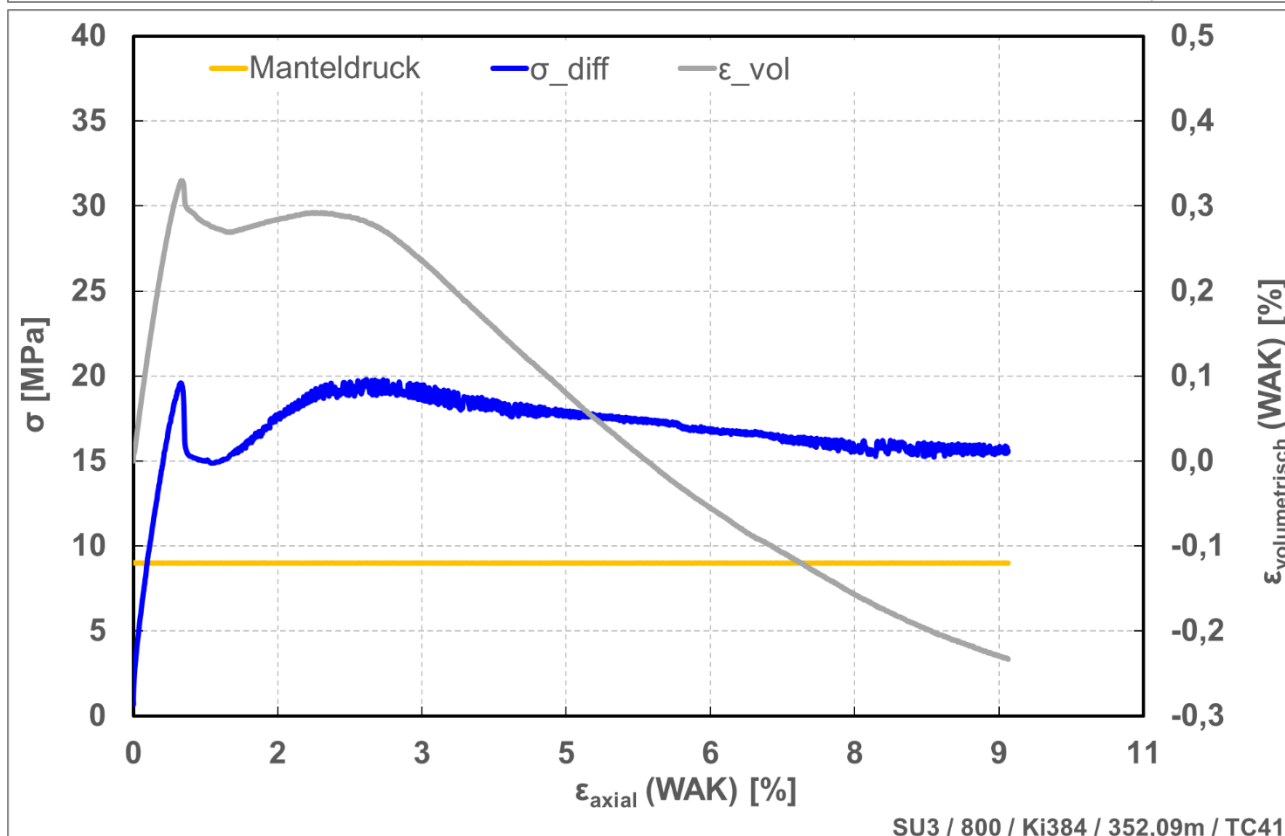
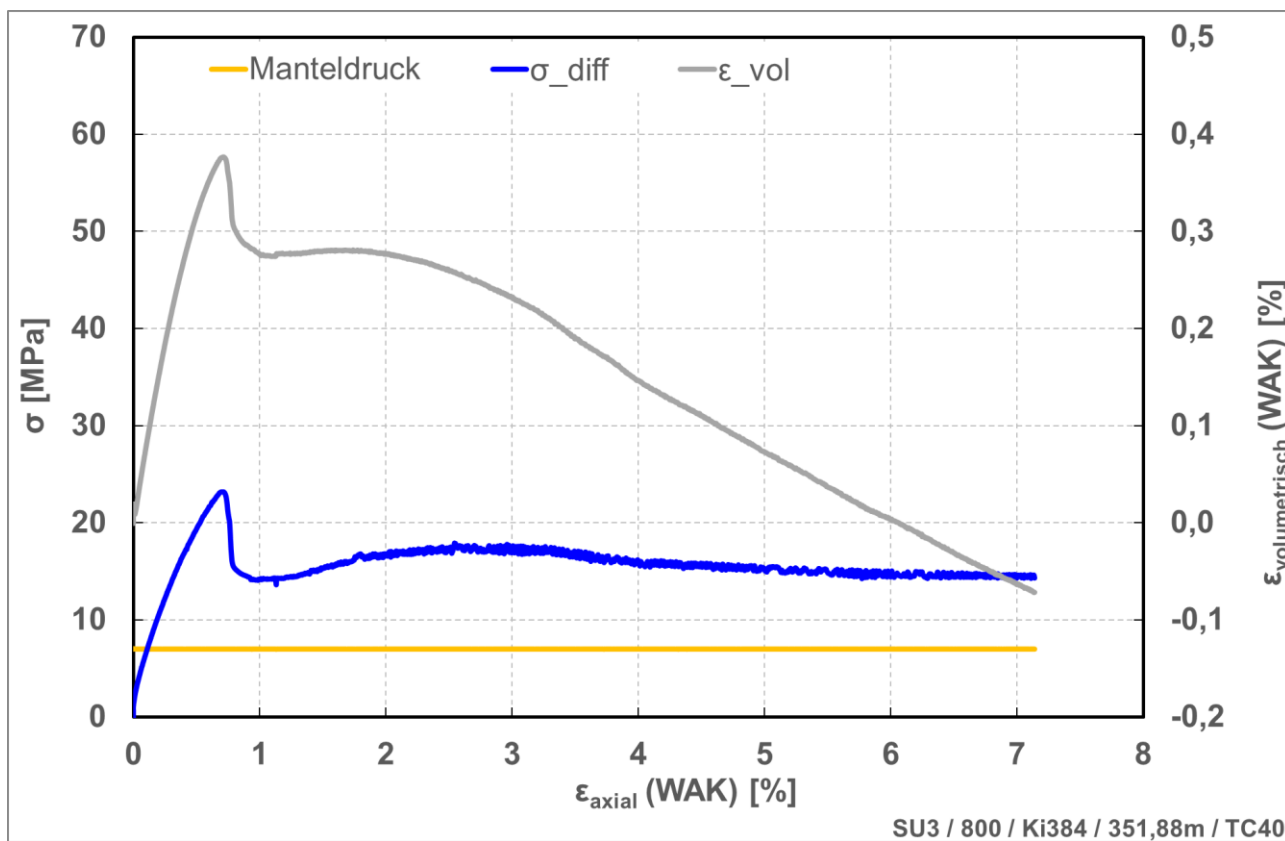
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 233

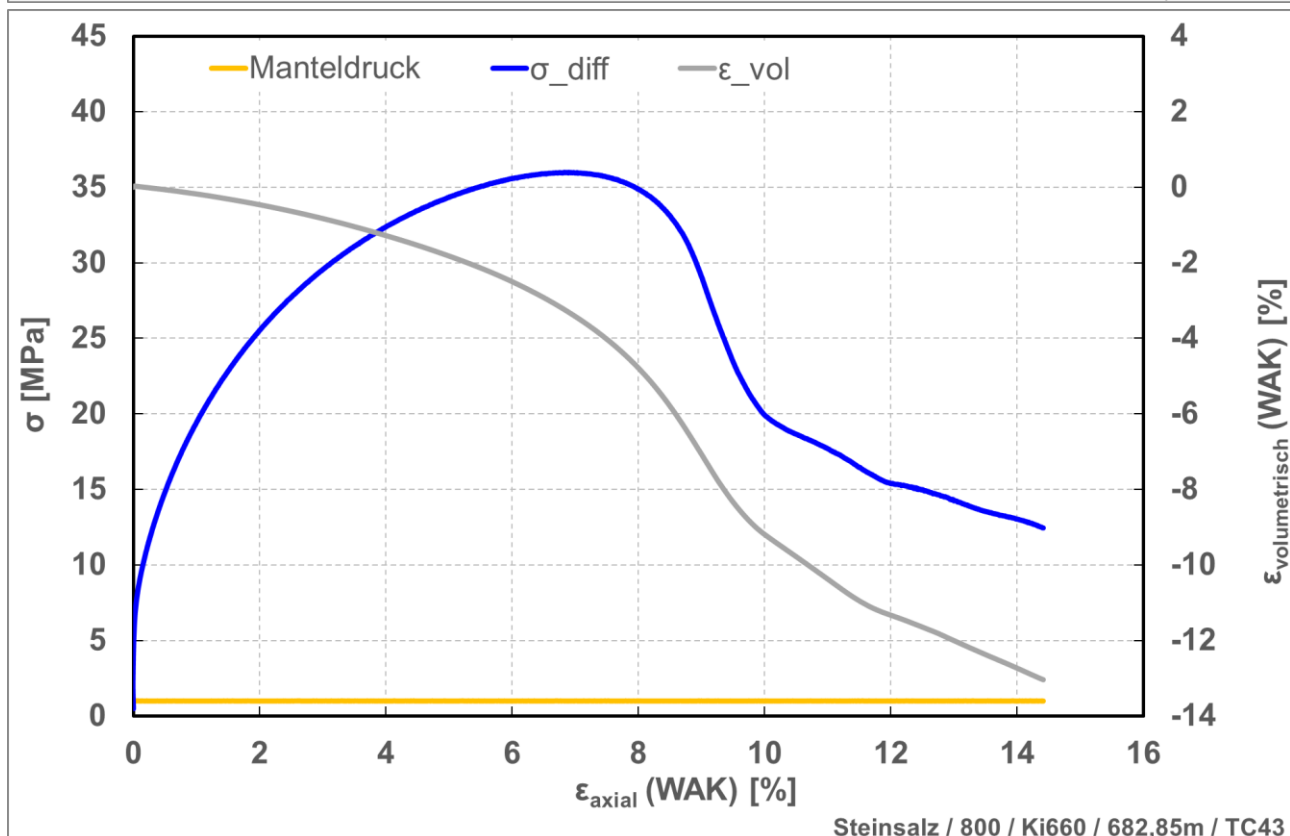
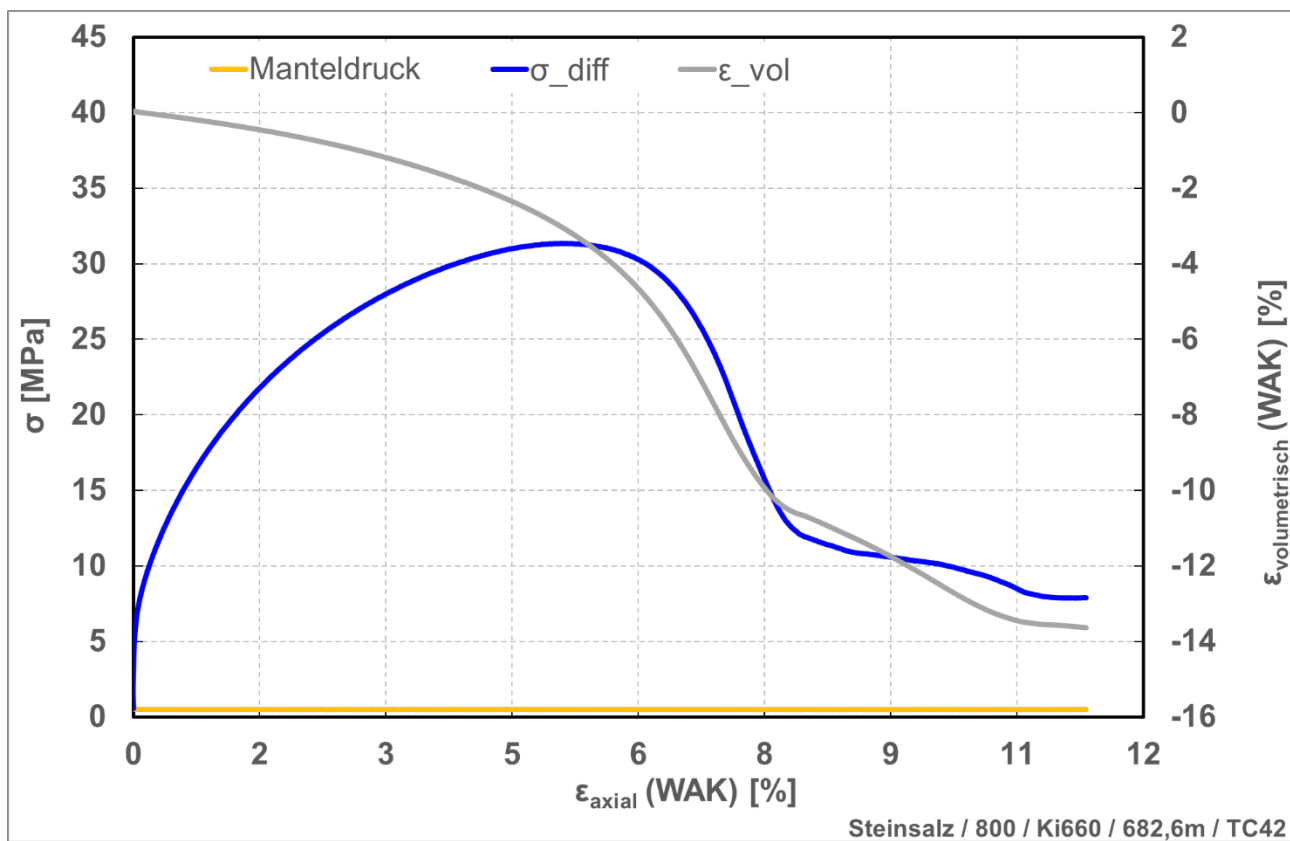


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 234



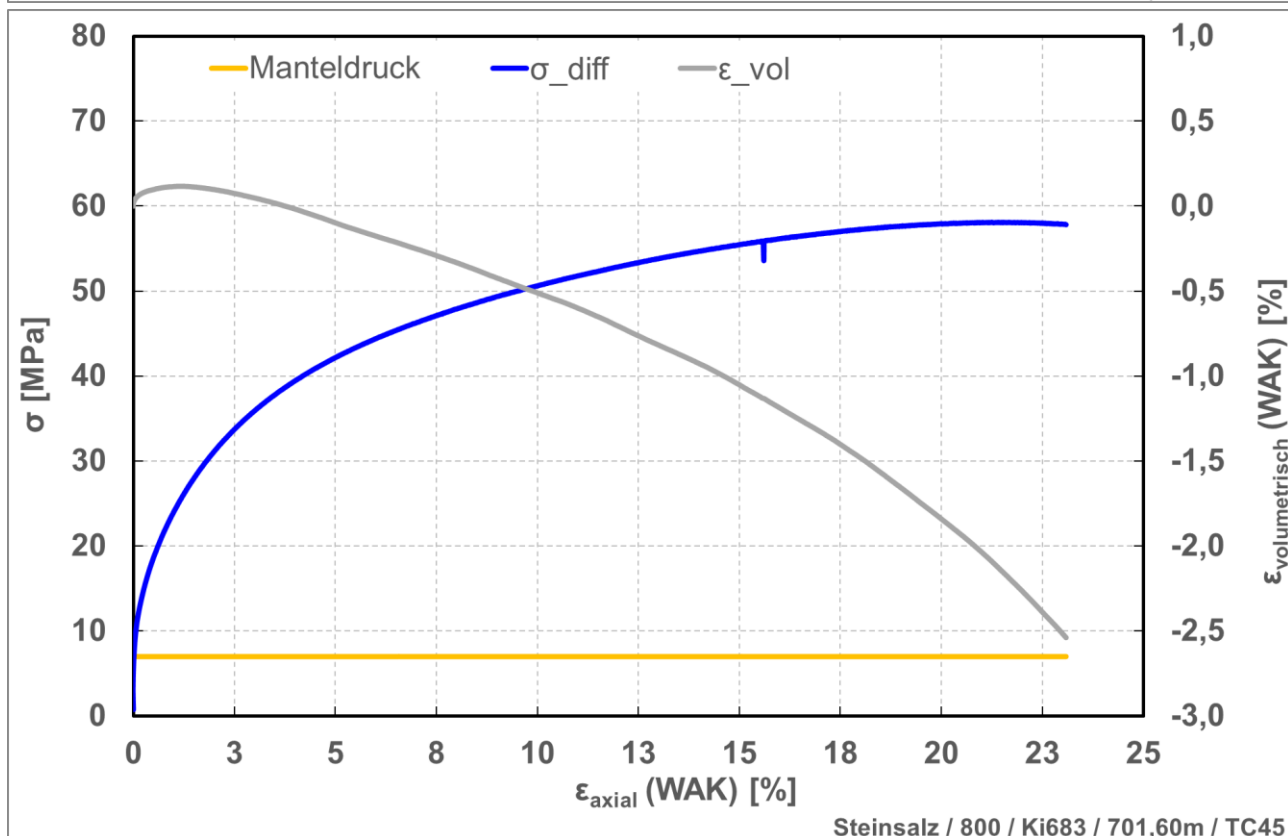
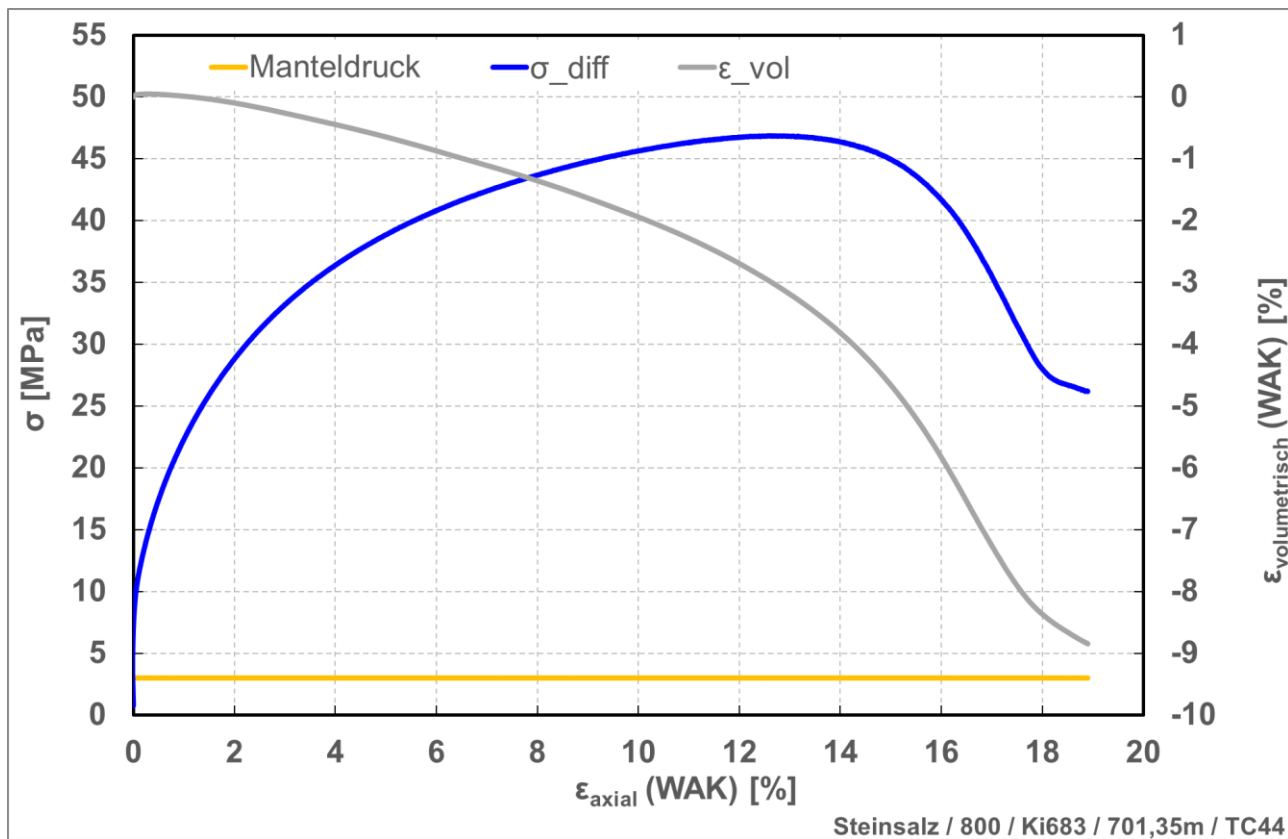
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 235



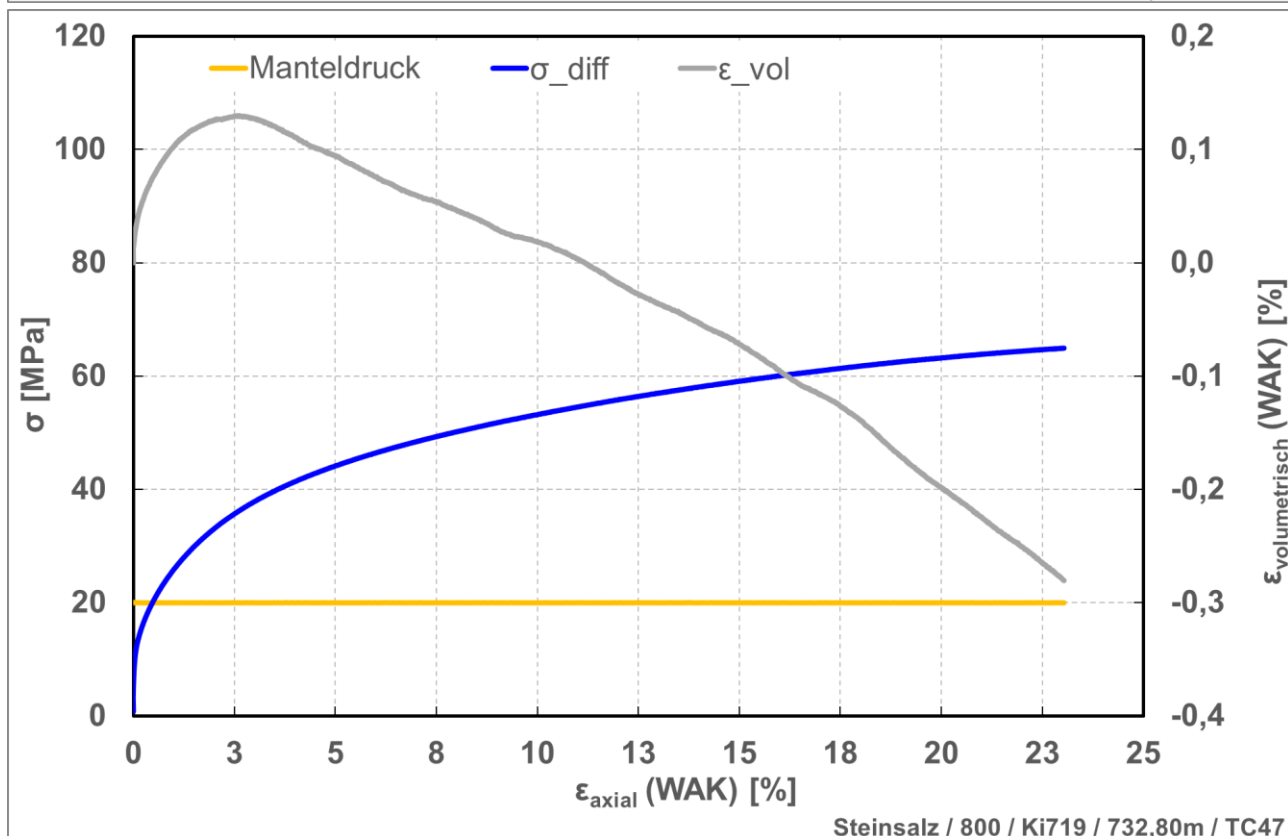
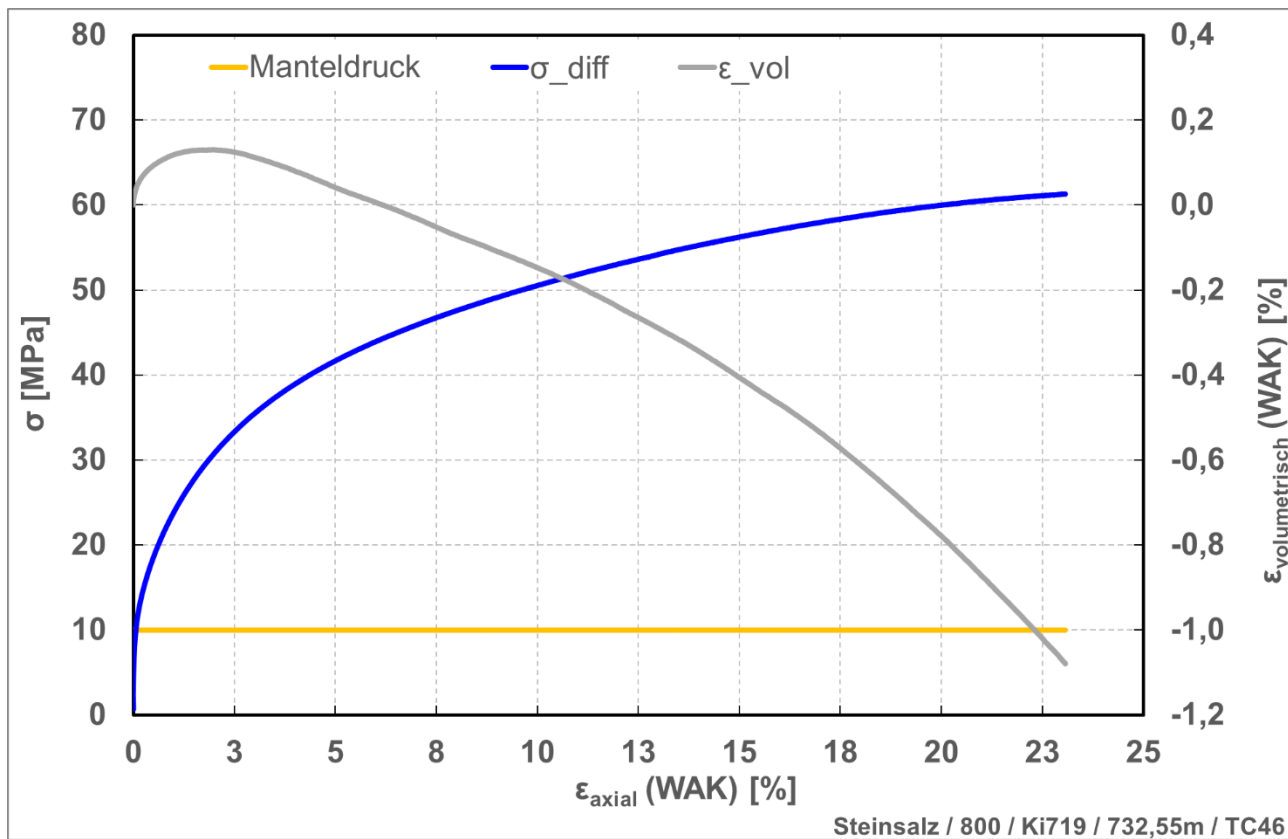
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 236



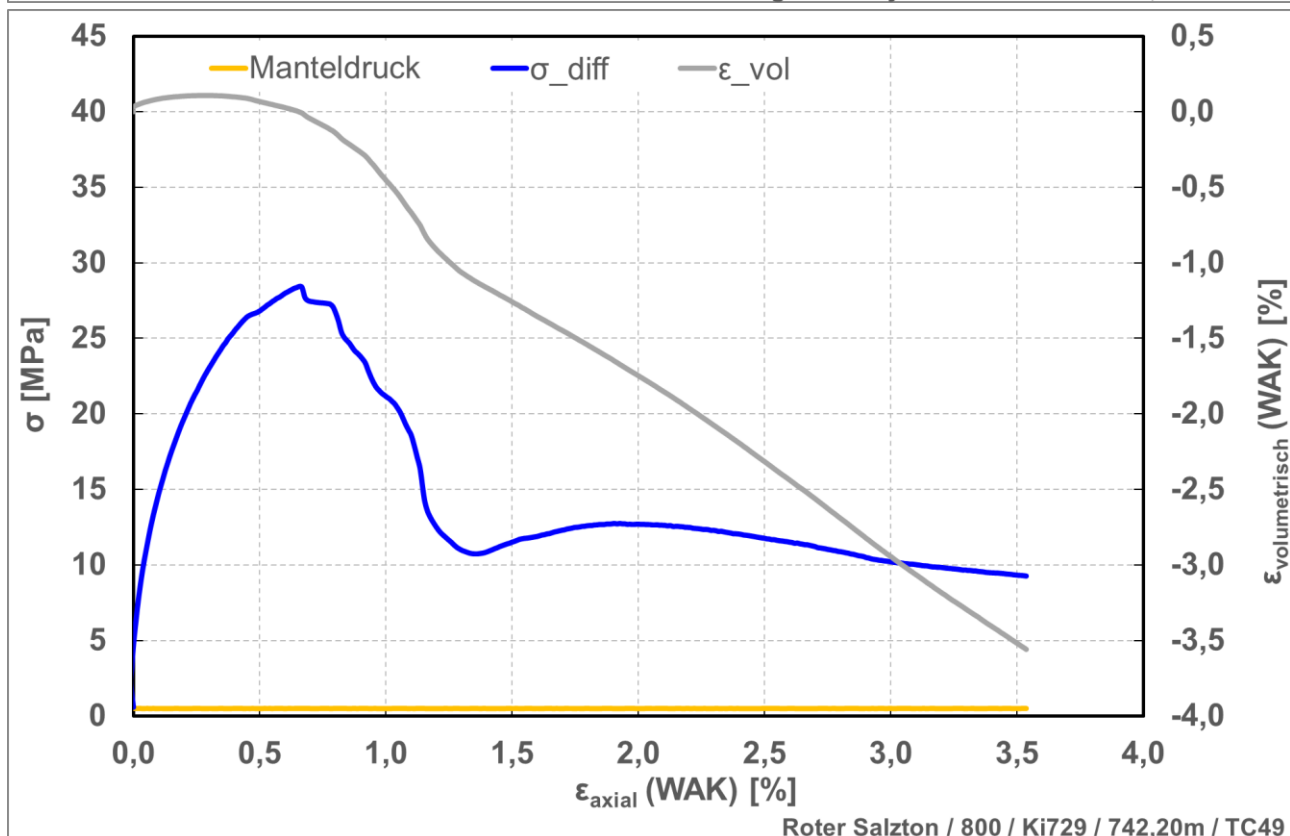
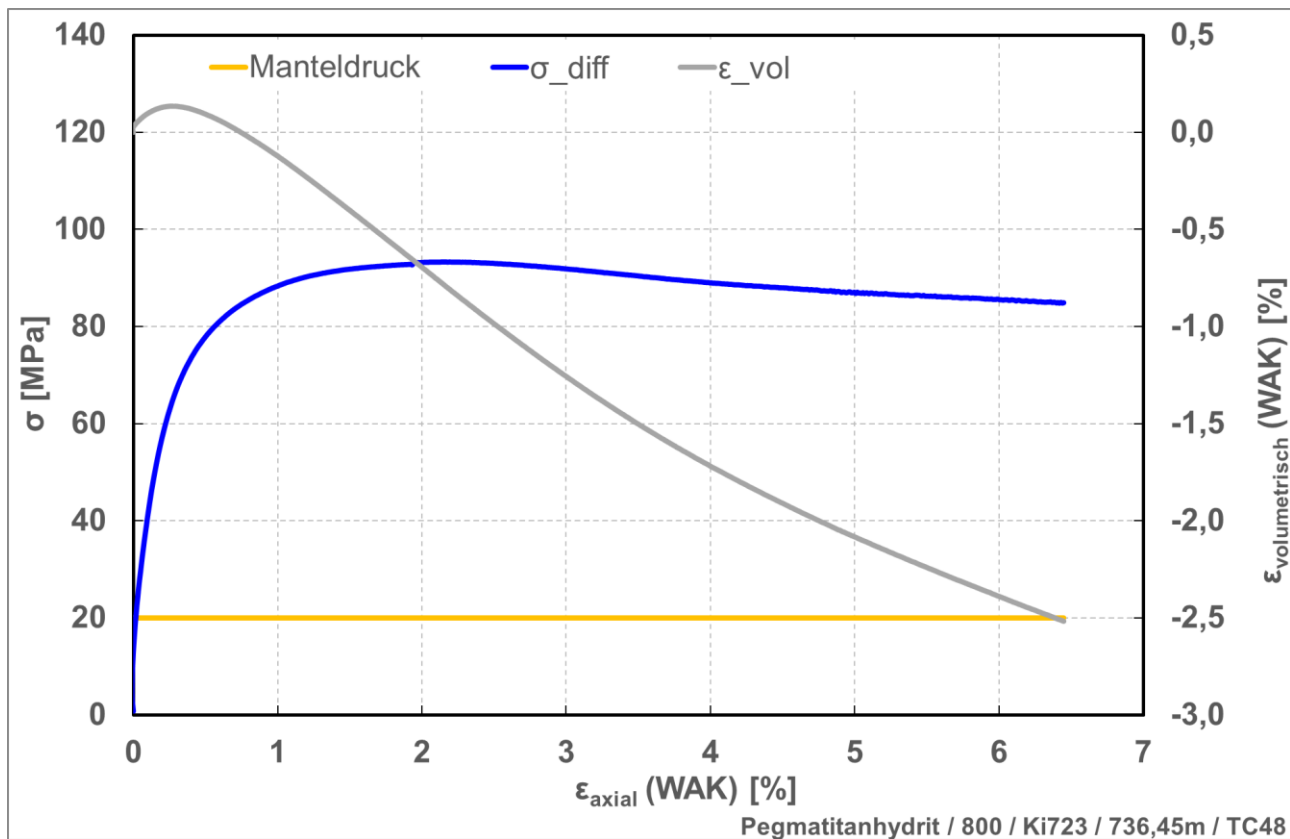
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 237





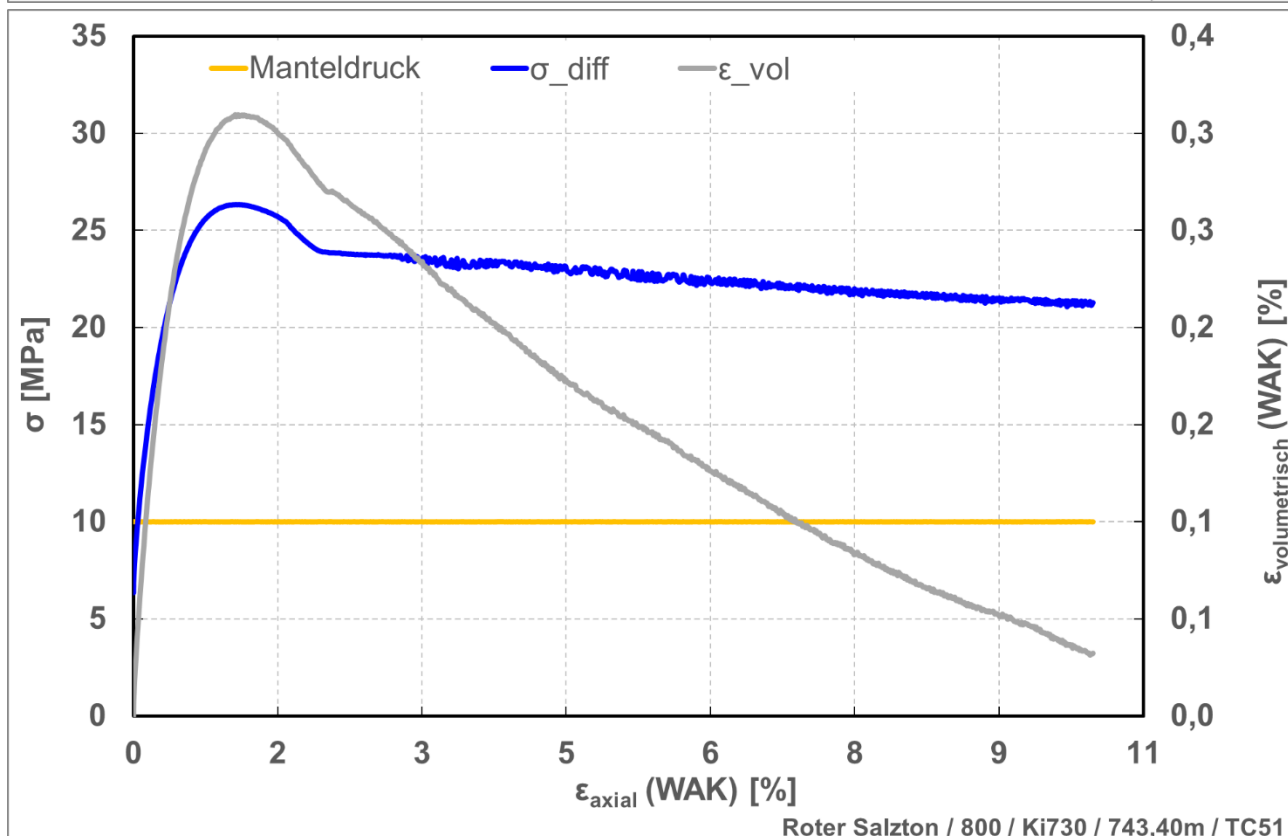
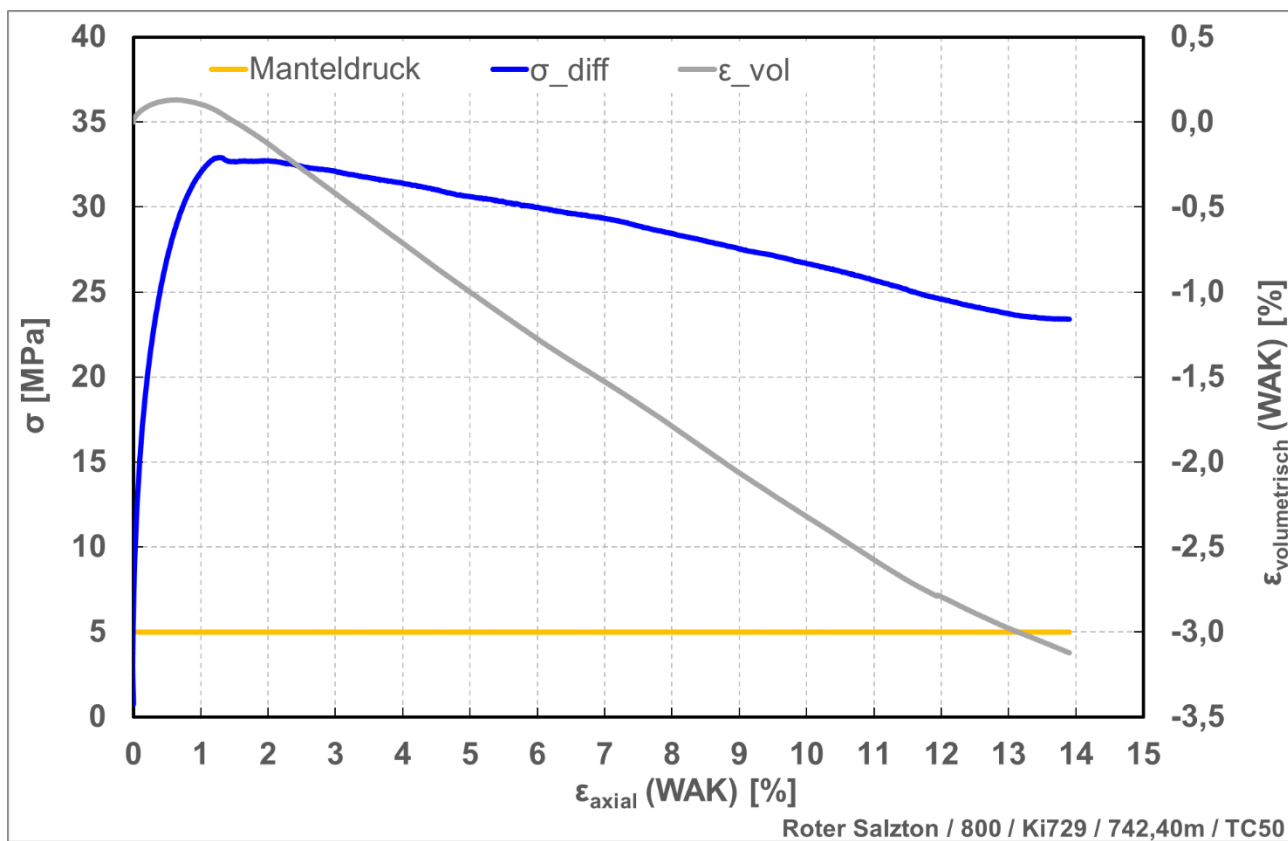
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 238



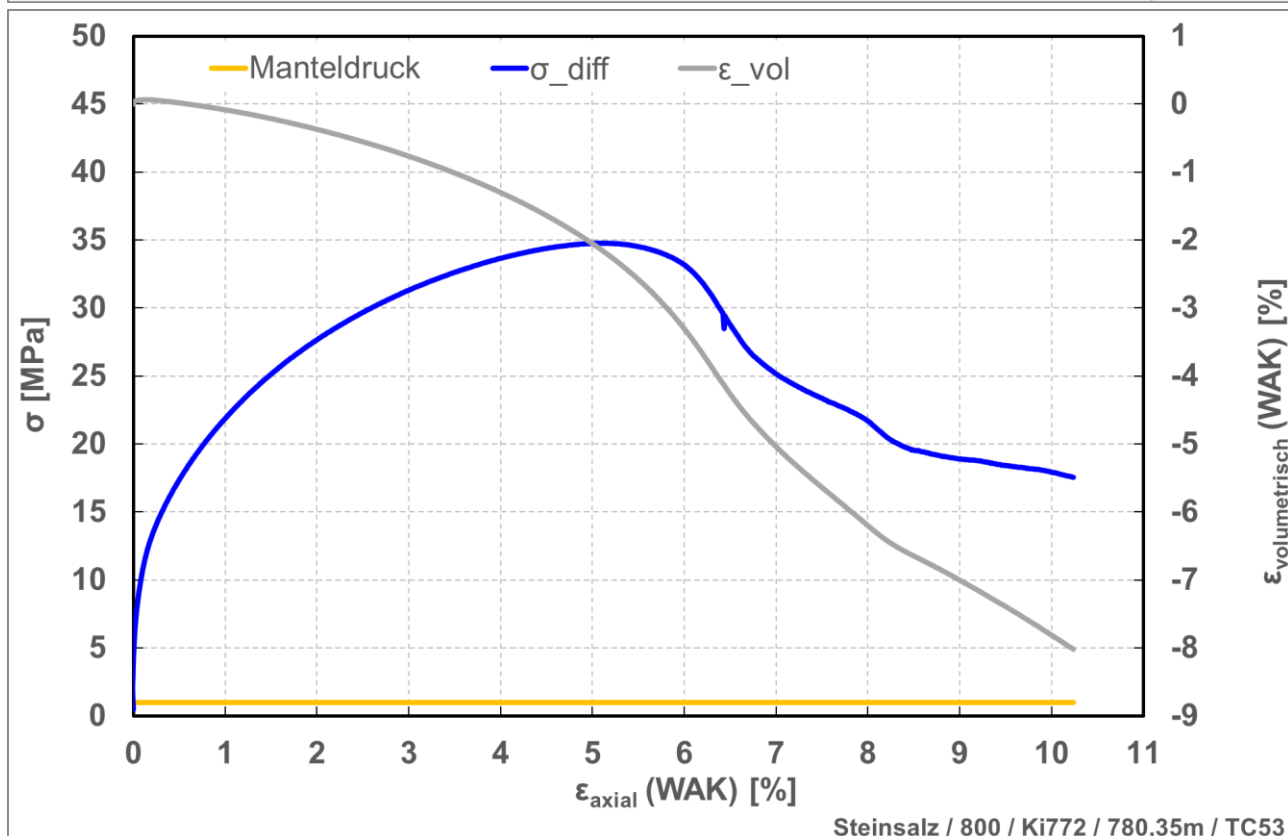
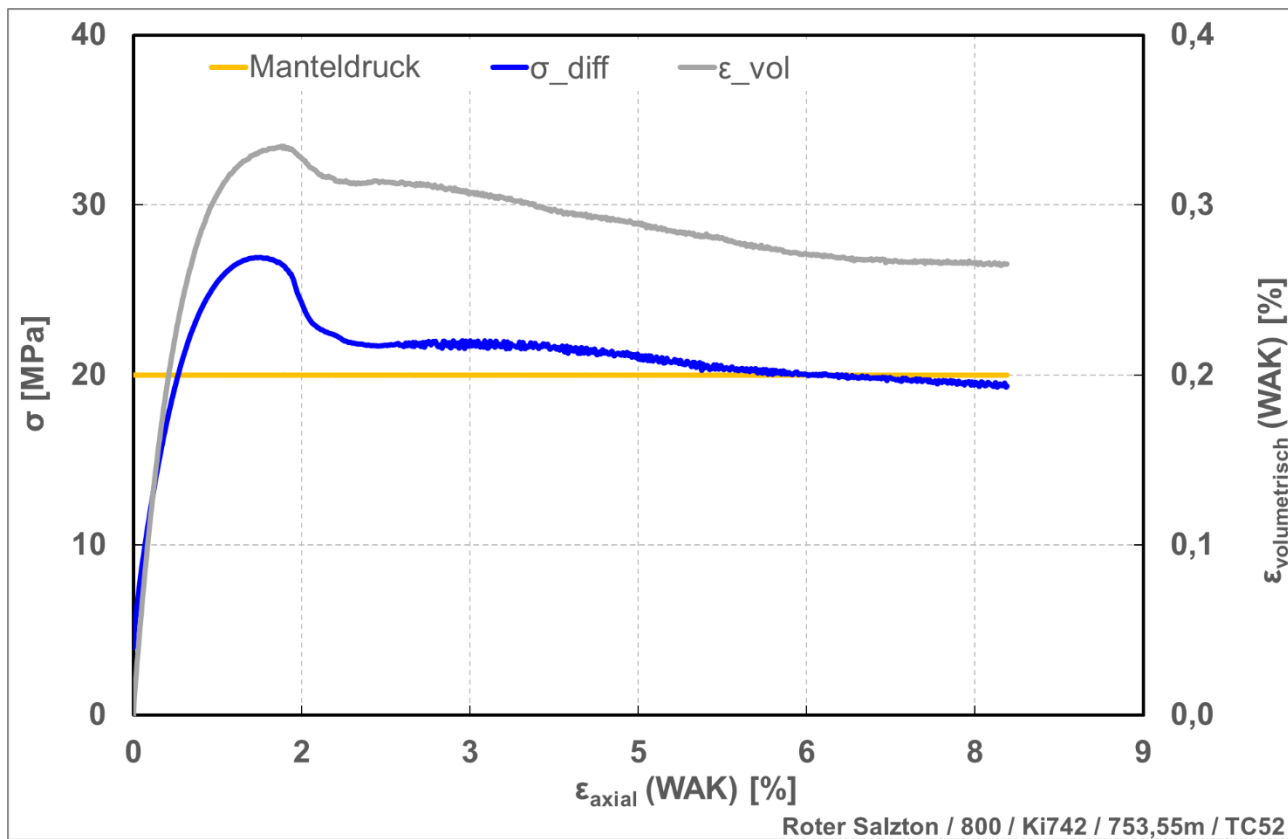
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 239



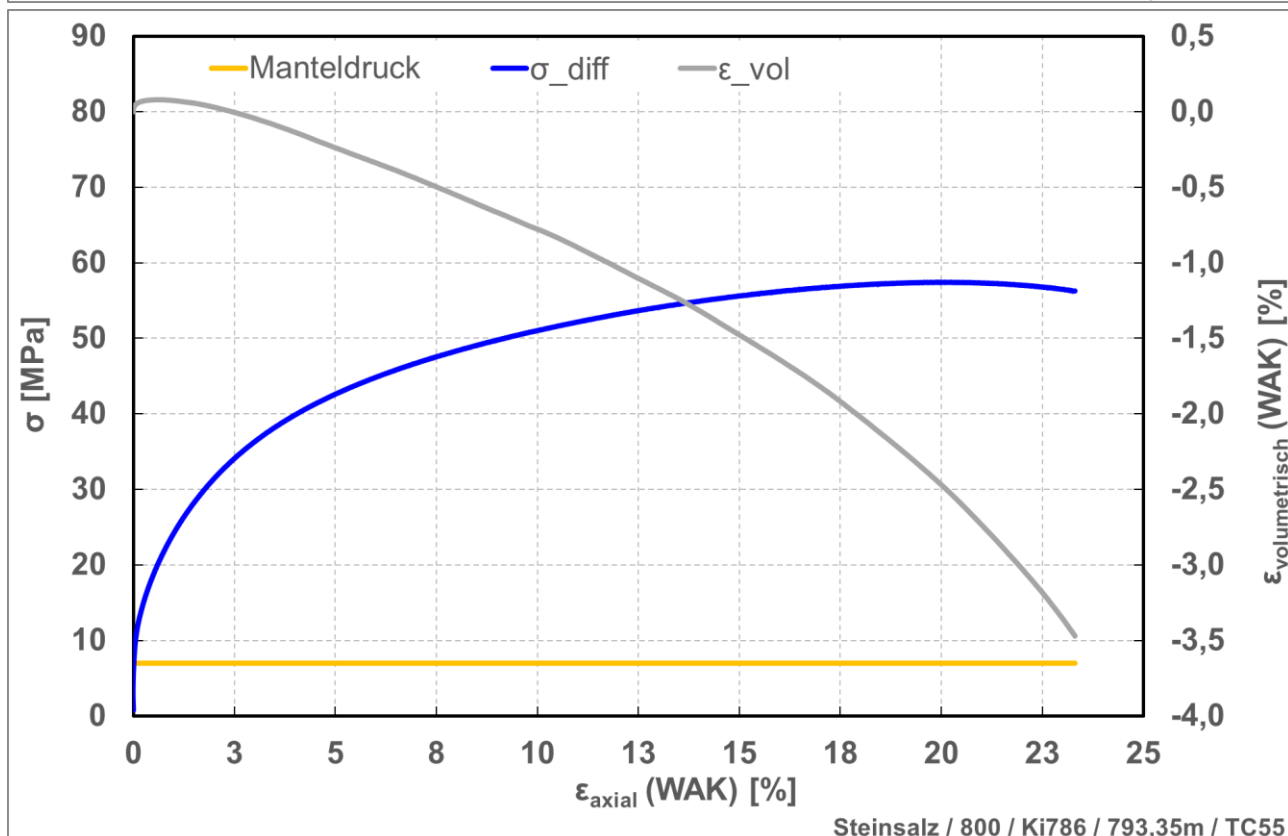
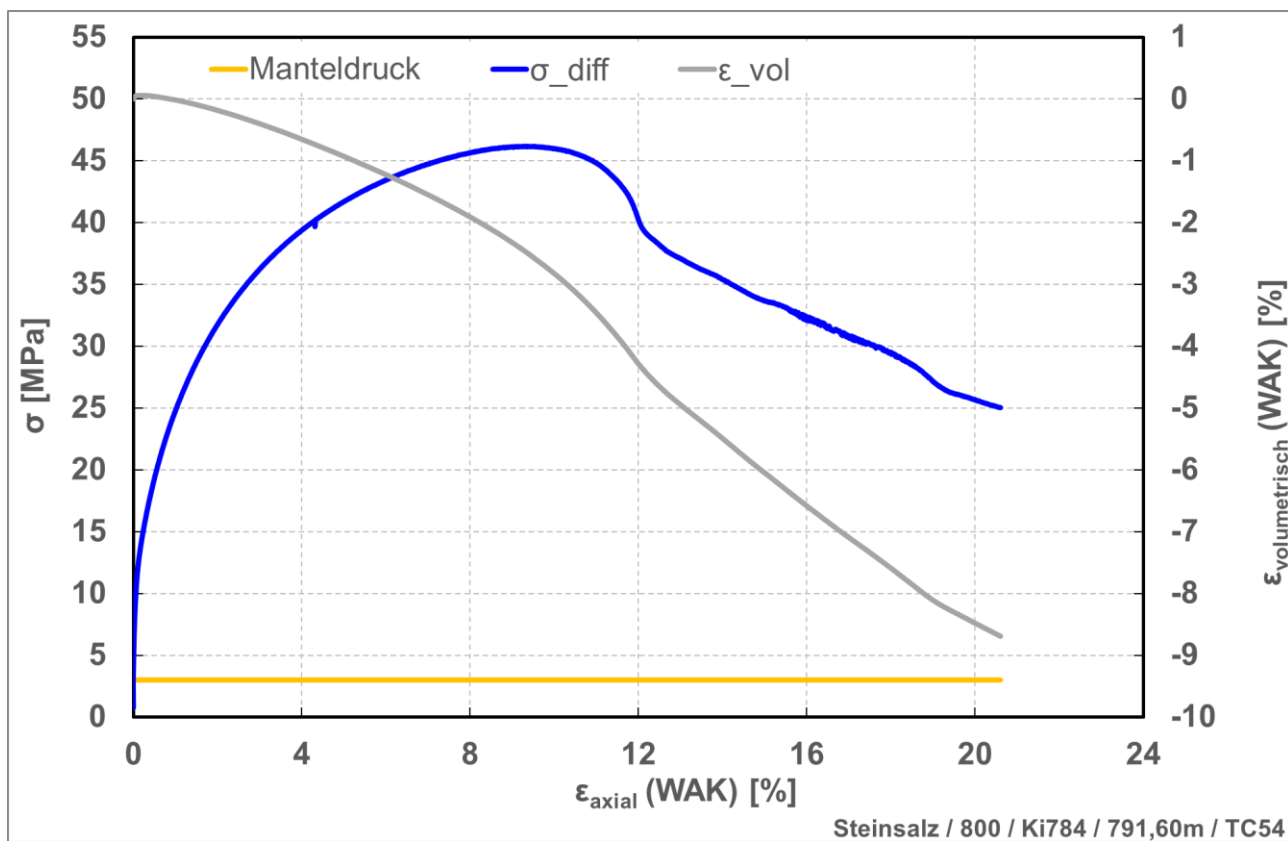
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 240



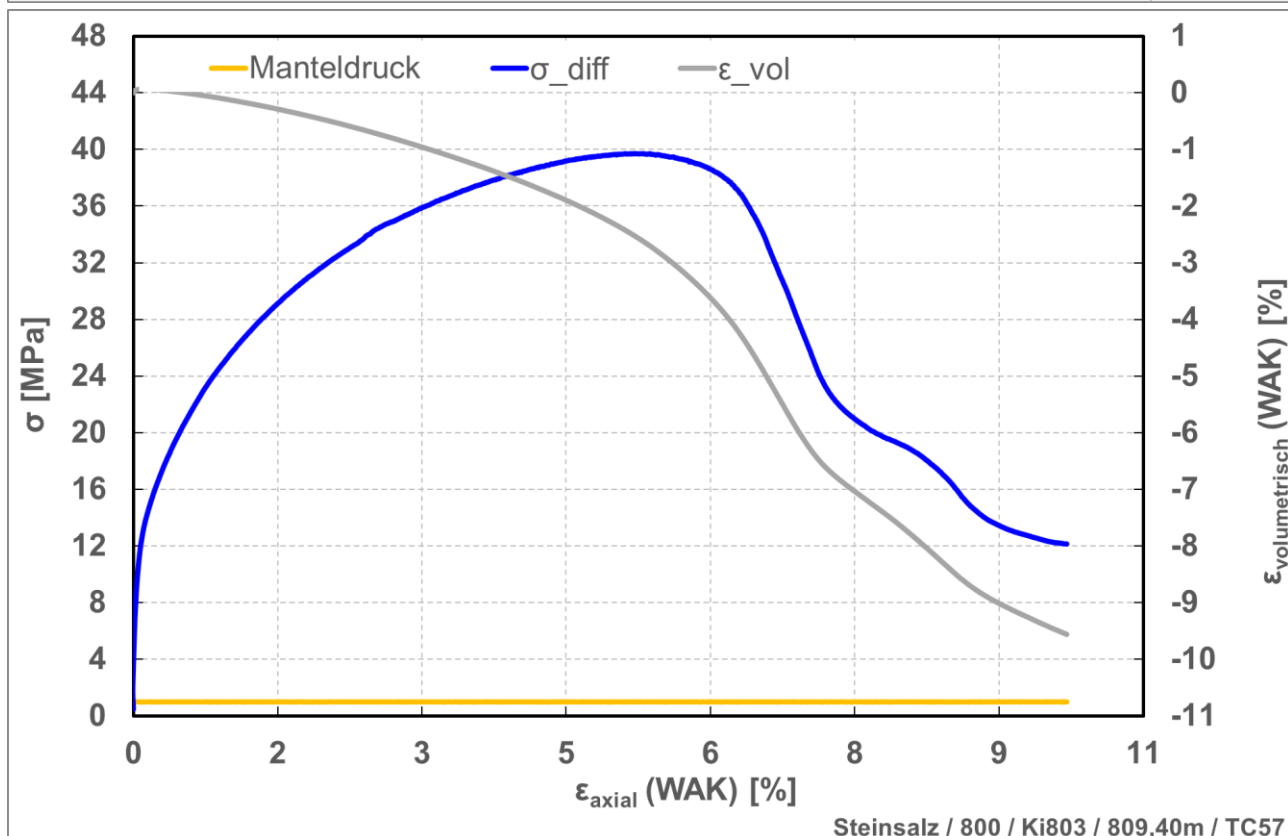
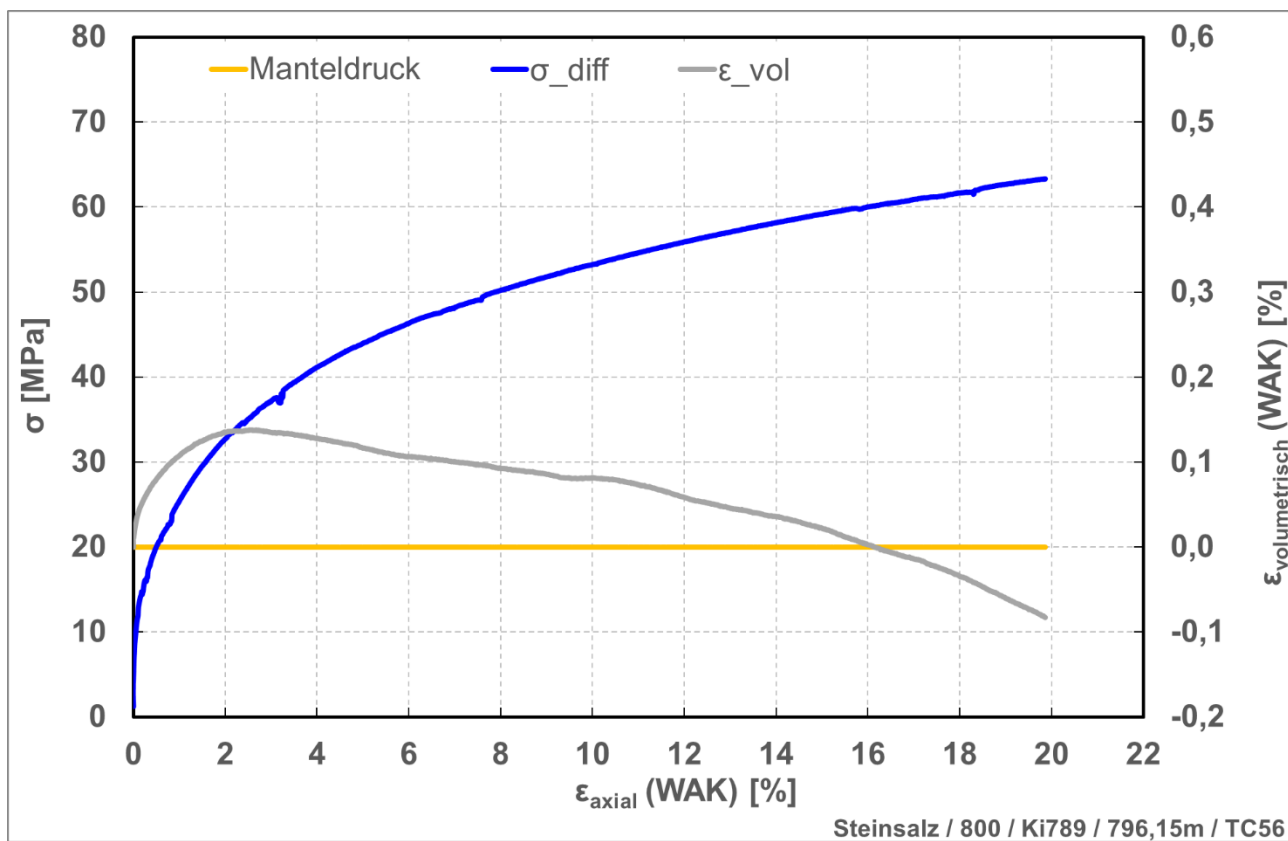
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 241



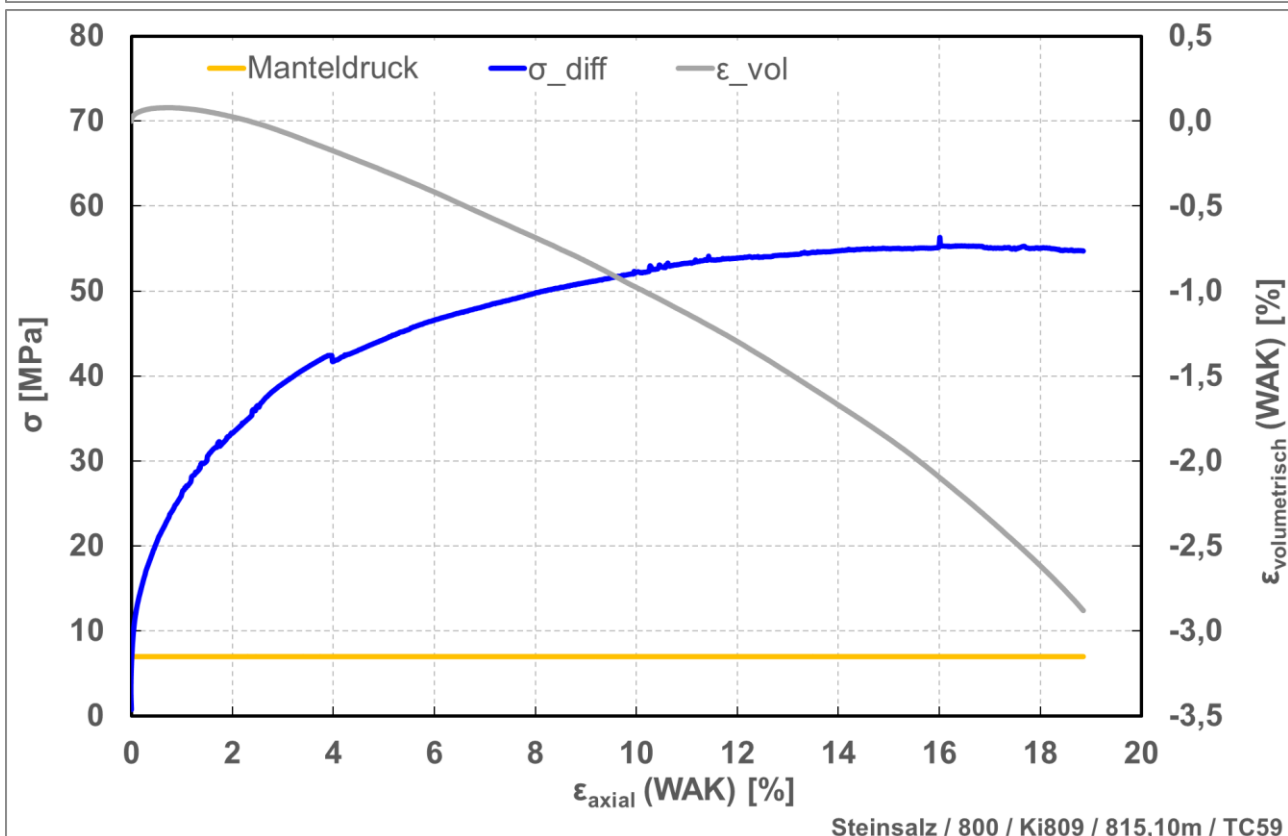
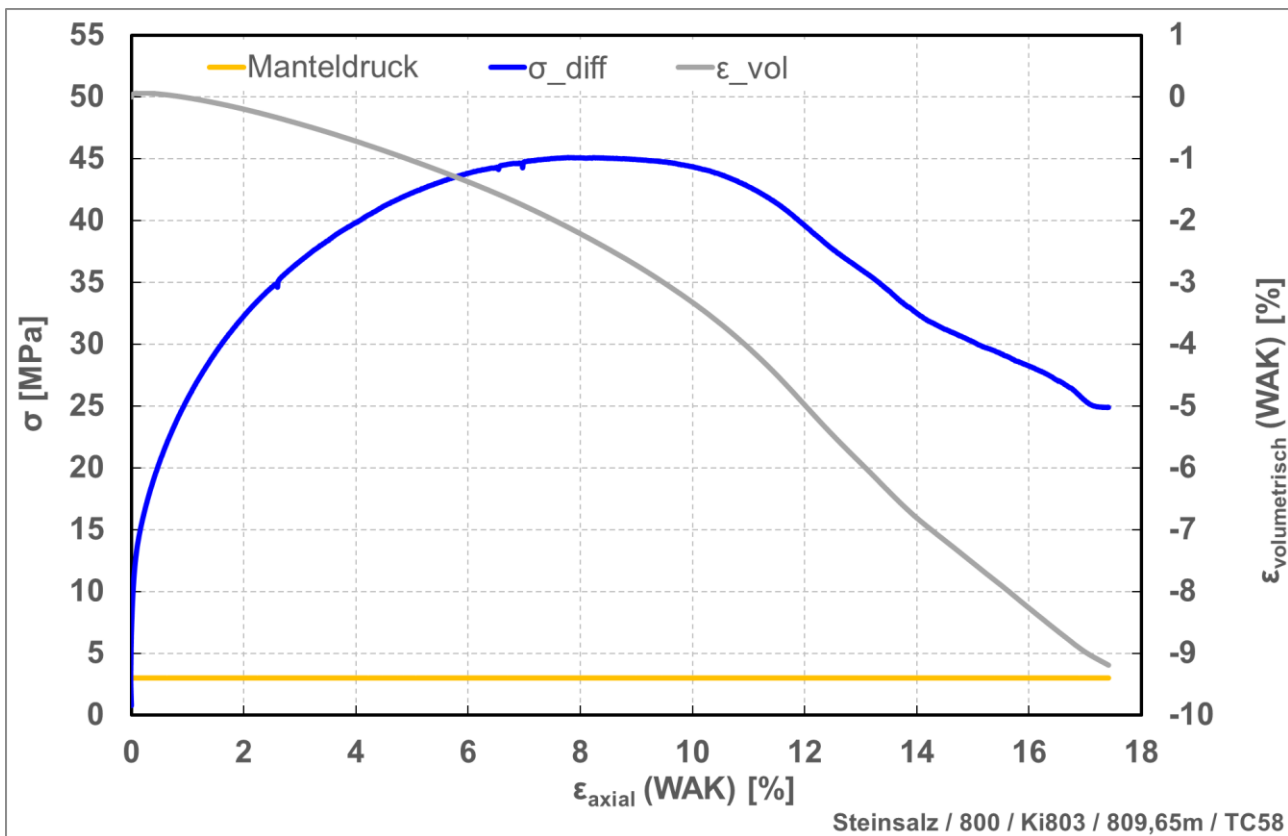
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 242





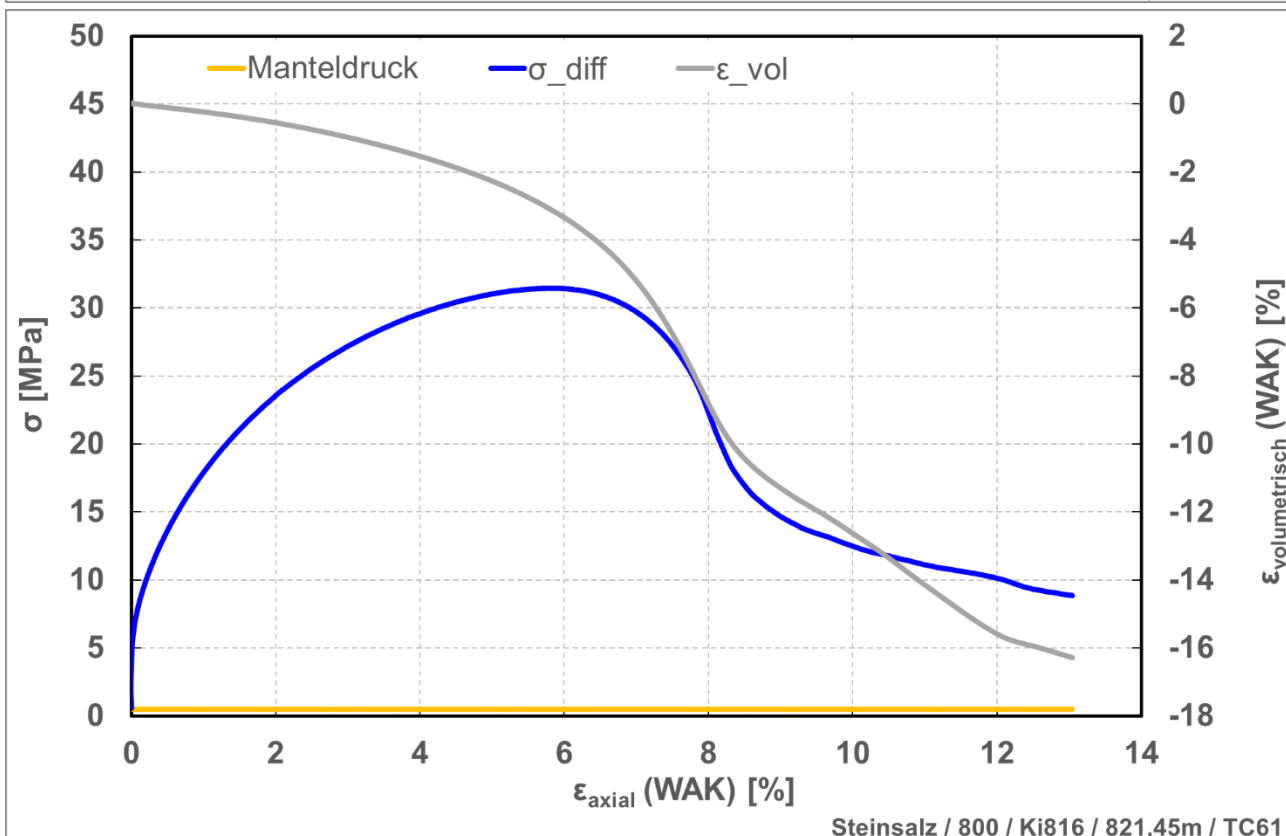
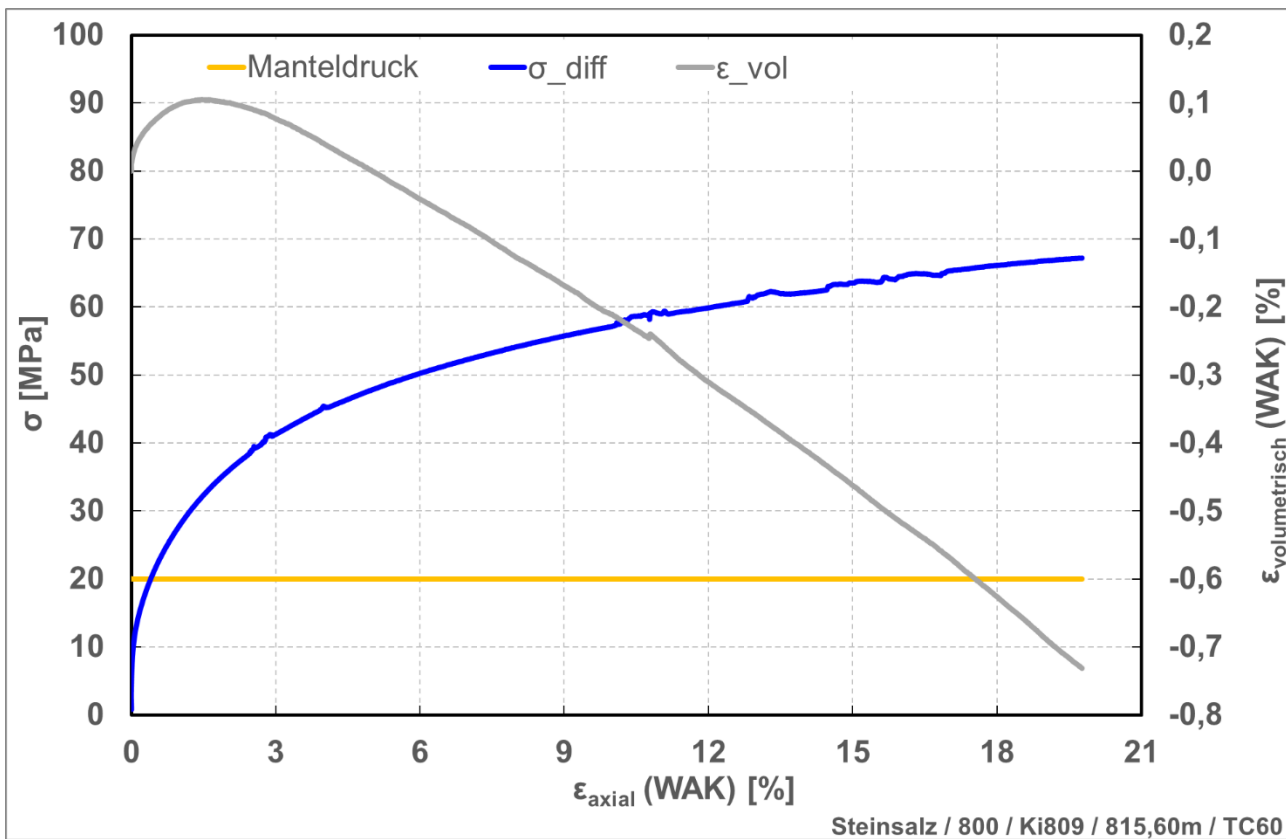
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 243



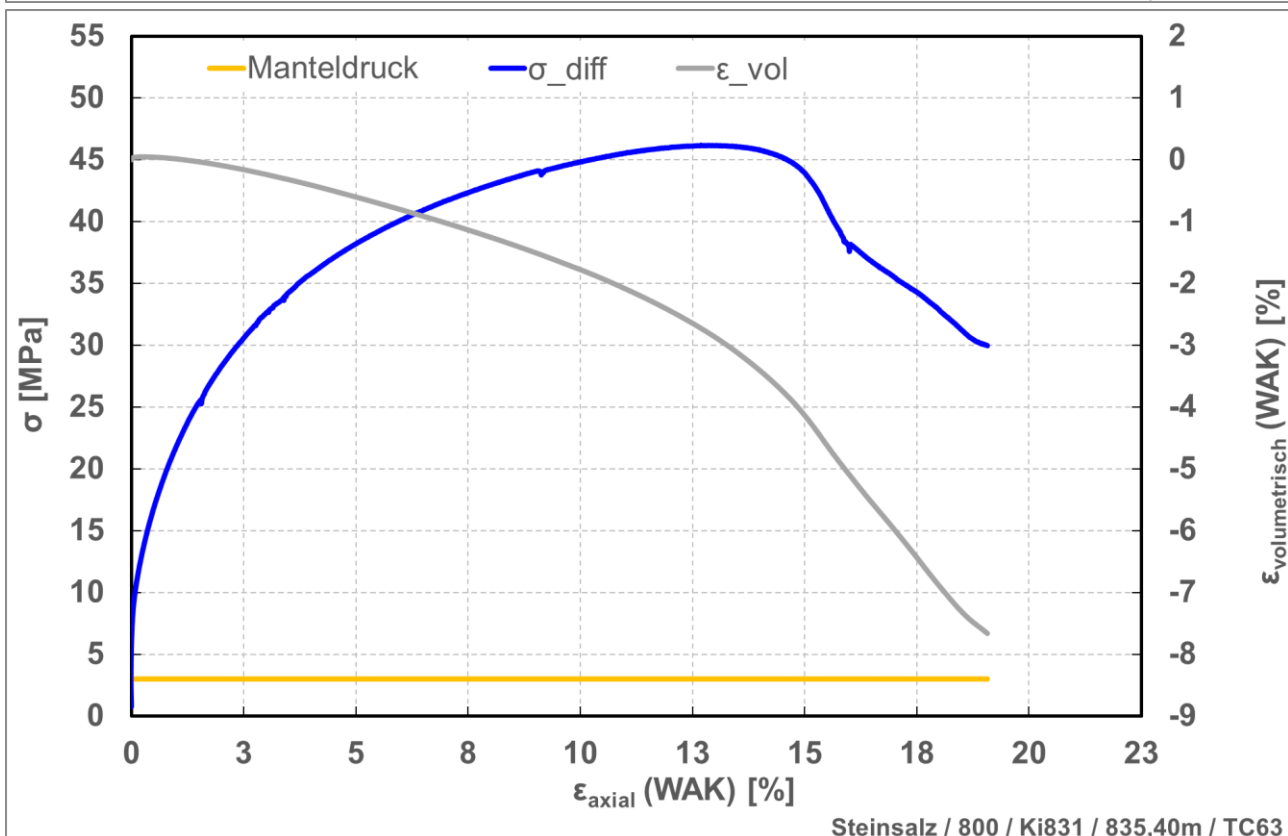
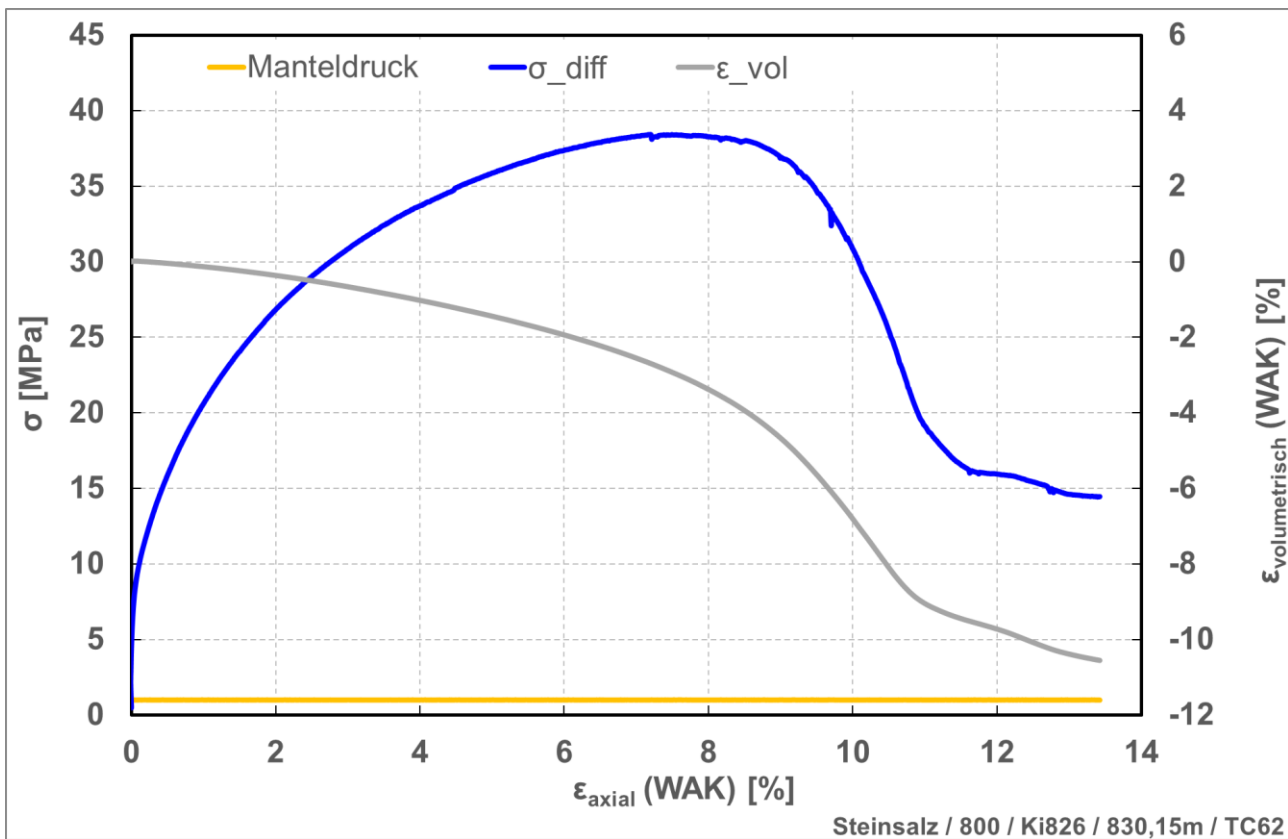
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 244



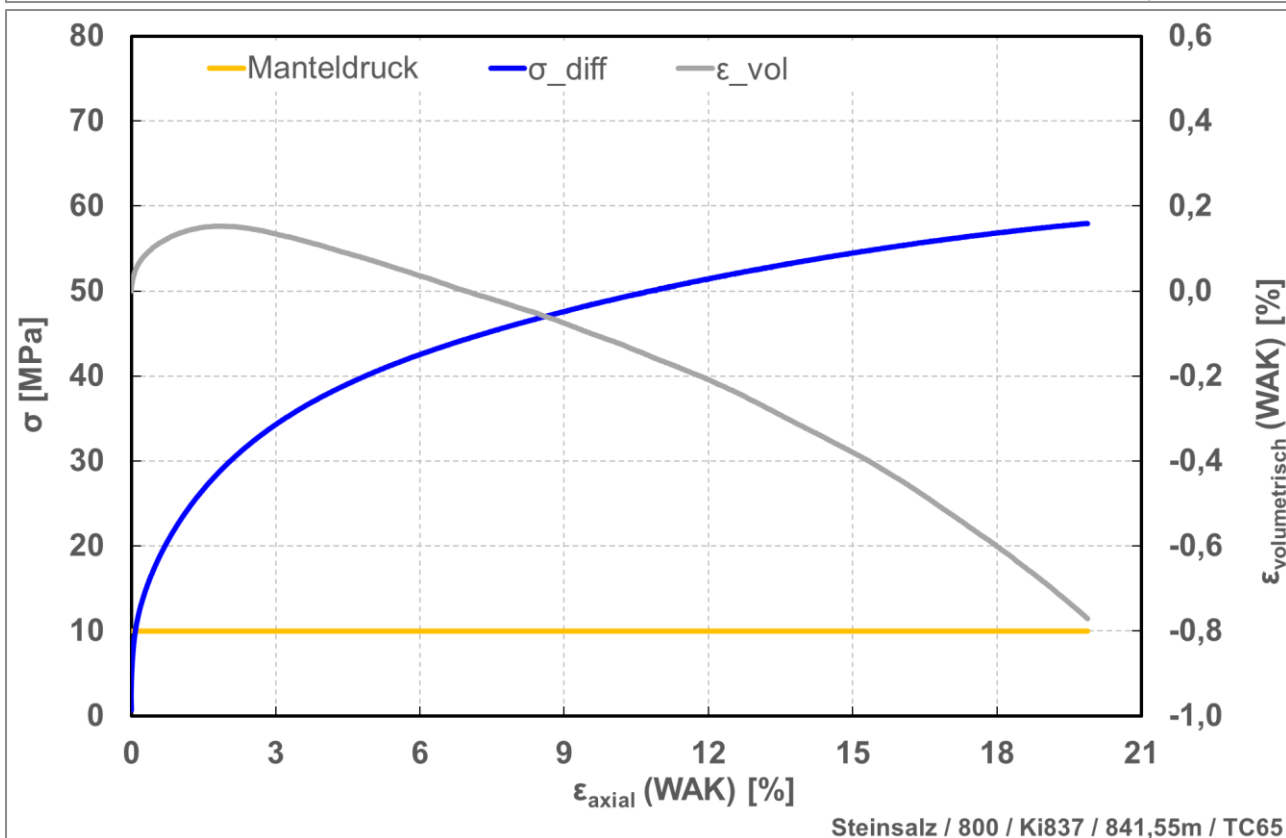
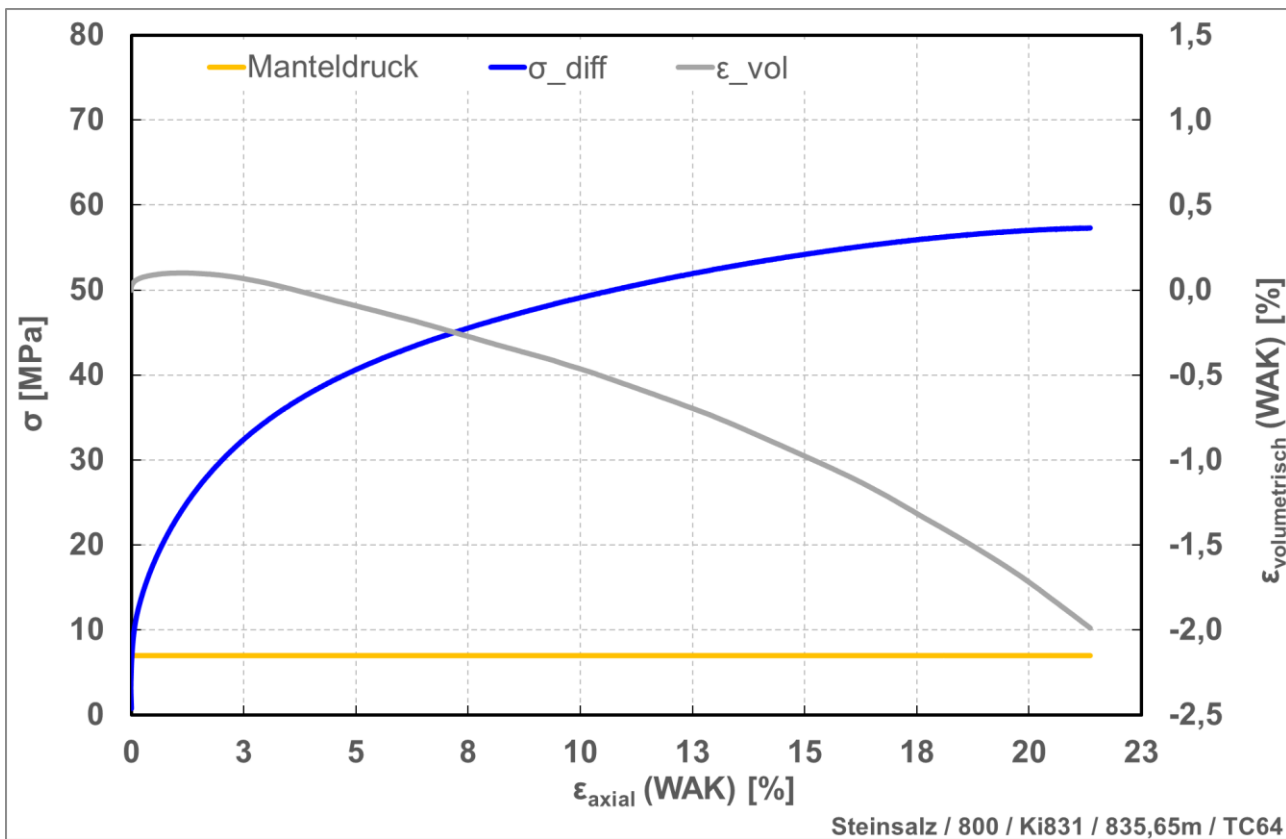
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 245

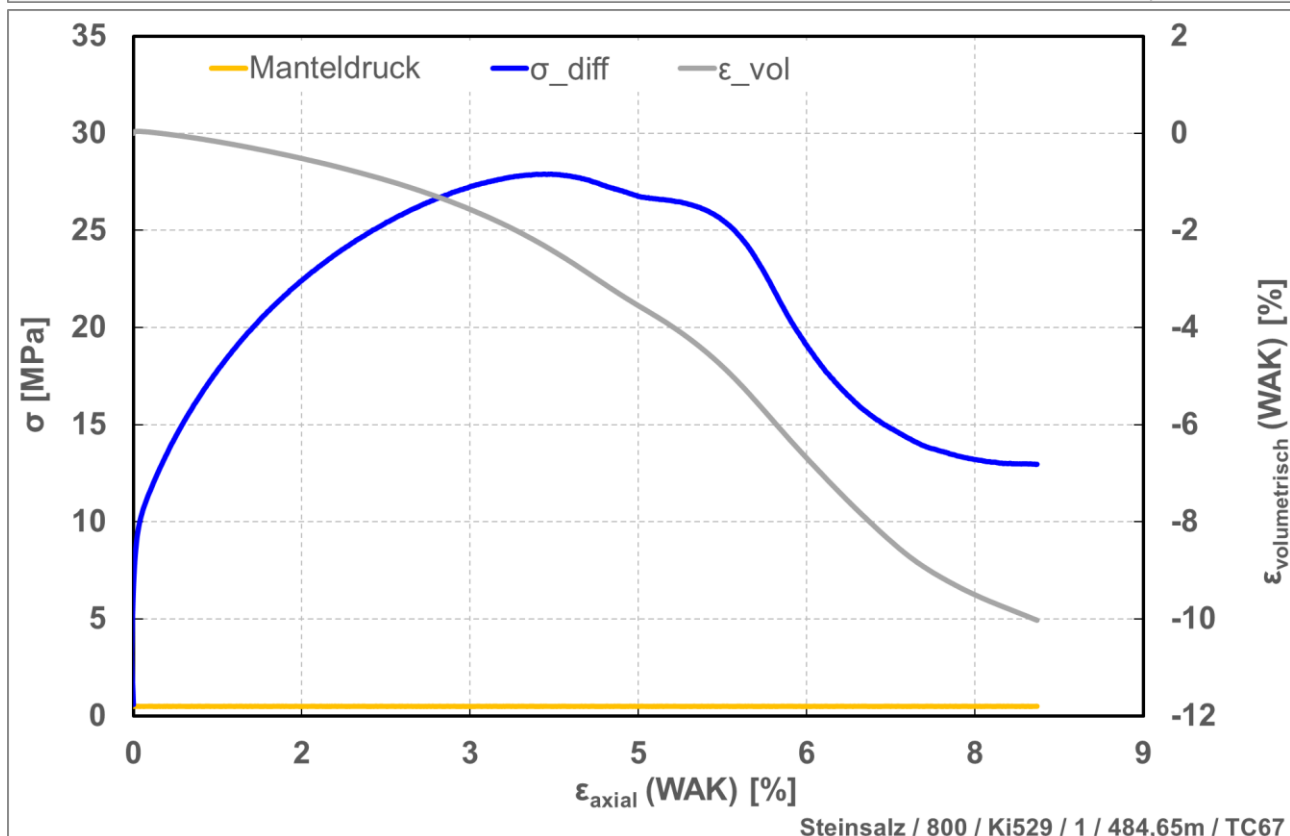
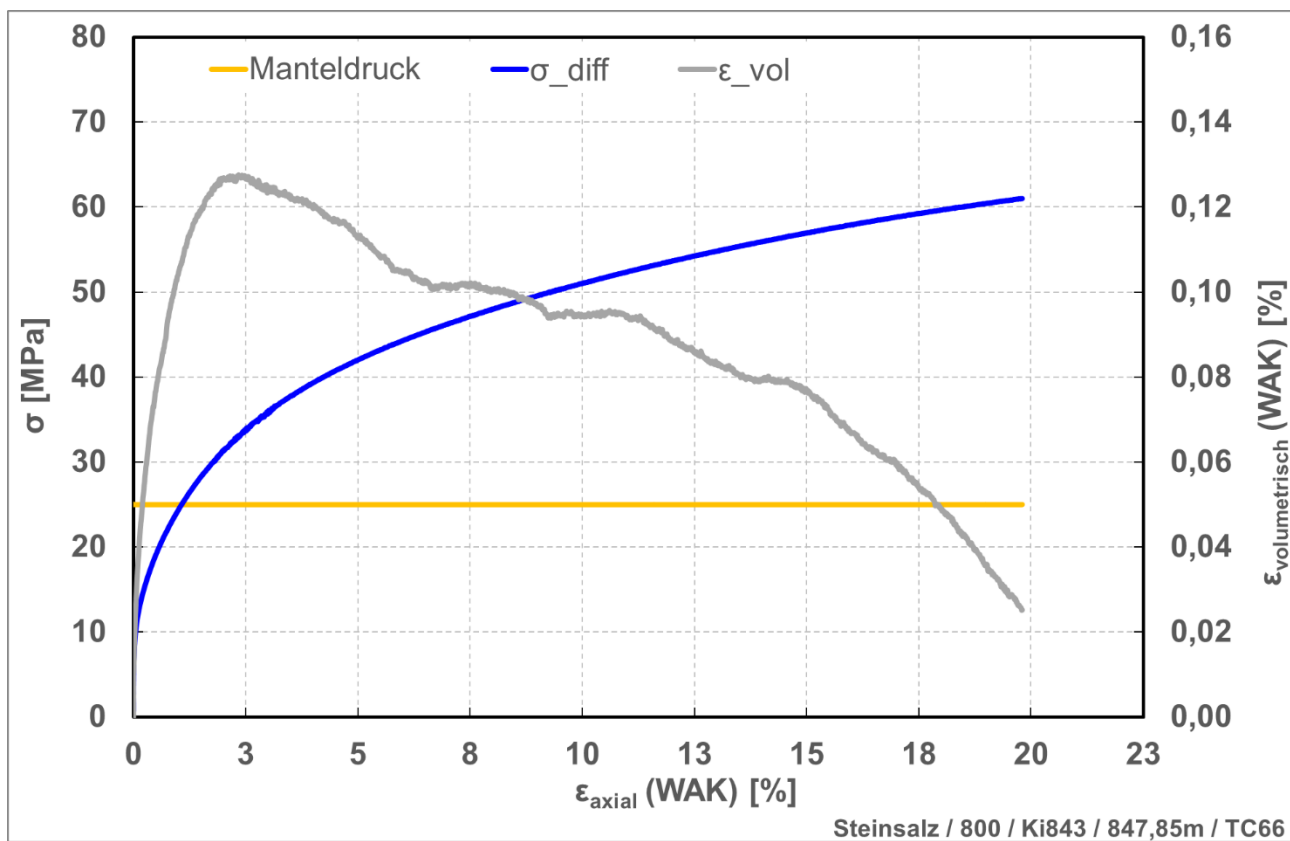


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 246



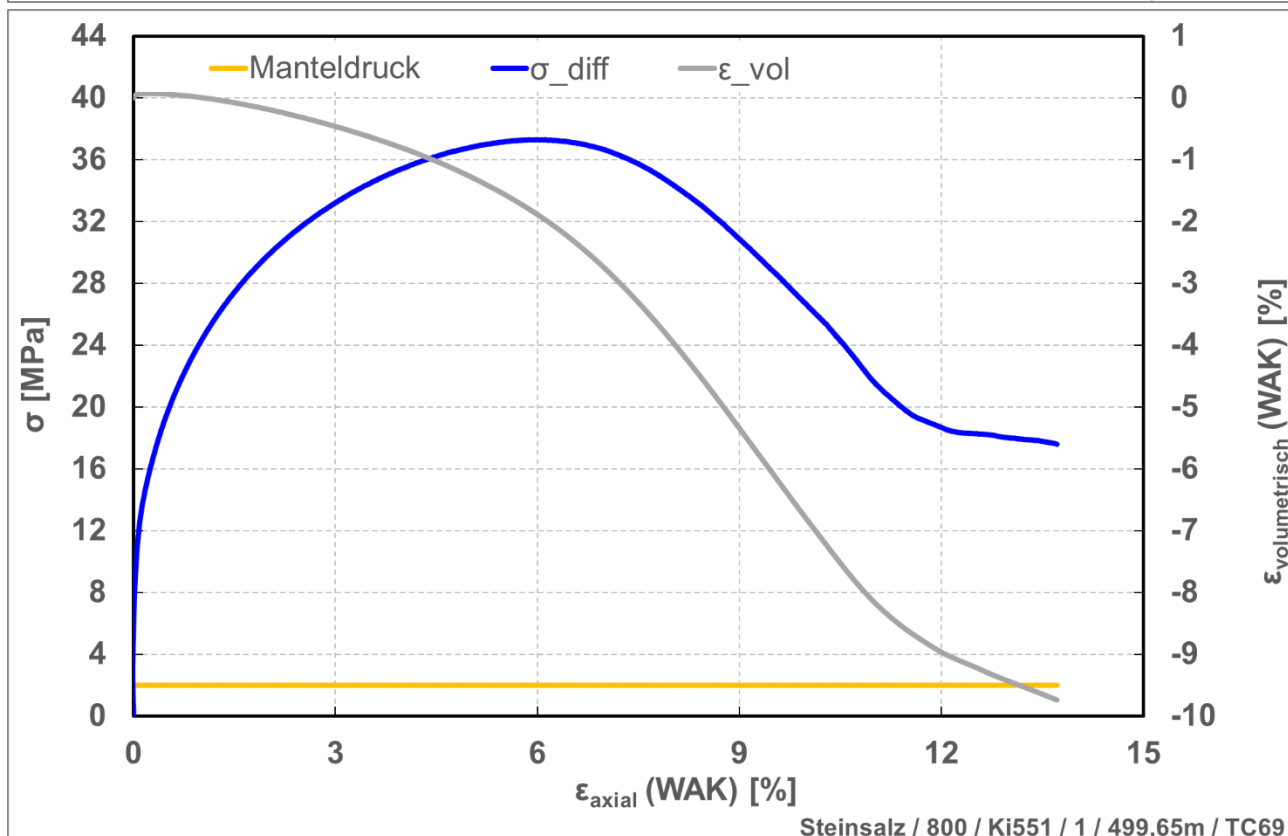
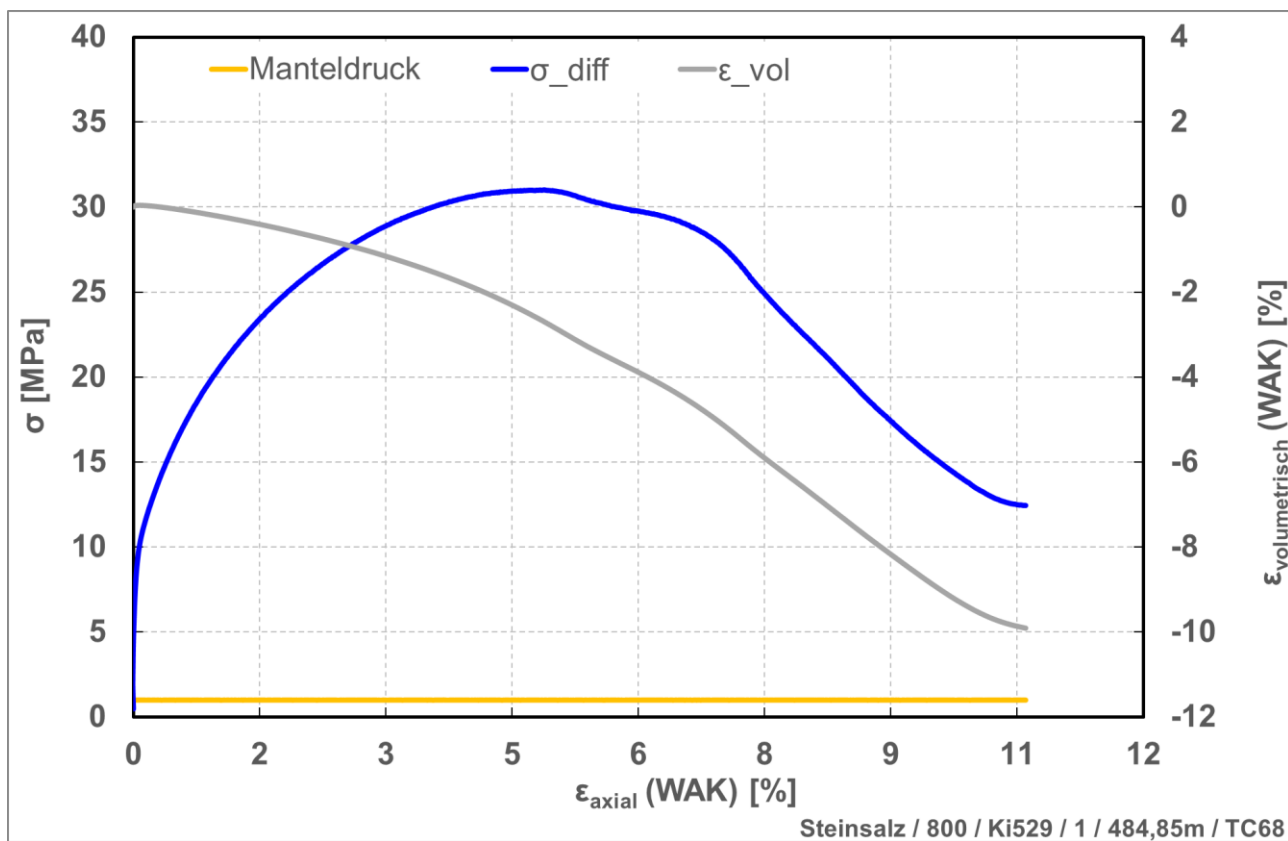
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 247





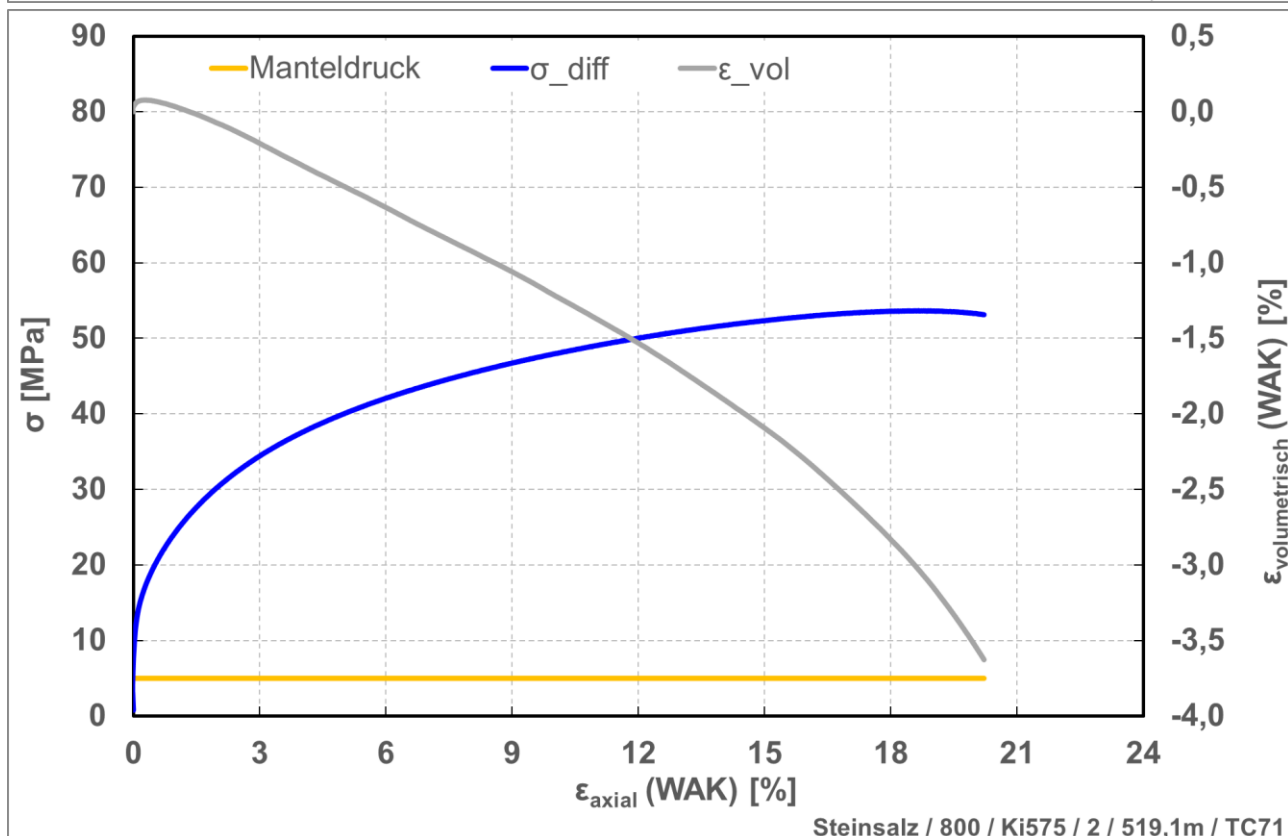
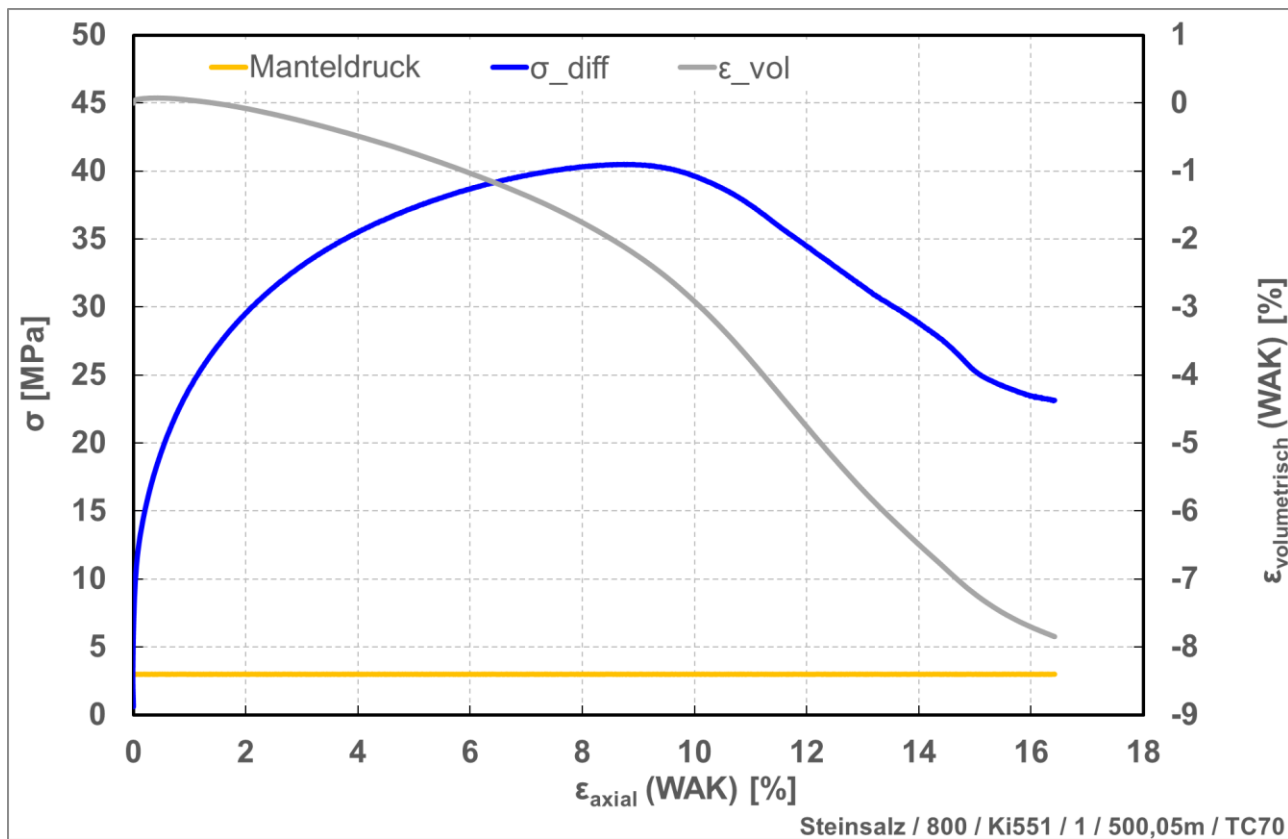
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 248



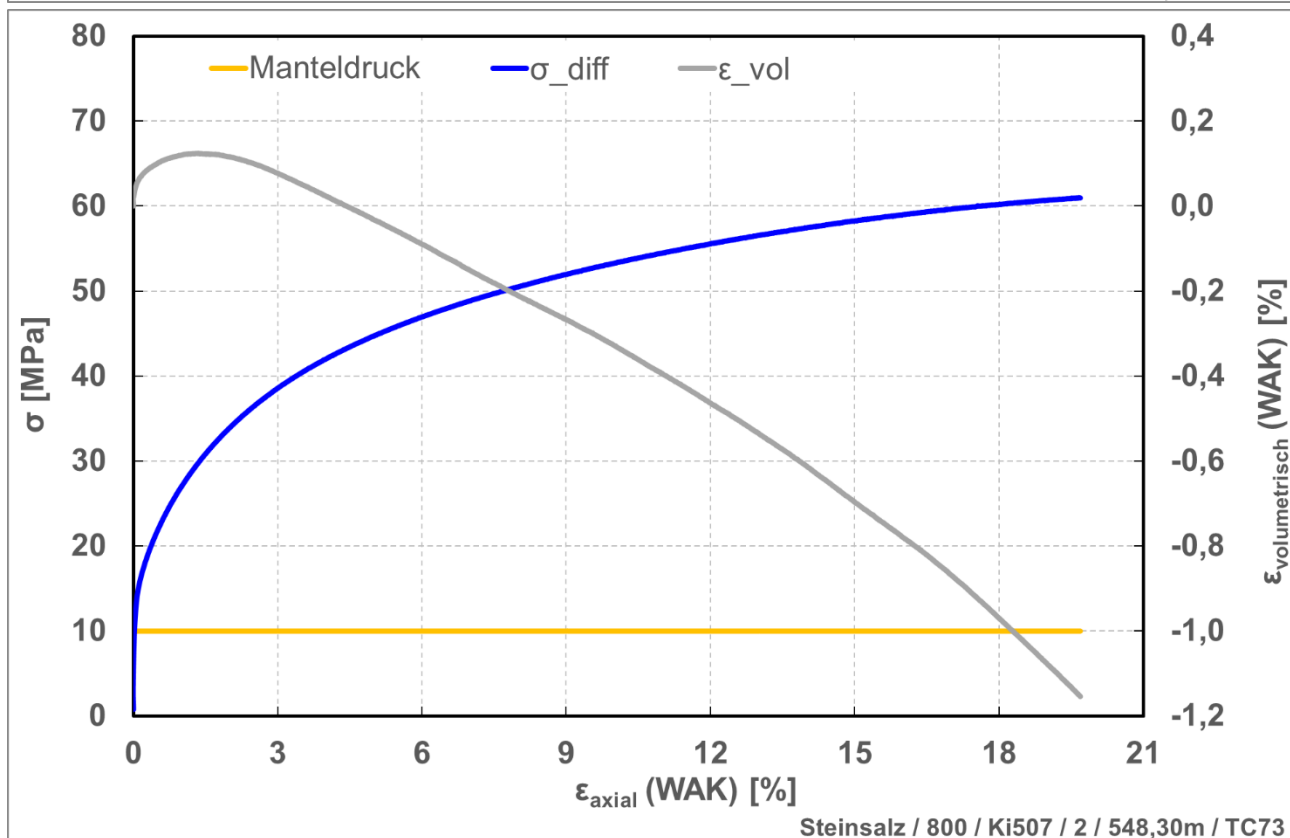
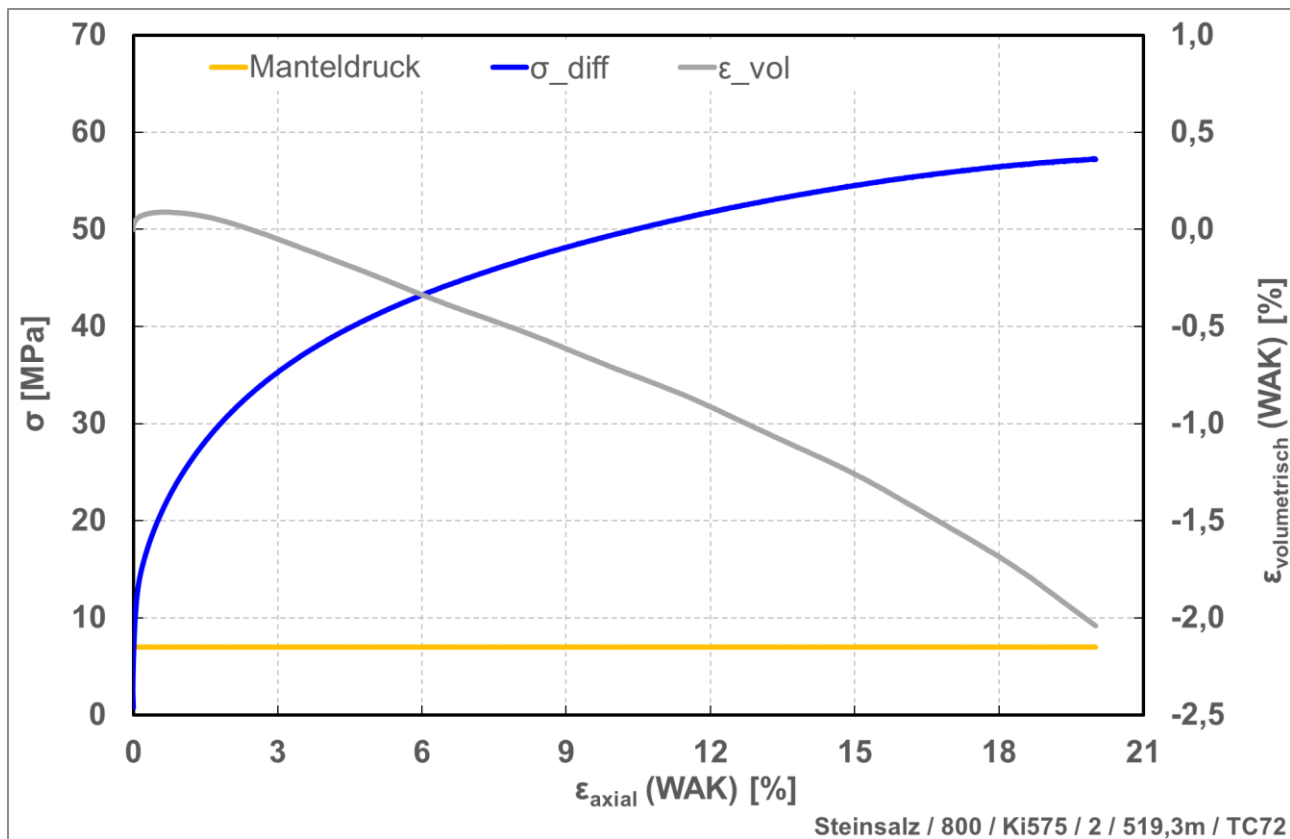
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 249



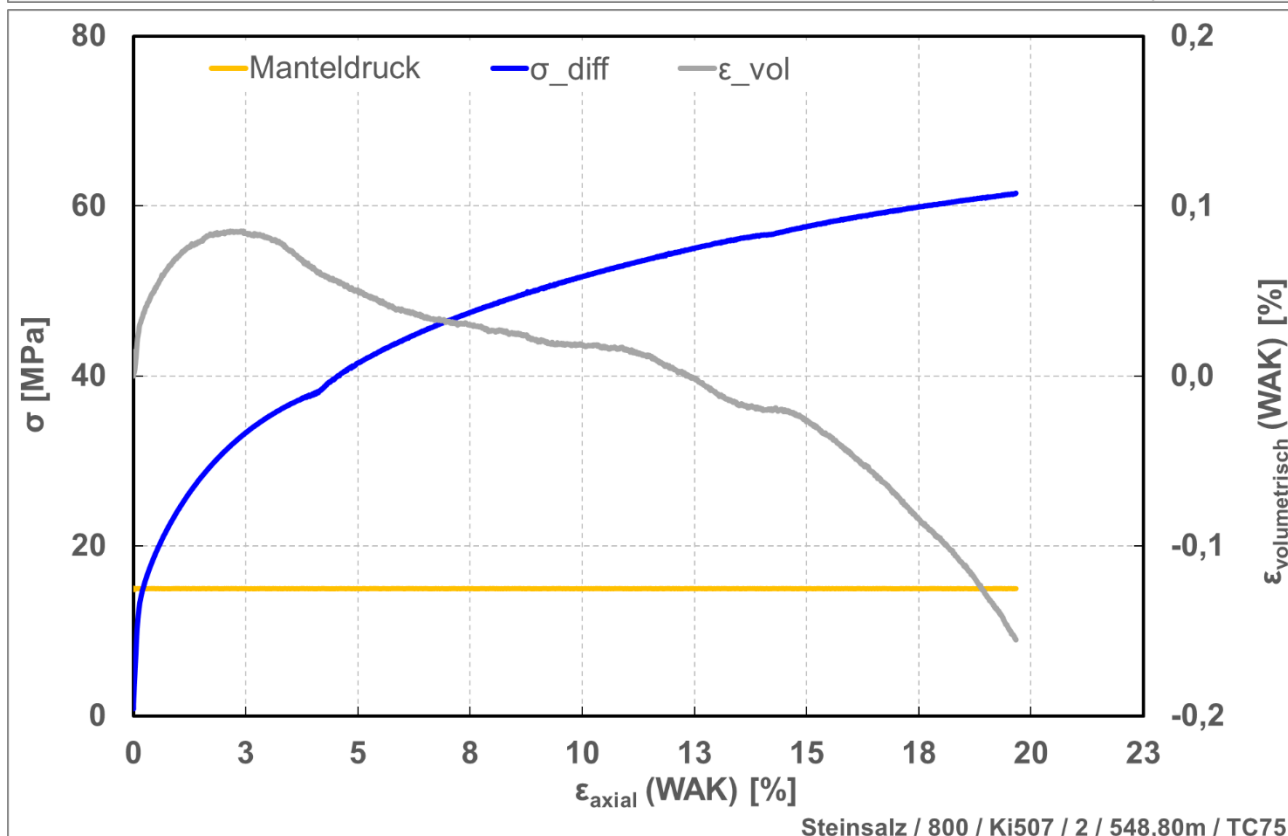
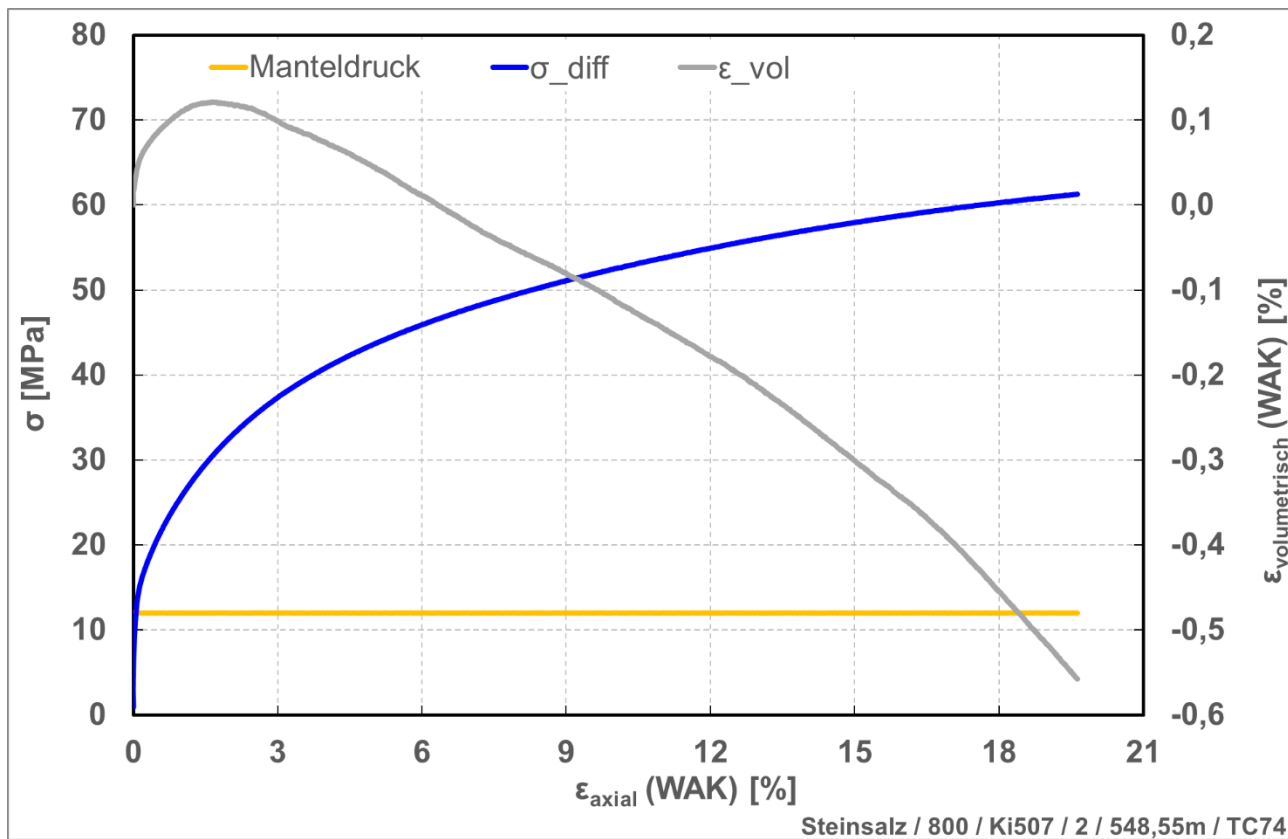
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 250



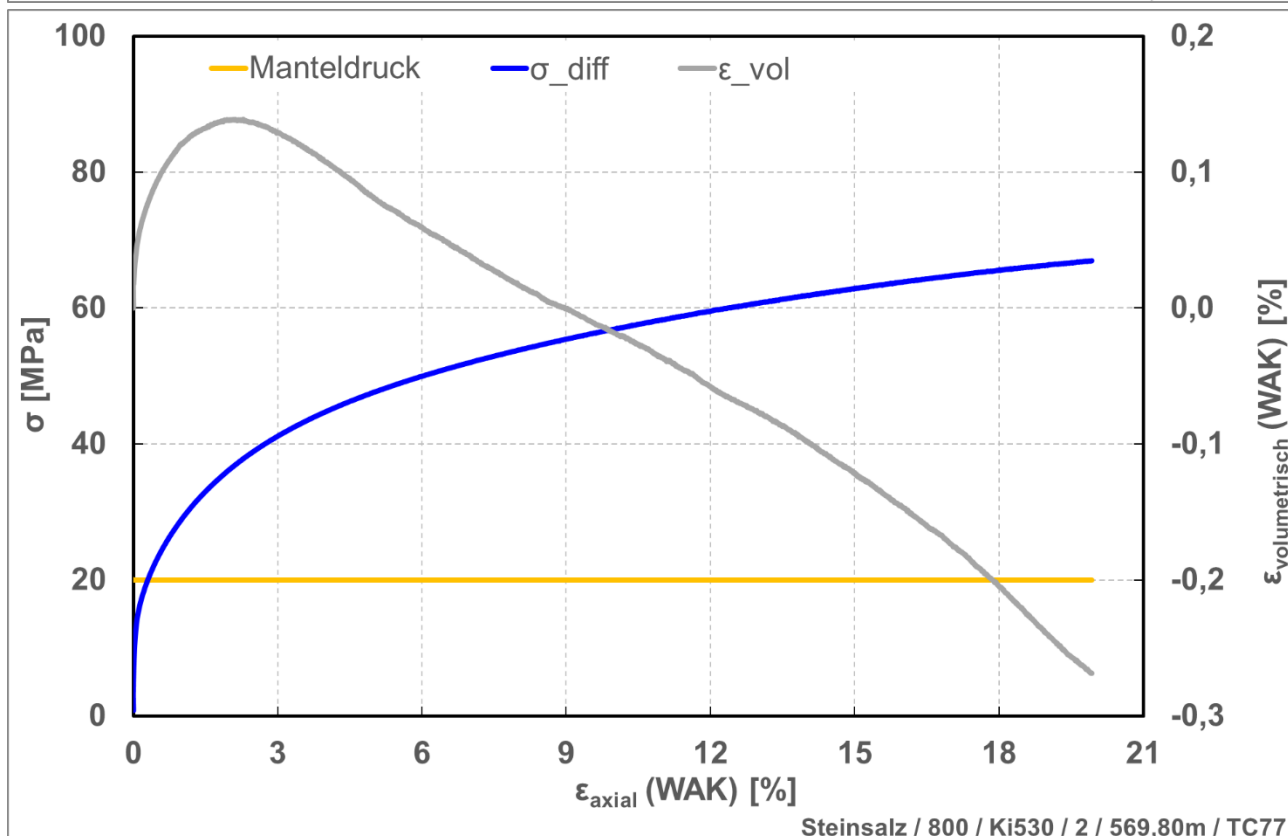
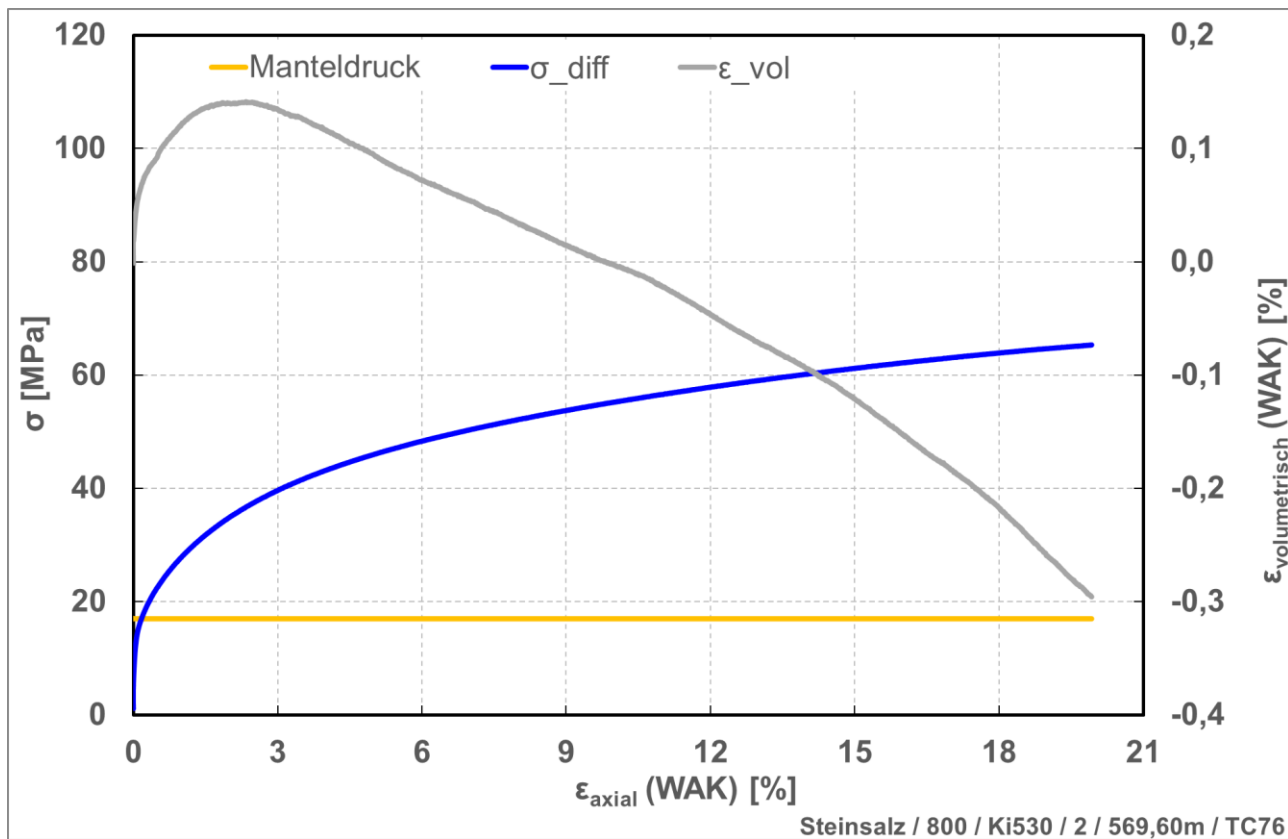
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 251



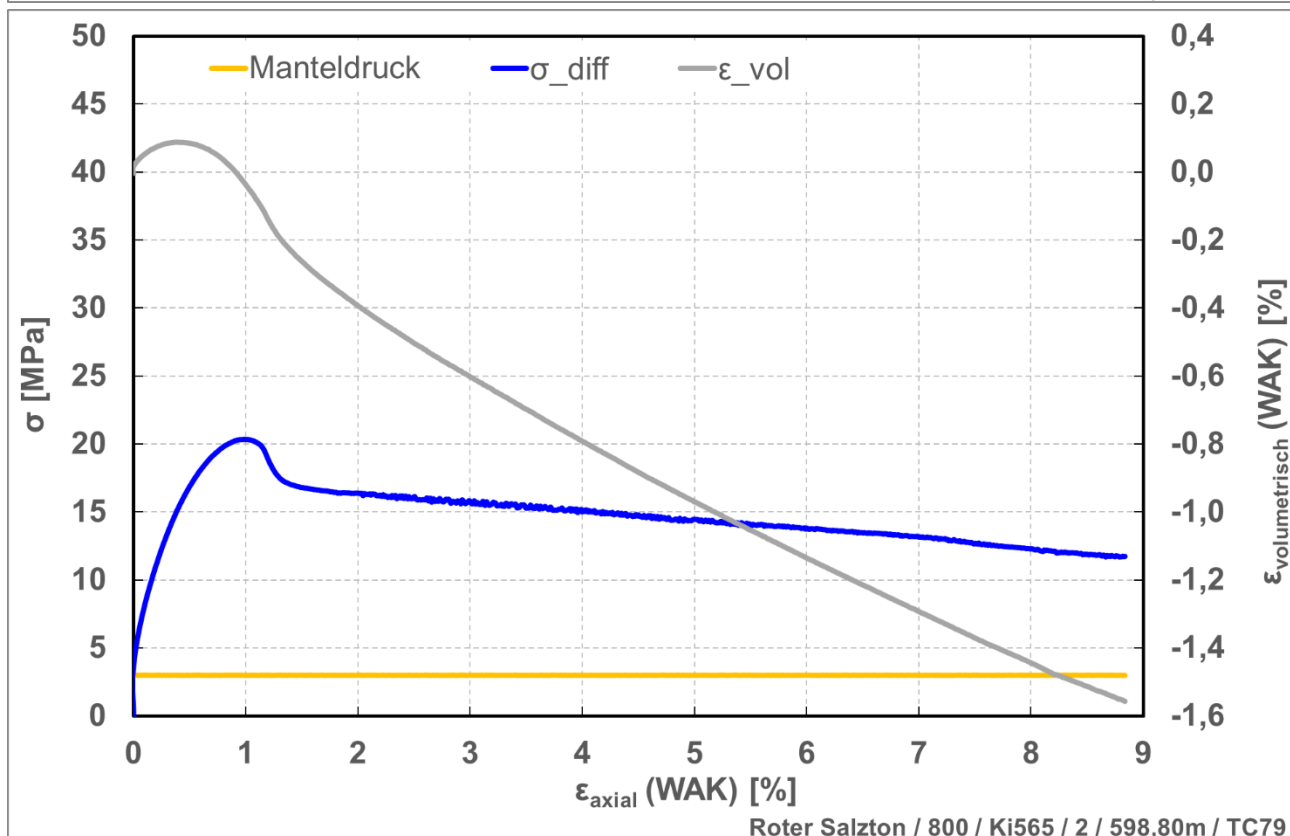
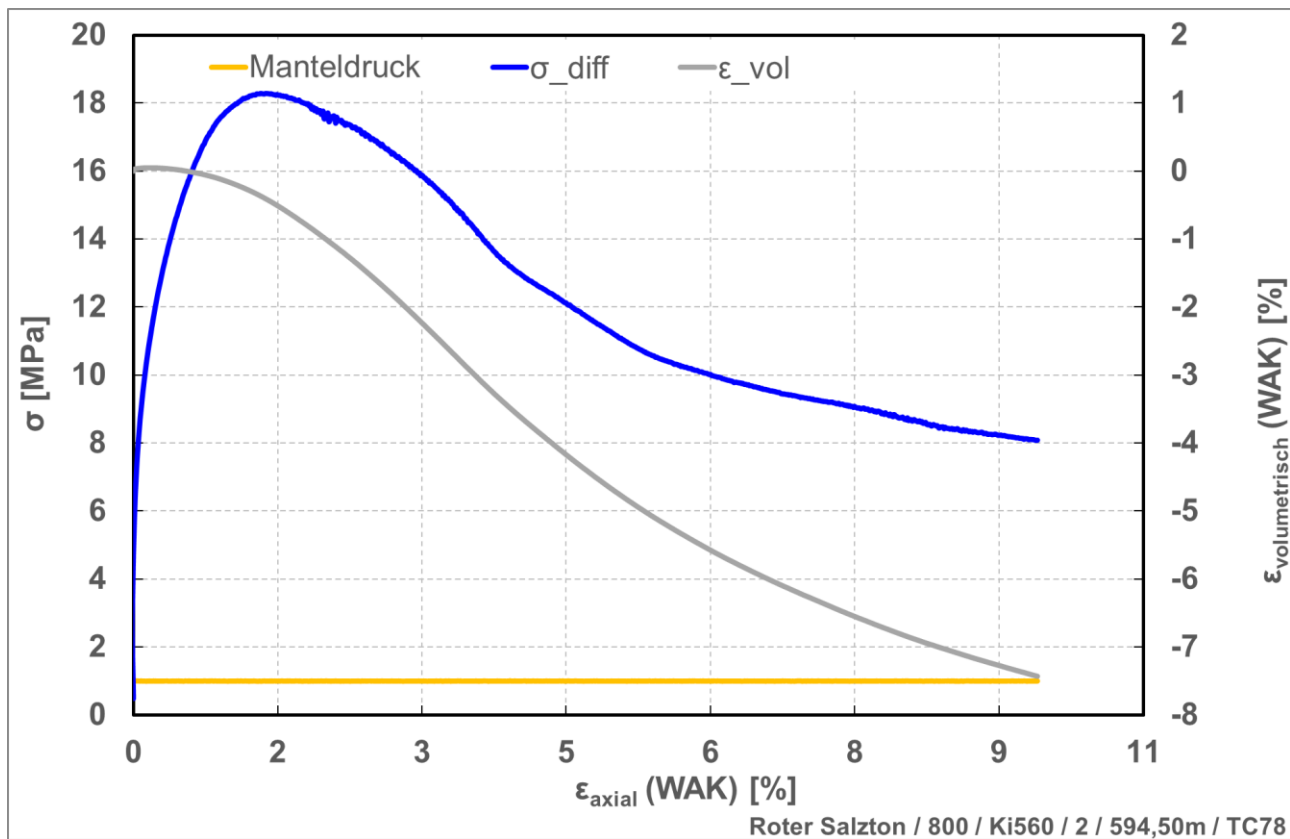
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 252





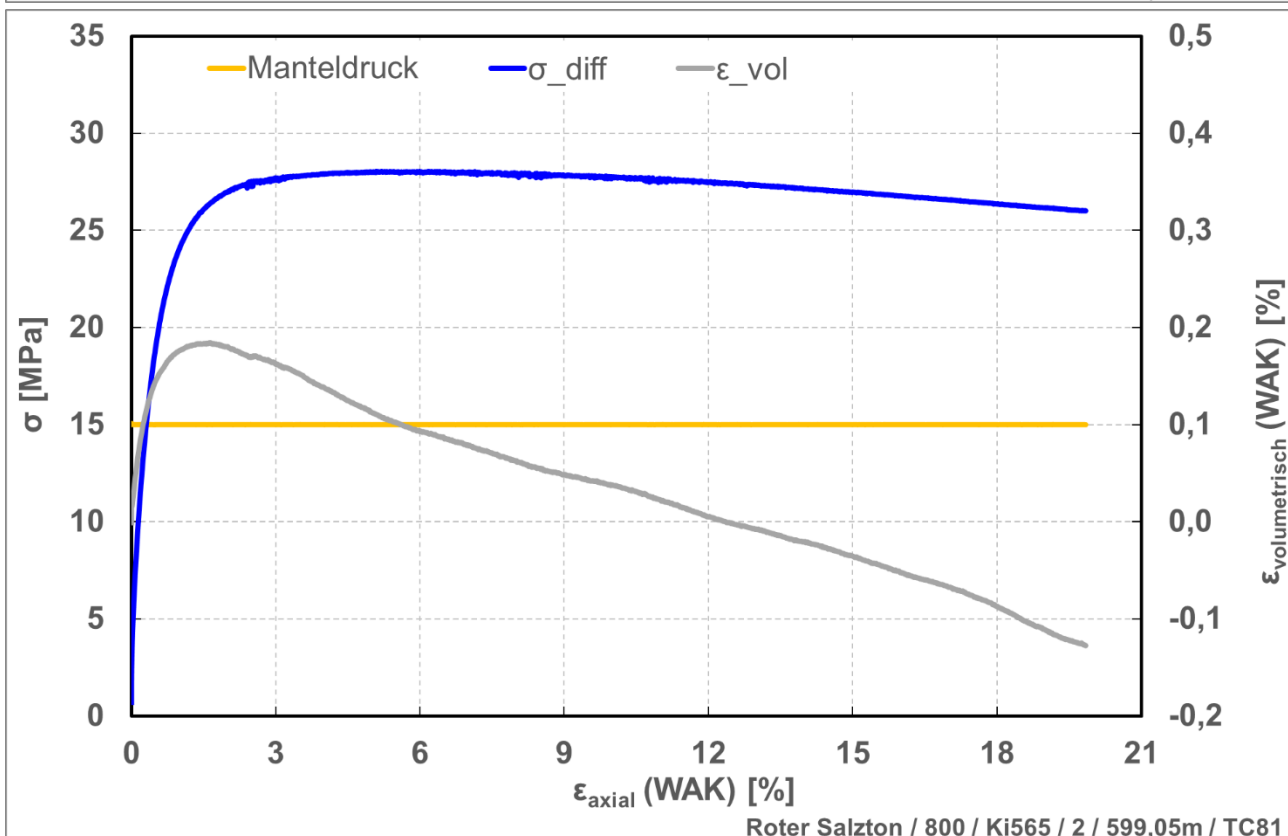
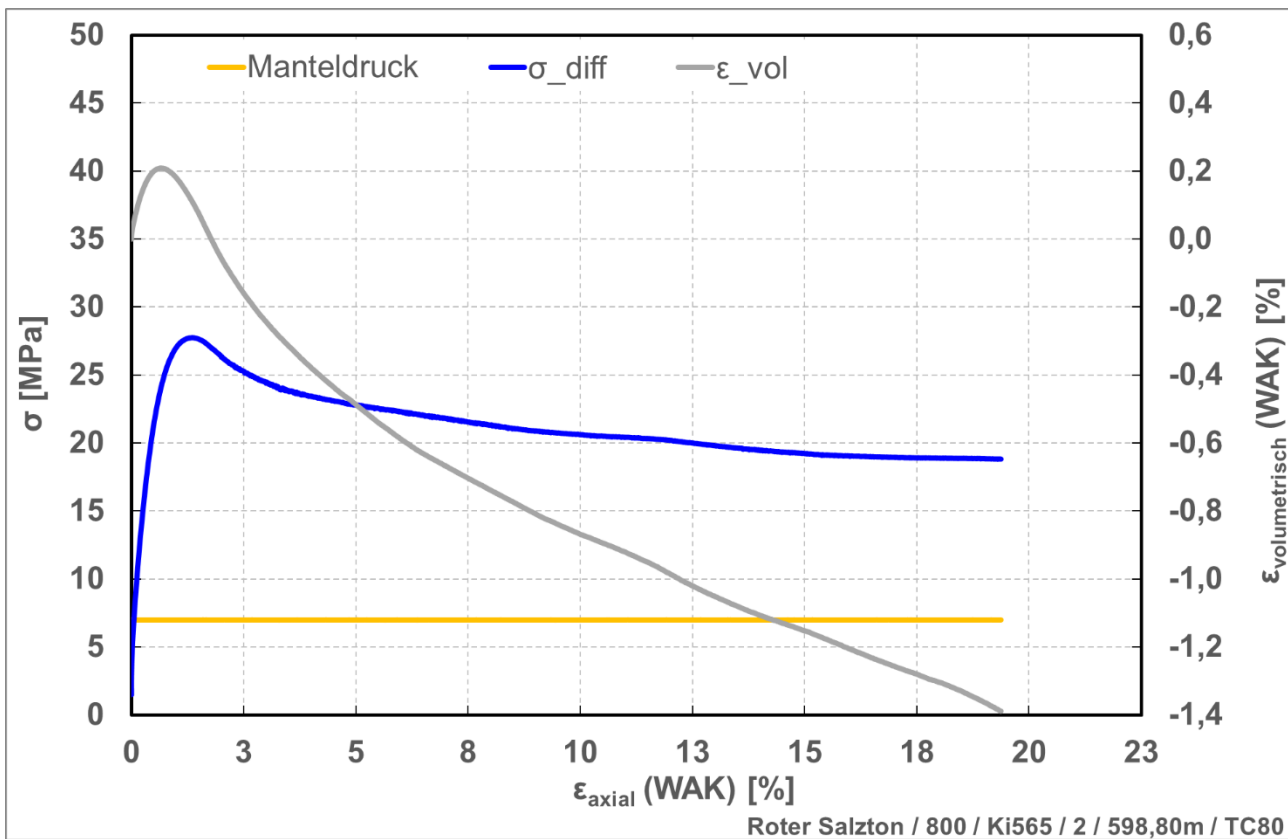
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 253



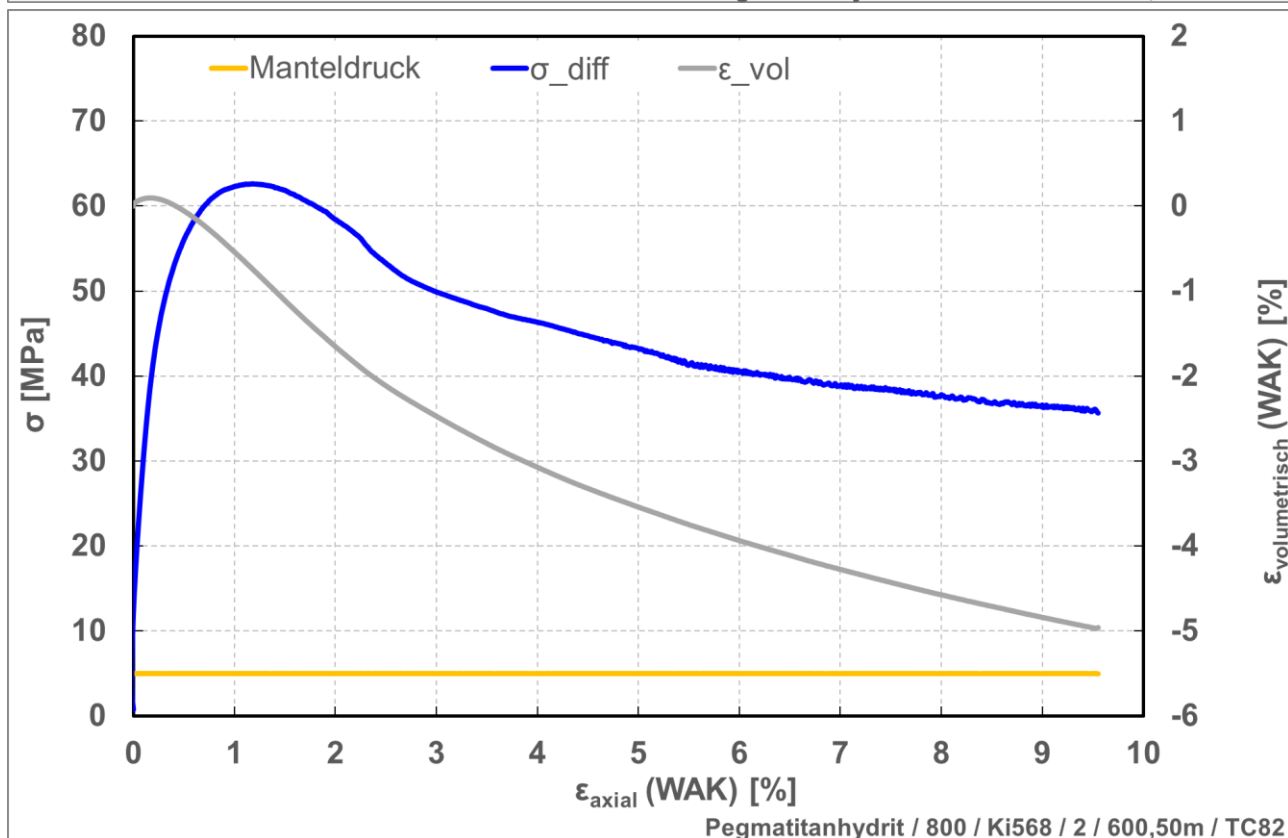
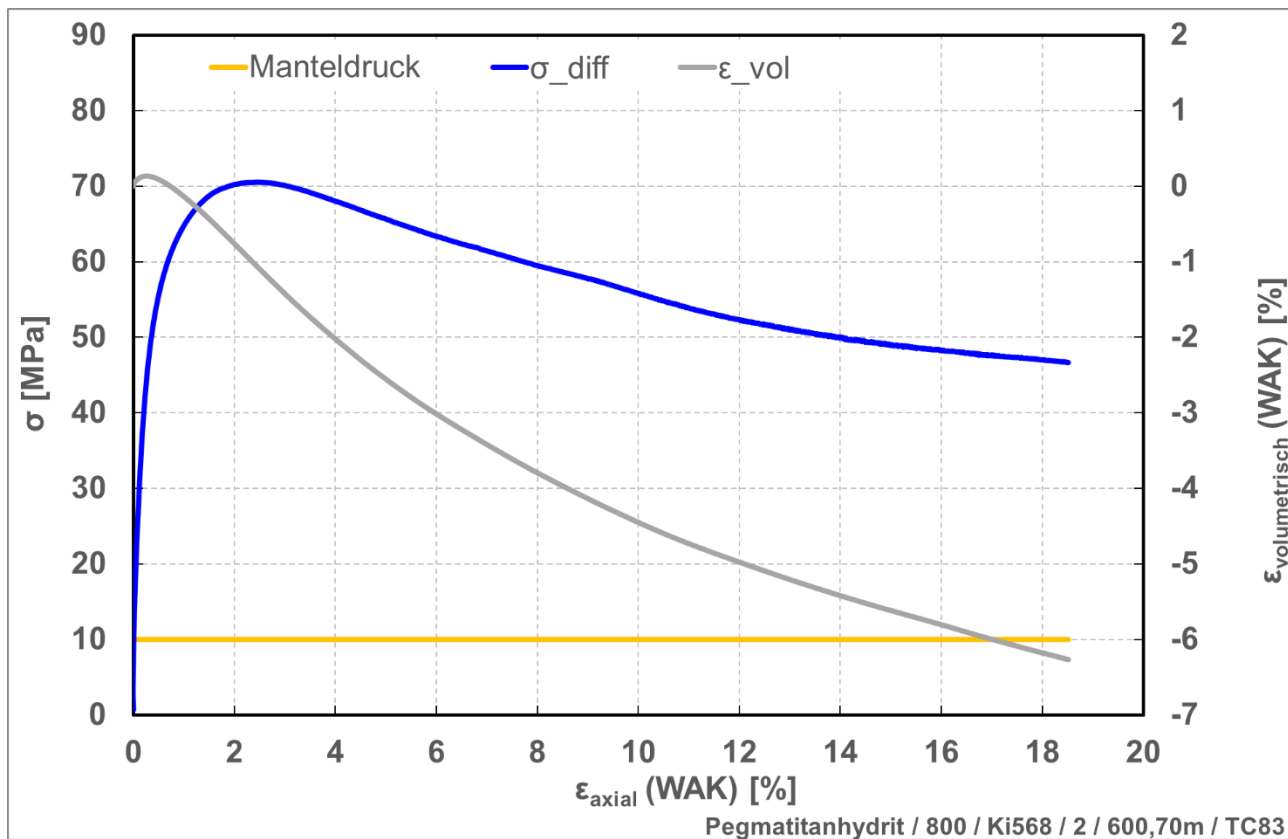
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 254



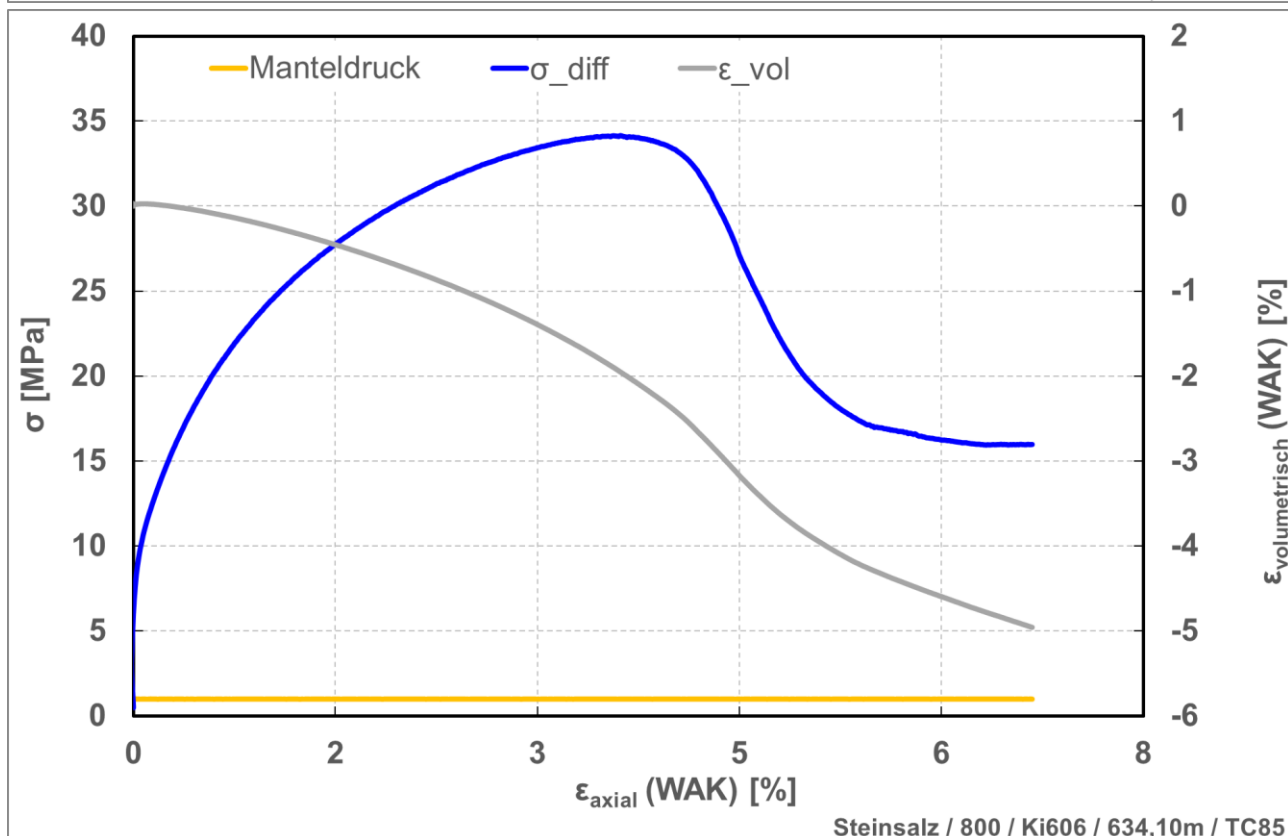
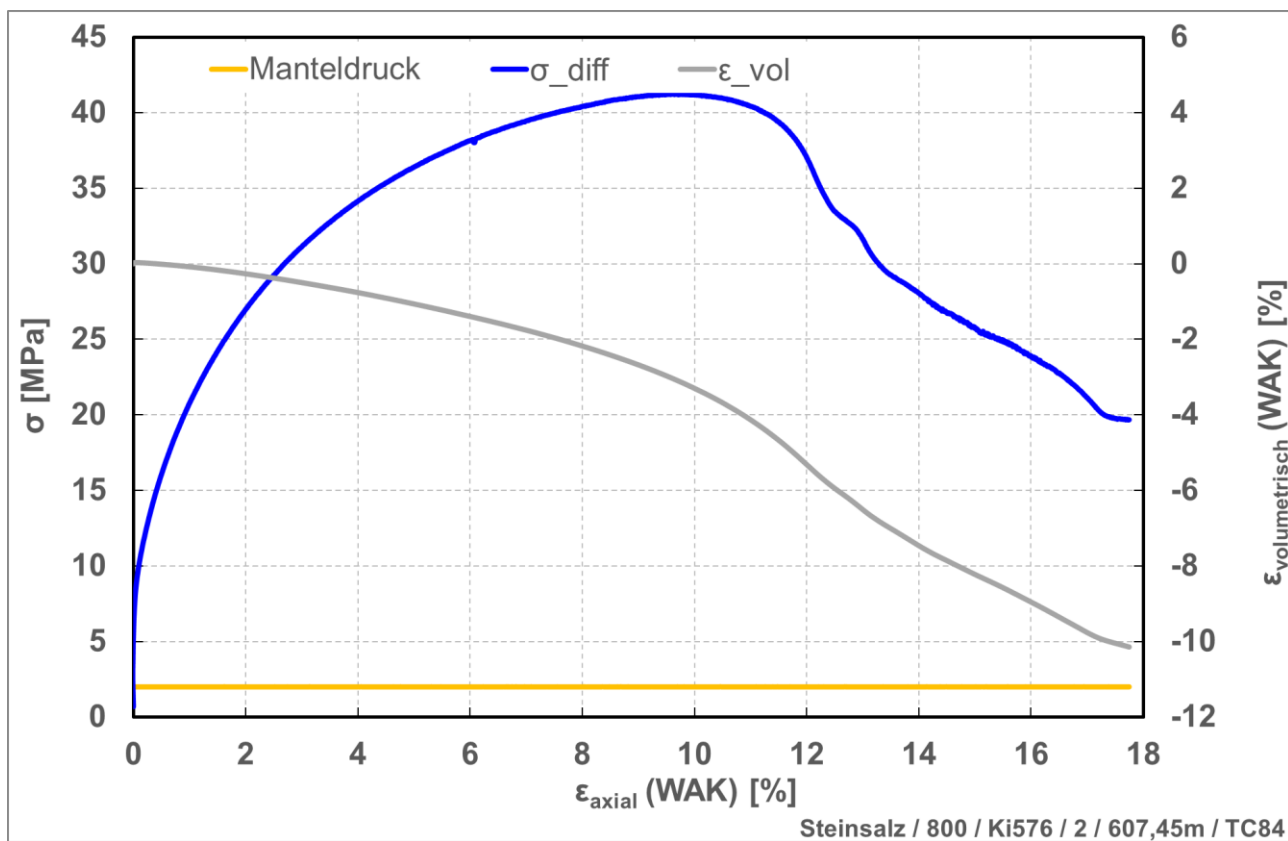
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 255



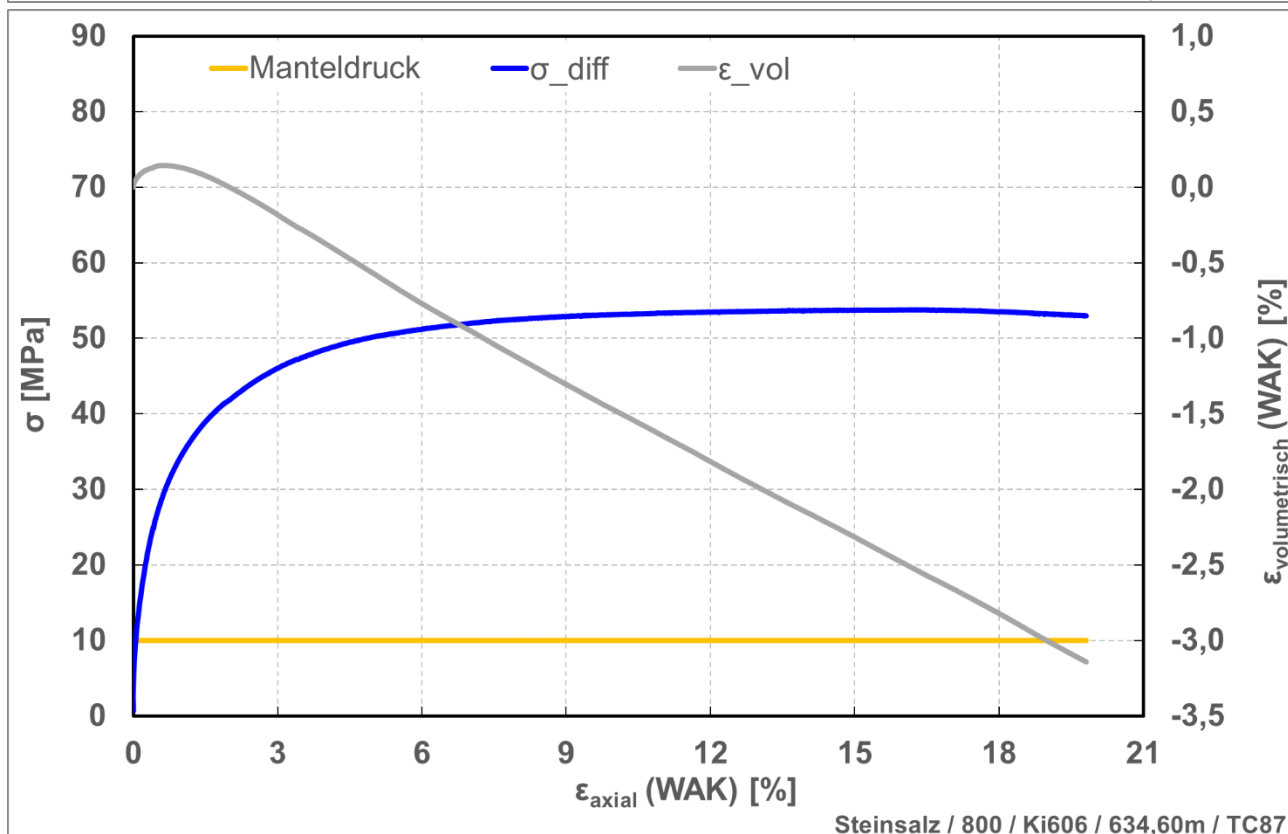
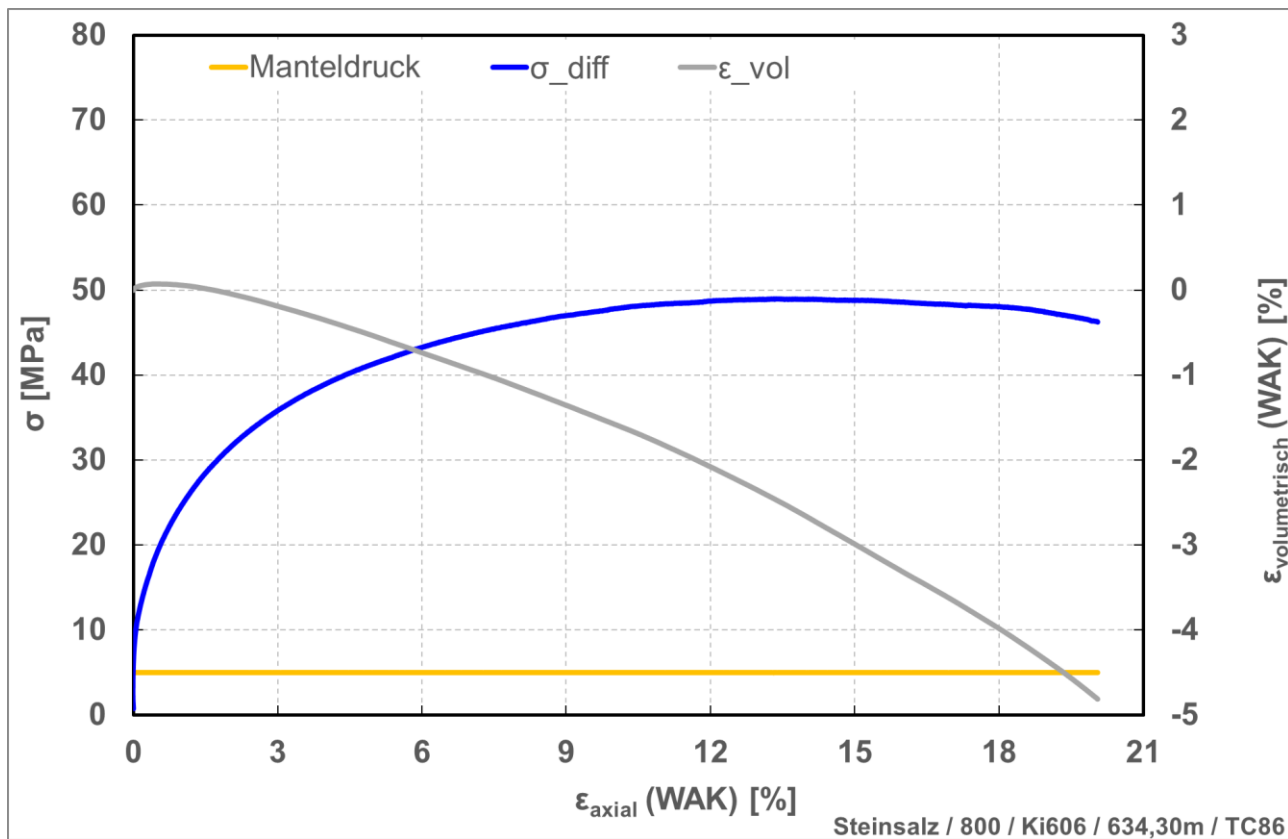
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 256



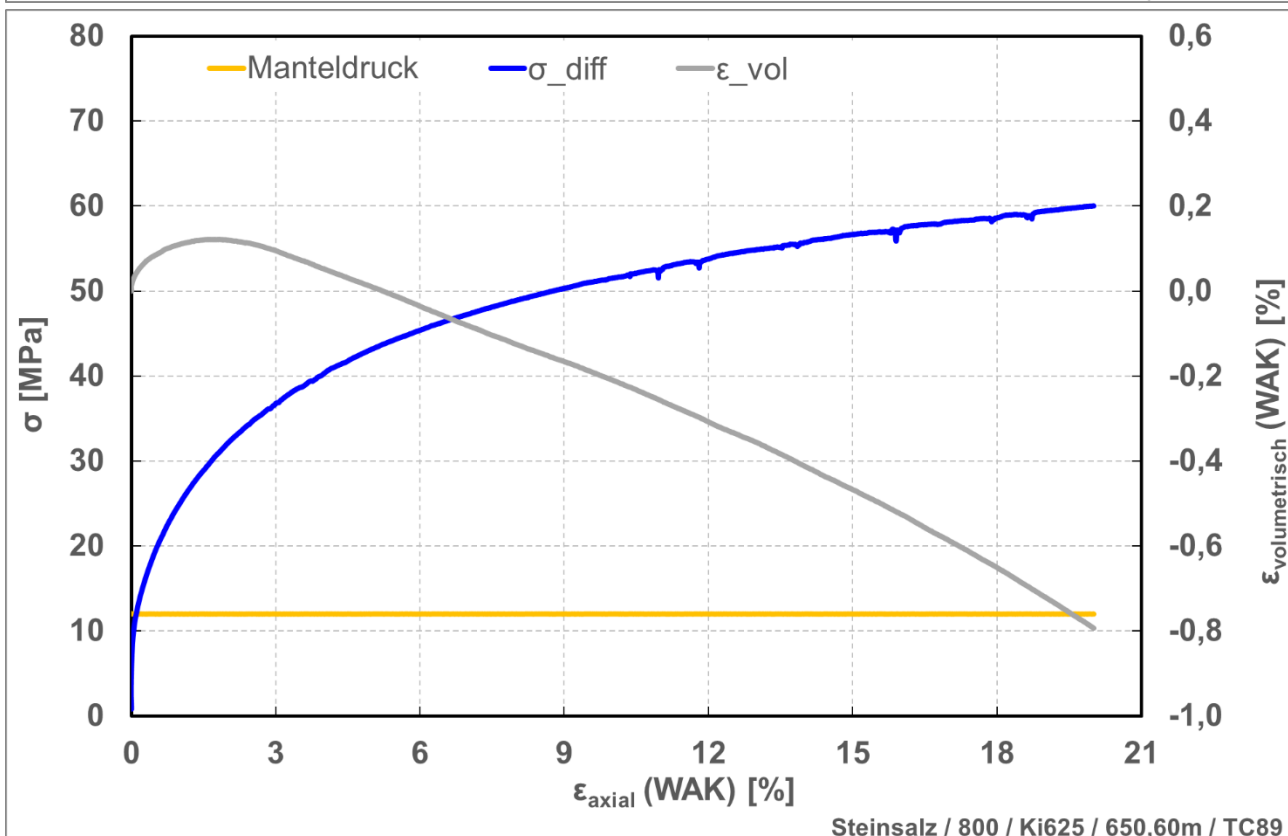
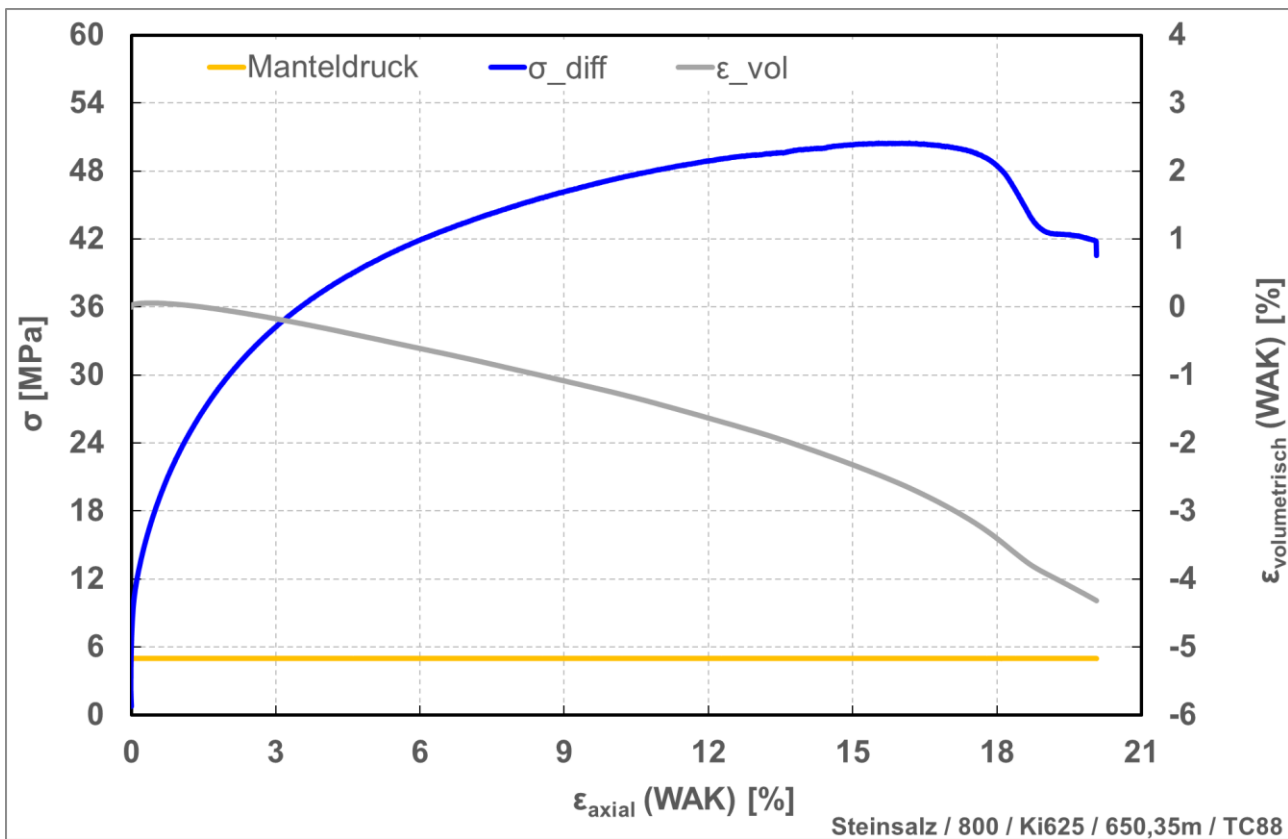
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 257





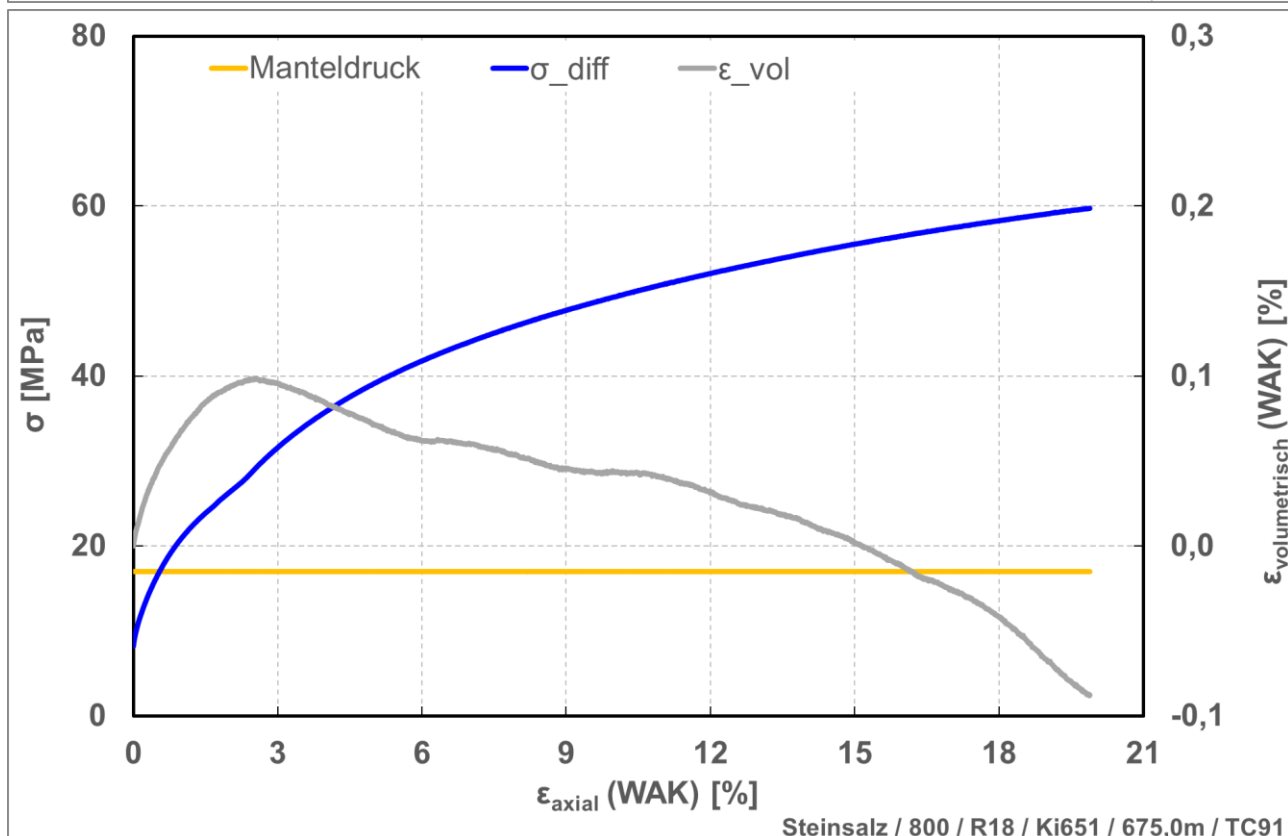
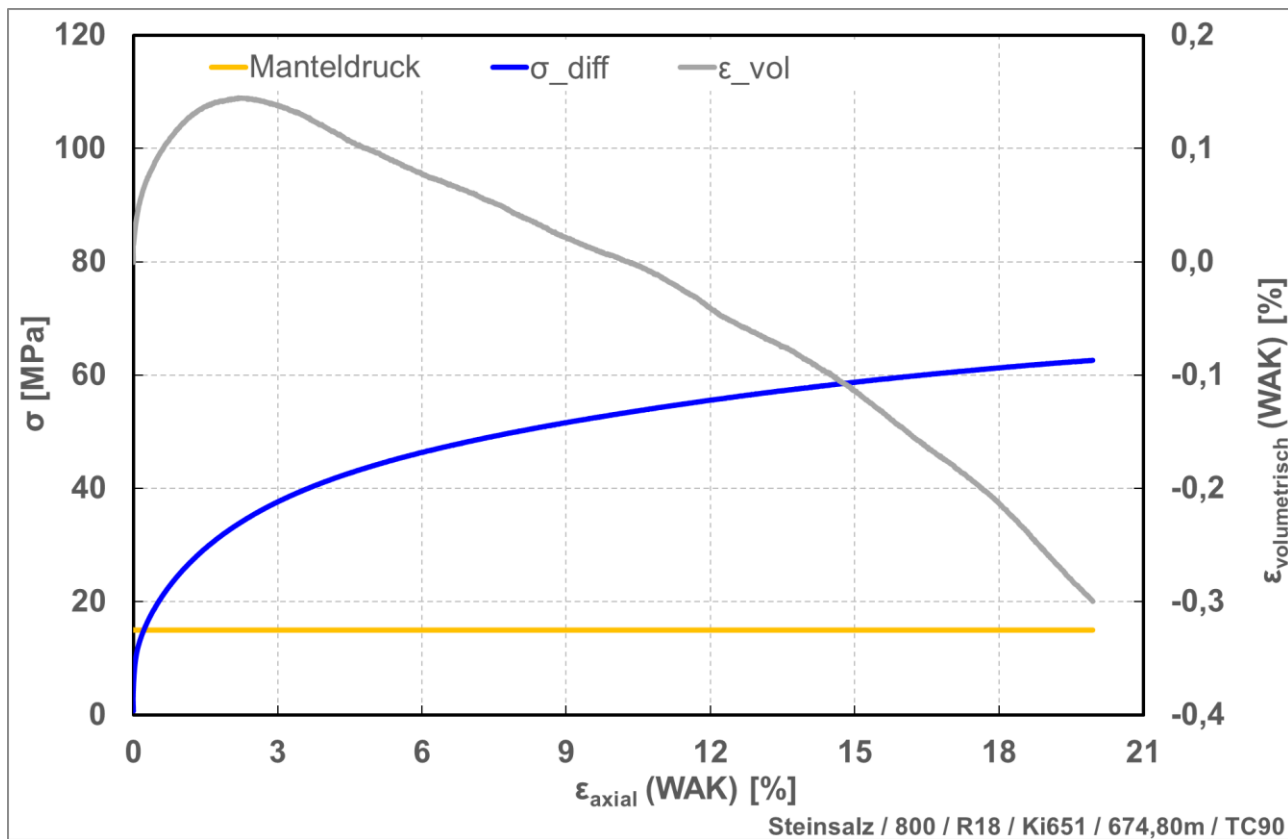
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 258



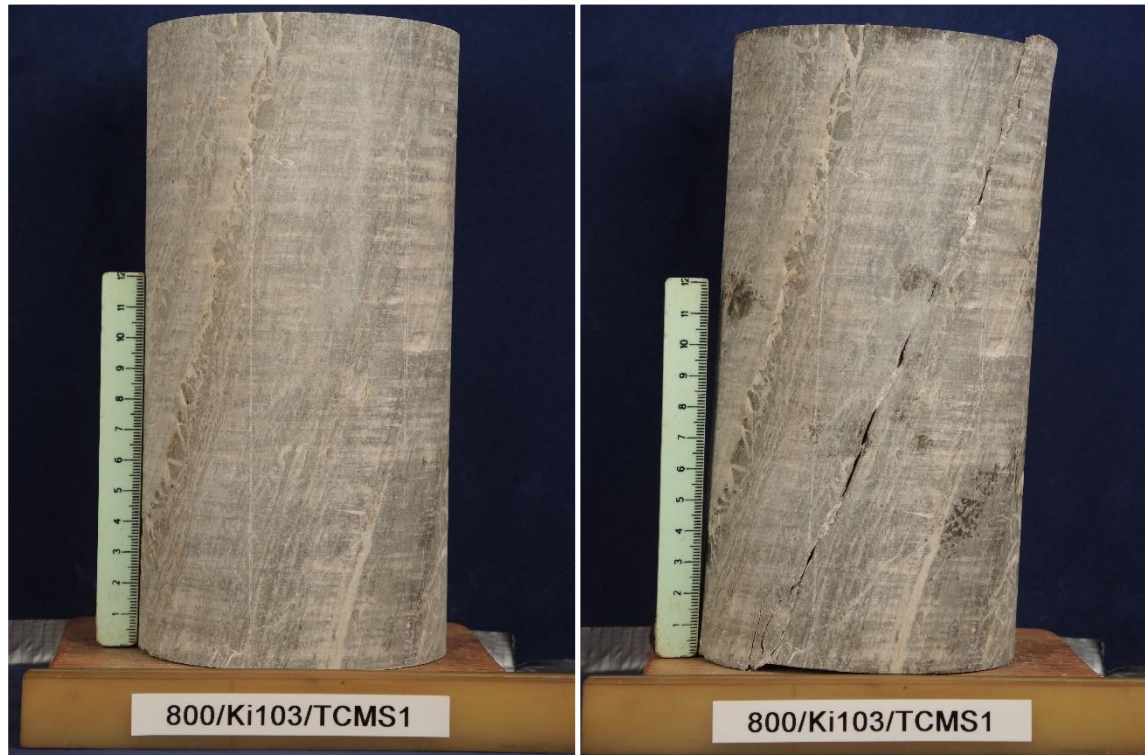
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 259

## Anhang 11: TCMS - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch

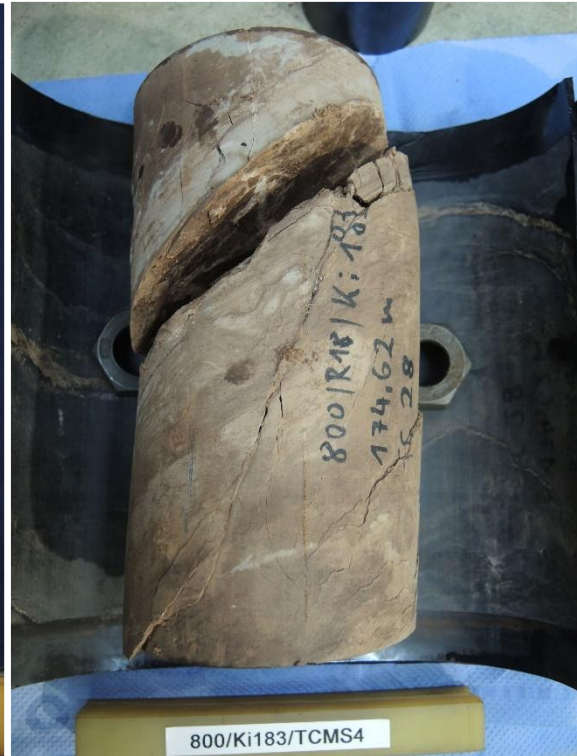




# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 260





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 261





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 262





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 263





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 264





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 265



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 266



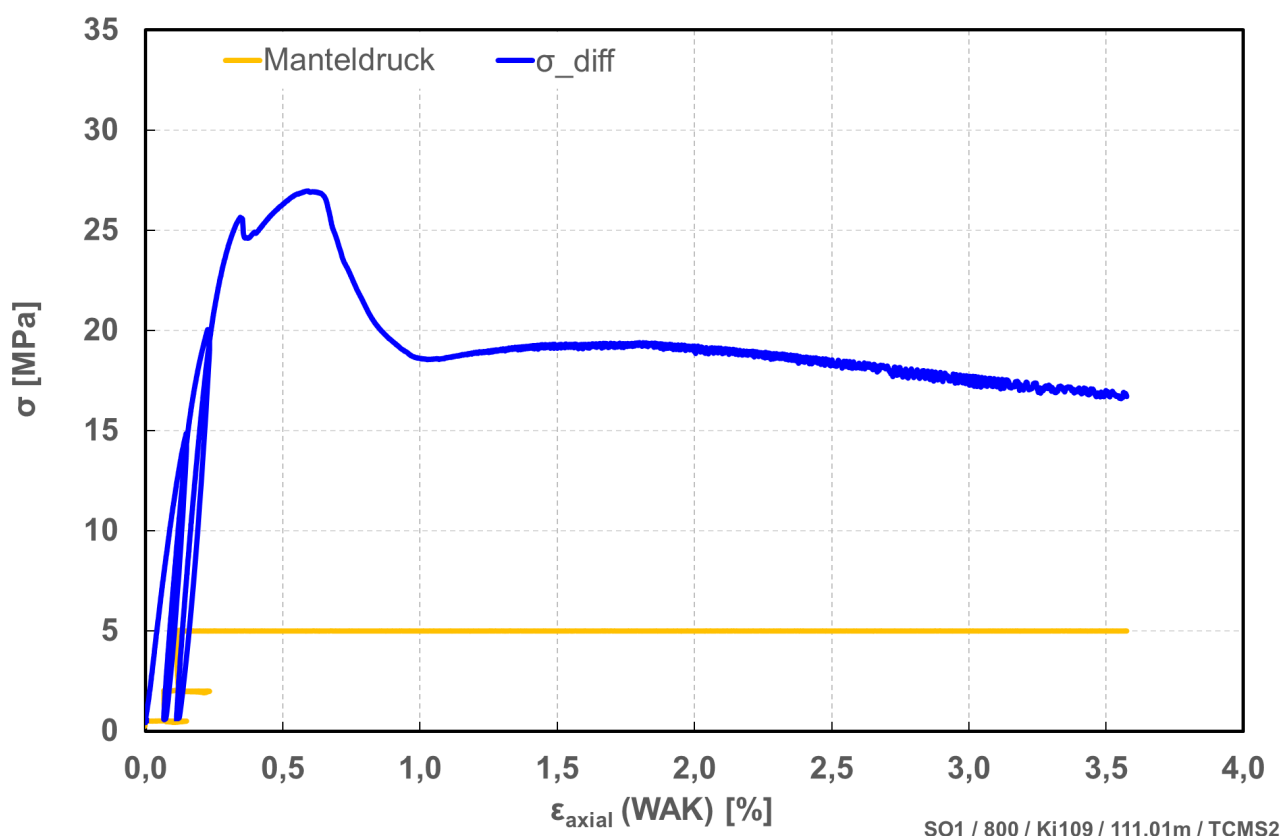
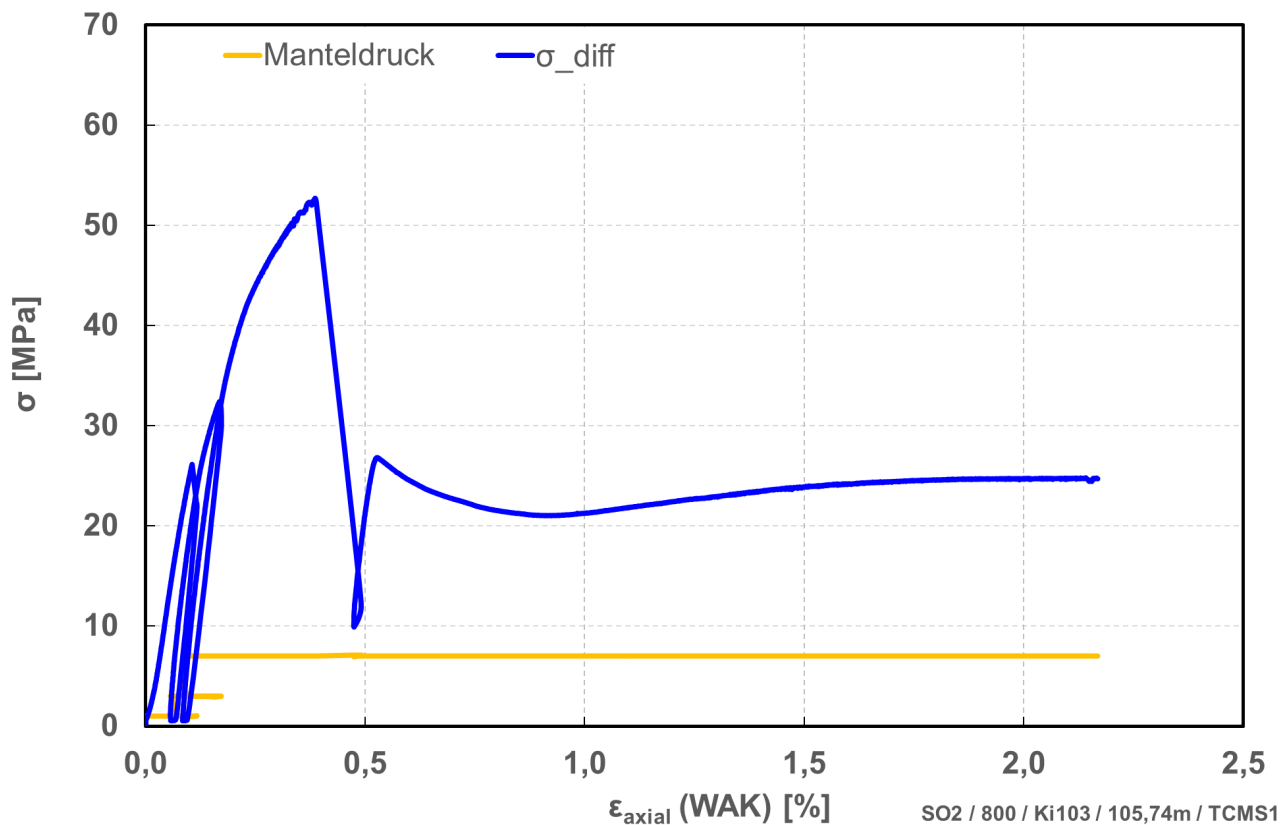
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 267

## Anhang 12: TCMS - Spannungs-Verformungskurven





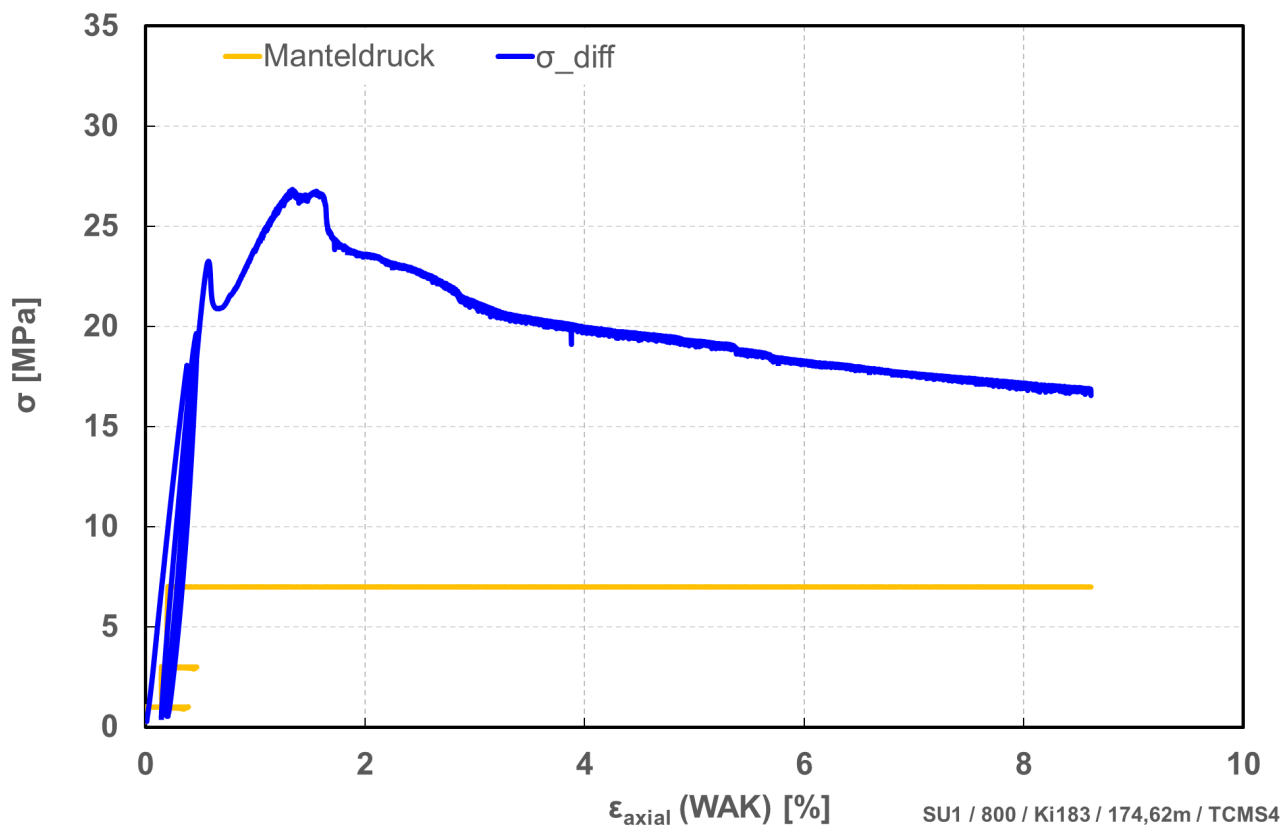
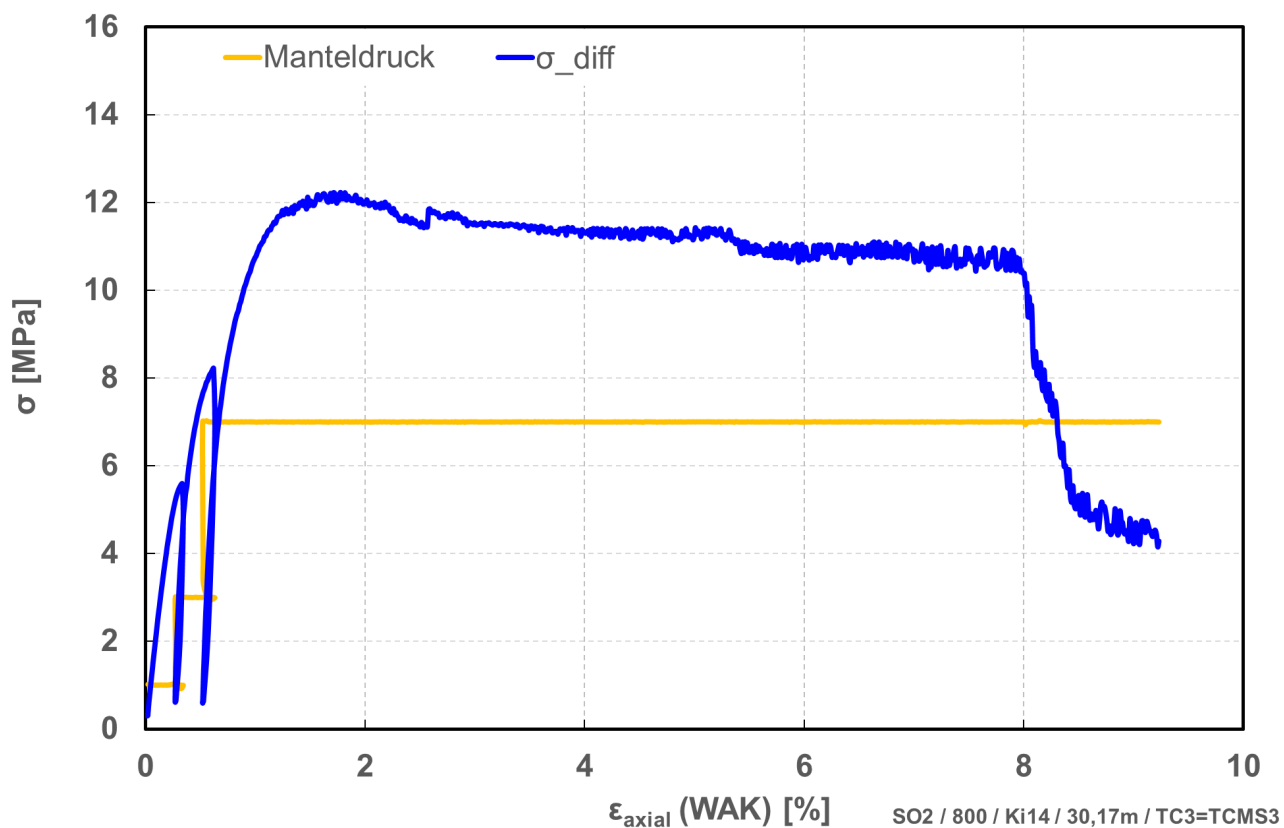
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 268



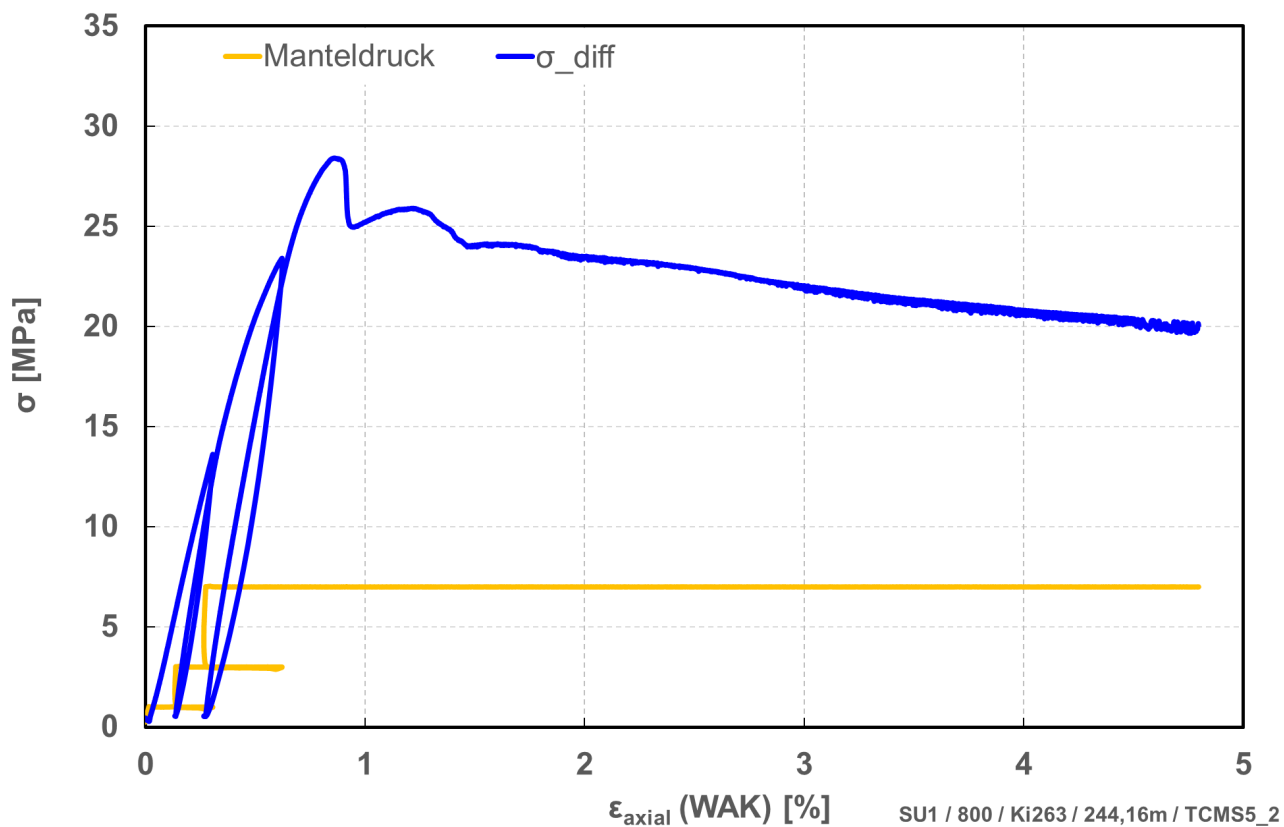
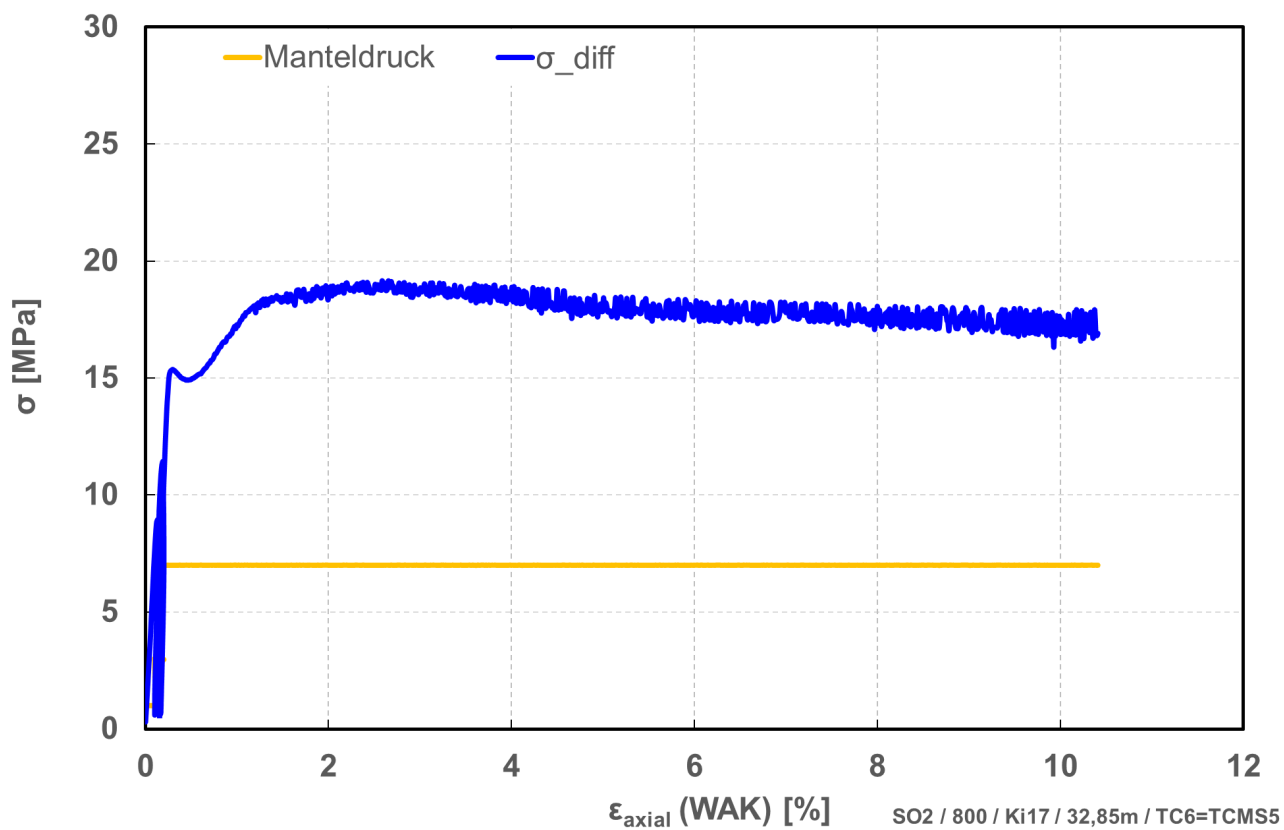
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 269



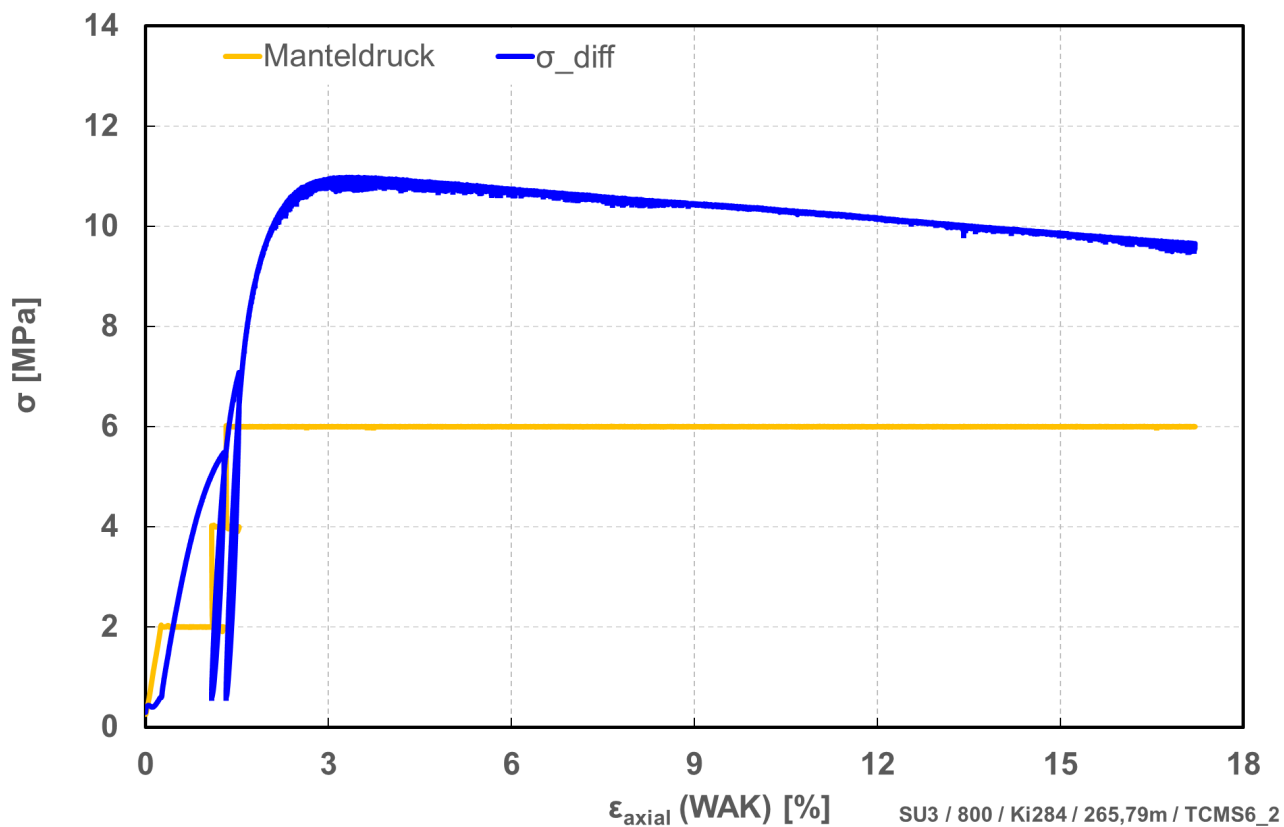
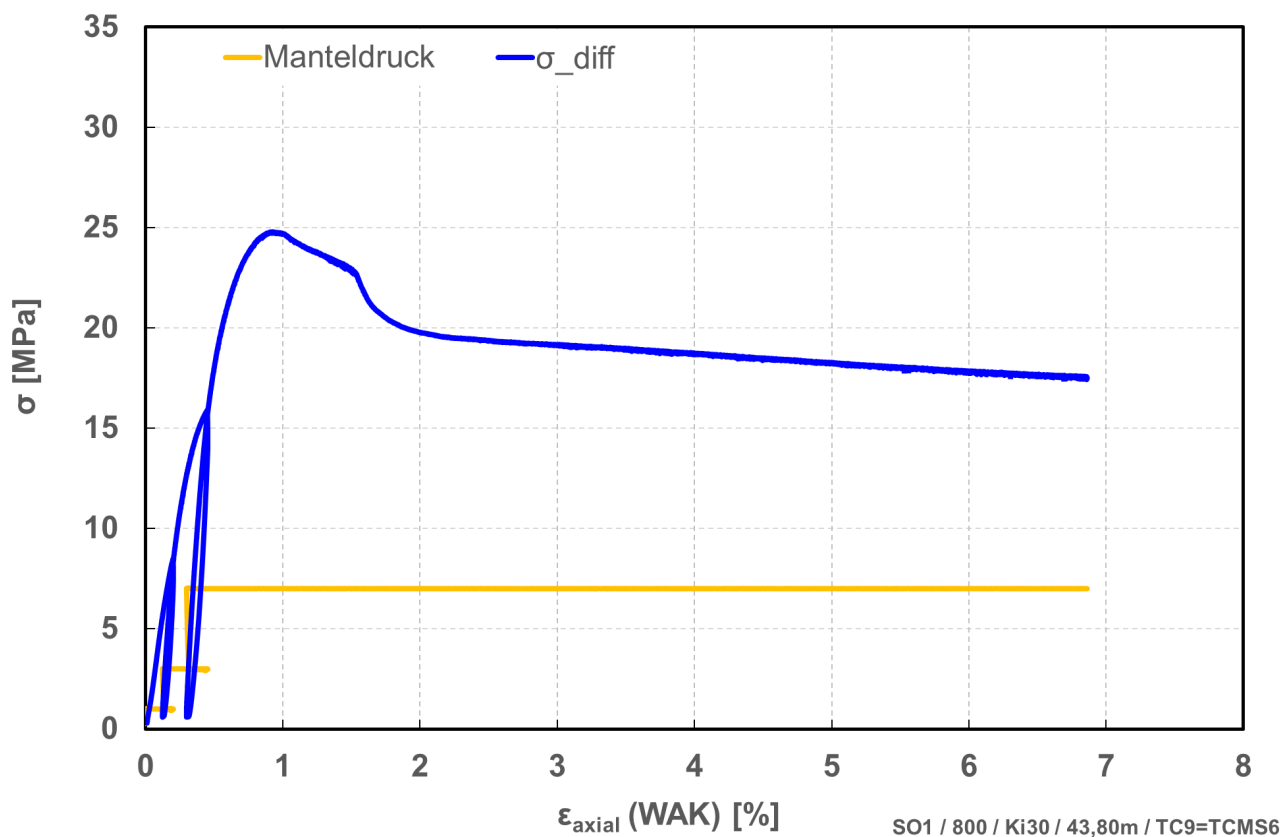
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 270



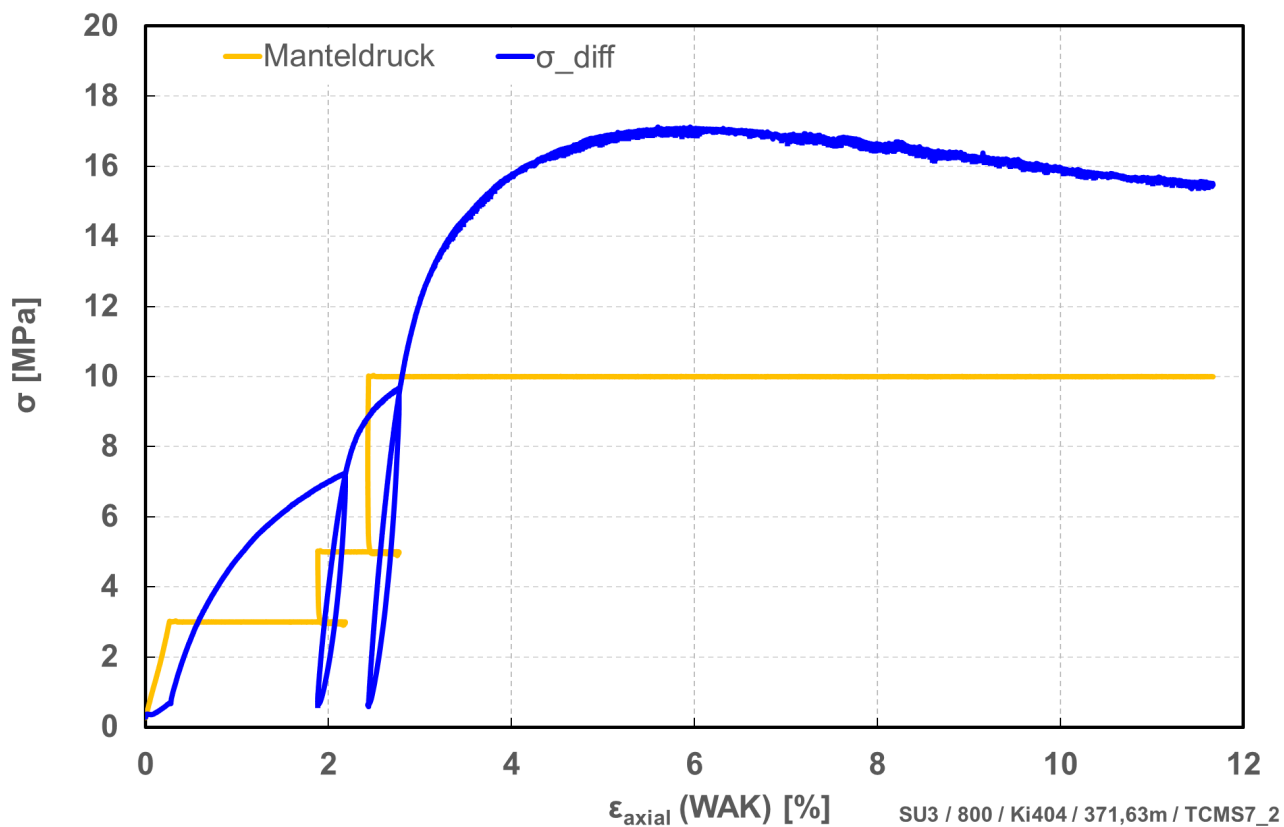
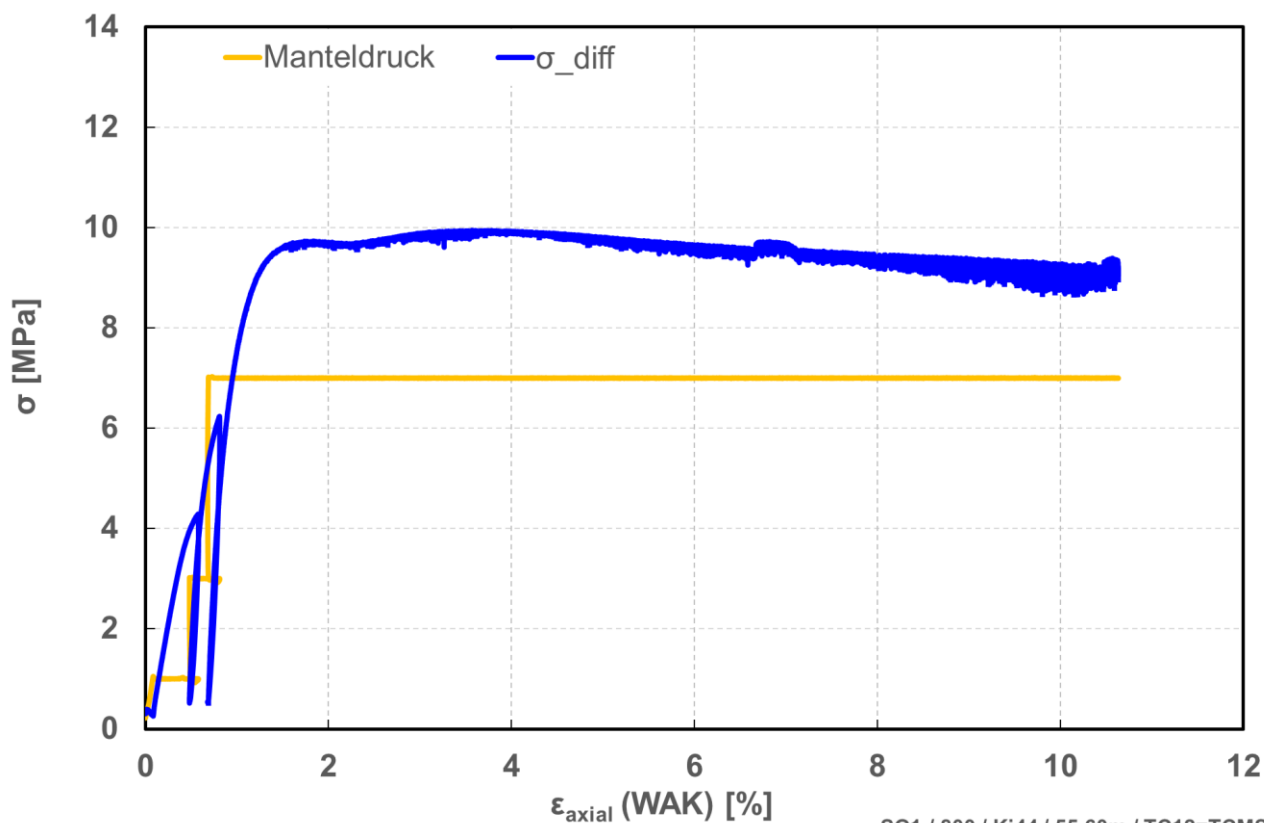
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 271



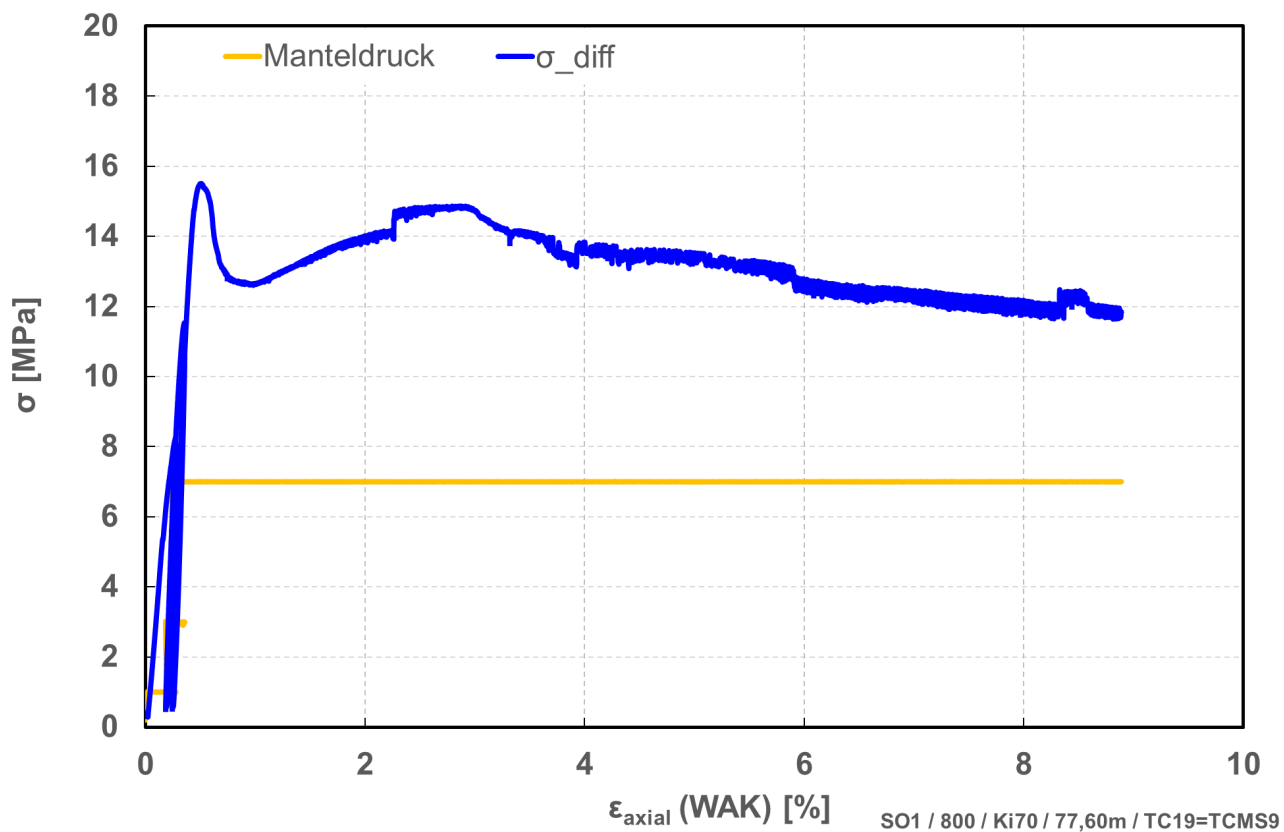
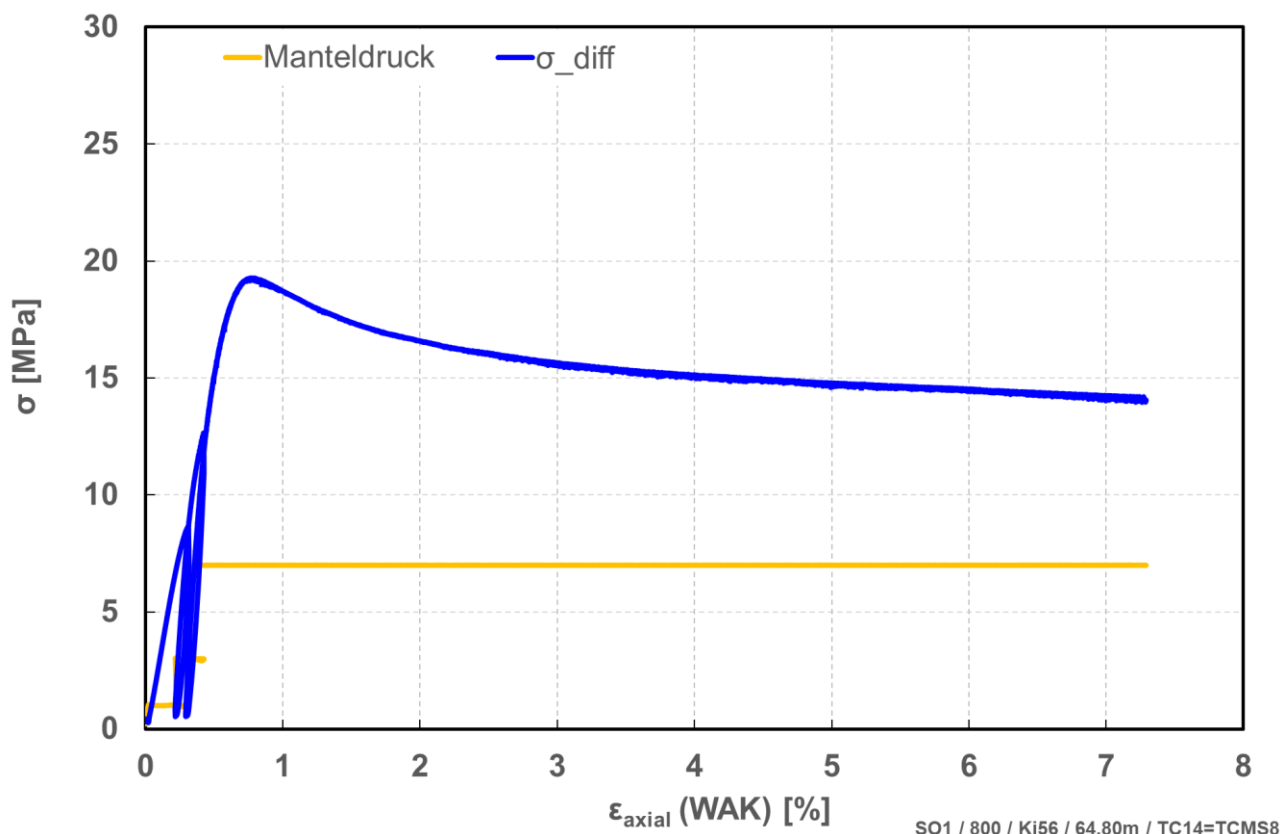
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 272





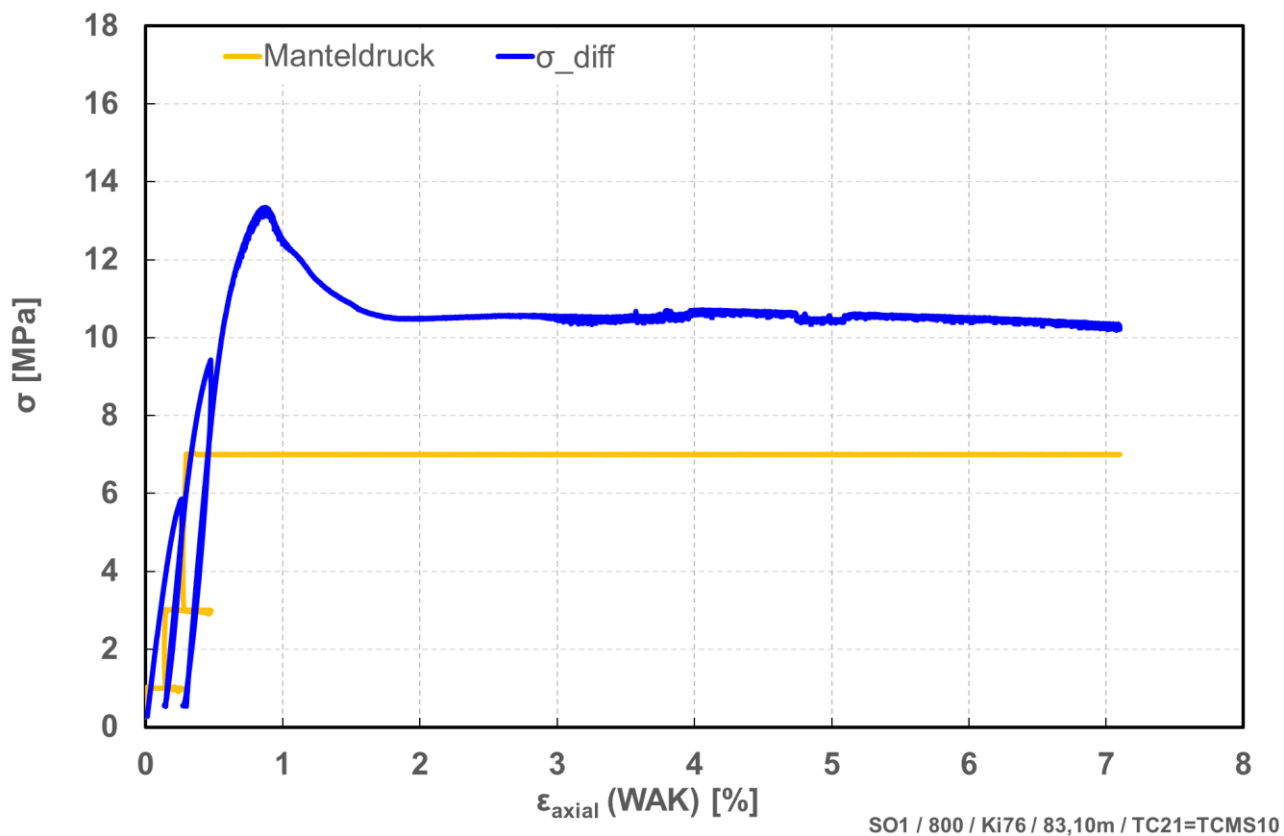
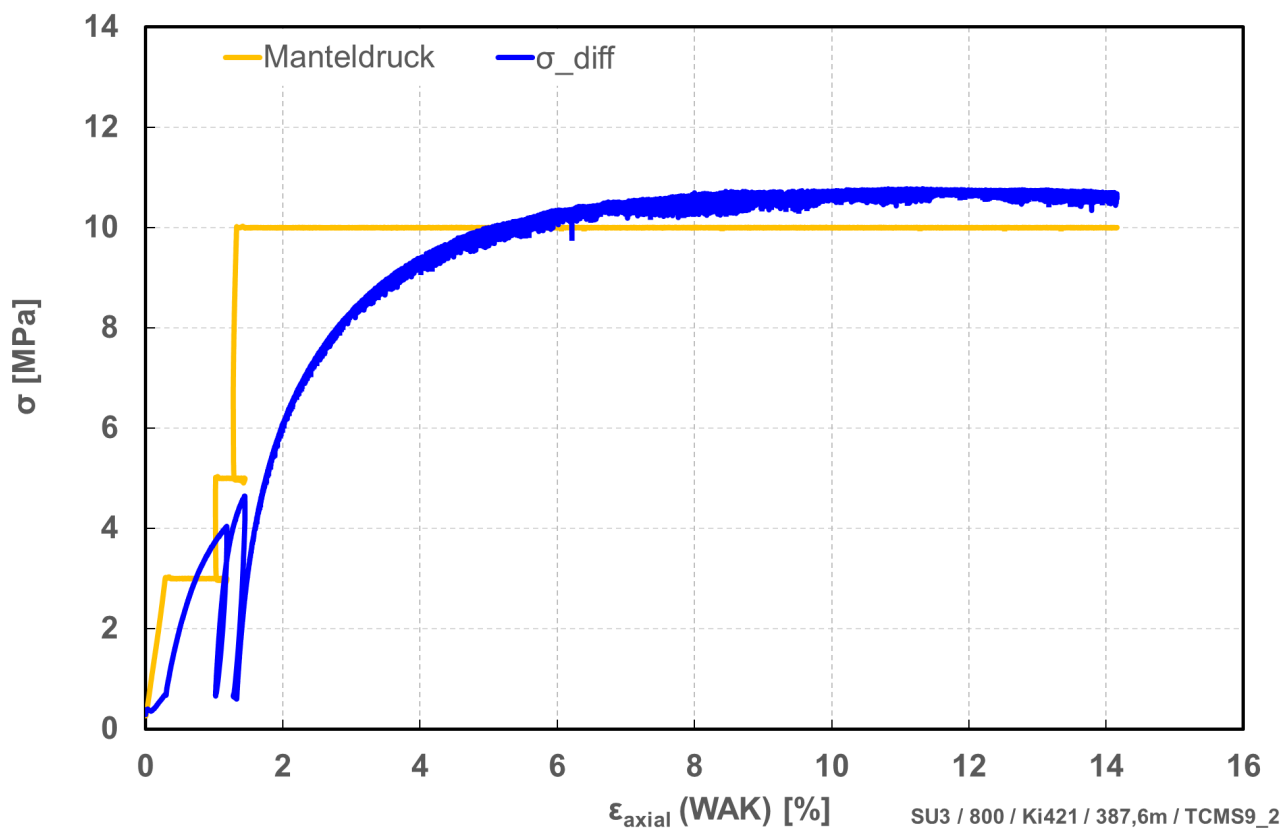
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 273



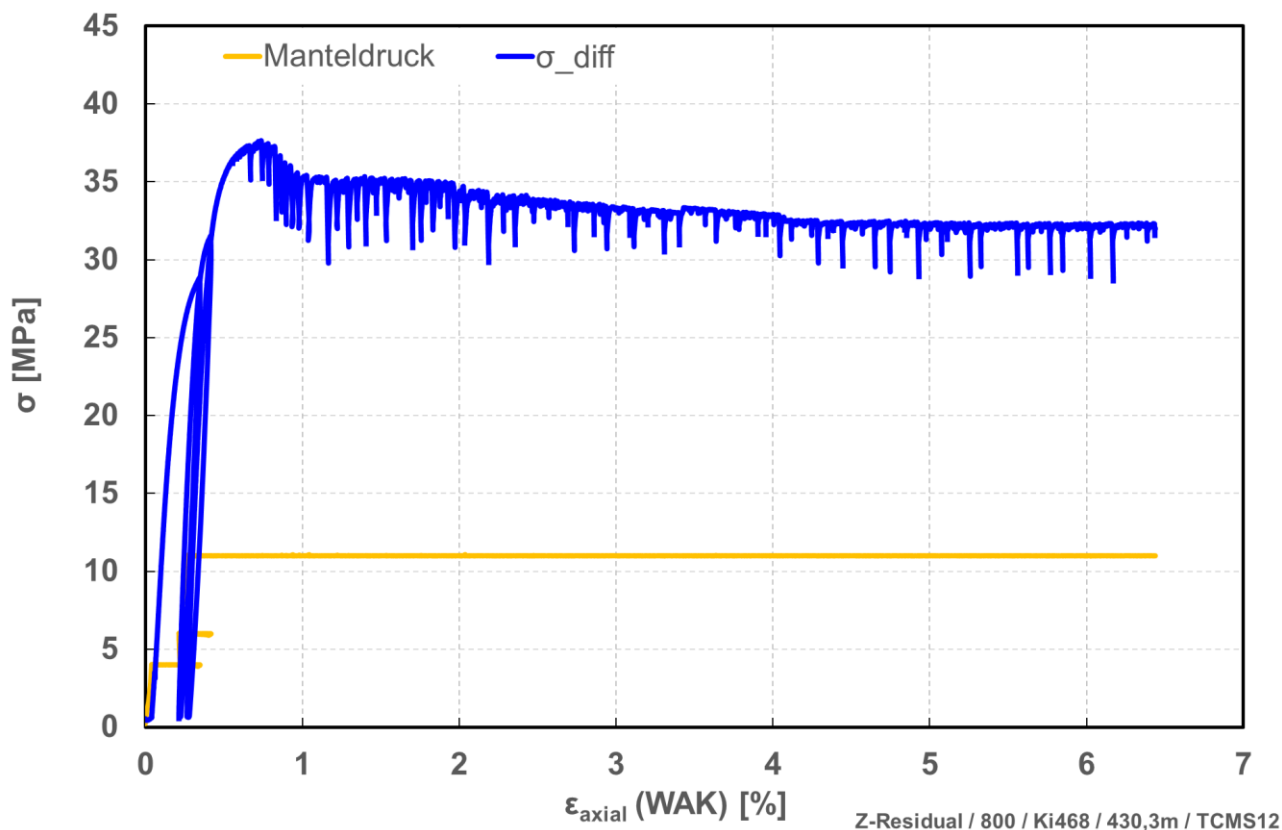
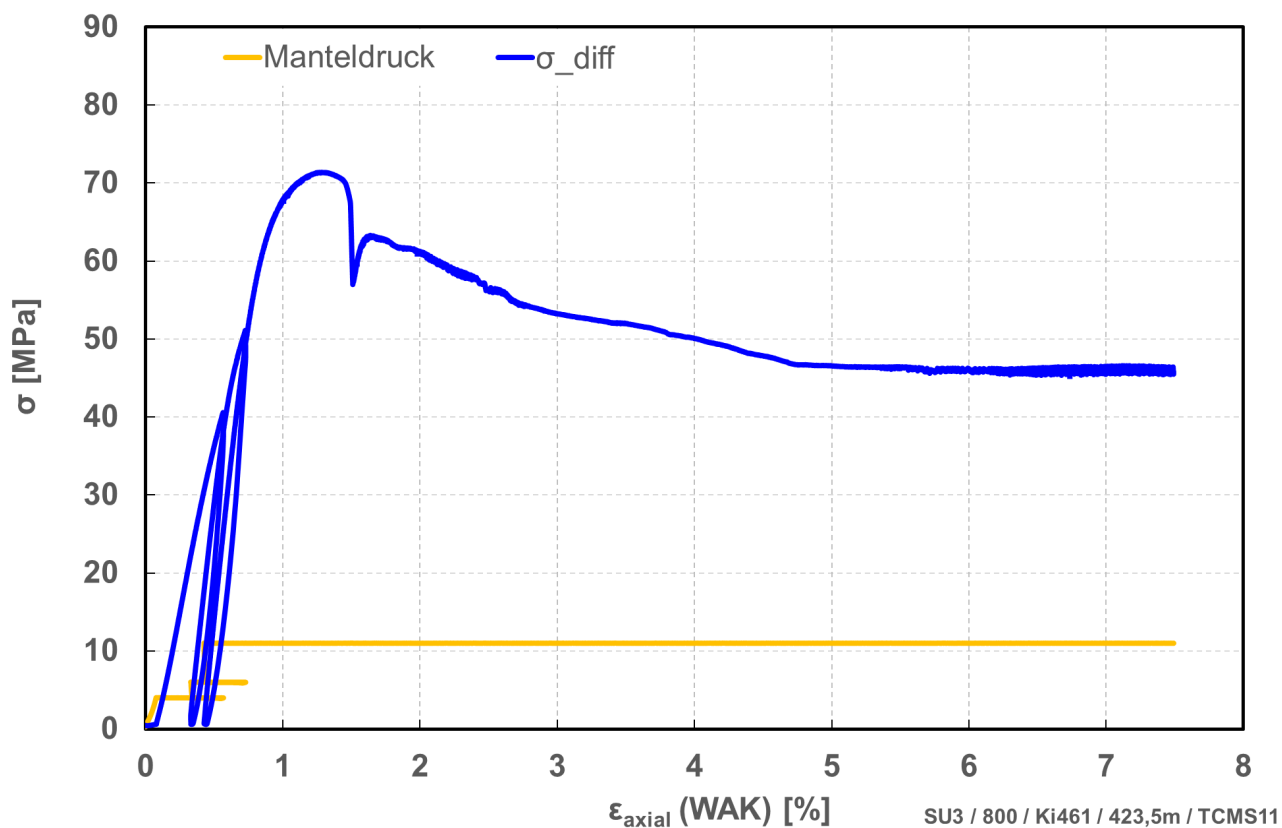
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 274



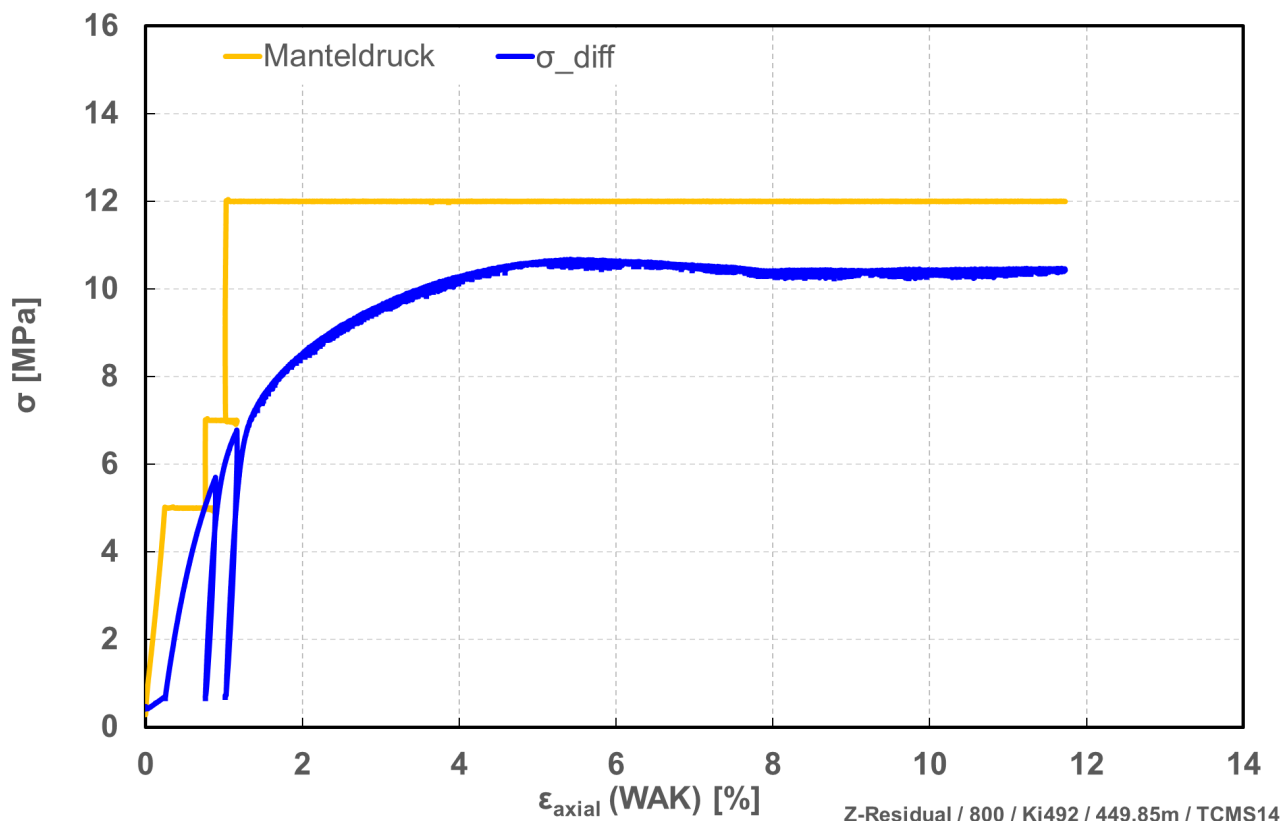
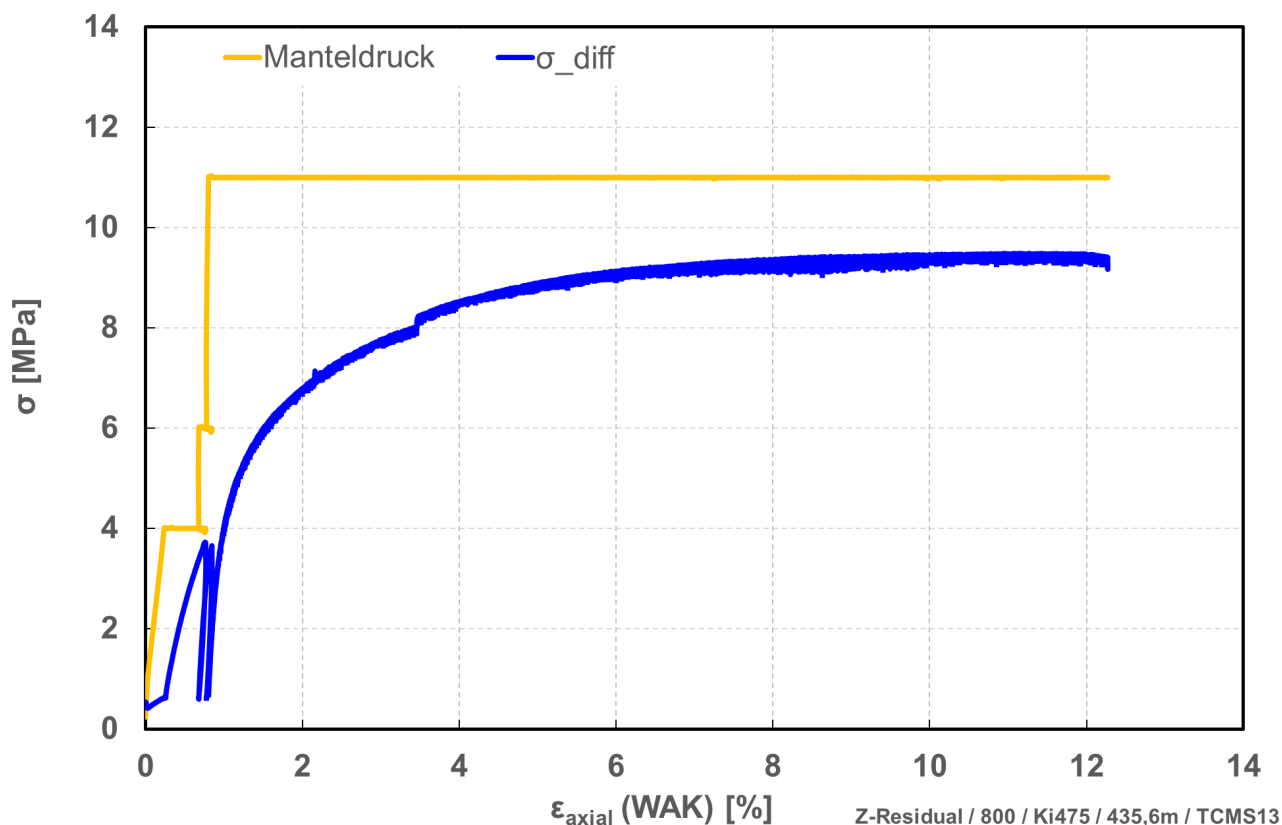
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 275

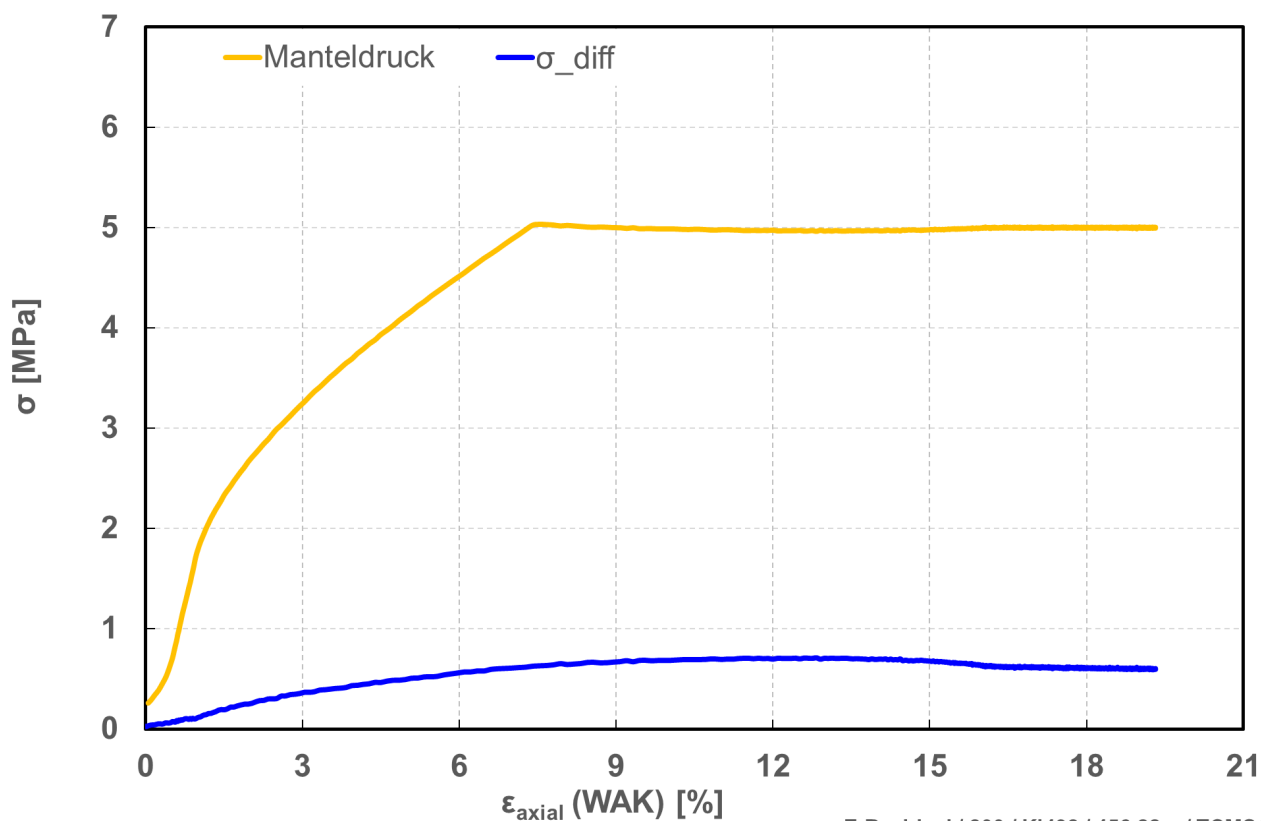


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

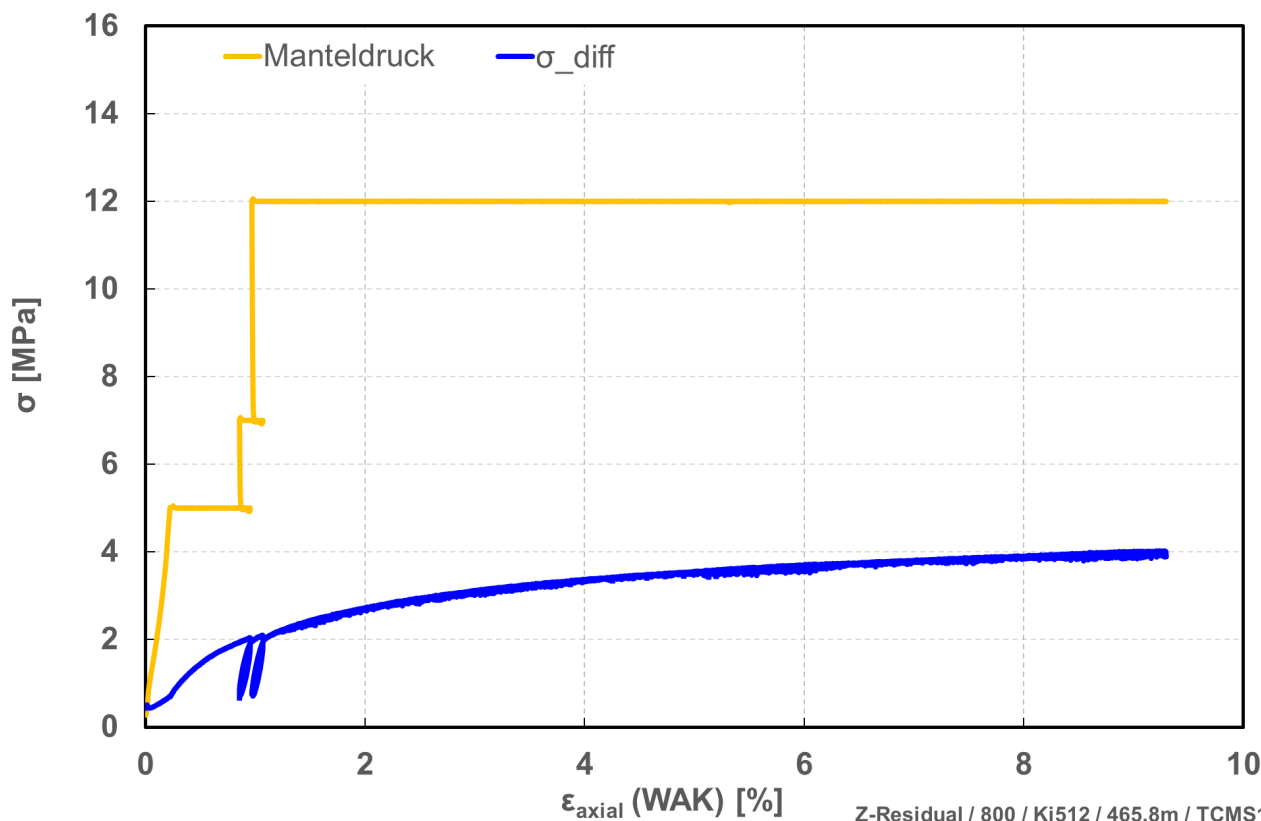


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 276



Z-Residual / 800 / Ki498 / 456,22m / TCMS15



Z-Residual / 800 / Ki512 / 465,8m / TCMS16

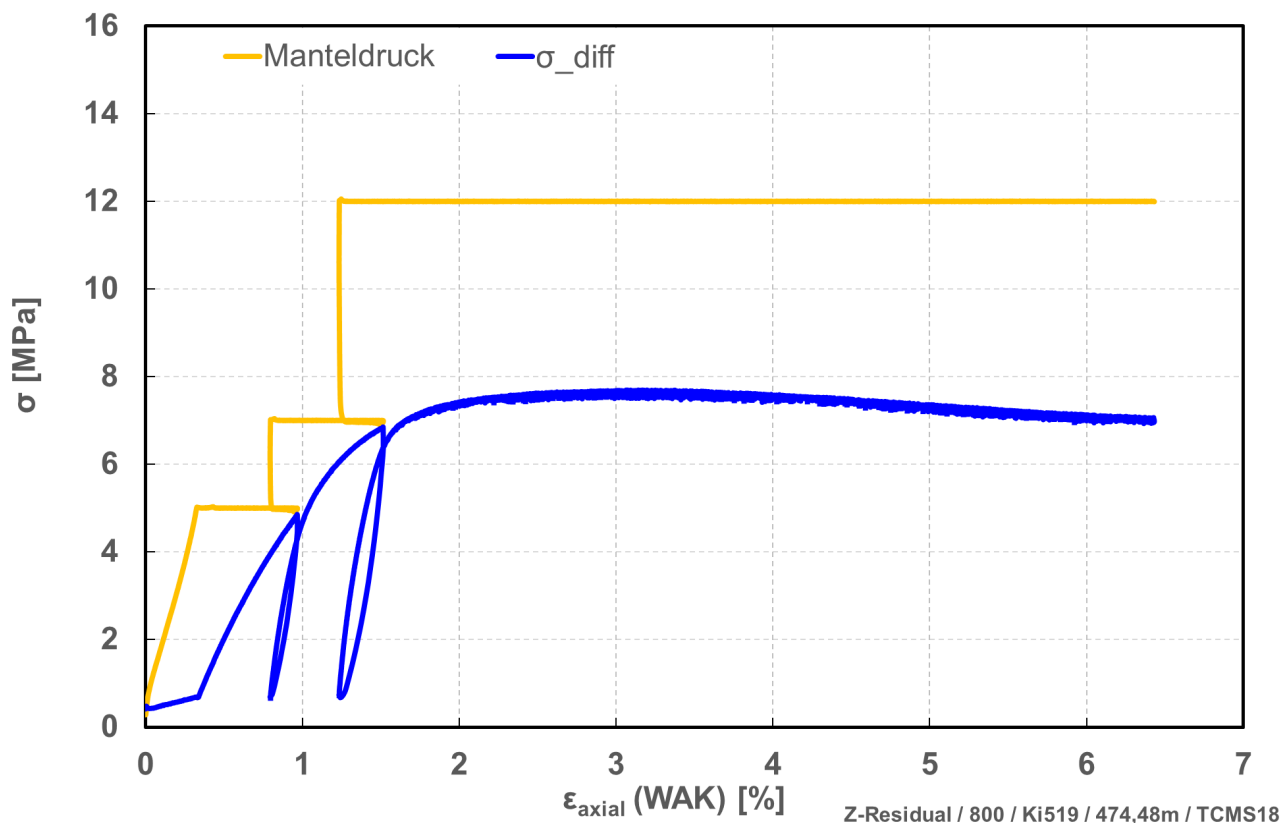
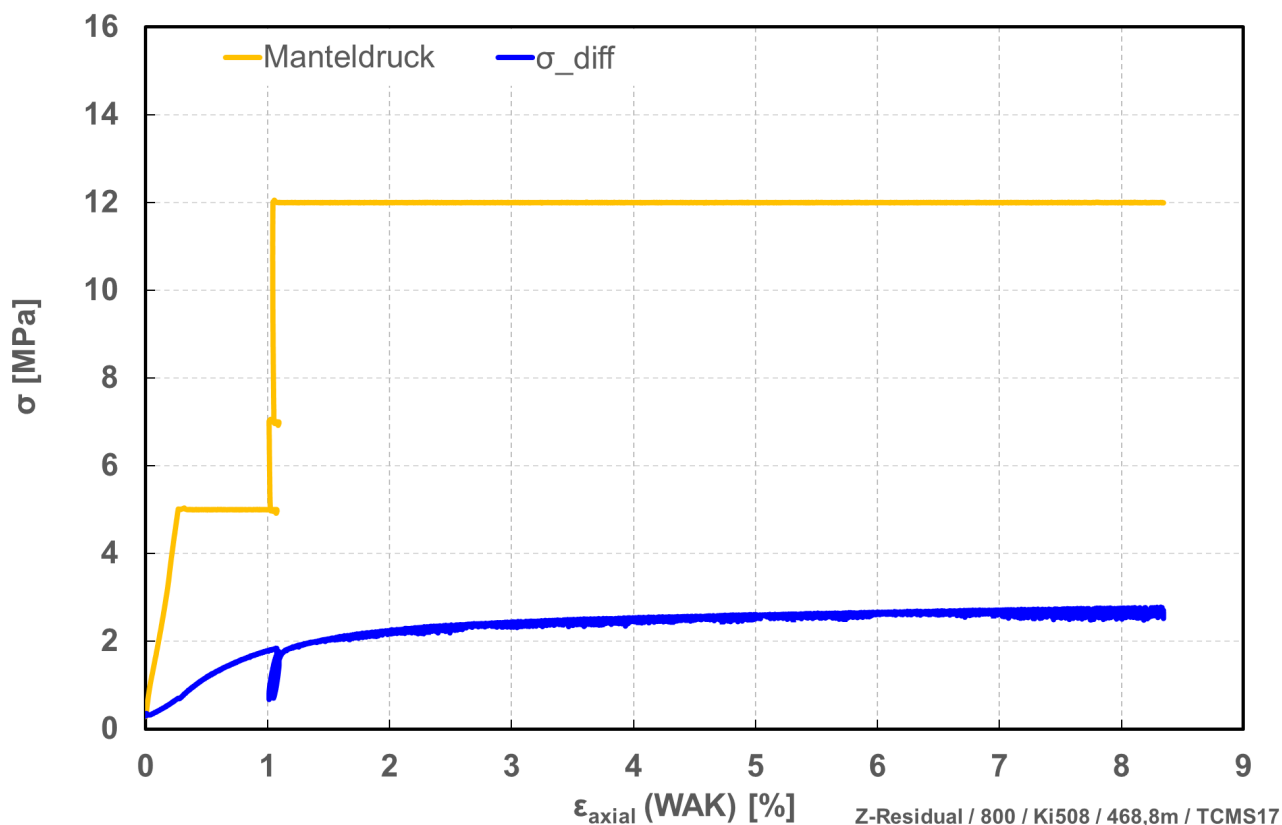
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 277





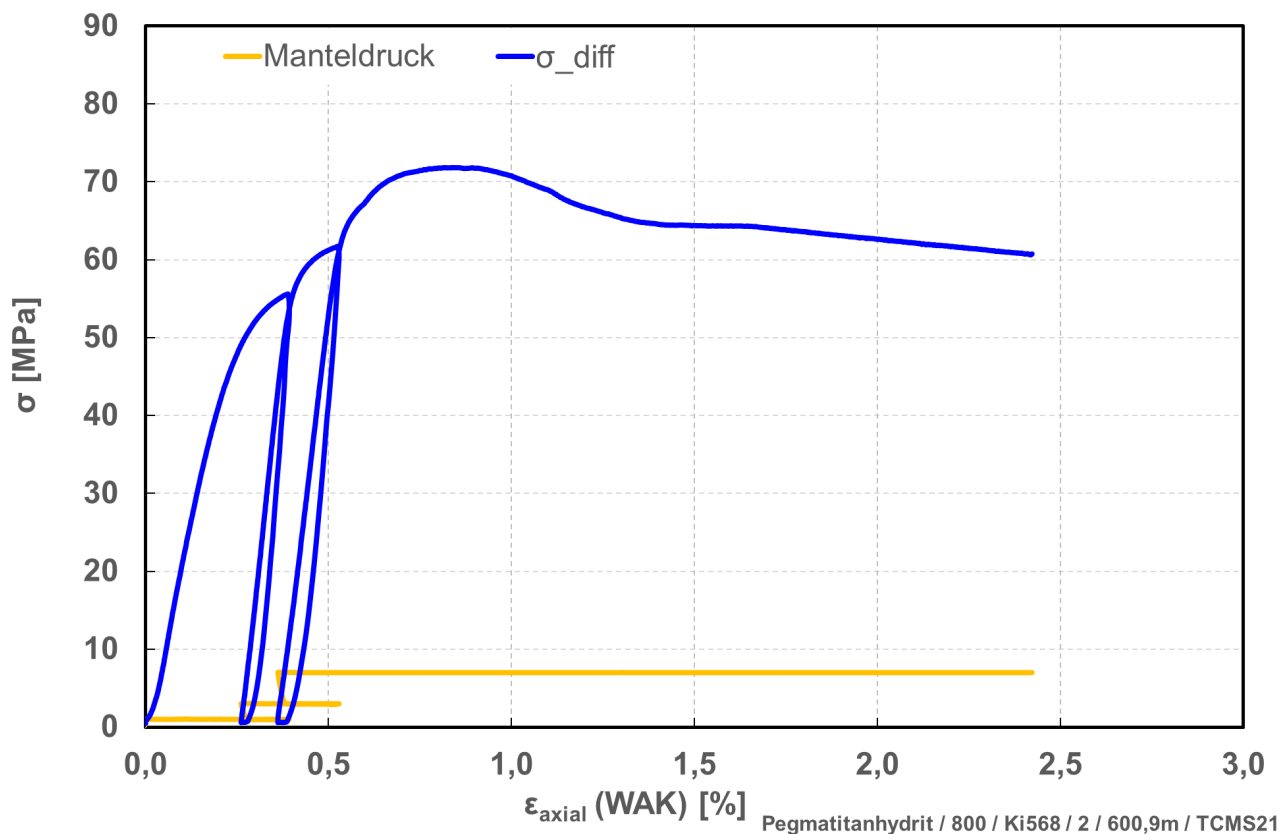
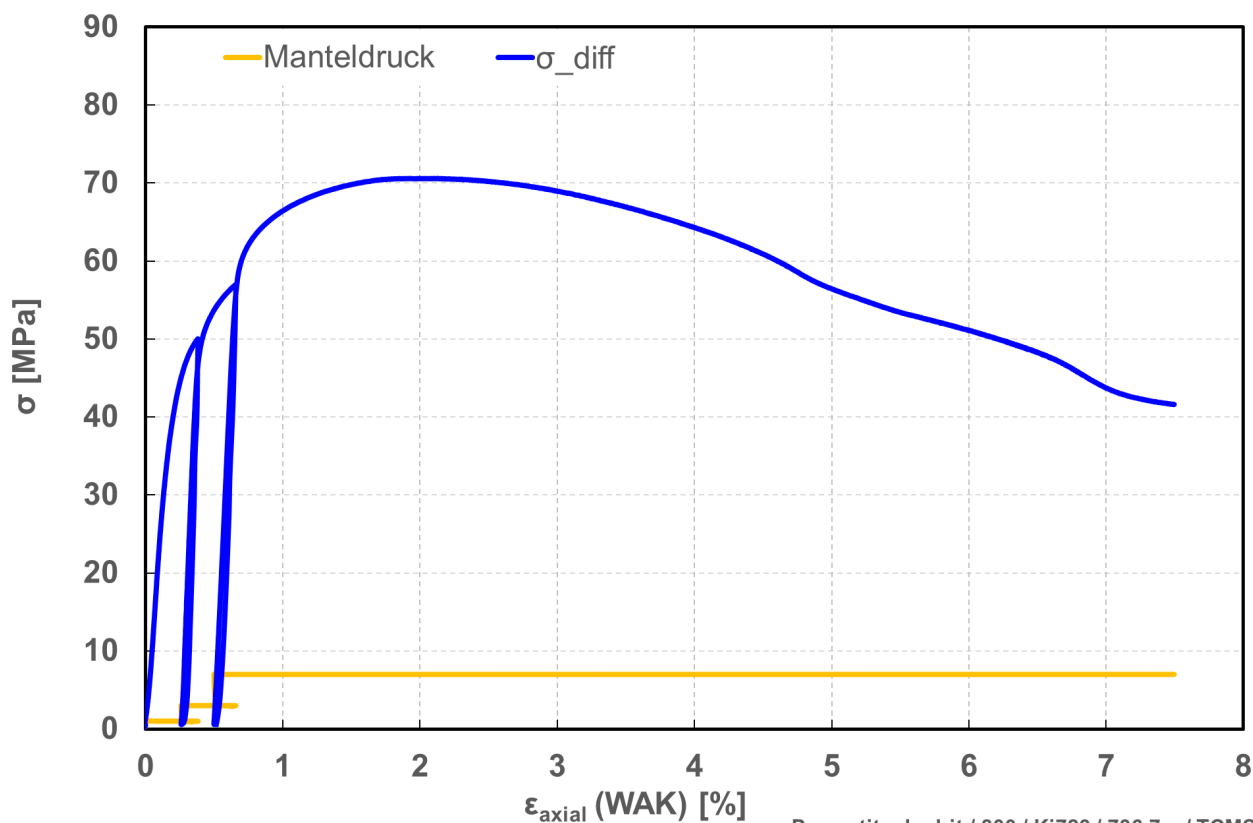
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

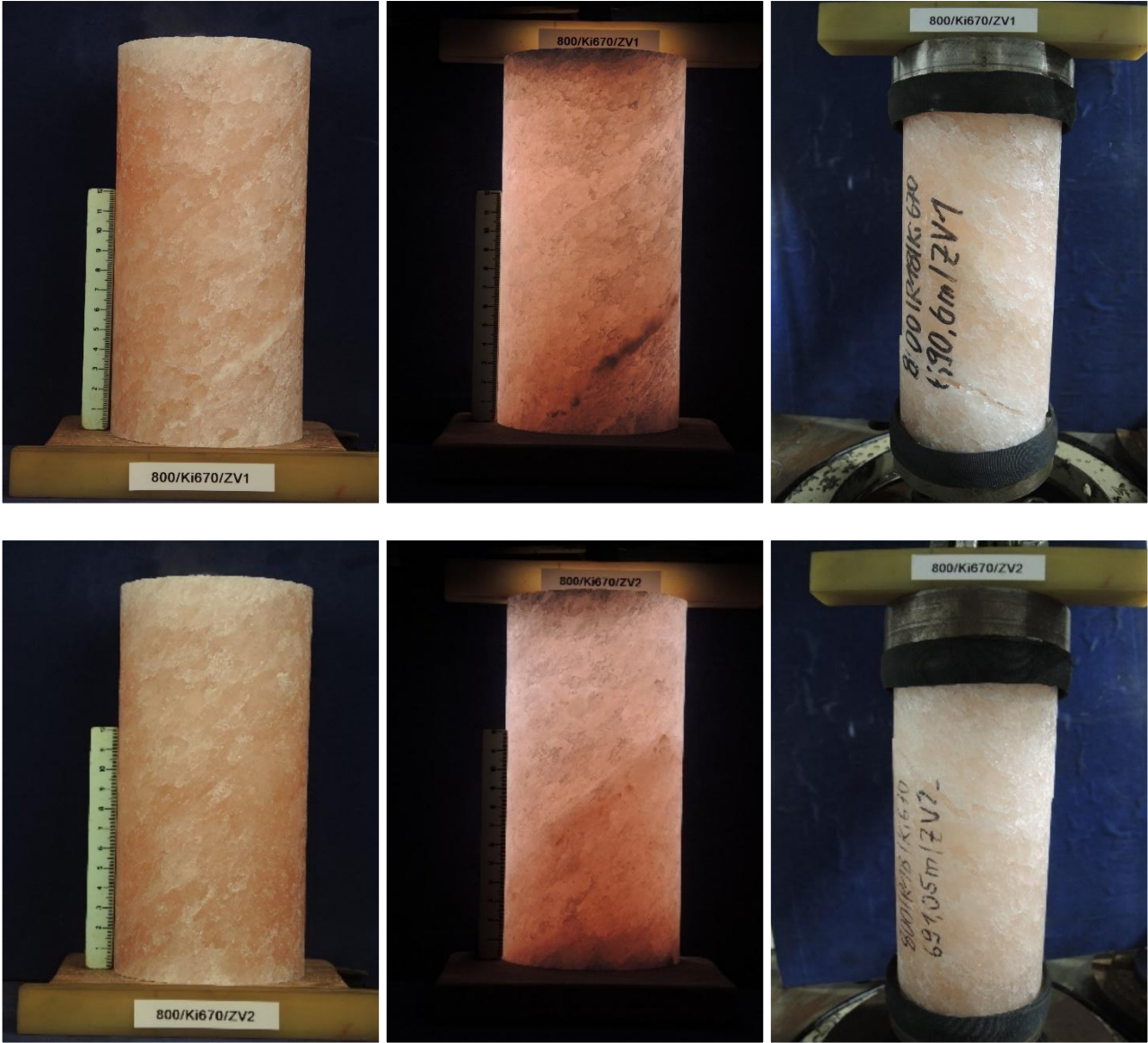
| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 278



|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     |  <div>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</div> |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev | Blatt: 279                                                                                                                            |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                       |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                       |

Anhang 13: ZV - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch



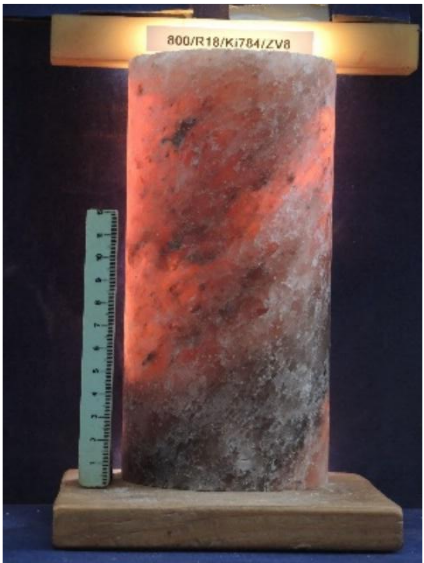
|                                                                                                                                                                                                          |             |                |            |           |         |    |          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| <div> <div>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</div> <div> <div>BGE</div> <div>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</div> </div> </div> |             |                |            |           |         |    |          |     |
| Projekt                                                                                                                                                                                                  | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
| NAAN                                                                                                                                                                                                     | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A                                                                                                                                                                                                       | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 280







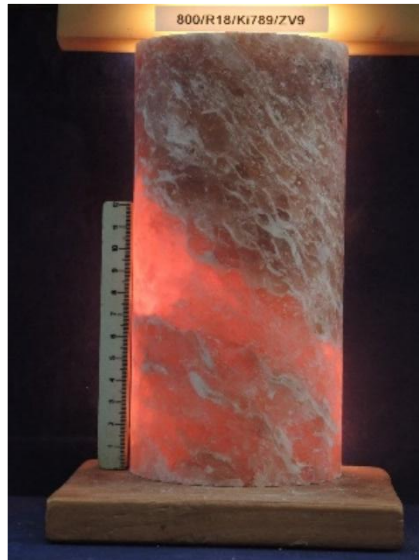




# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 283







# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

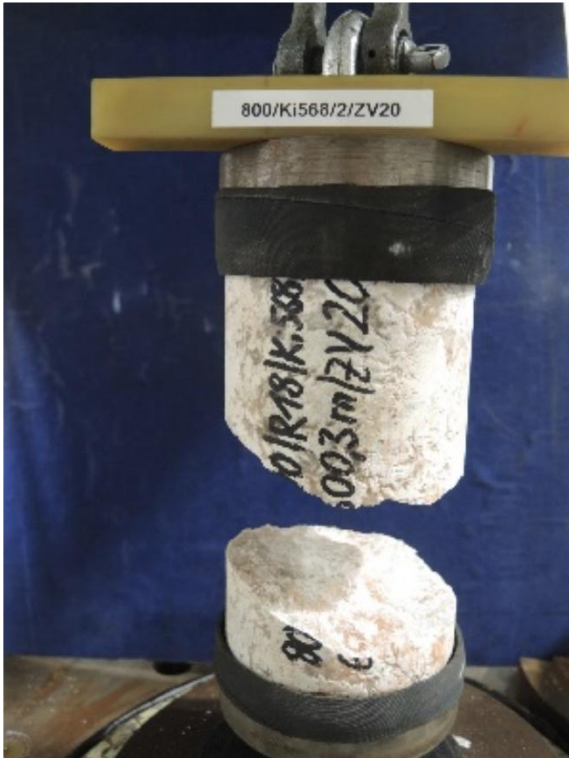
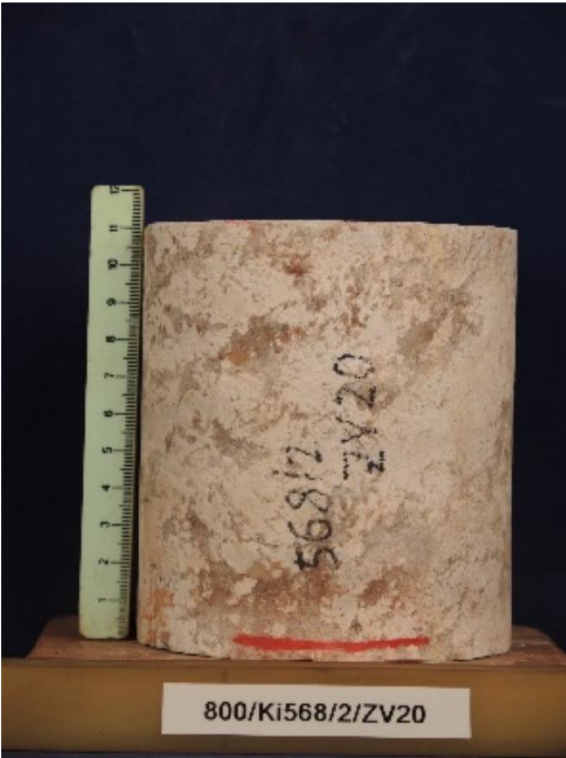
| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 285











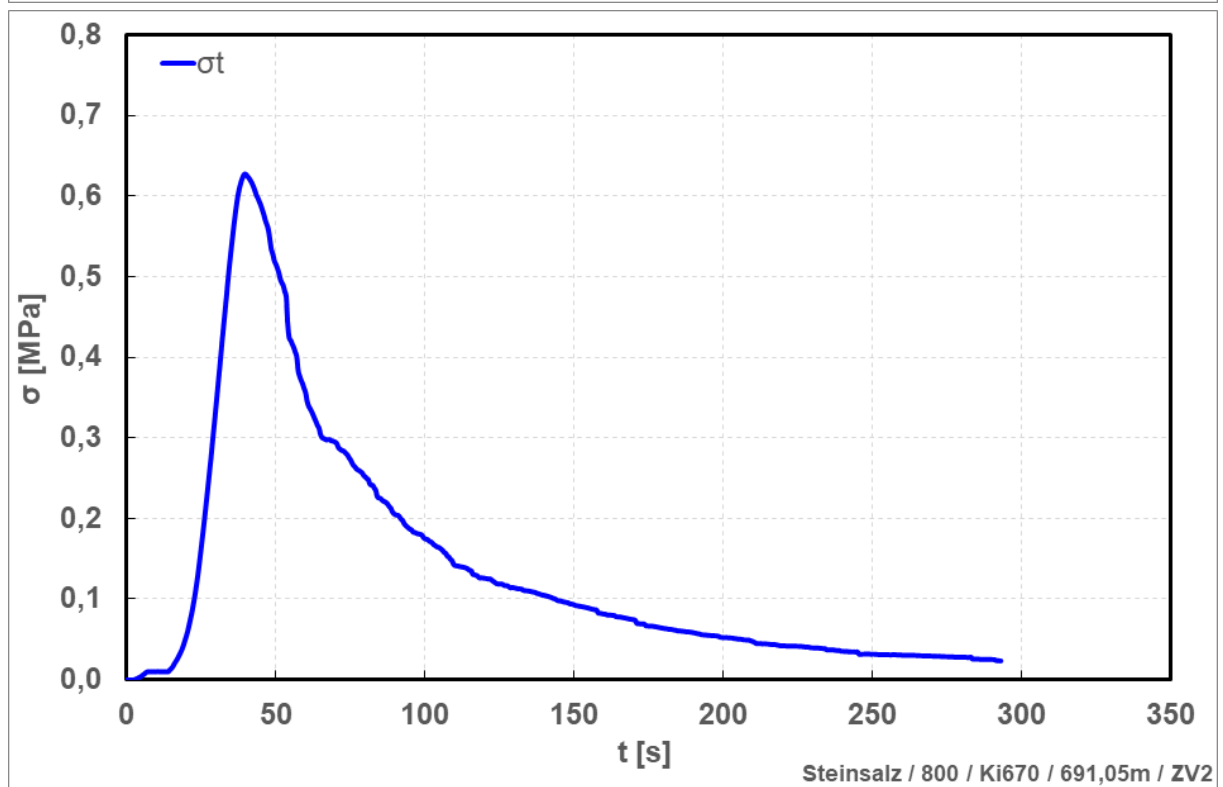
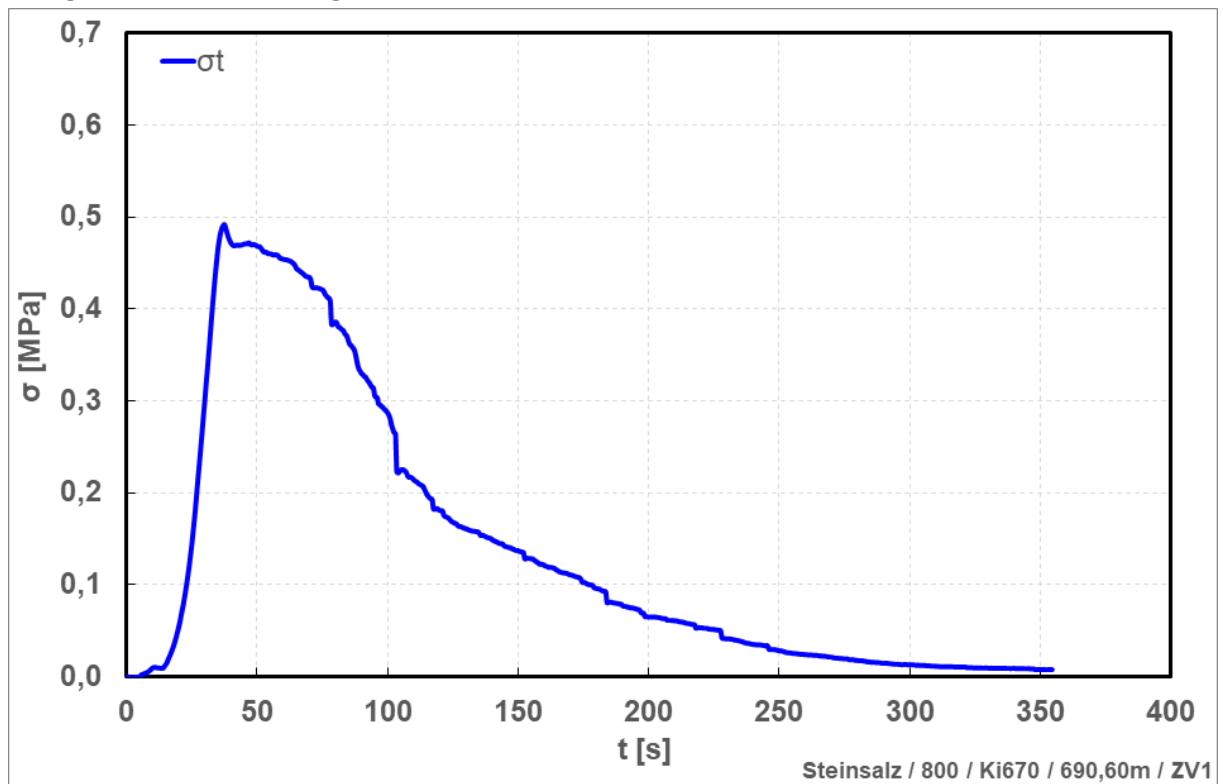
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 288

## Anhang 14: ZV - Spannungs-Zeitkurven

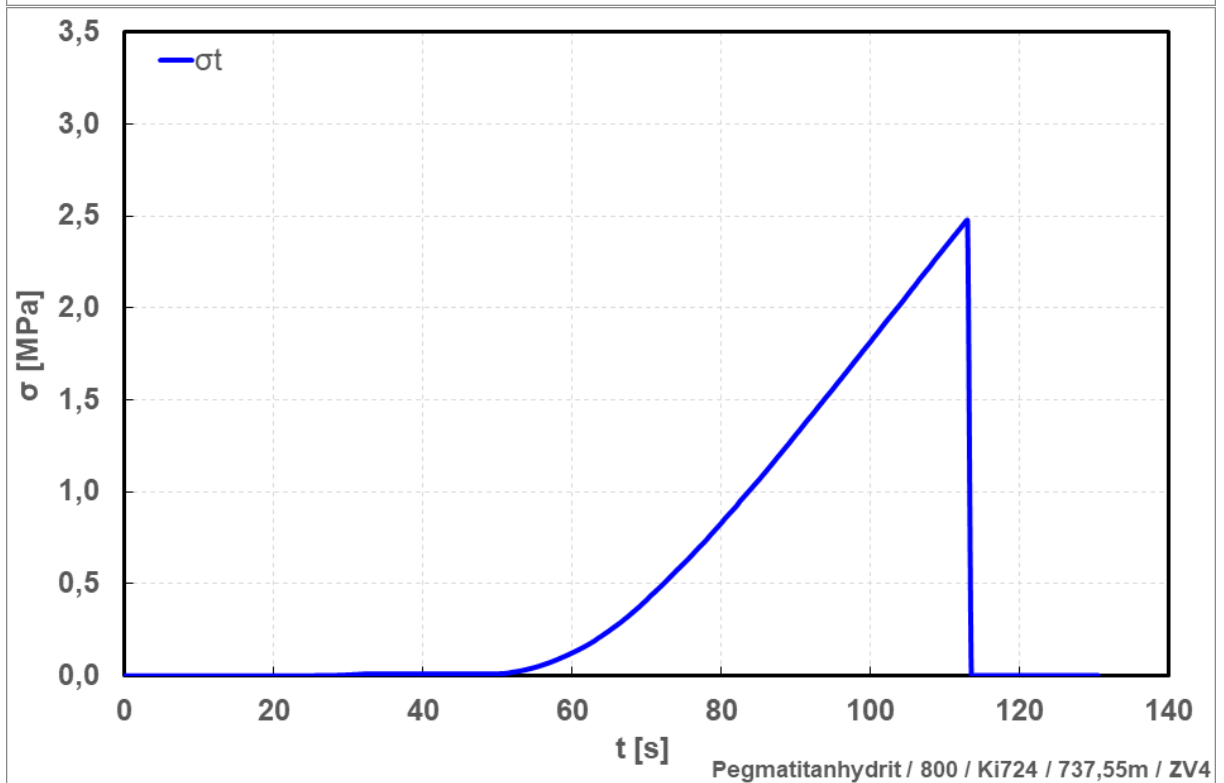
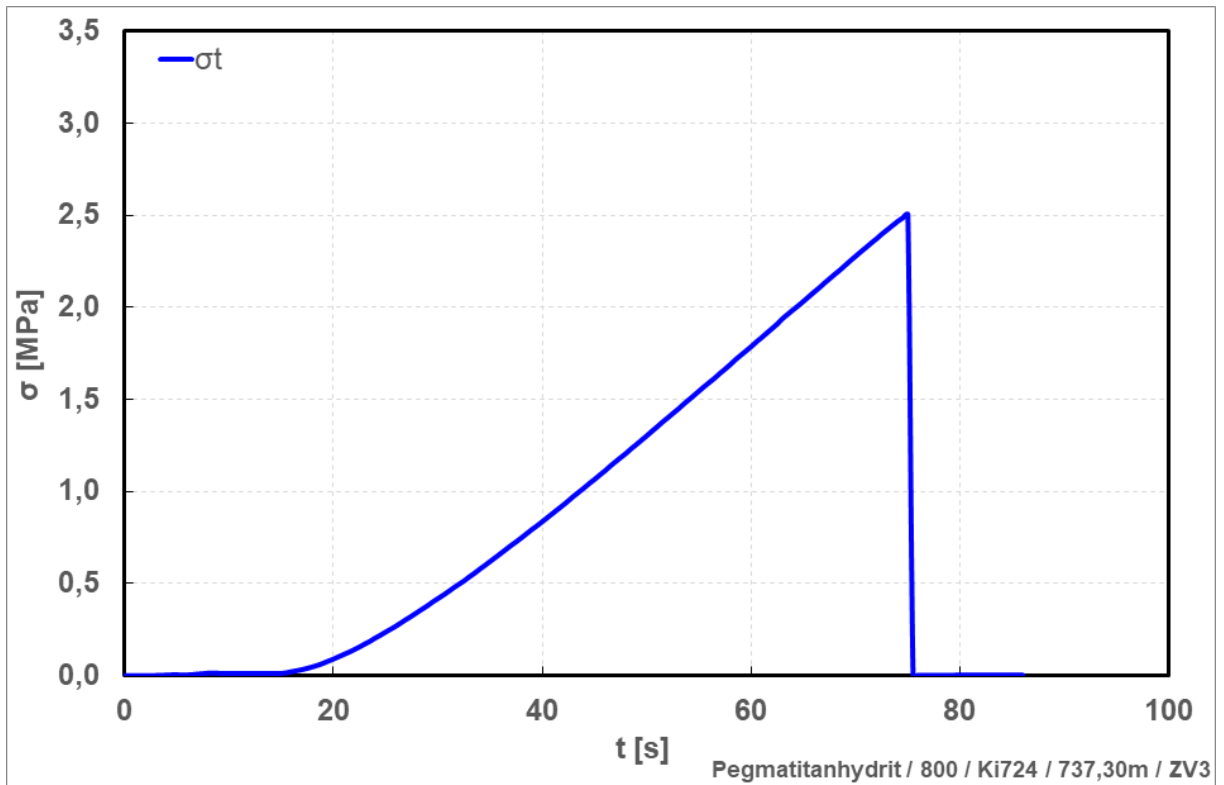


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 289

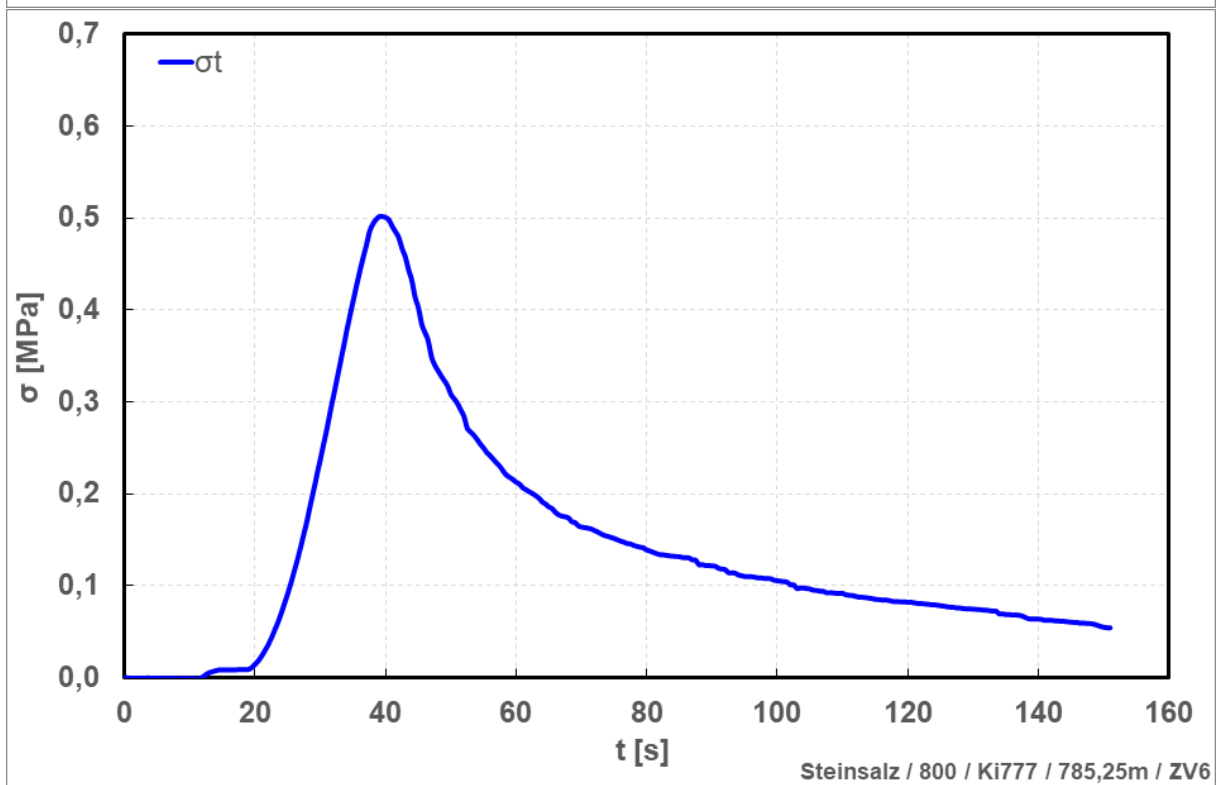
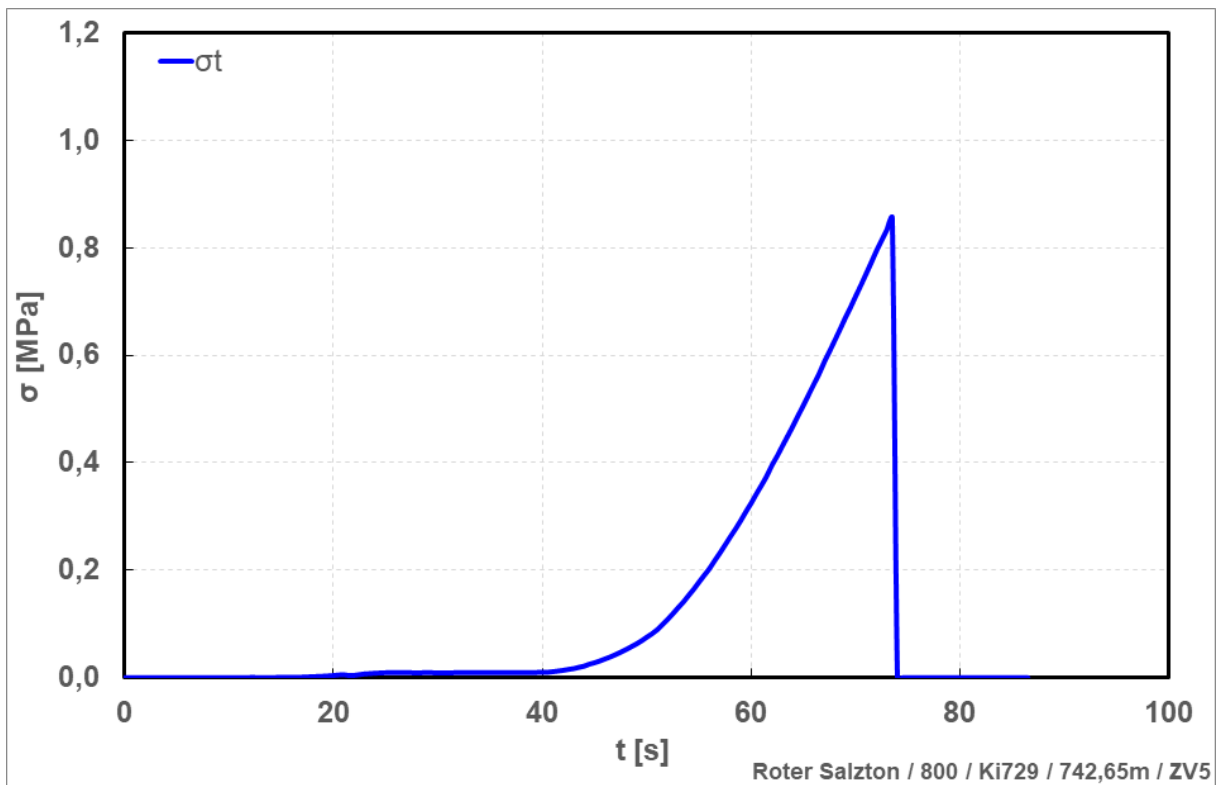


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 290

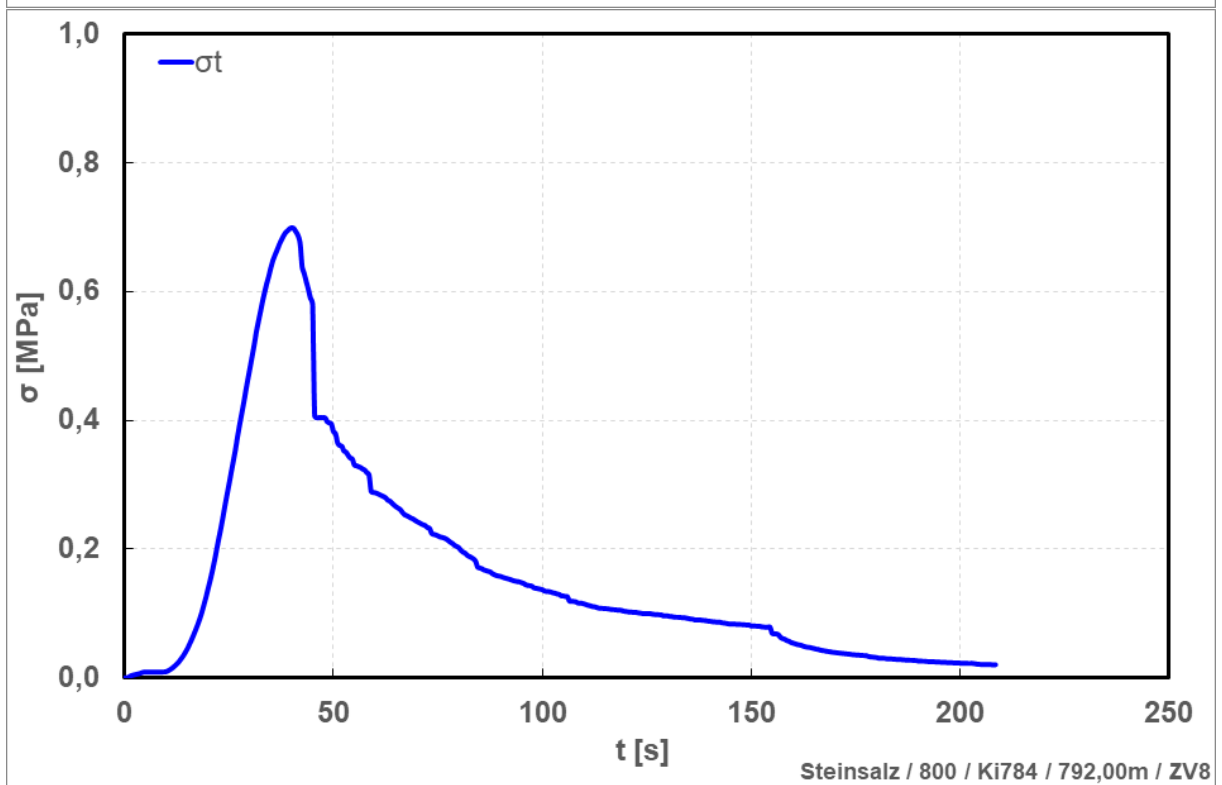
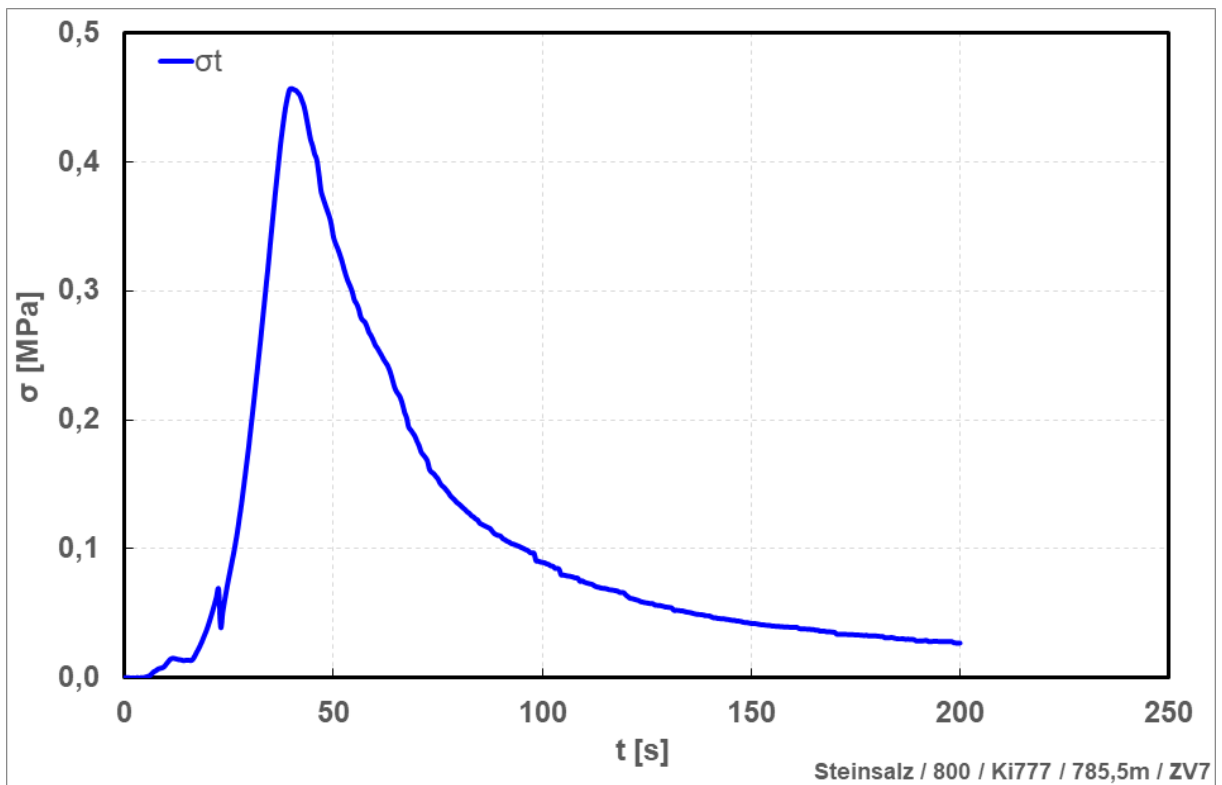


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 291



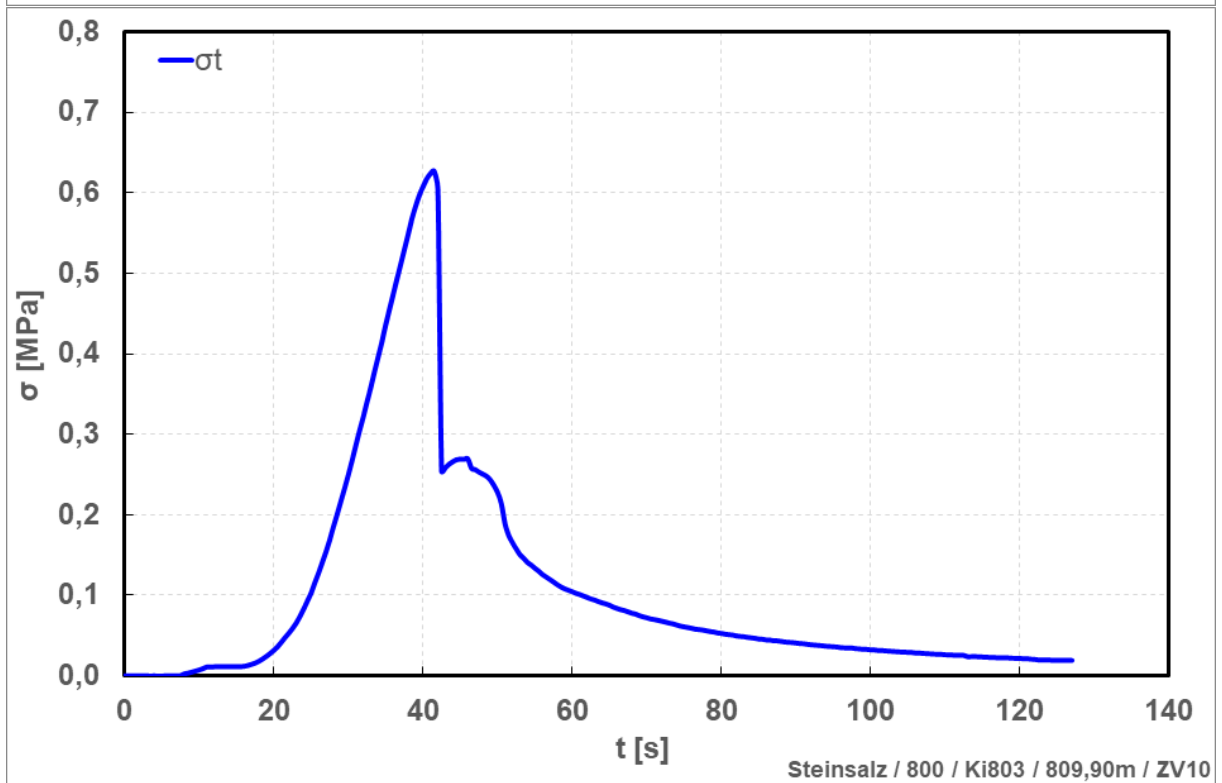
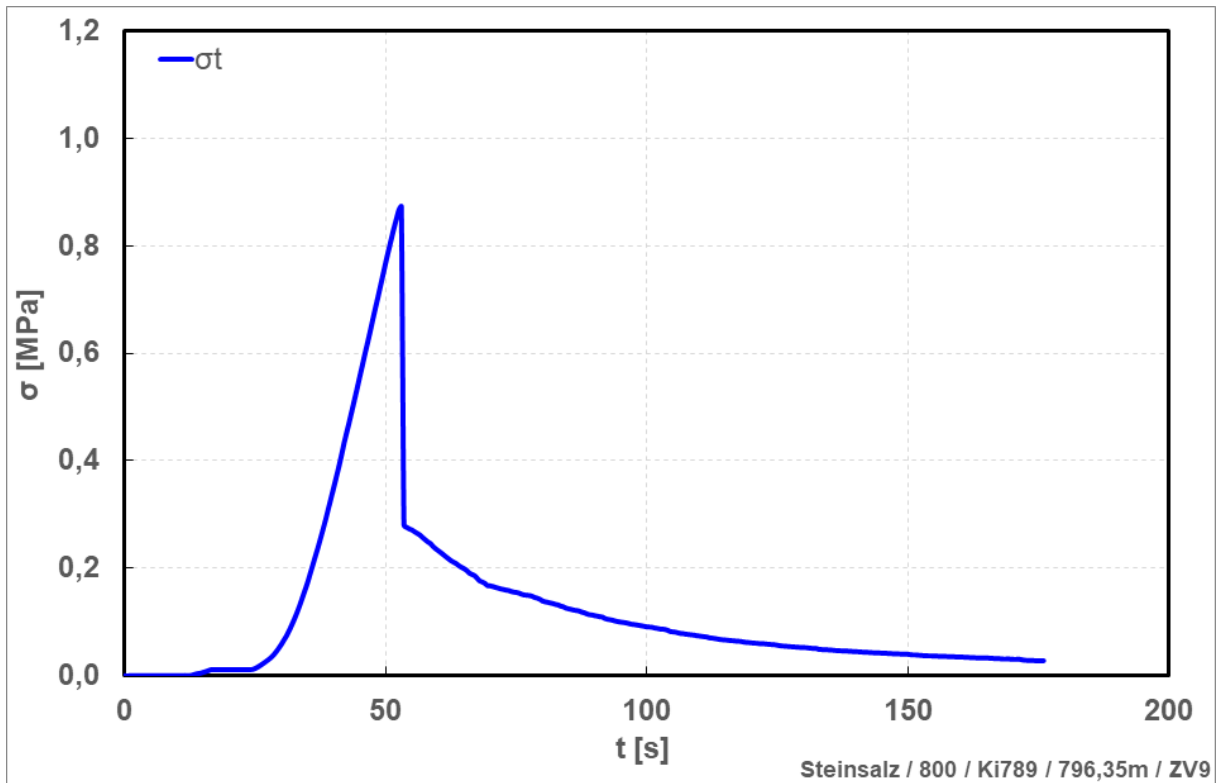


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 292

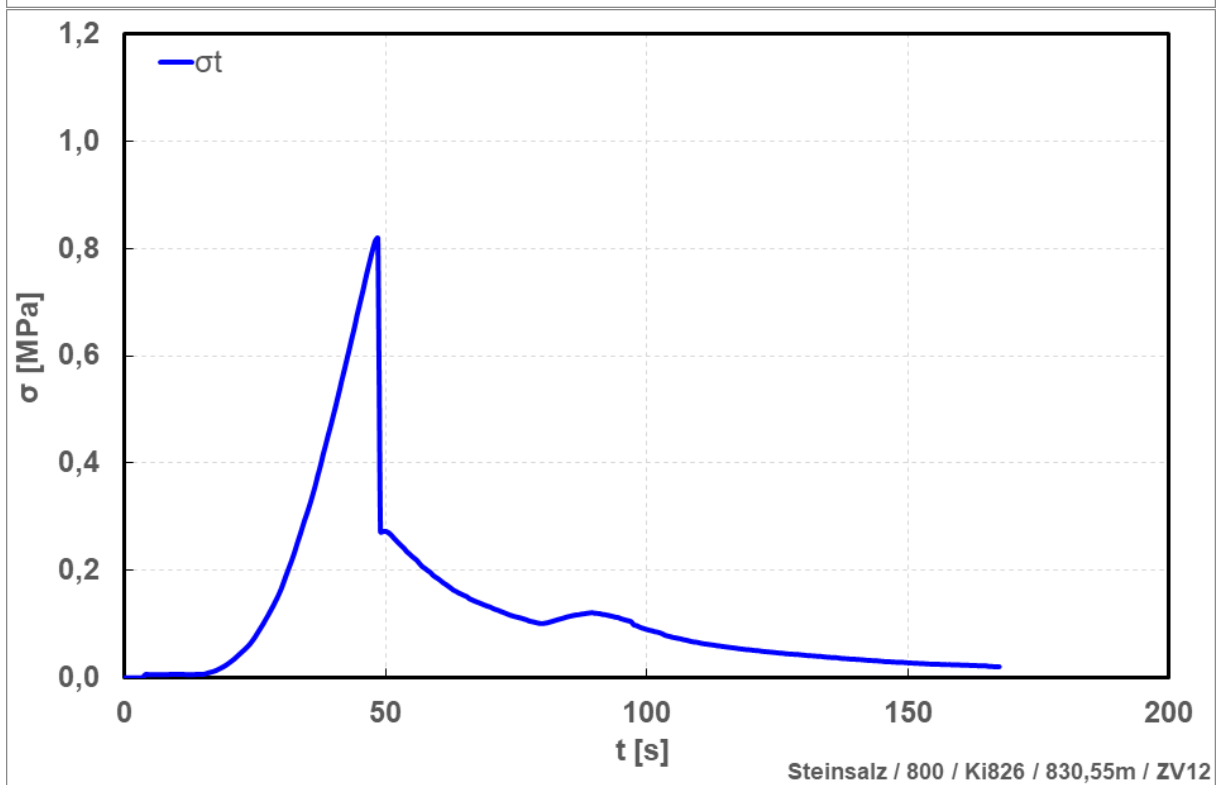
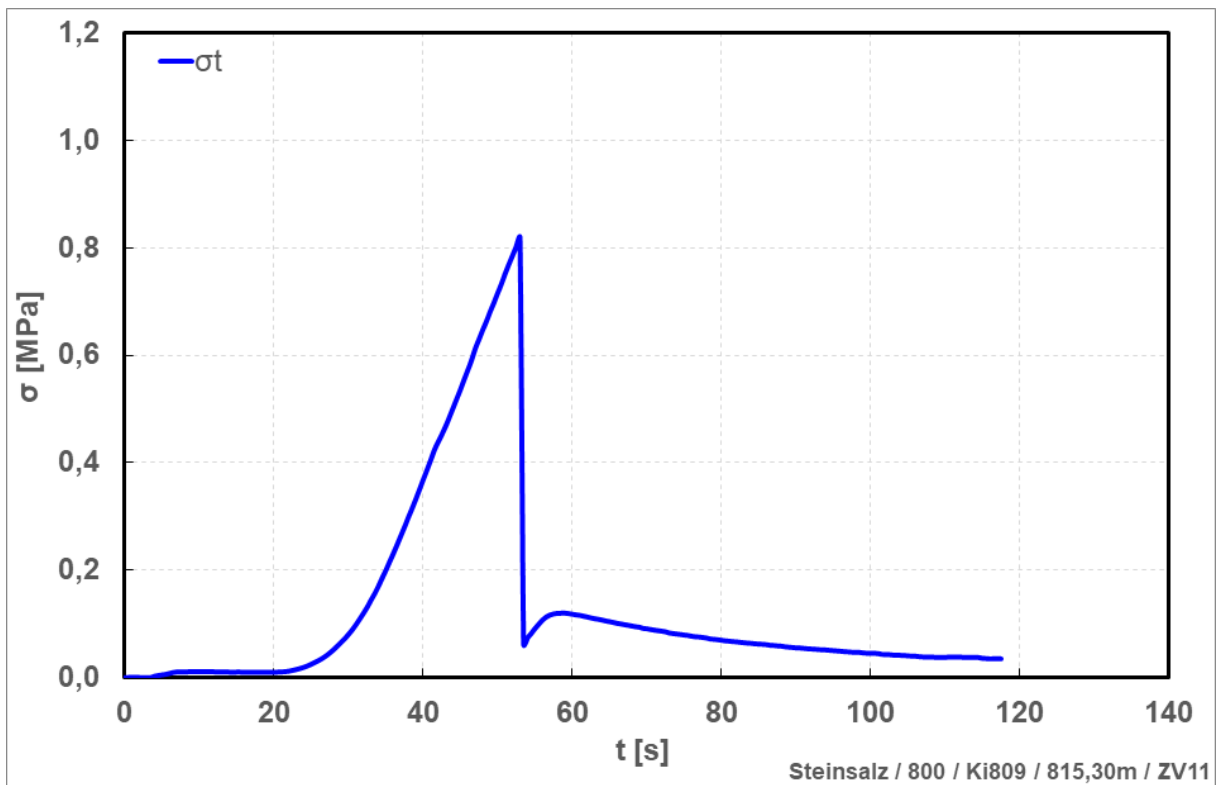


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 293

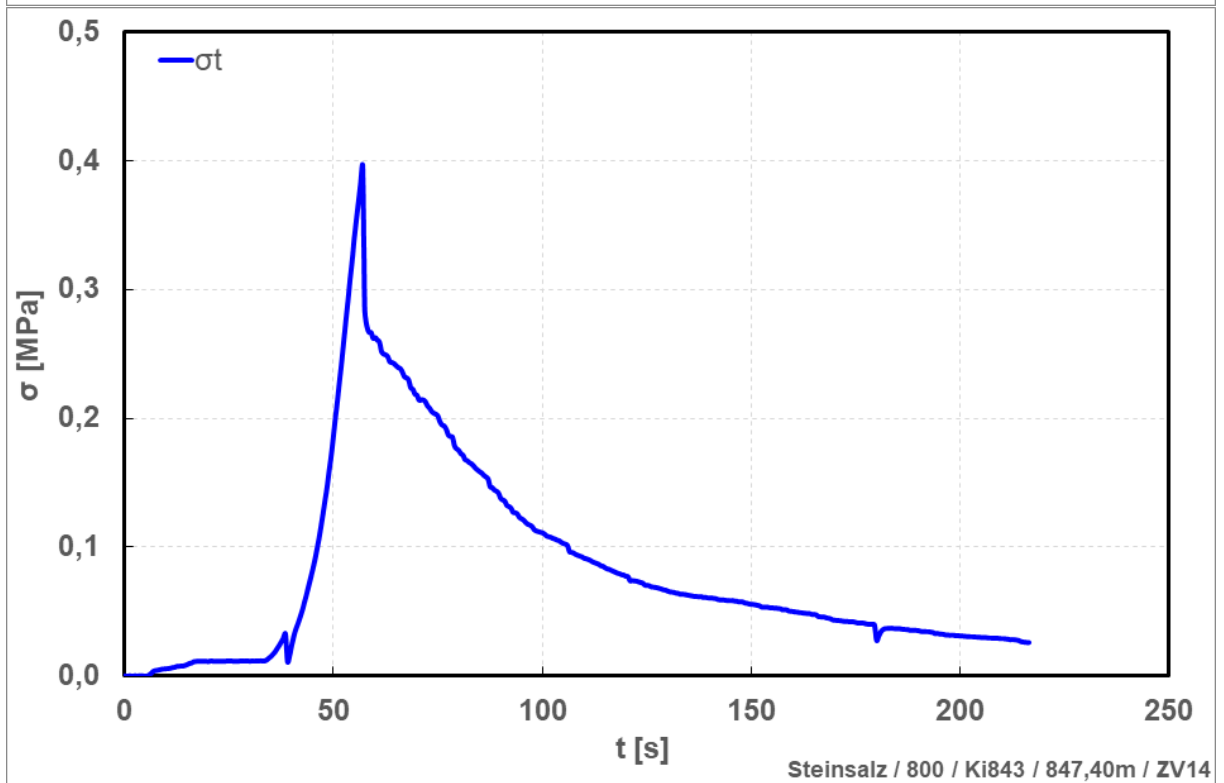
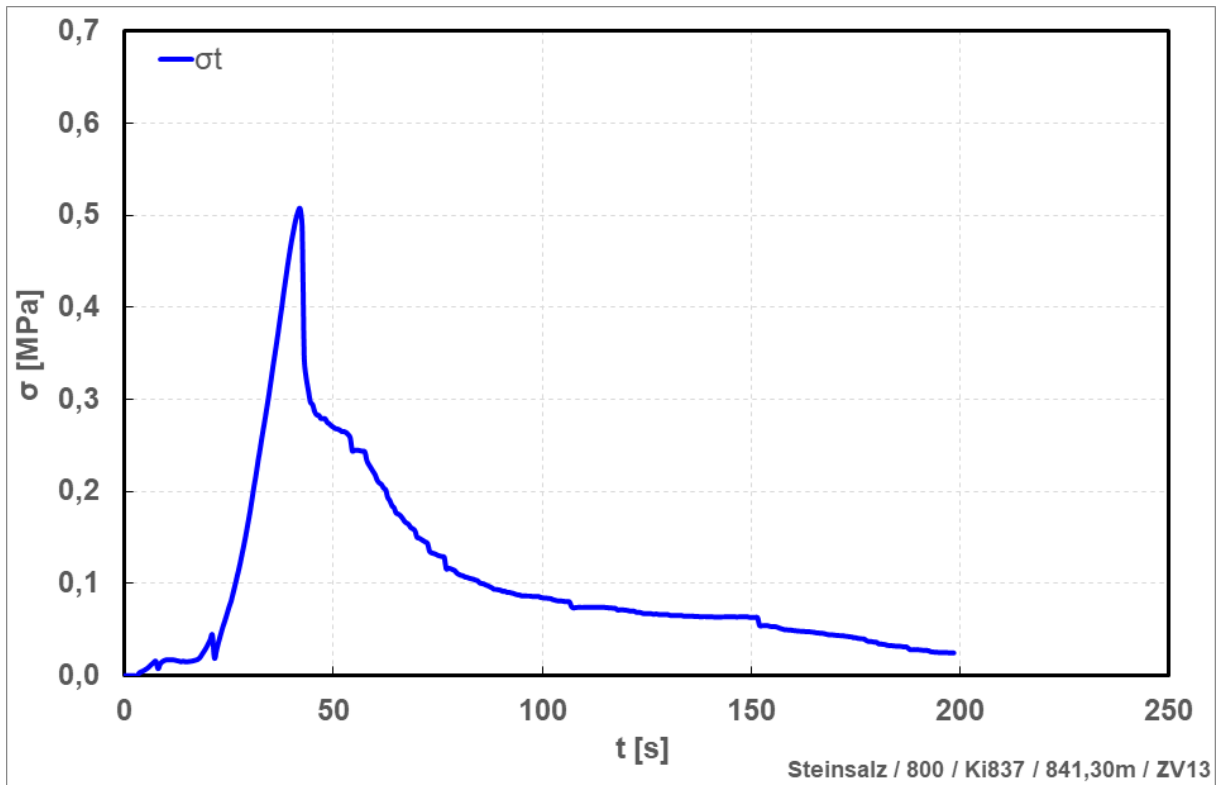


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 294

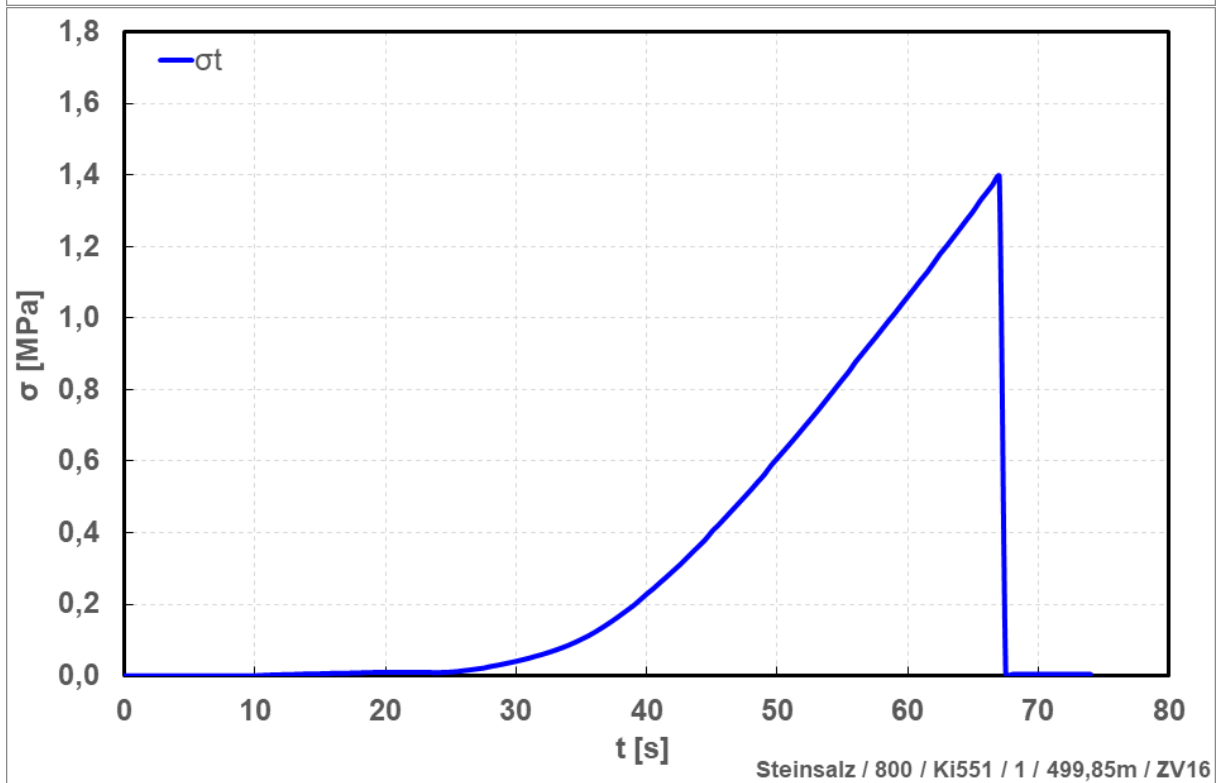
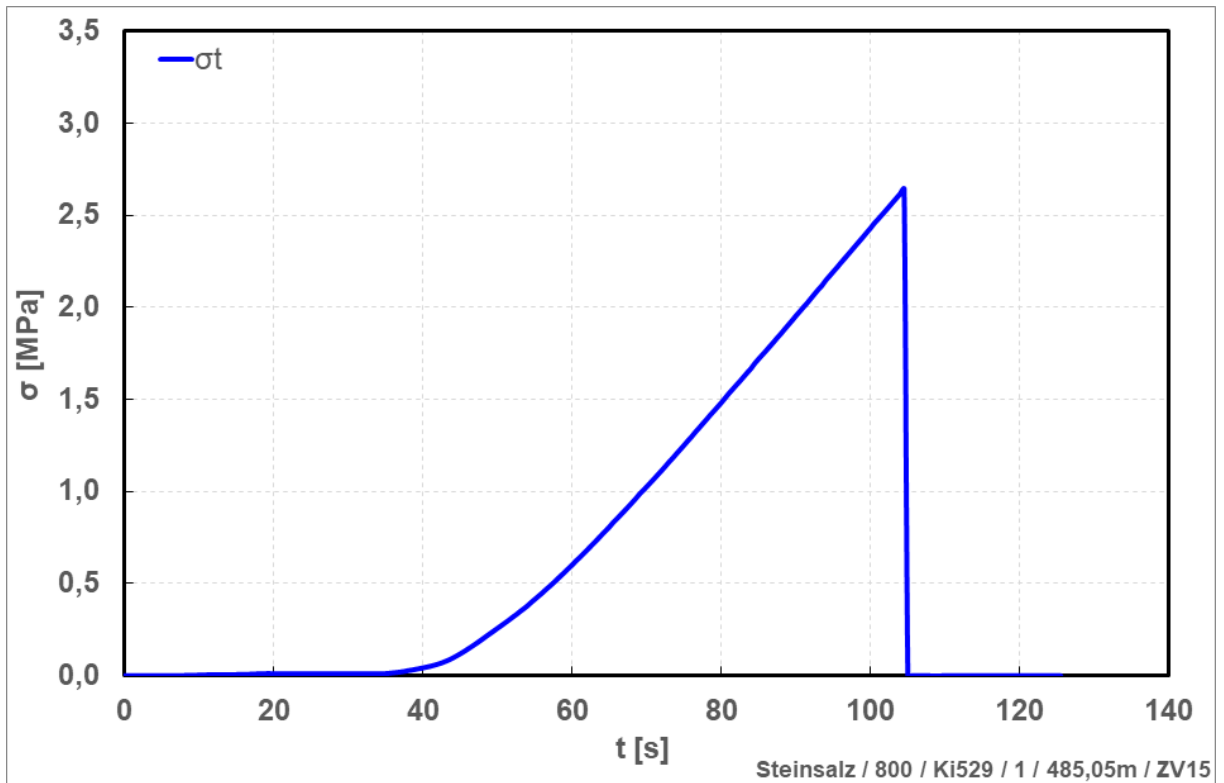


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 295

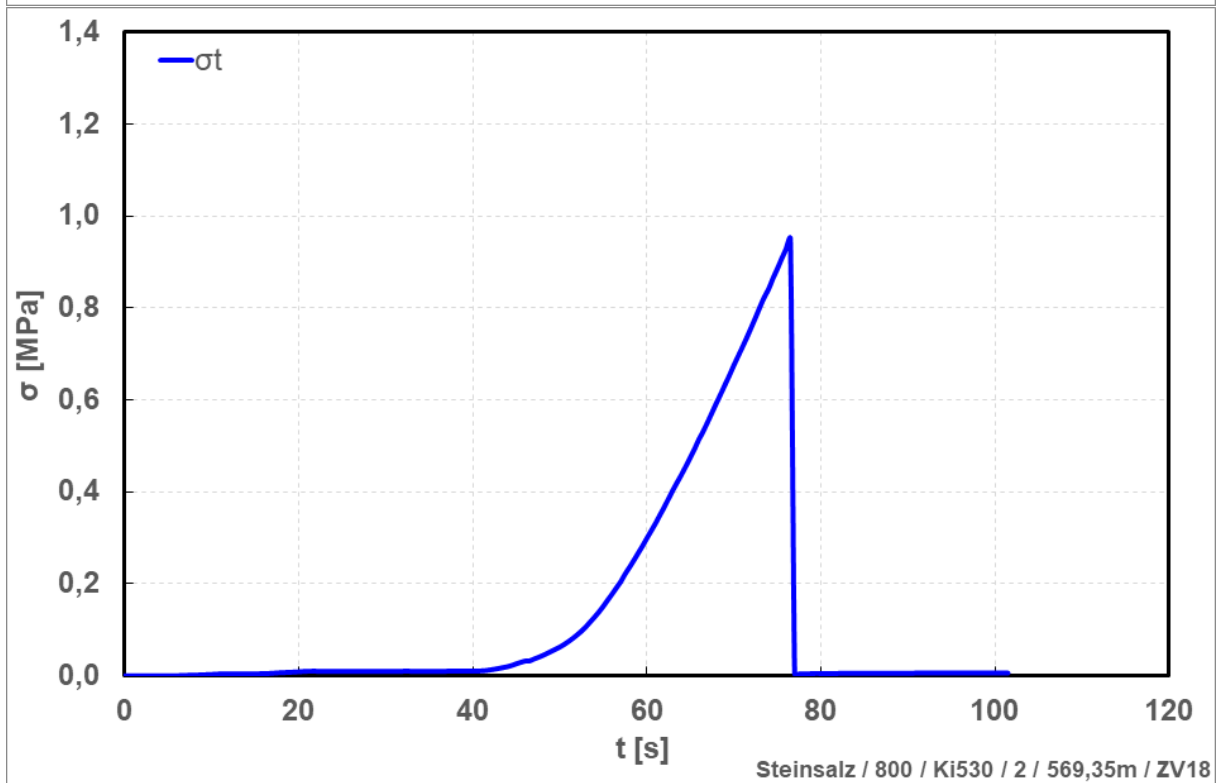
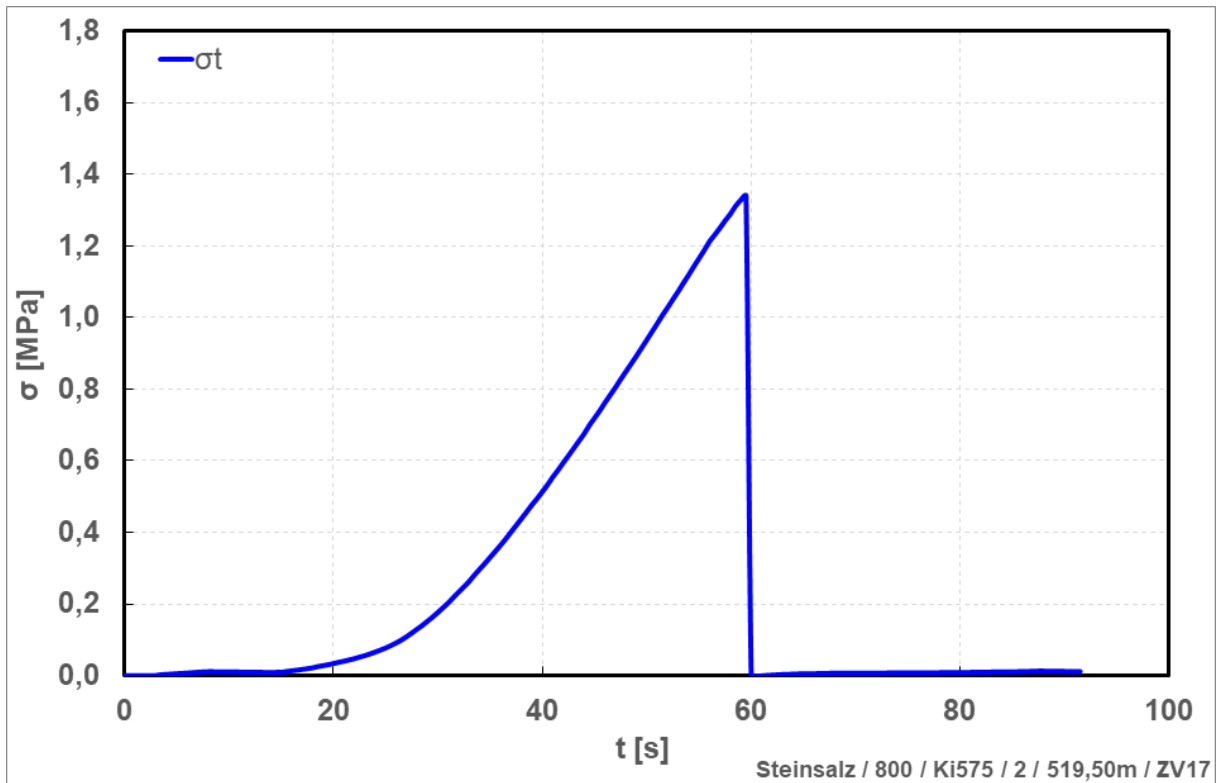


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 296



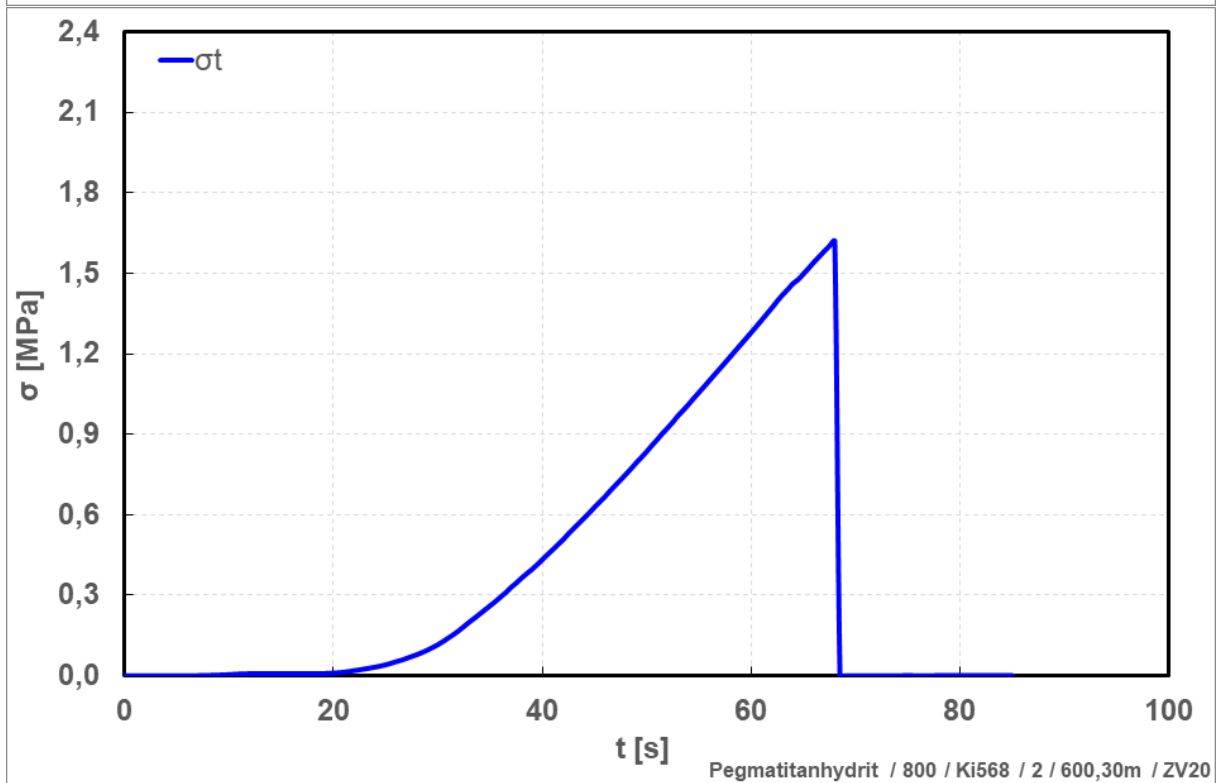
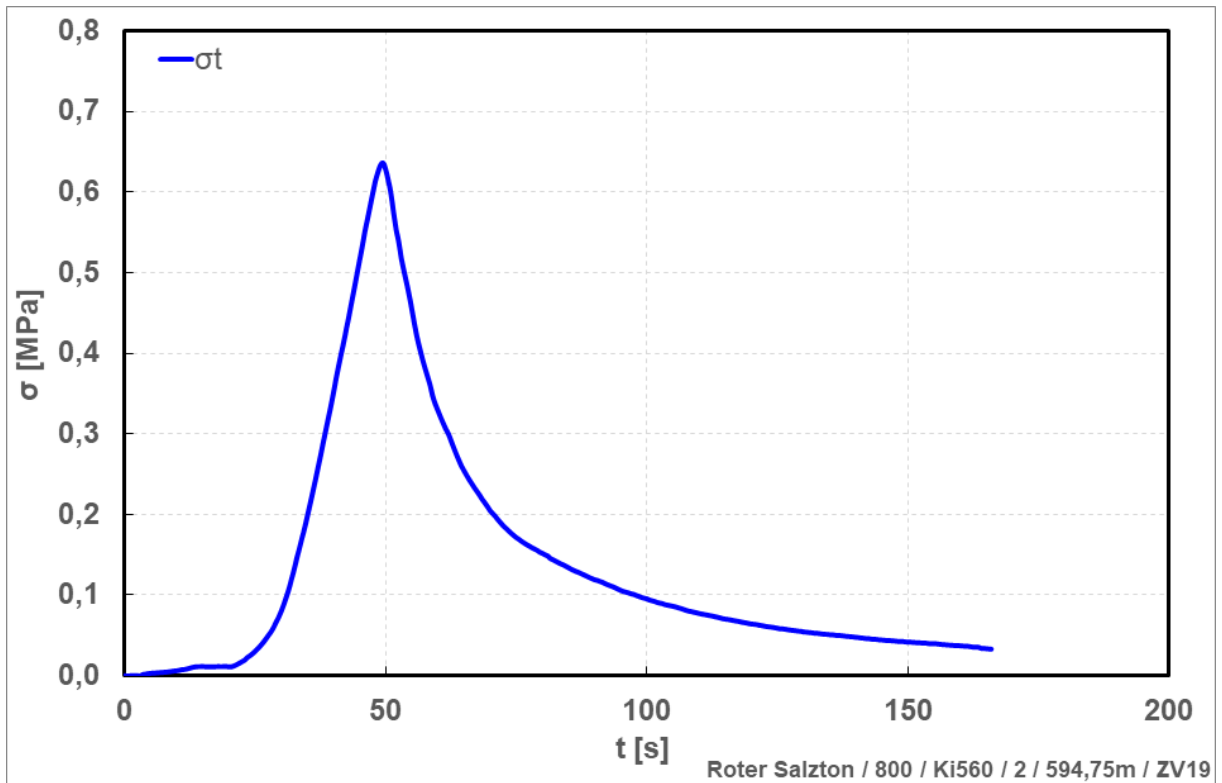


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 297



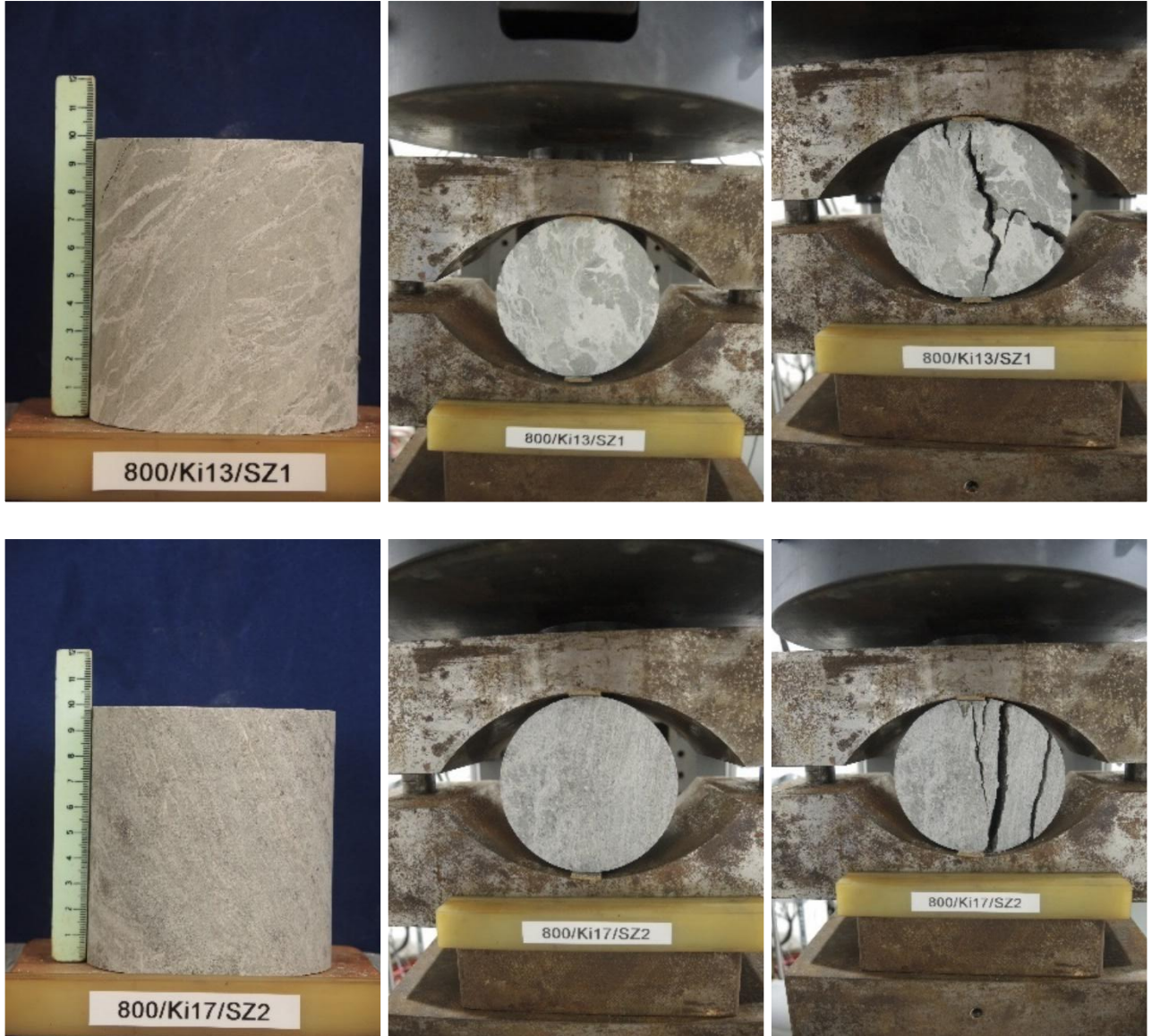
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 298

## Anhang 15: SZ - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 299





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 300





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 301

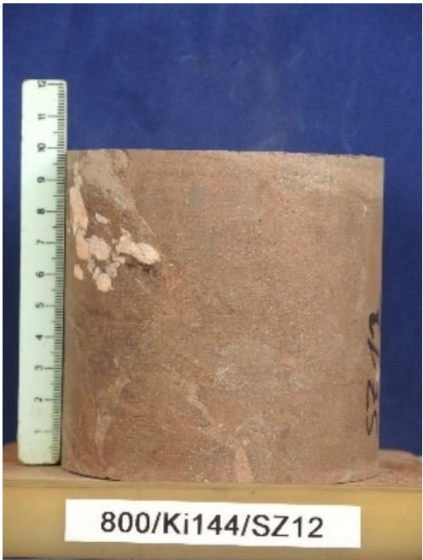
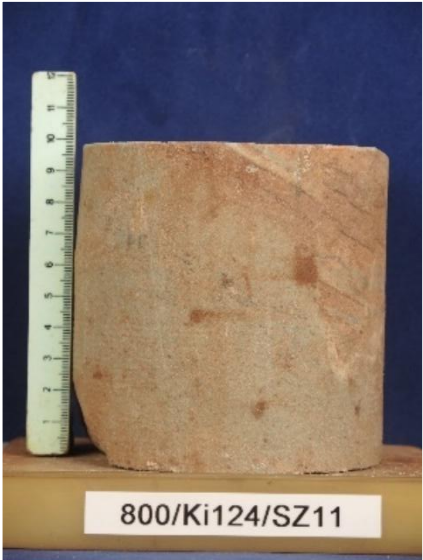




# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 302

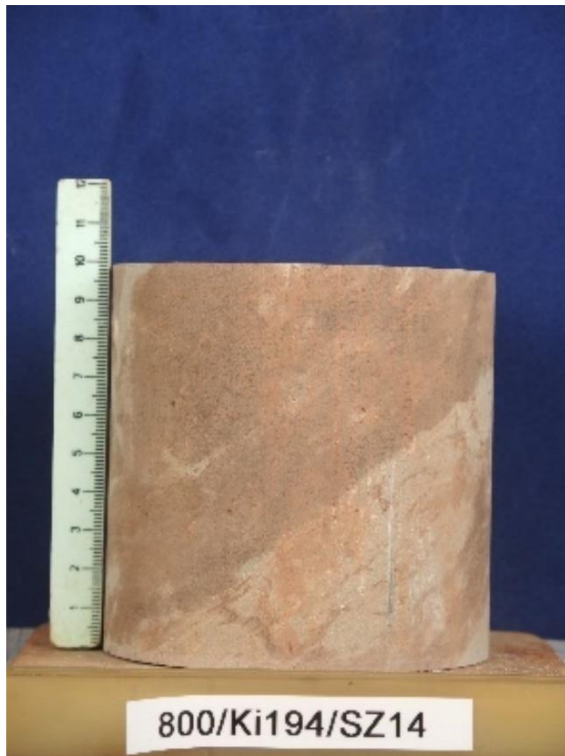




# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 303

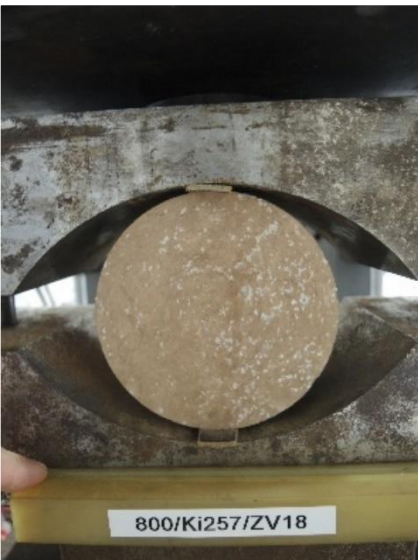
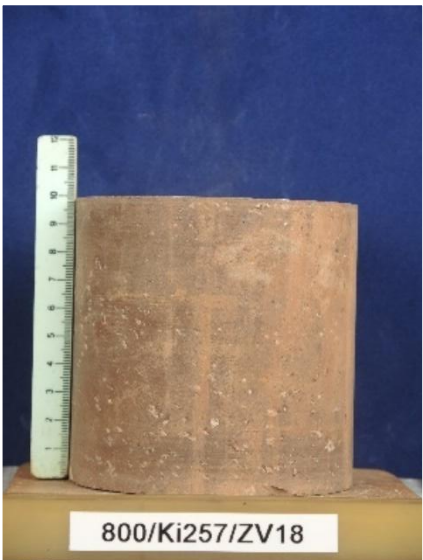
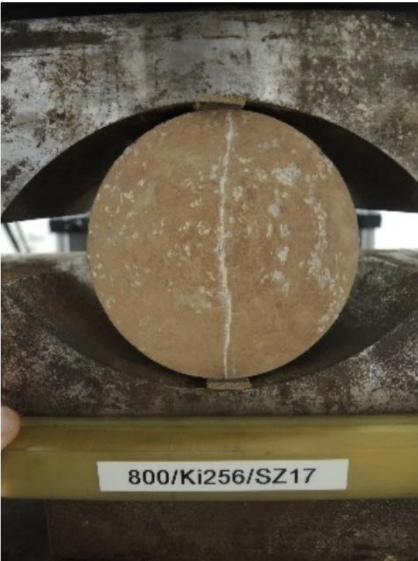




Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische  
Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 304

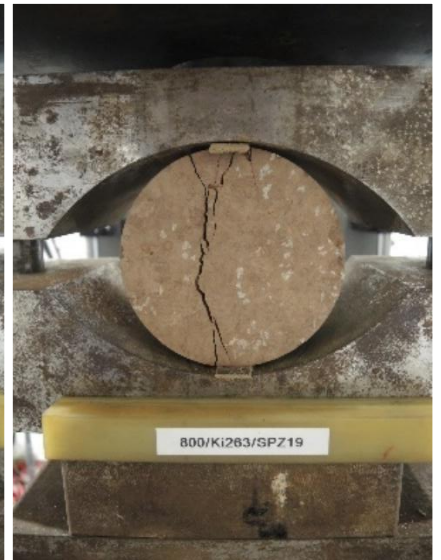




# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 305





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 306



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 307





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 308

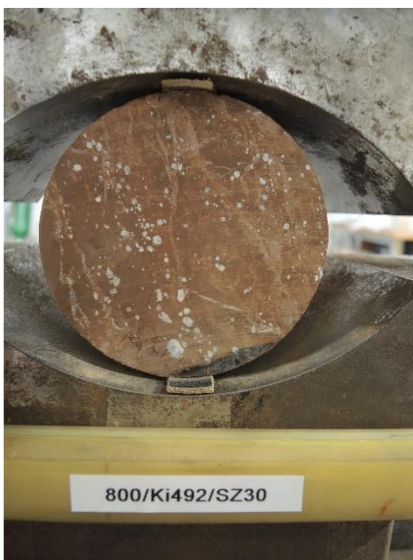




# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 309





# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 310



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

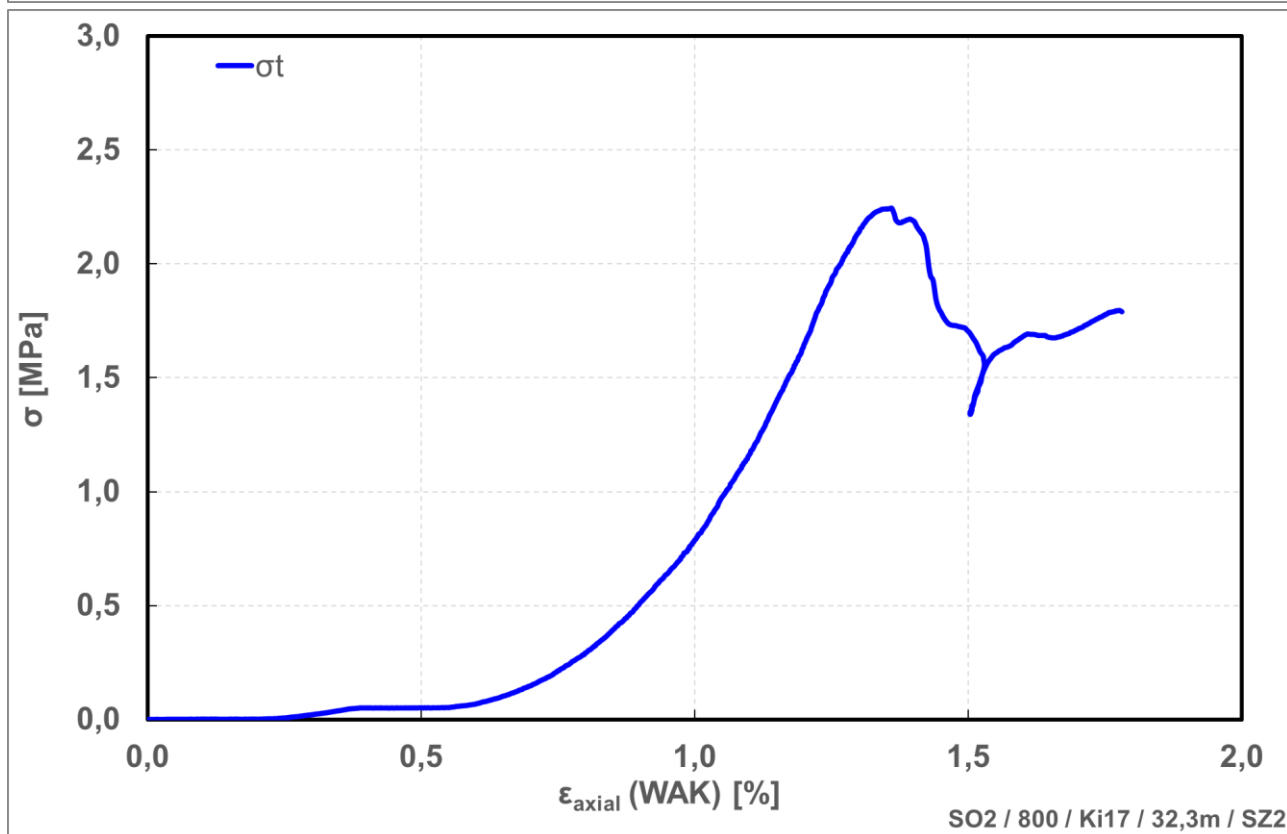
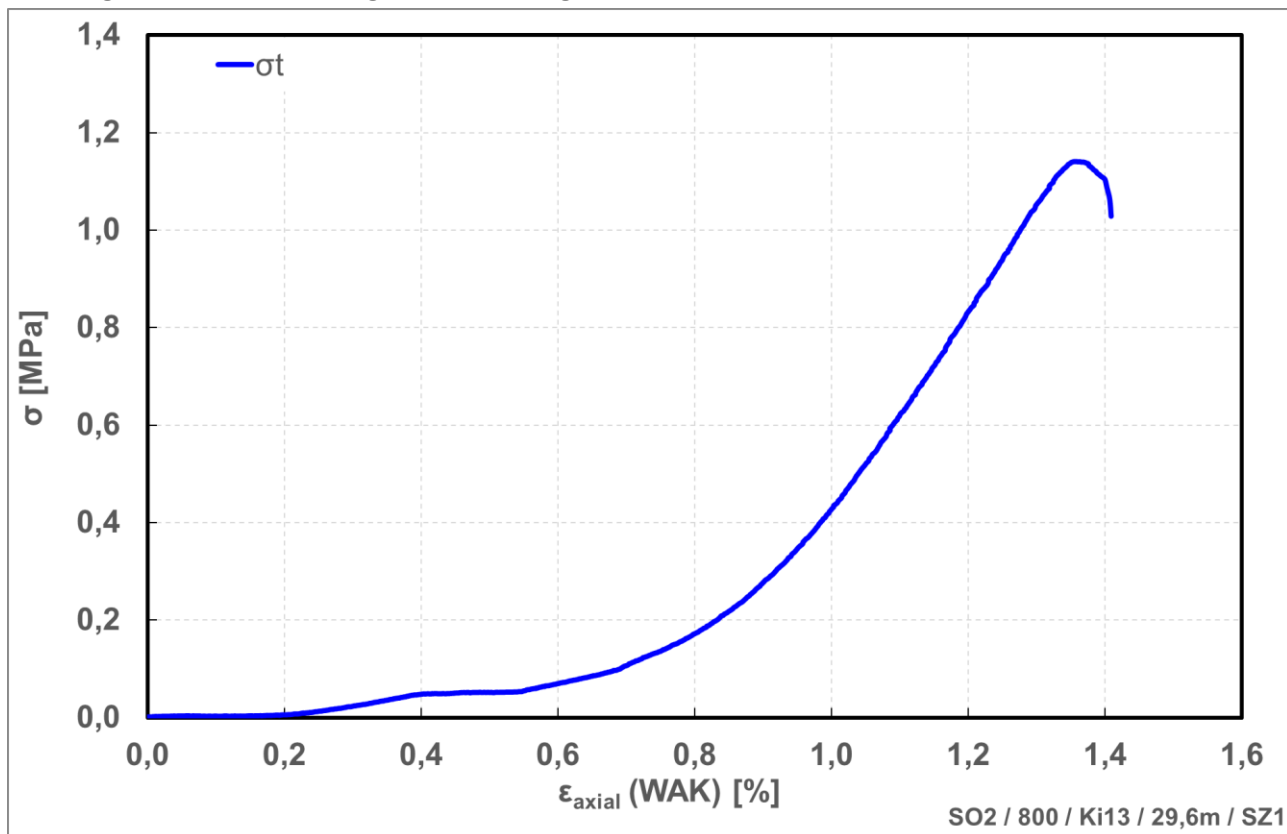


BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 311

## Anhang 16: SZ - Spannungs-Verformungskurven

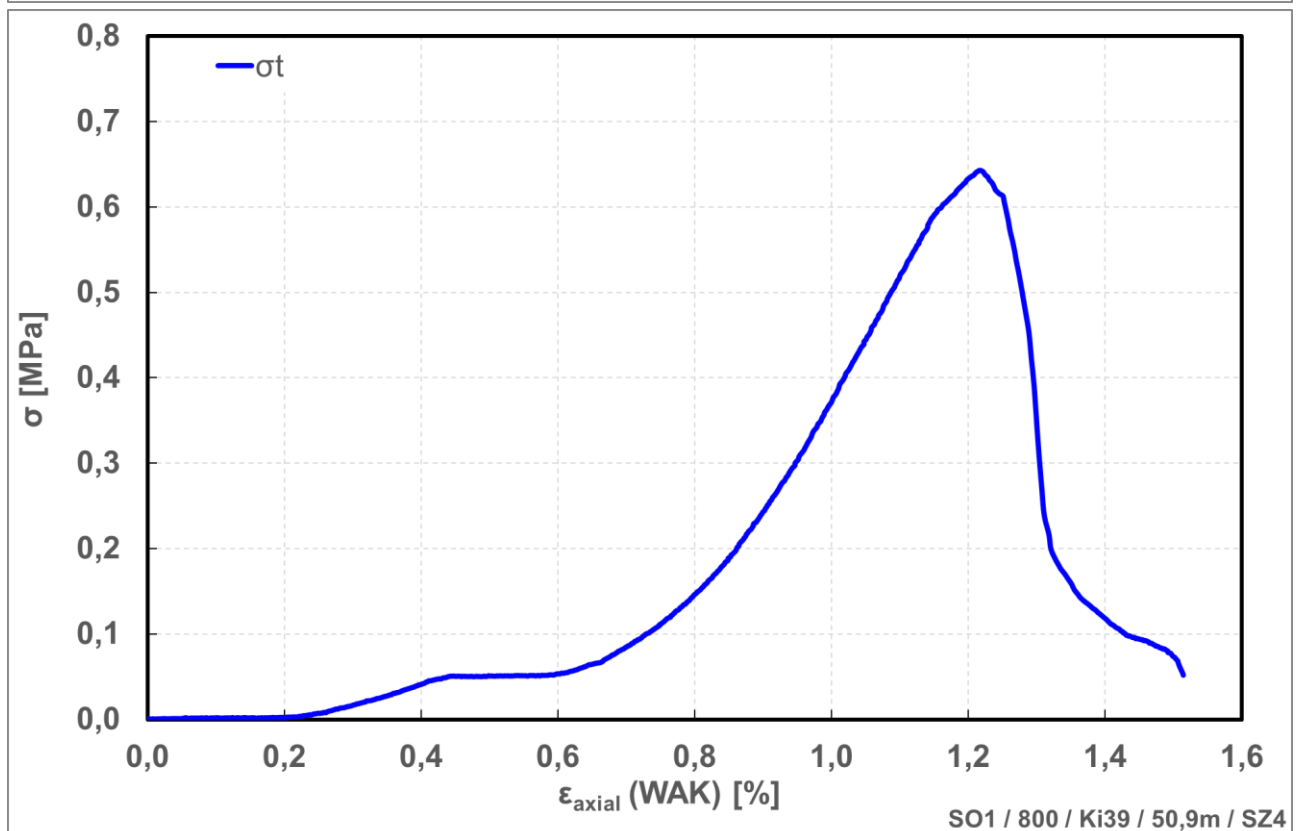
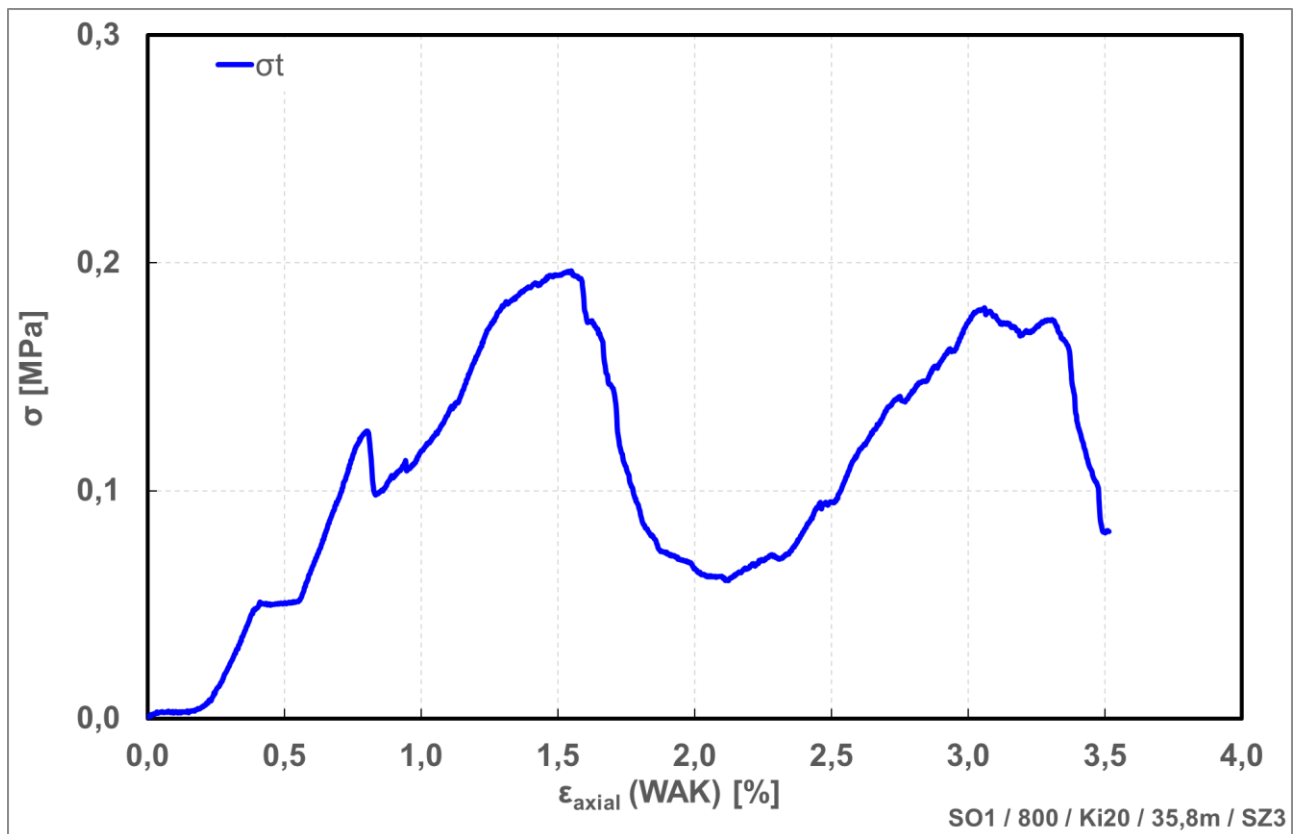


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 312



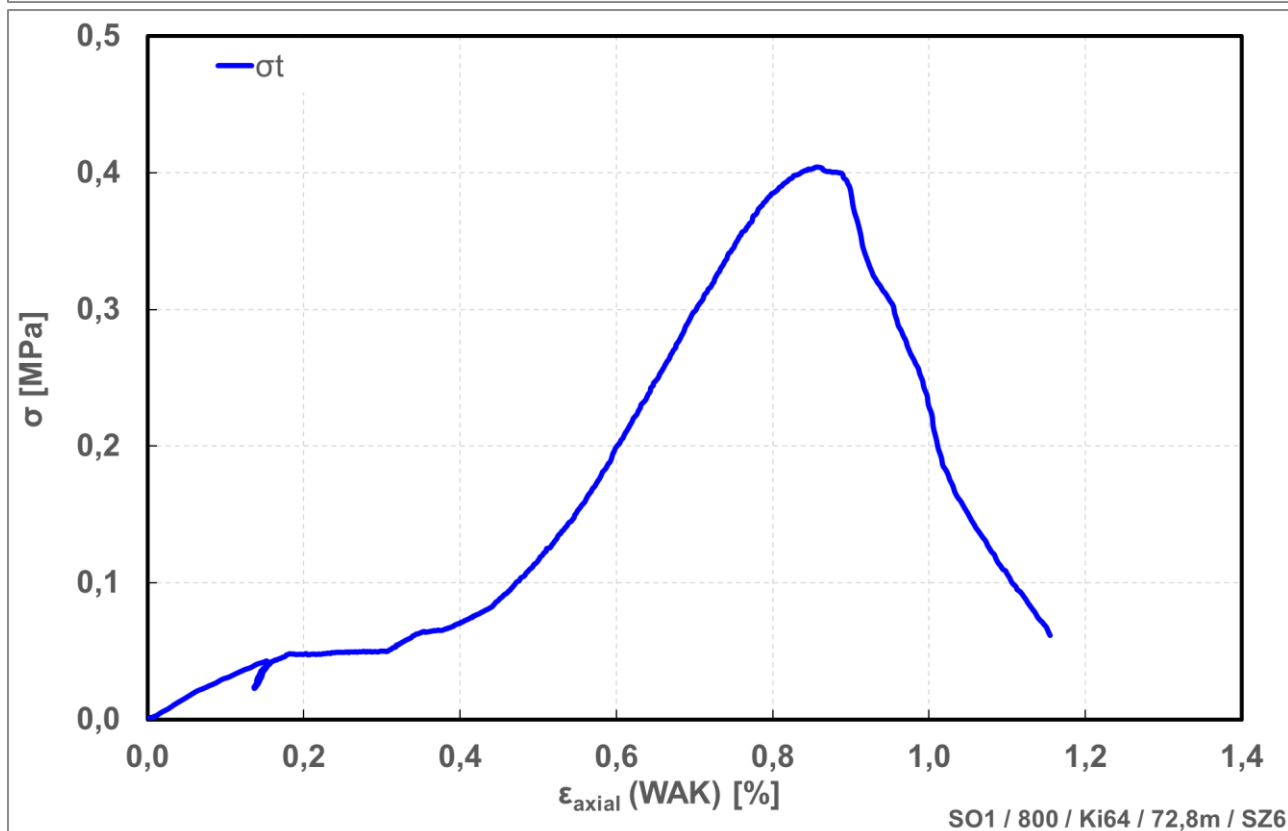
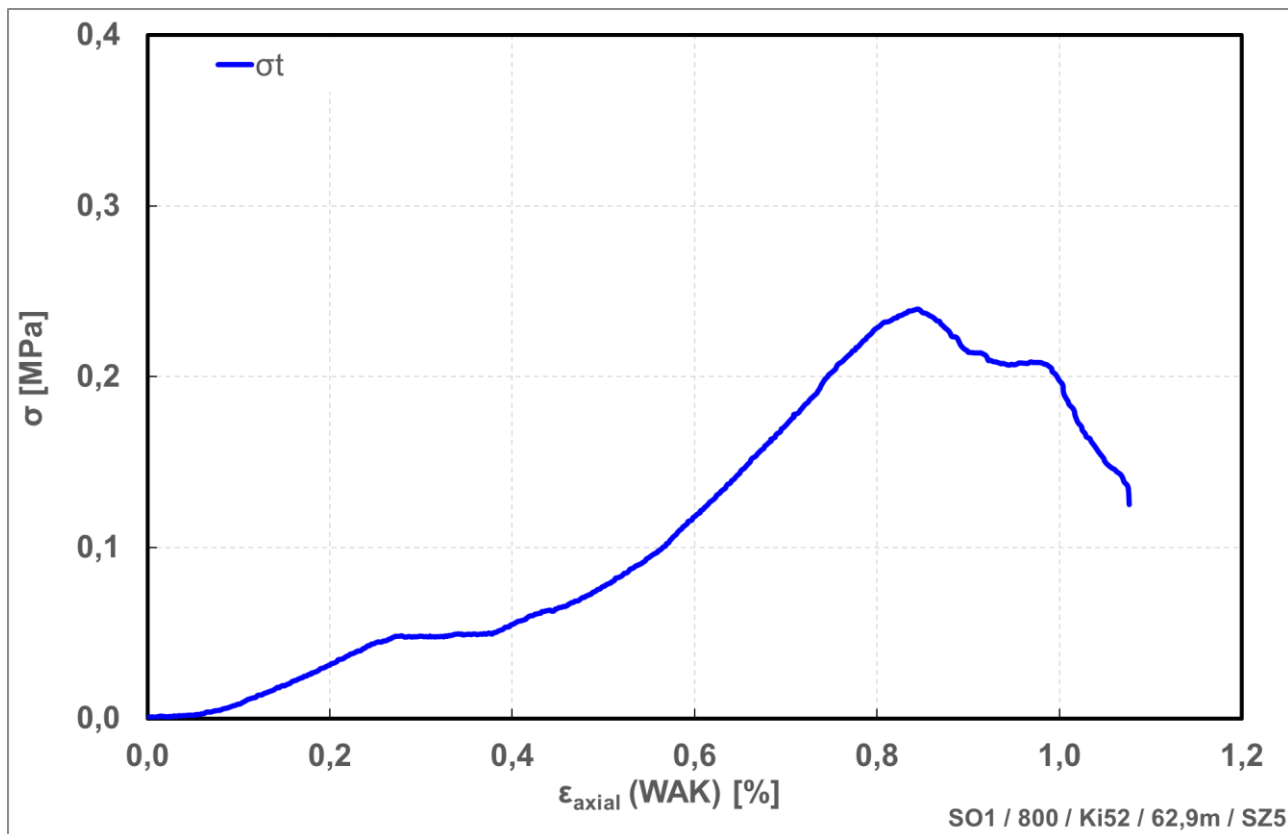
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 313



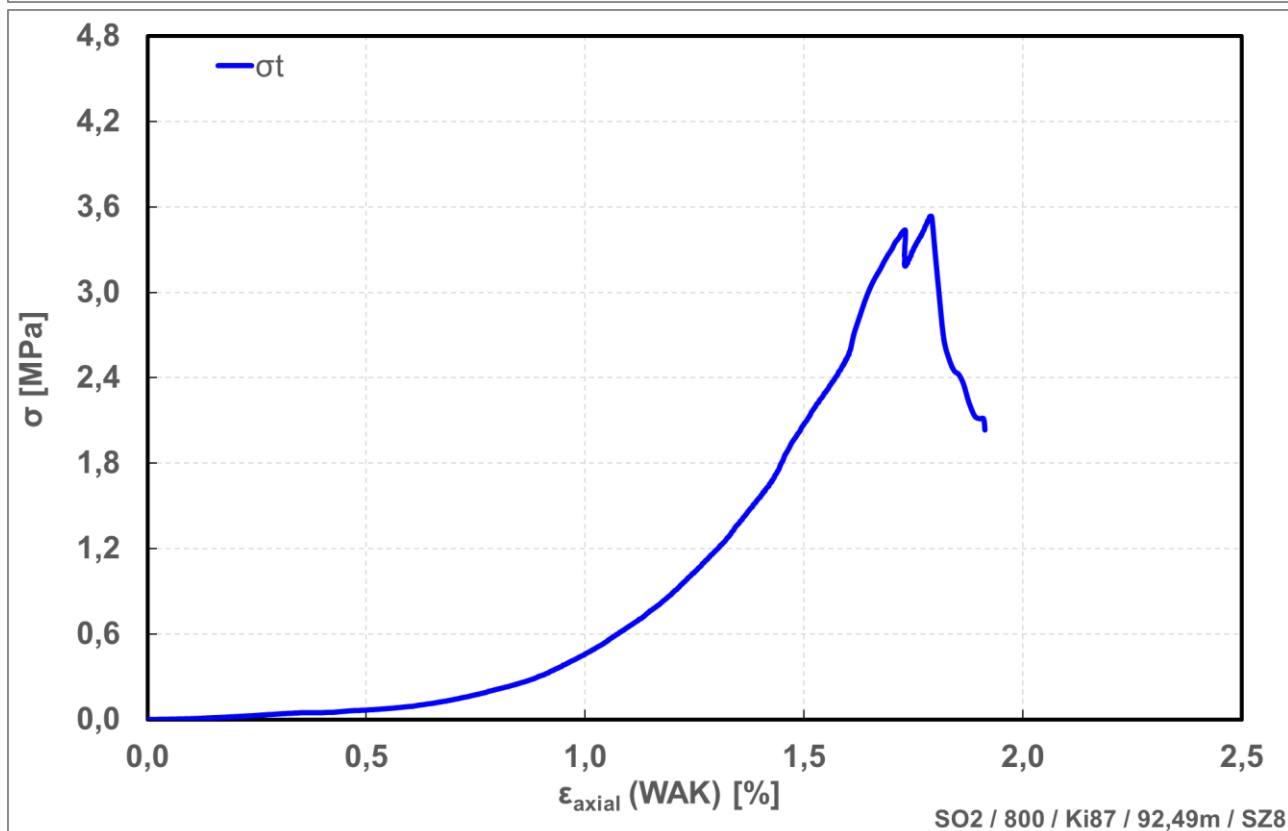
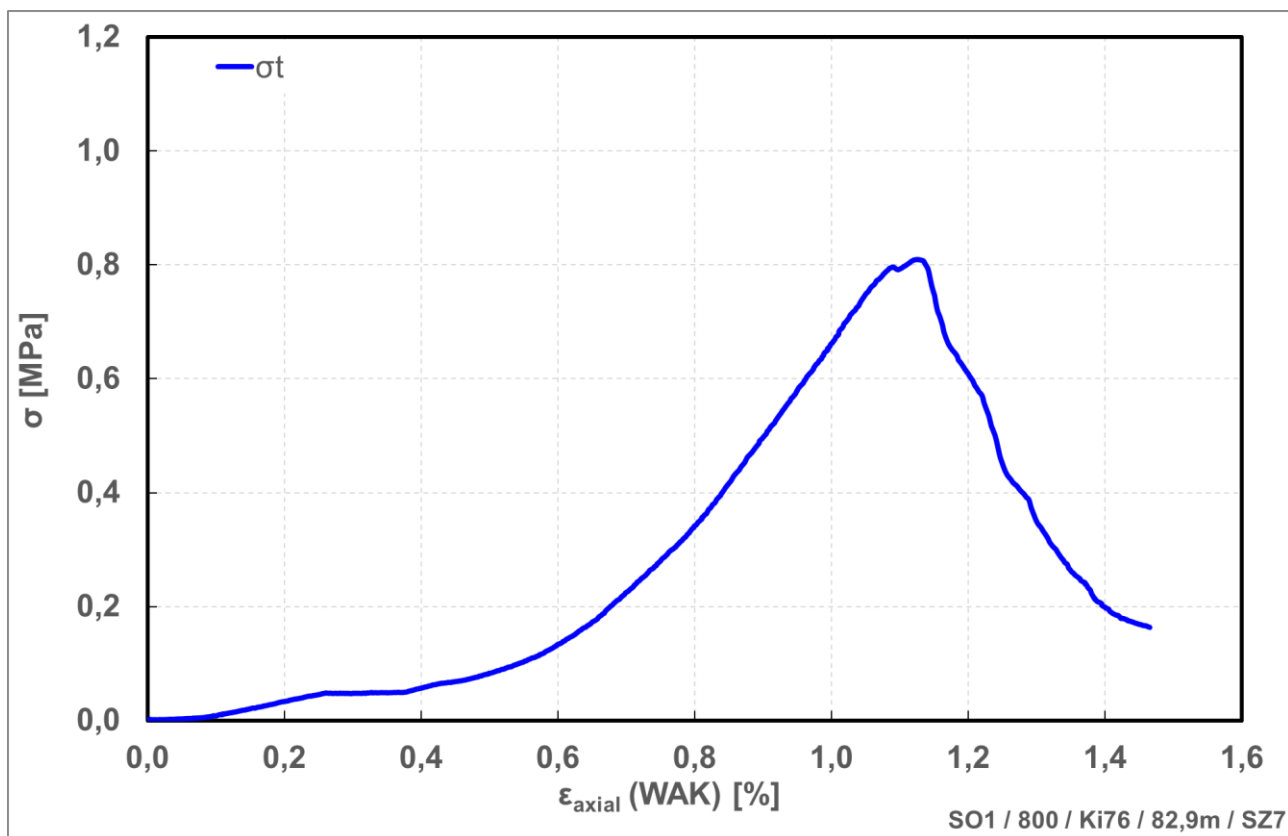


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 314

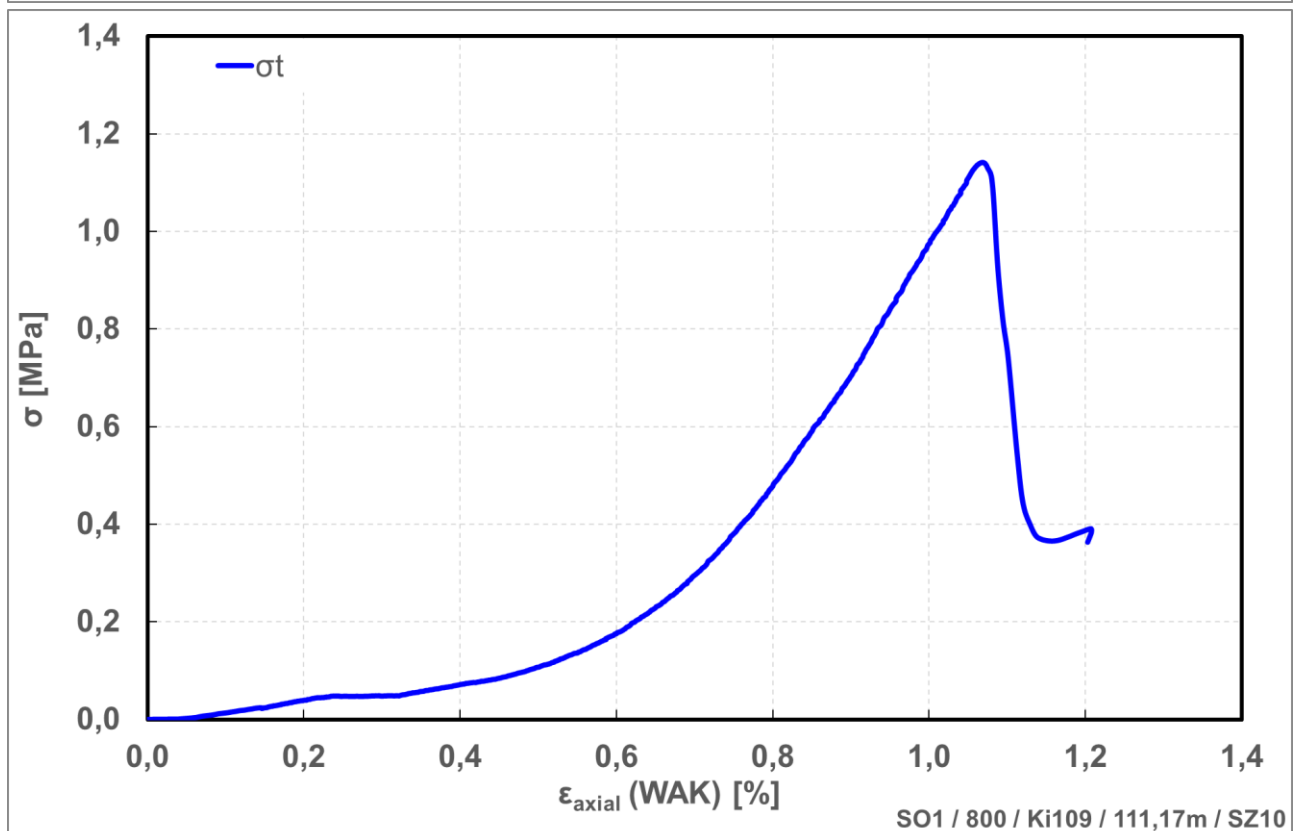
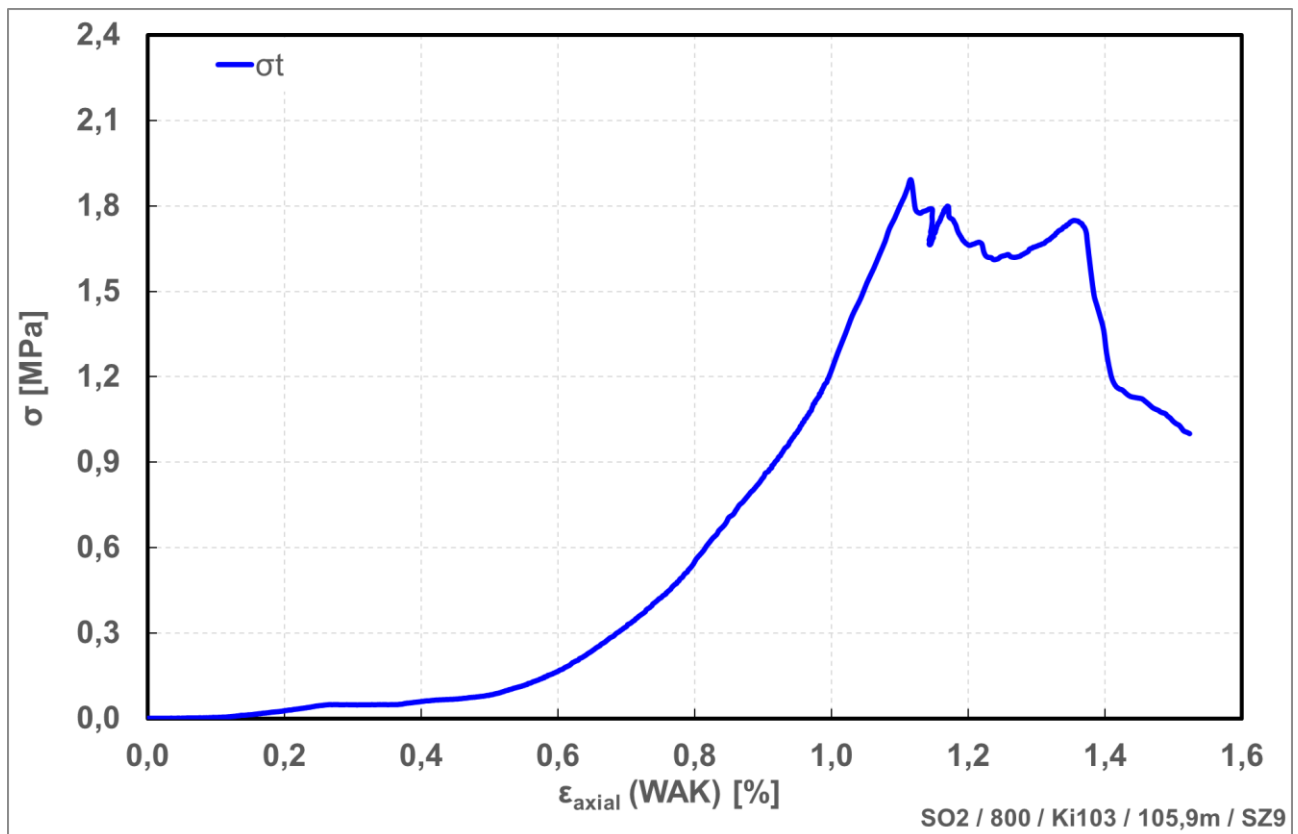


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 315

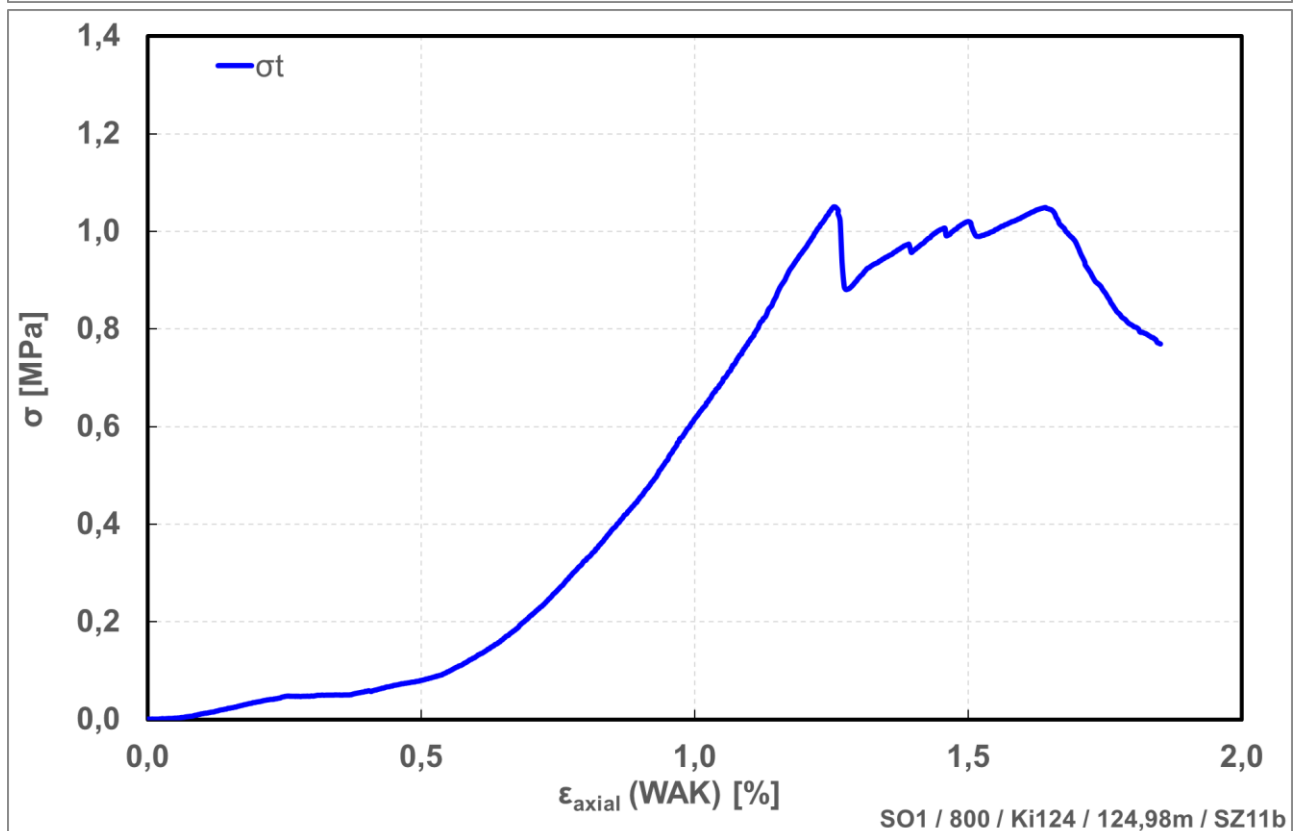
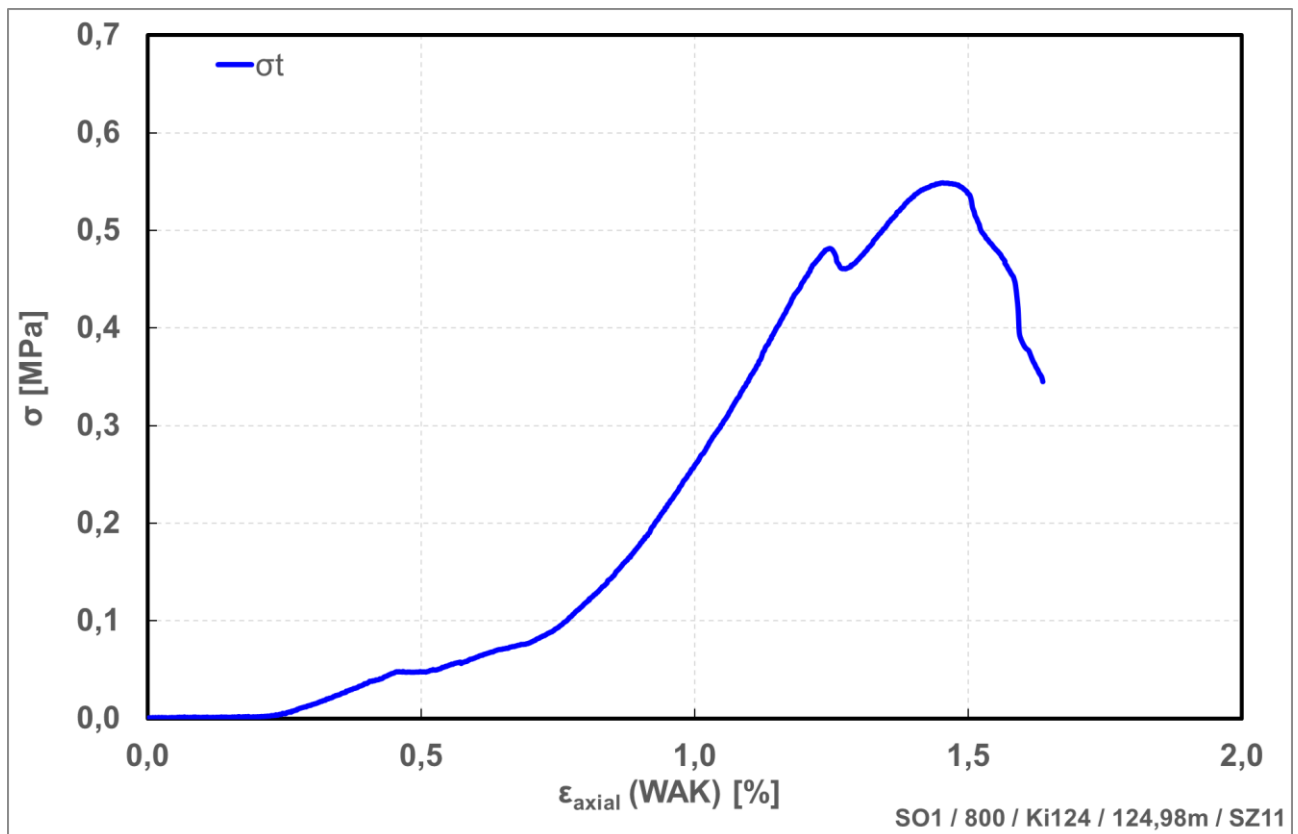


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 316



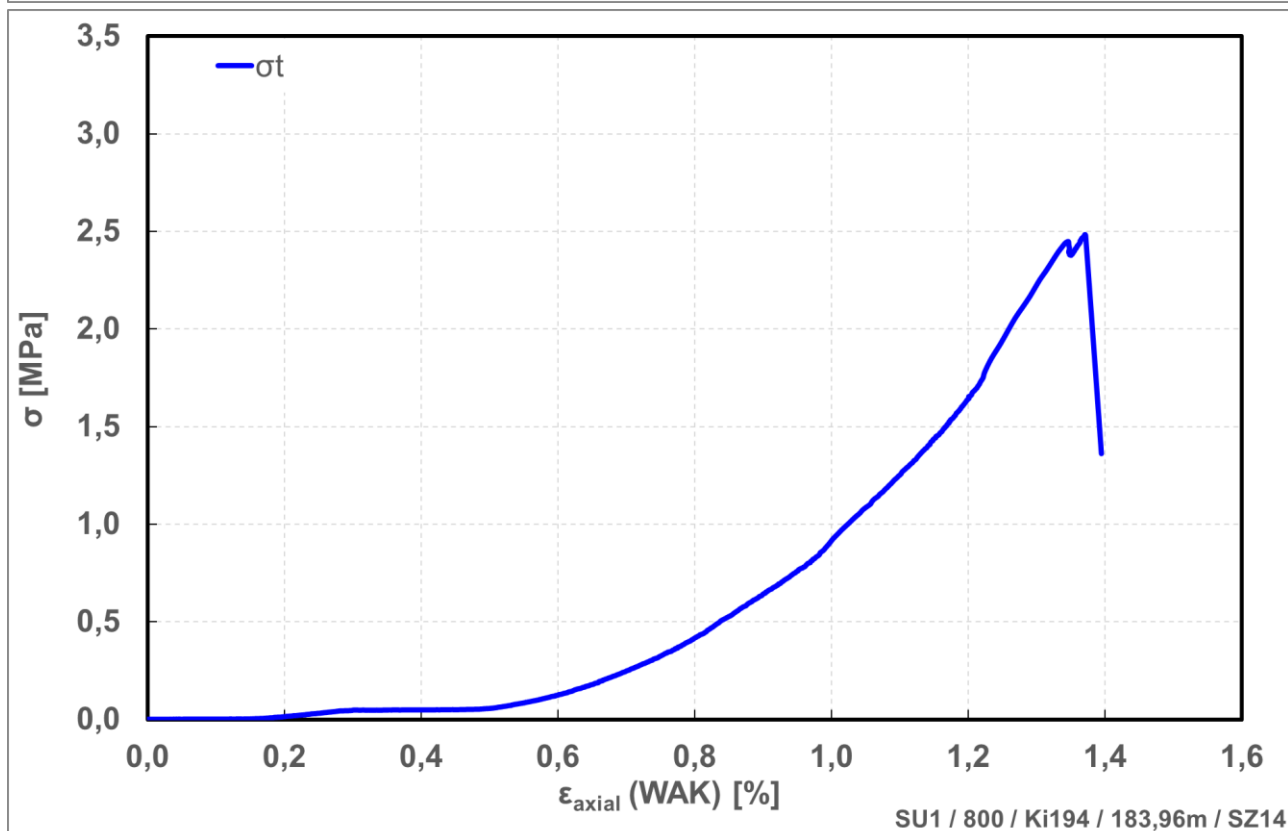
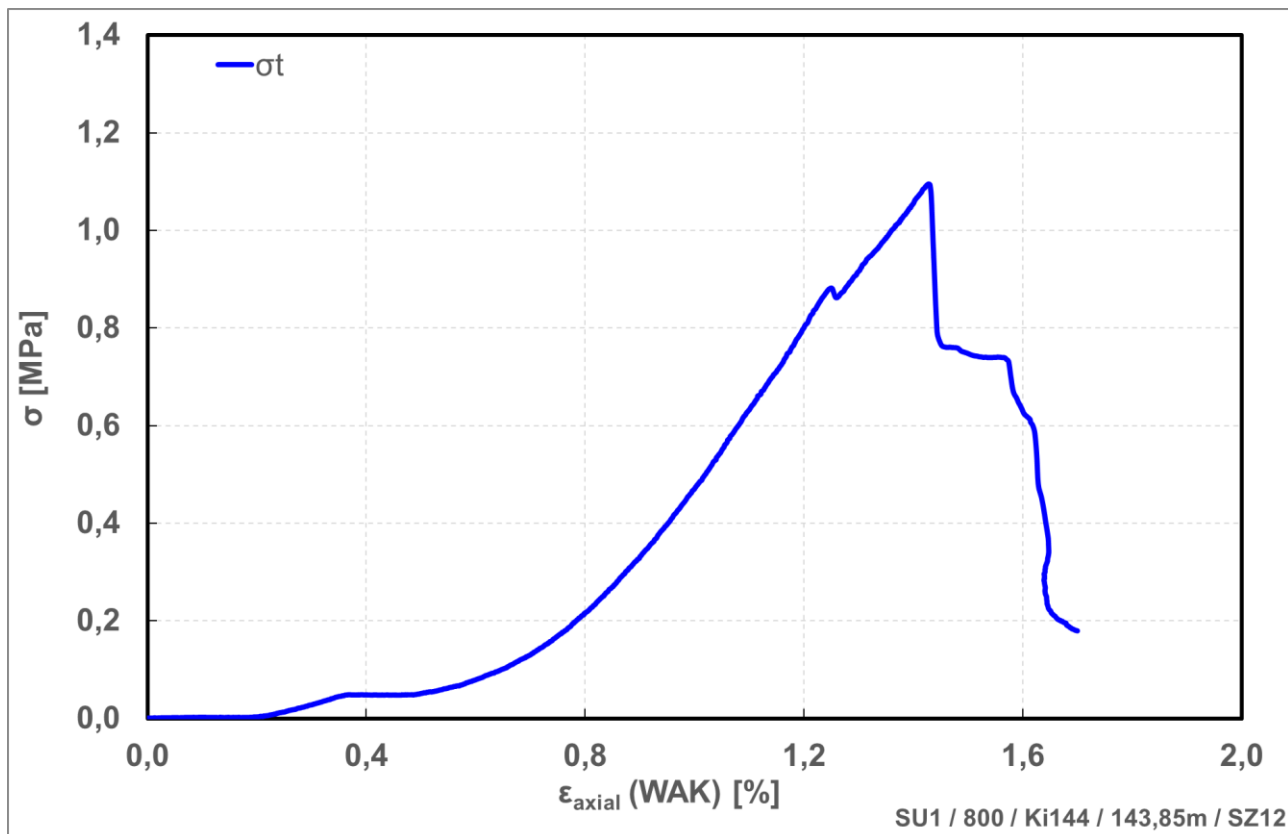
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 317



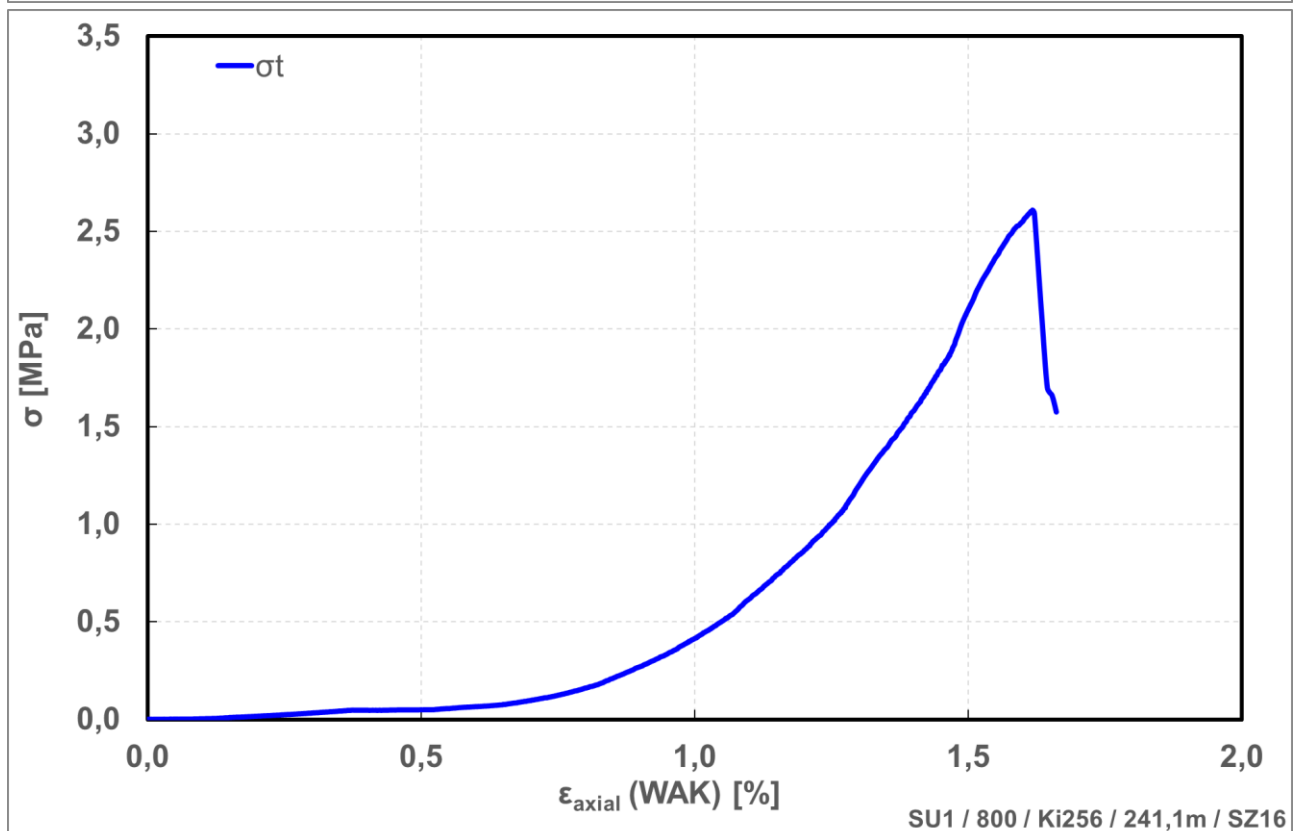
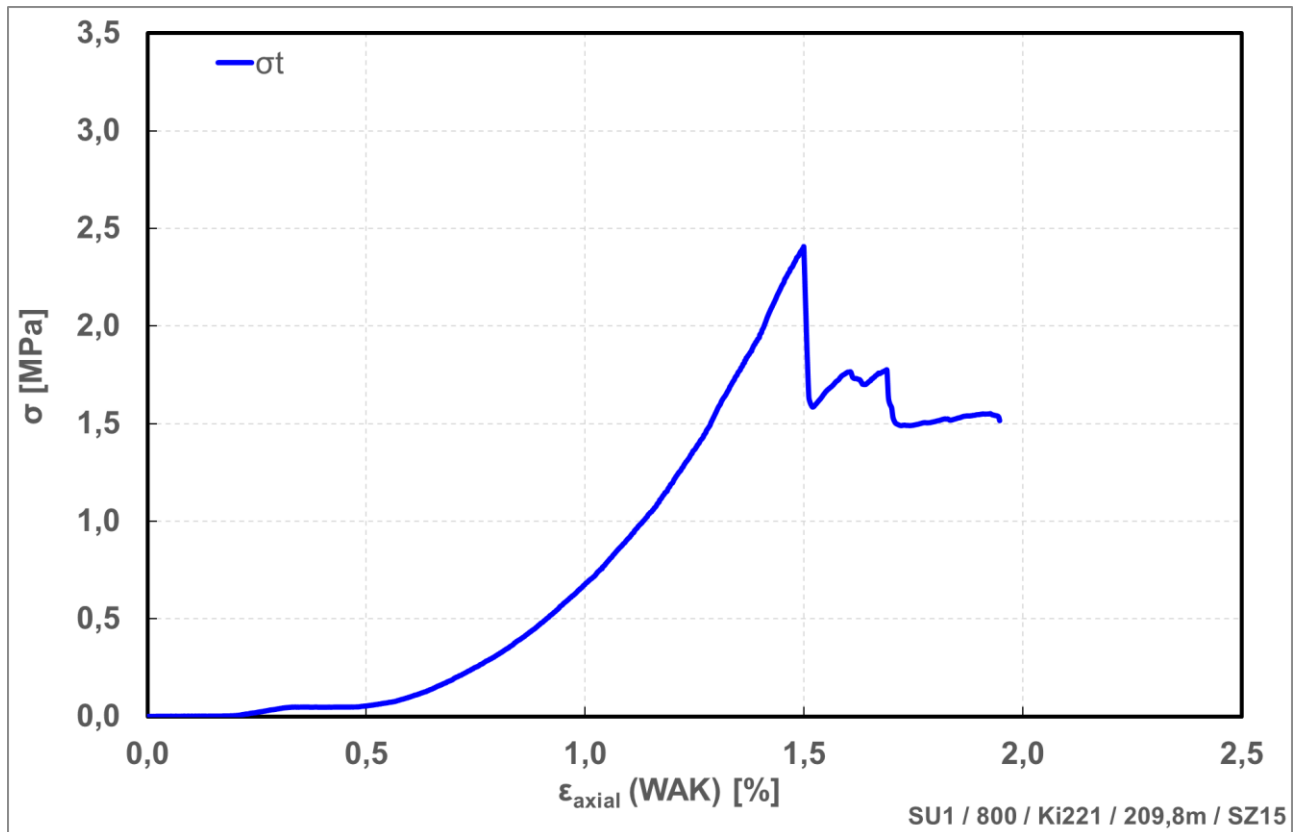


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 318



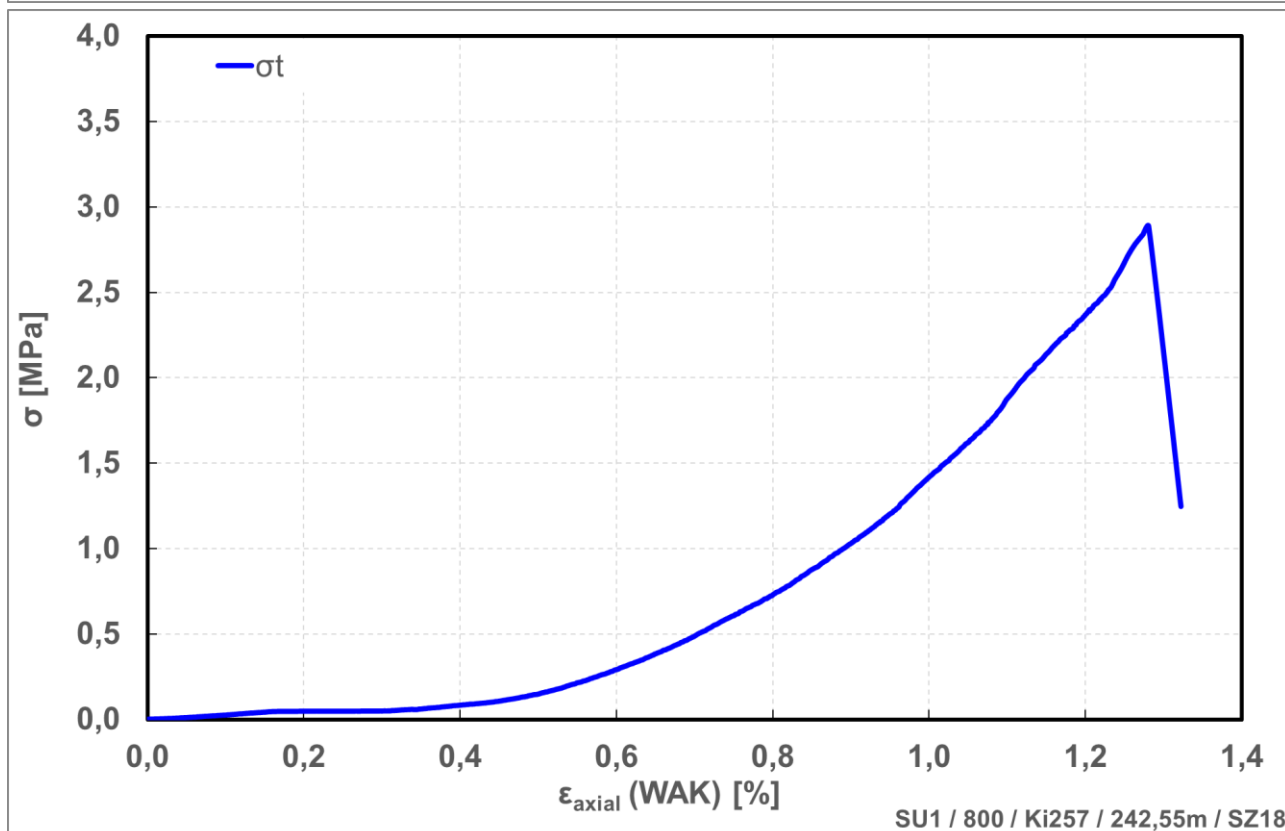
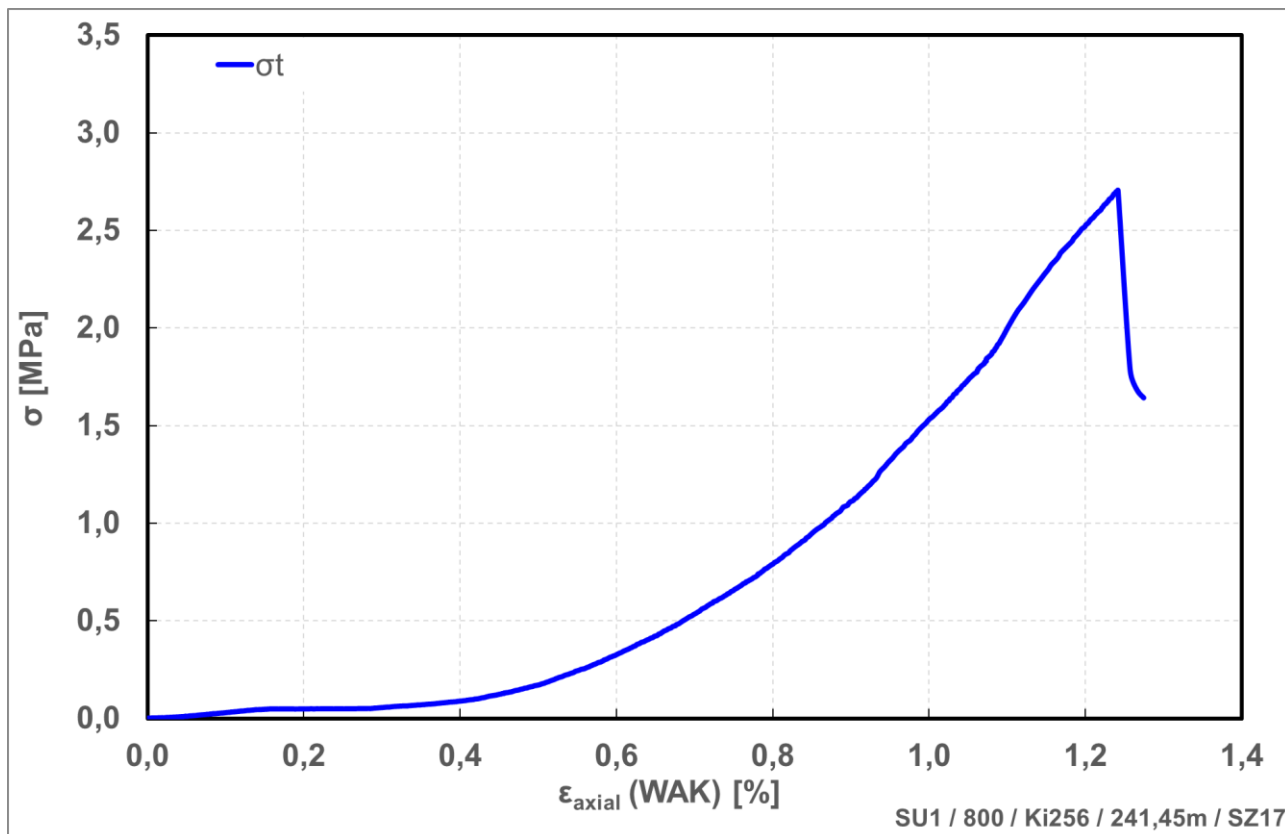
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 319

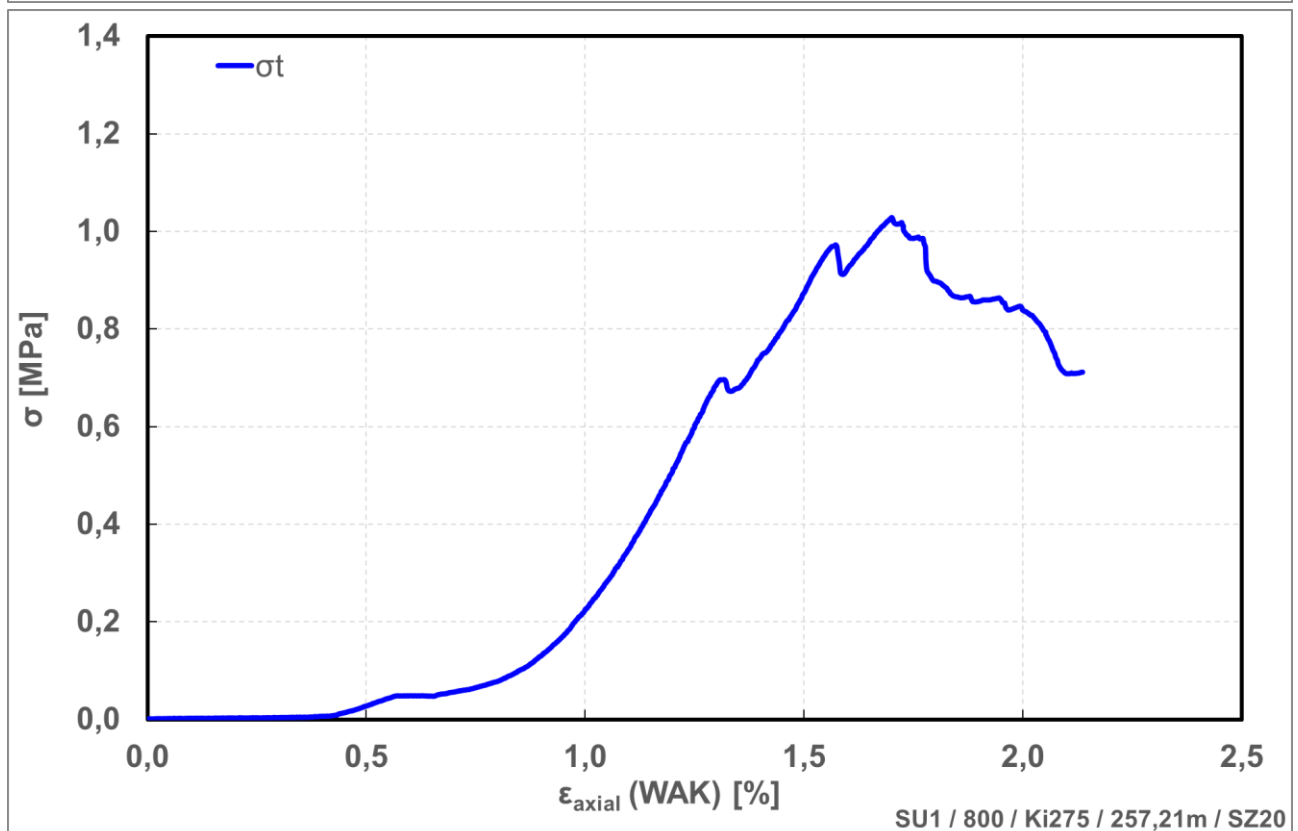
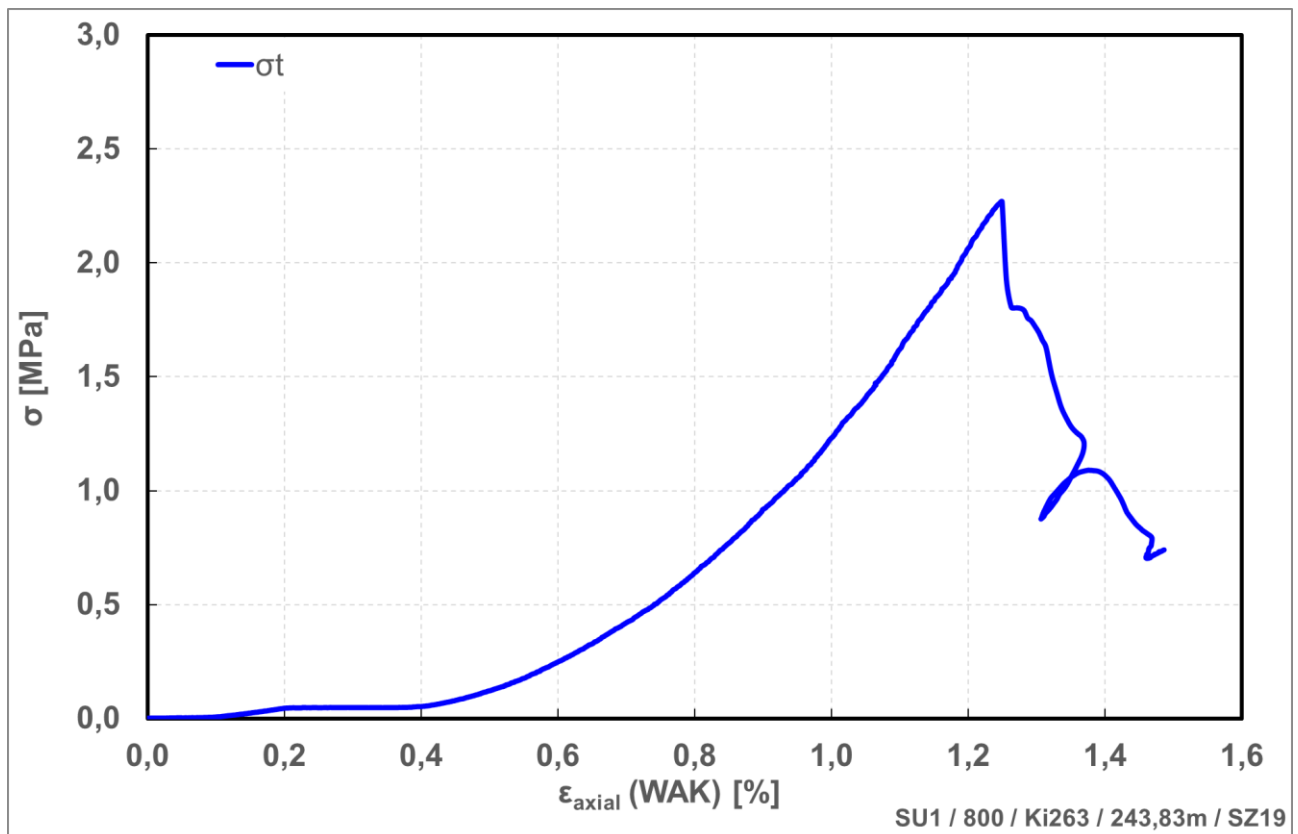


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 320

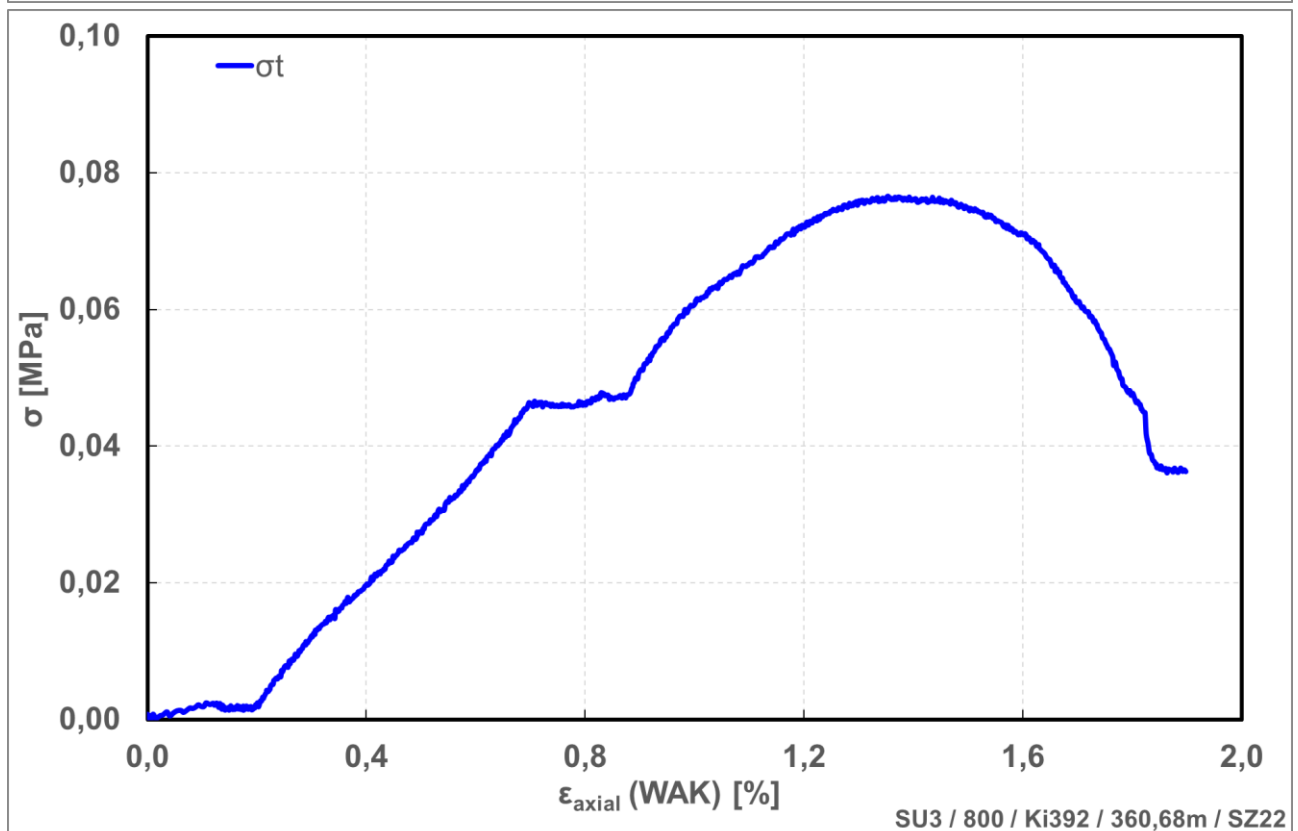
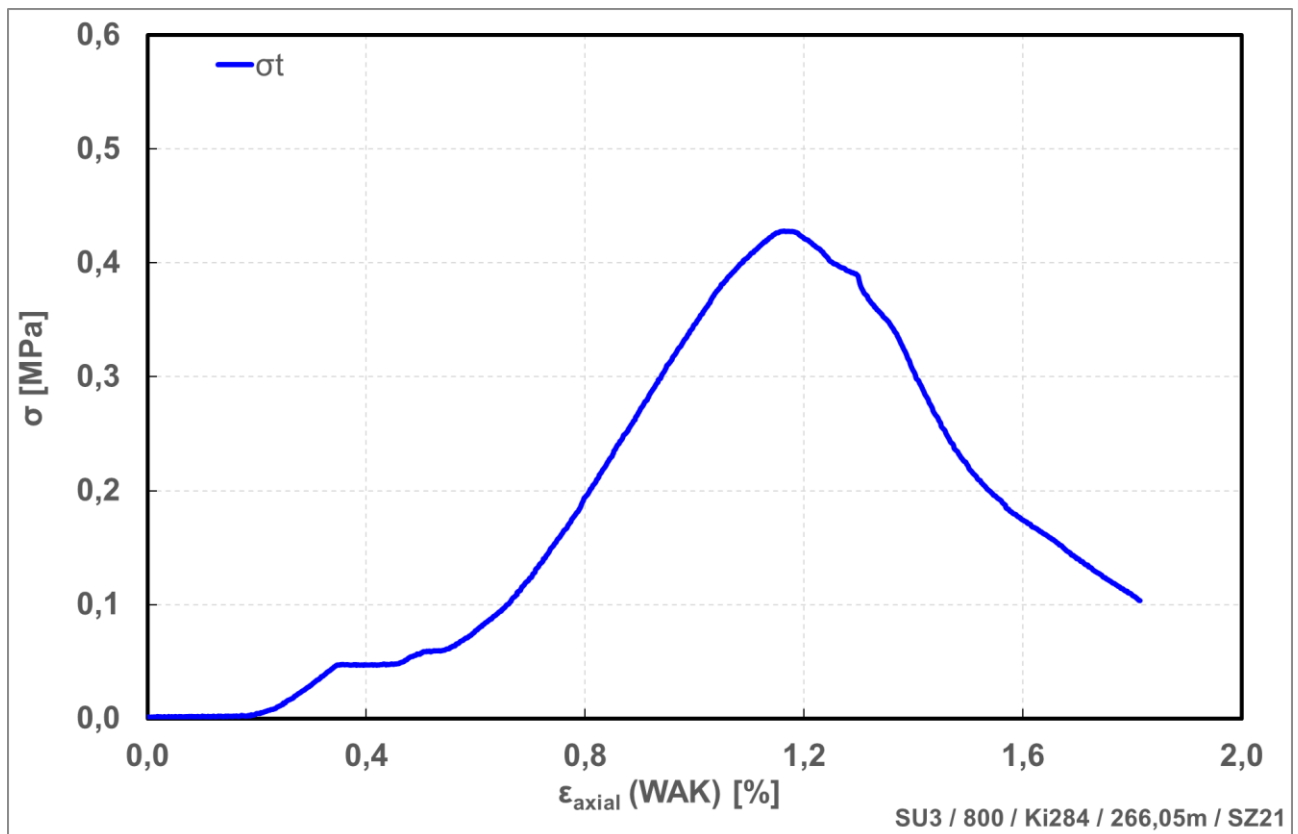


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 321



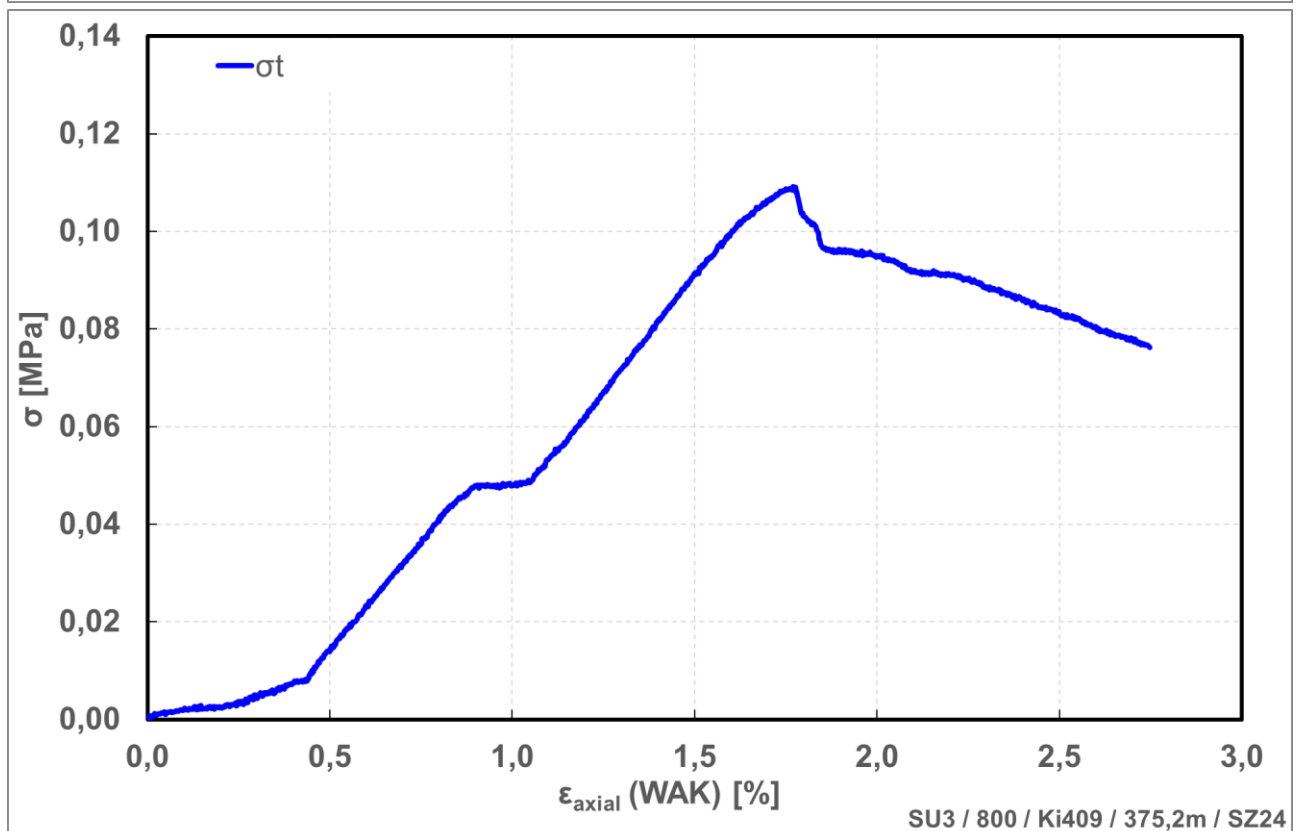
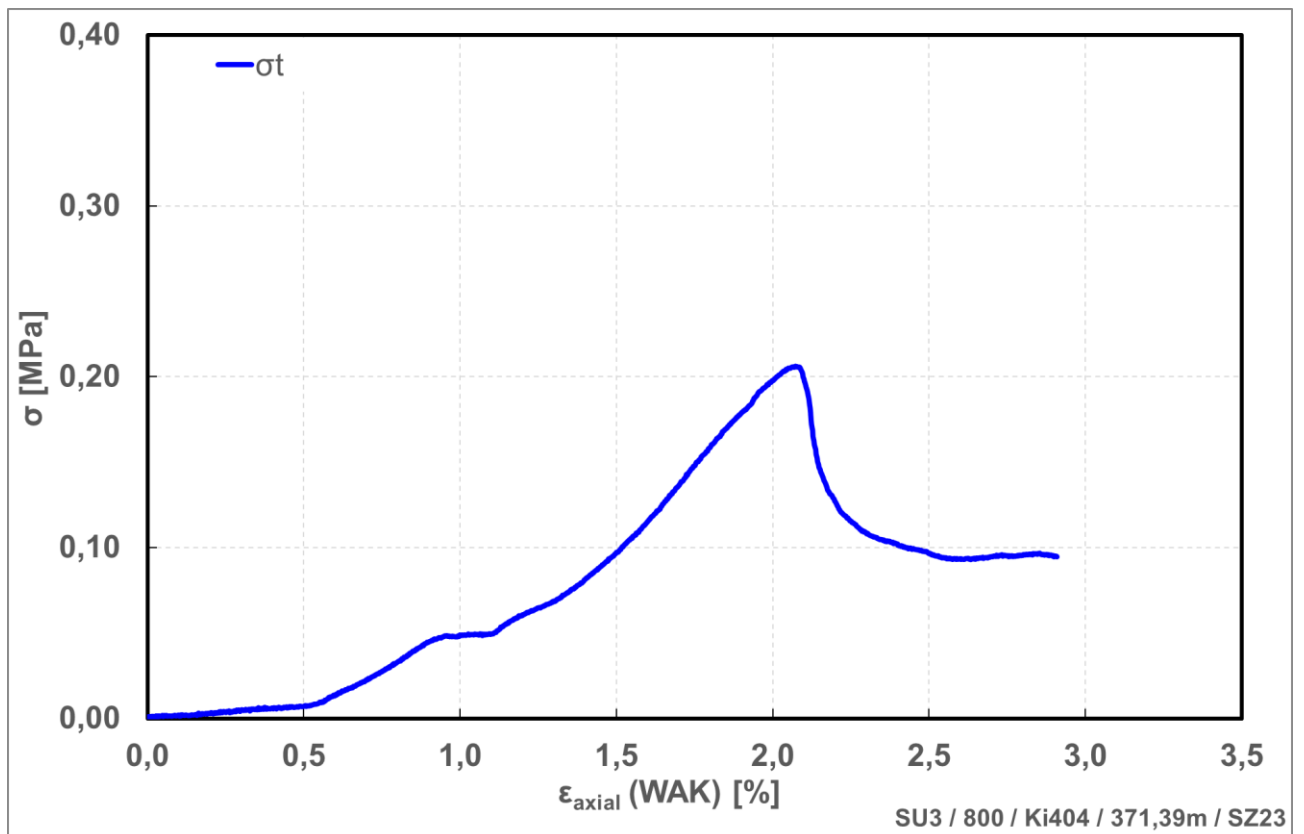


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 322

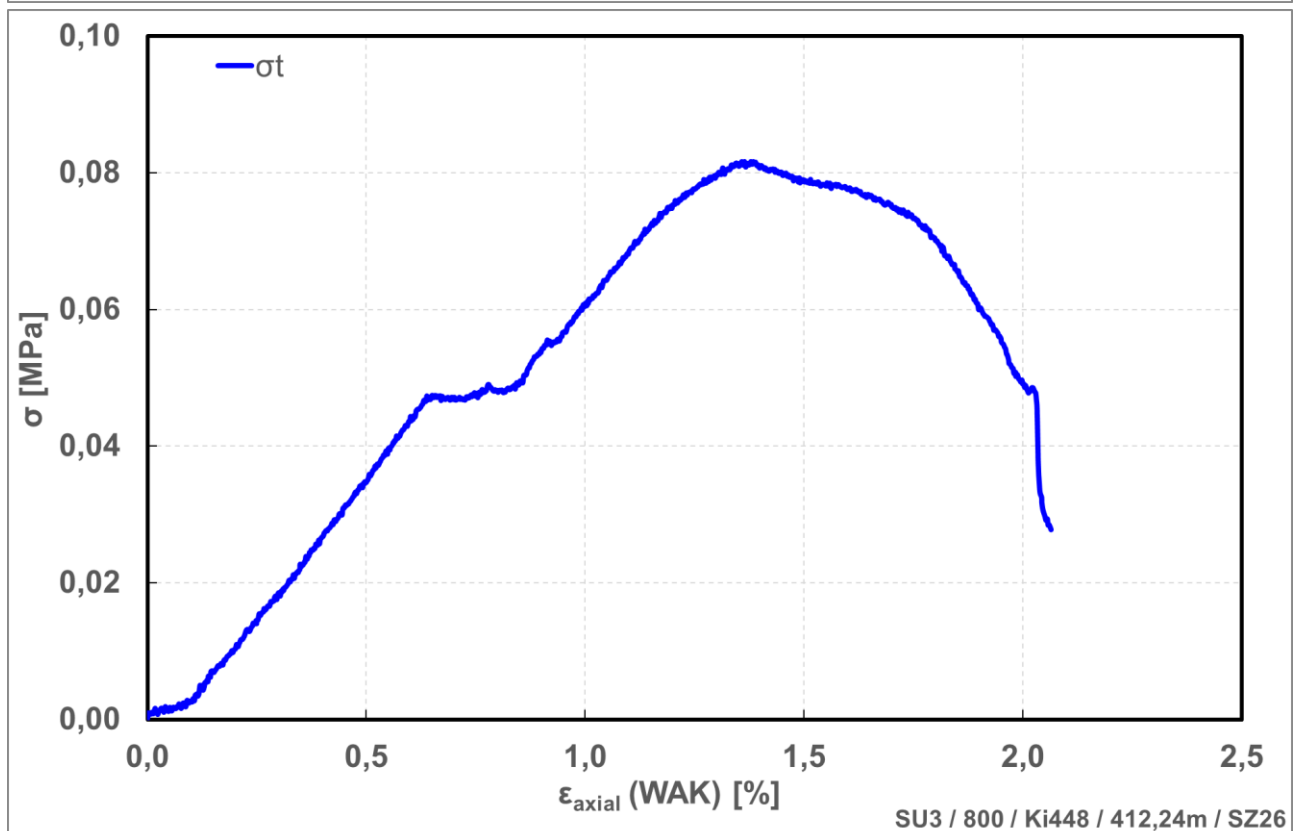
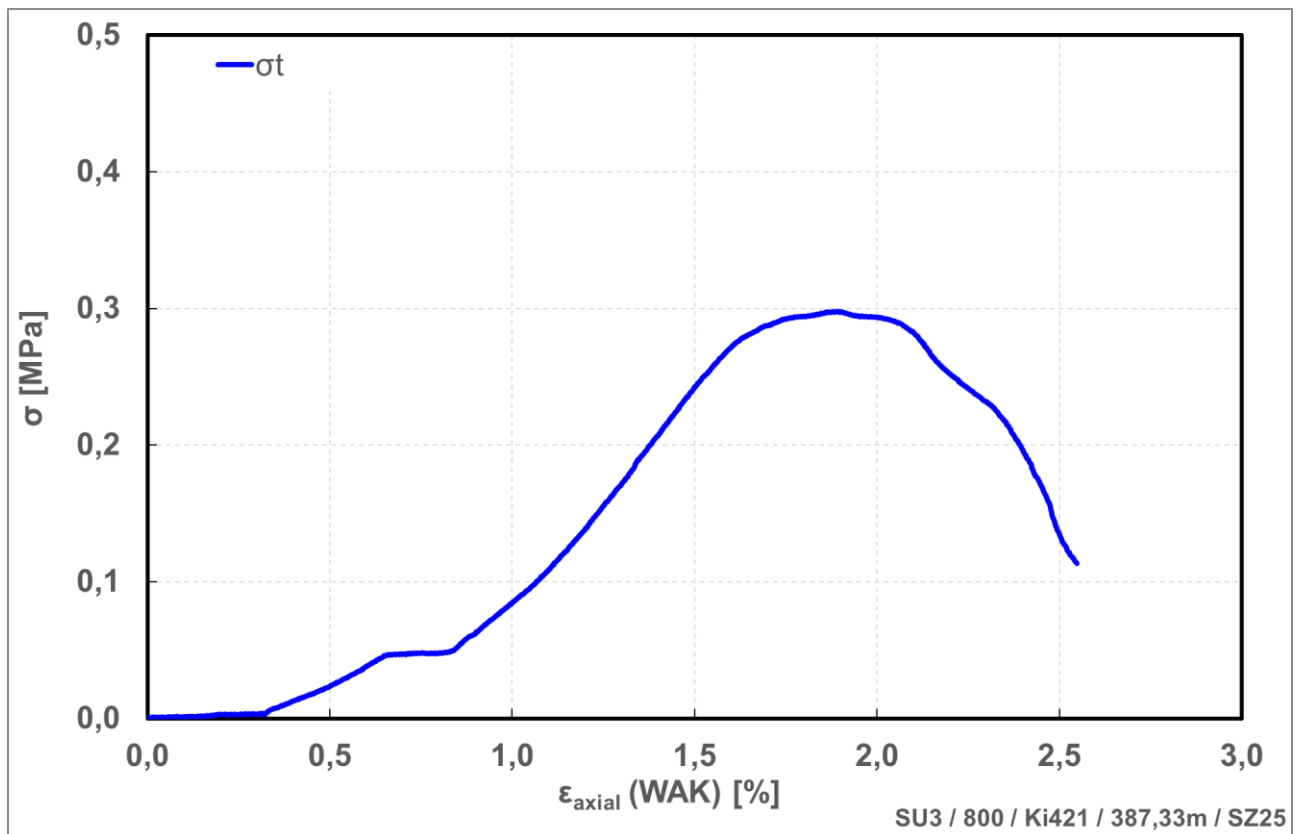


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 323

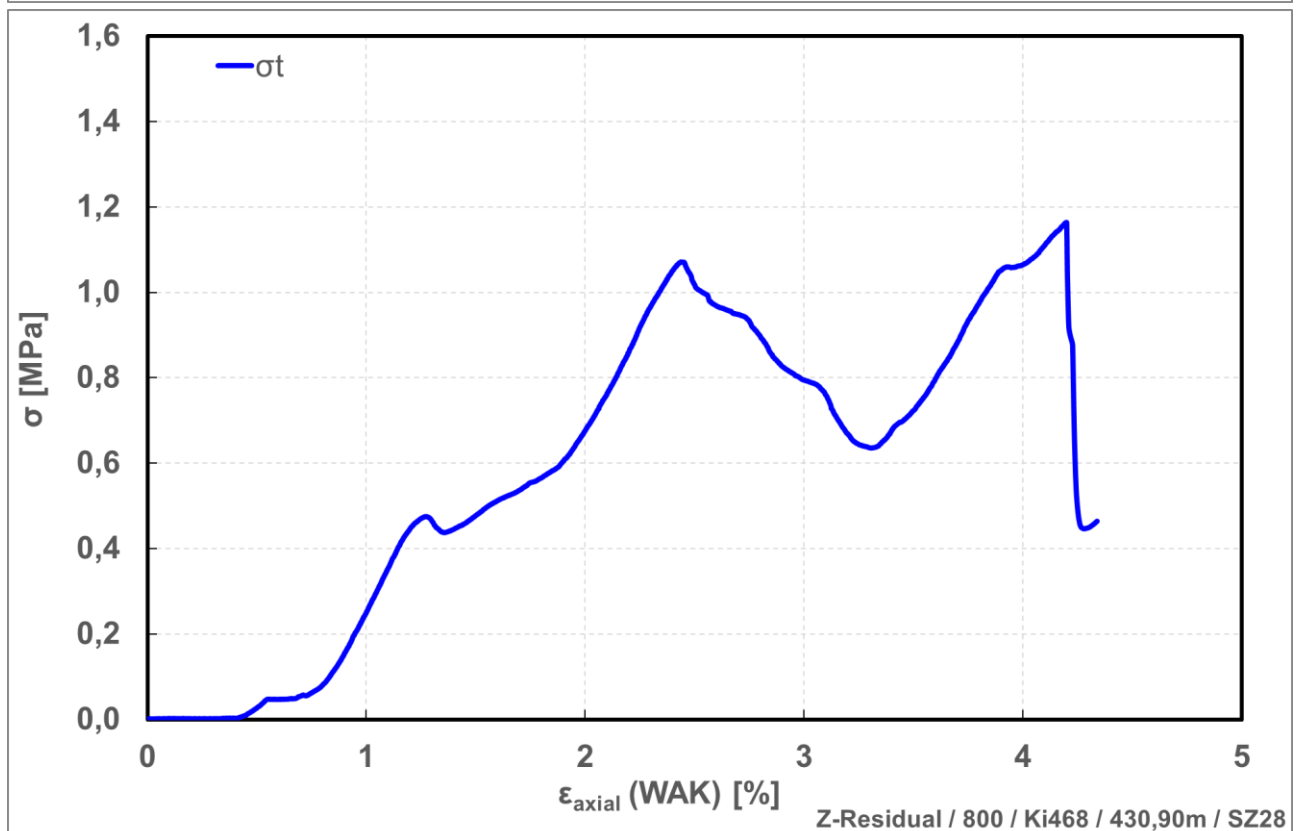
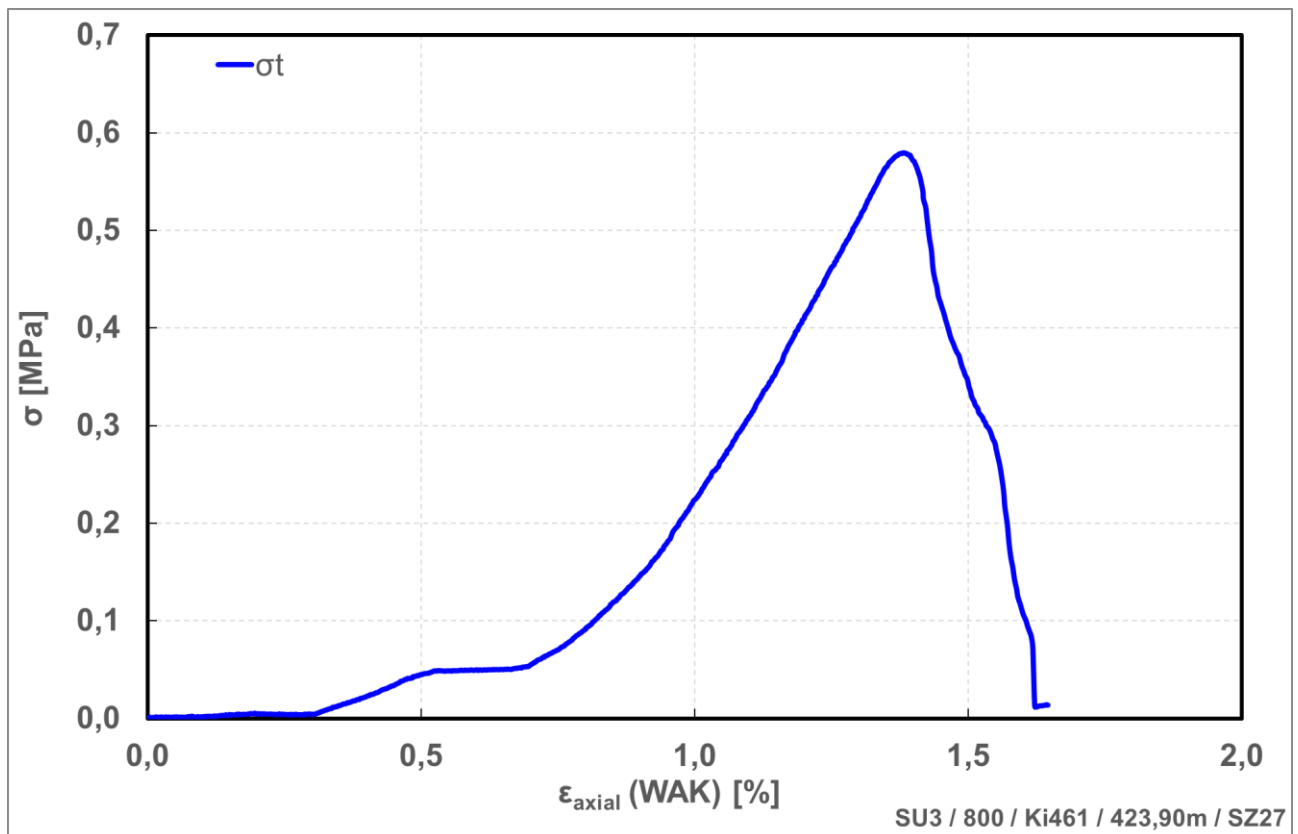


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 324

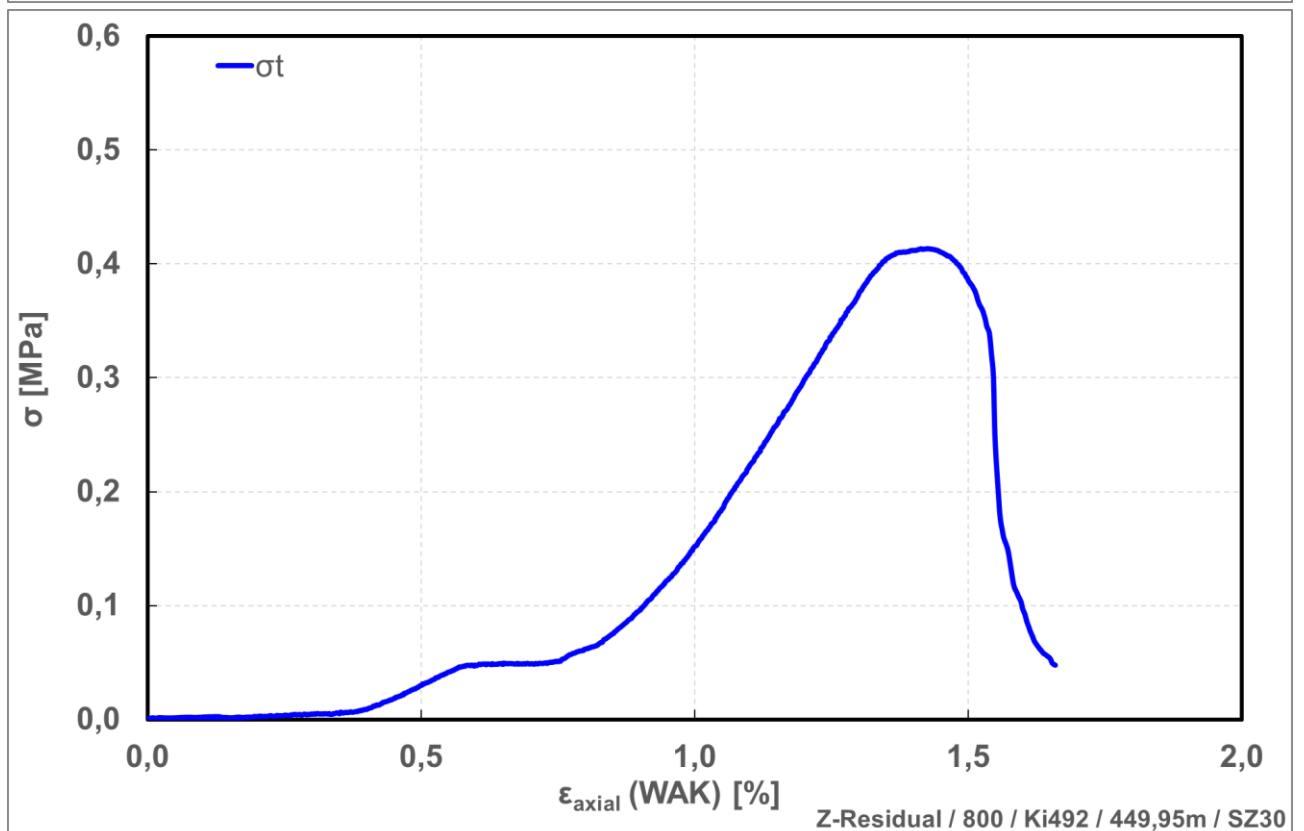
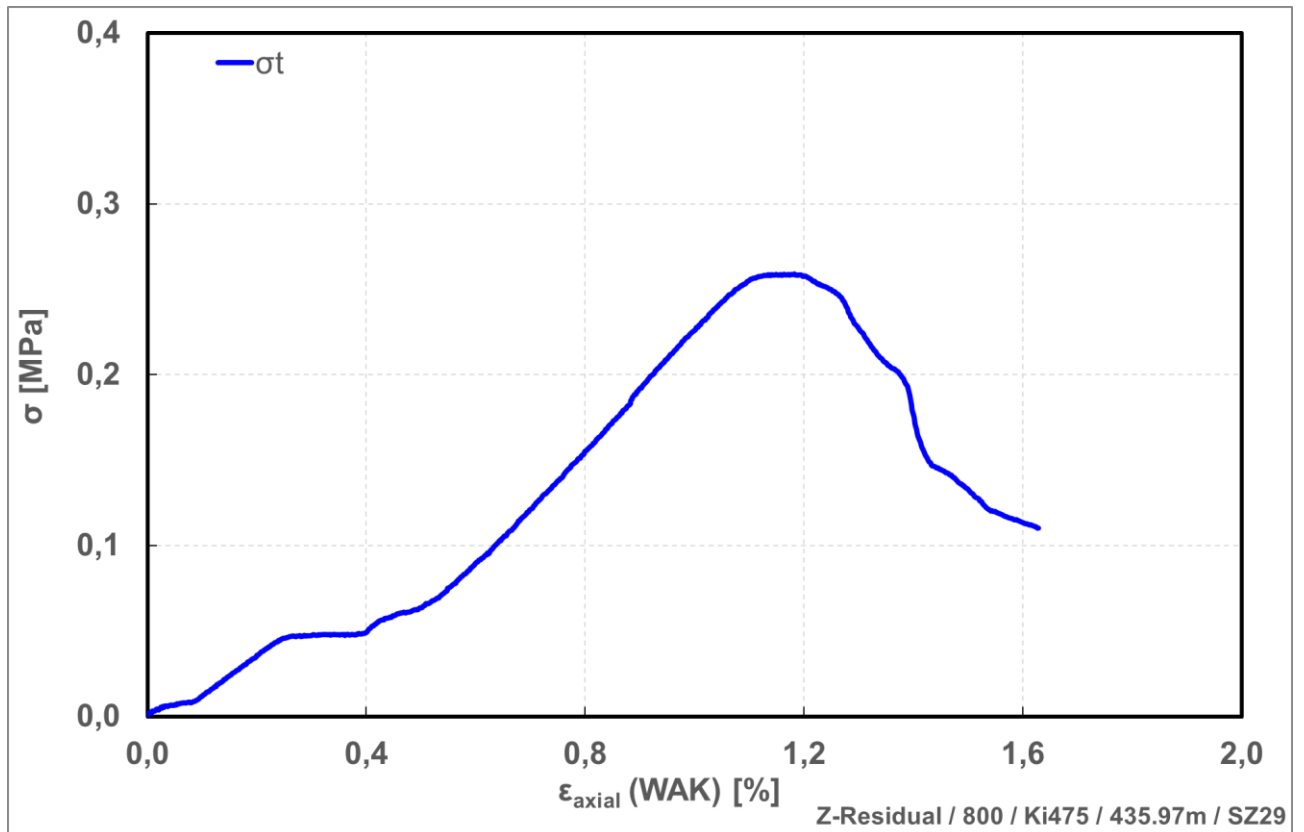


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 325



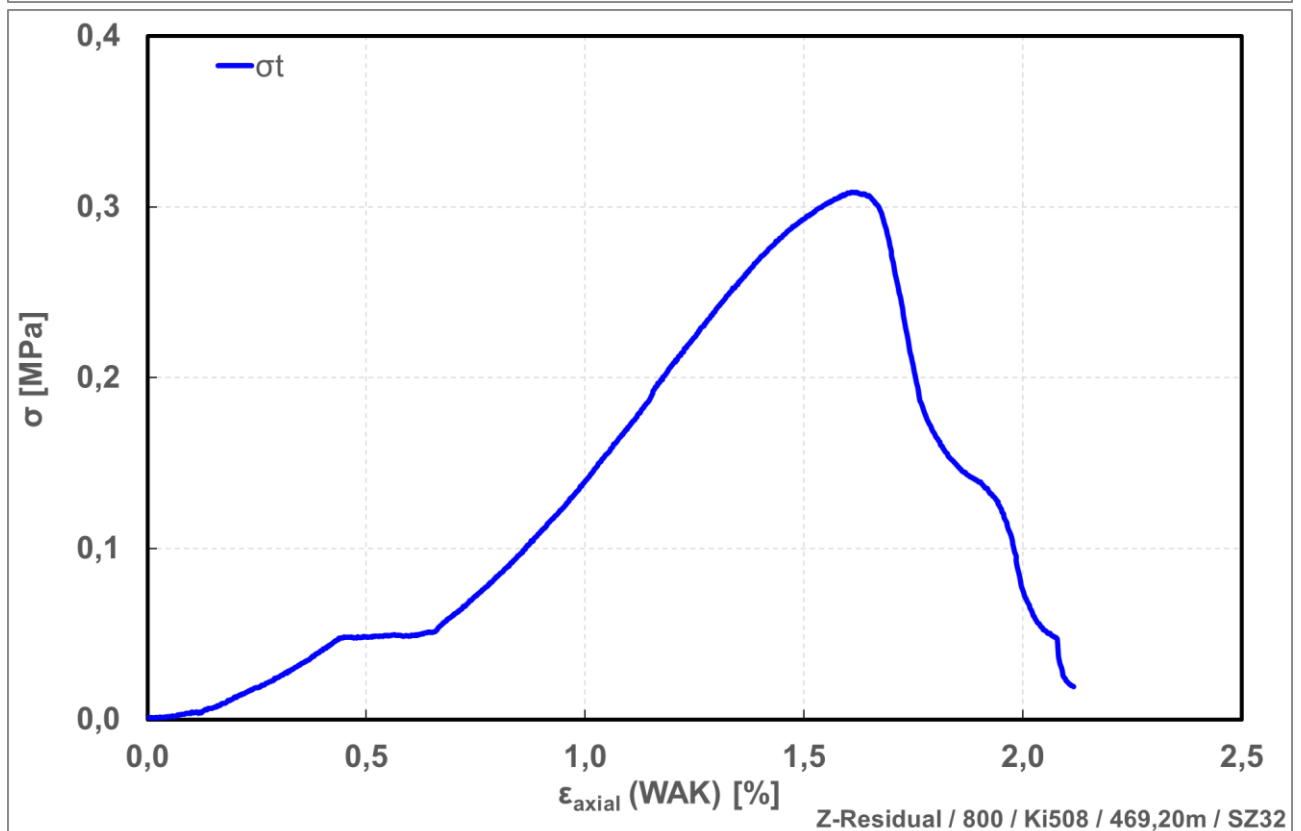
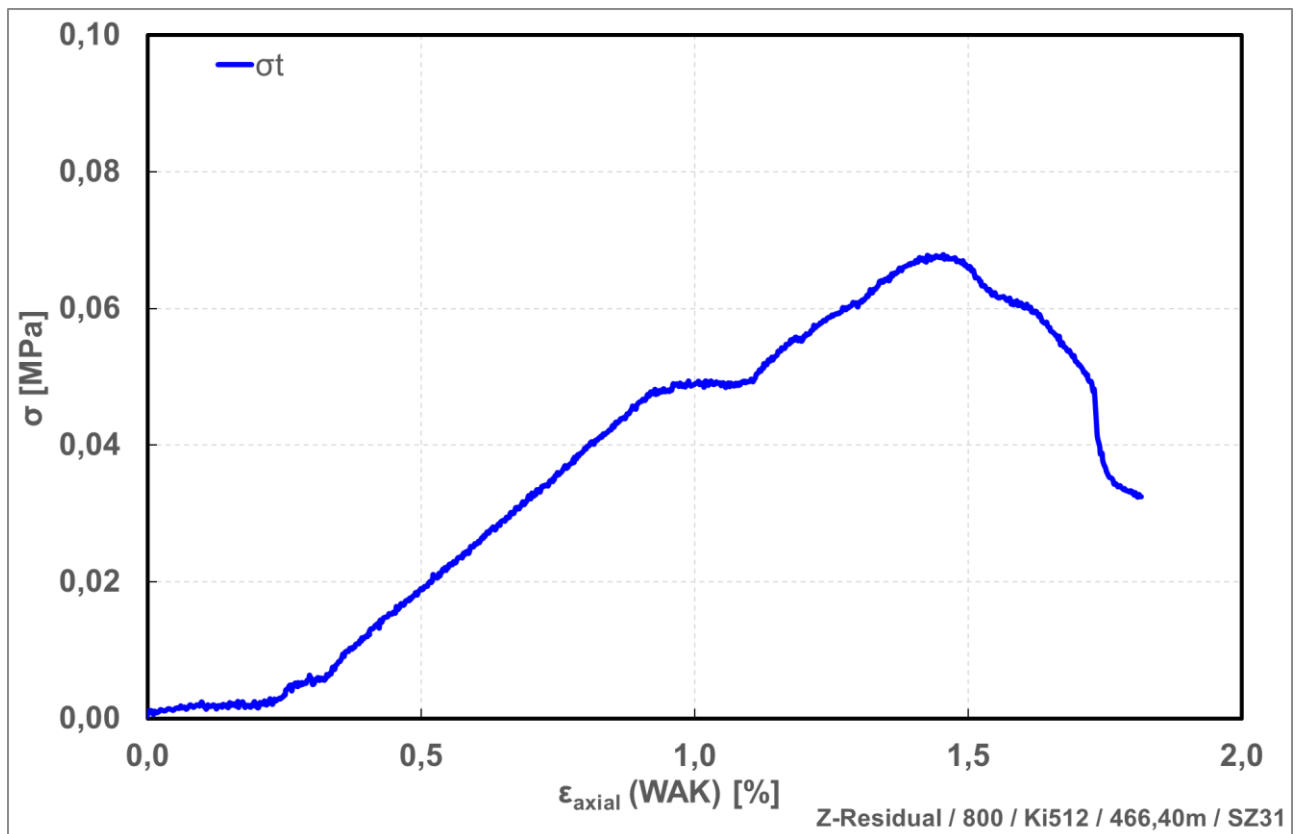


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 326

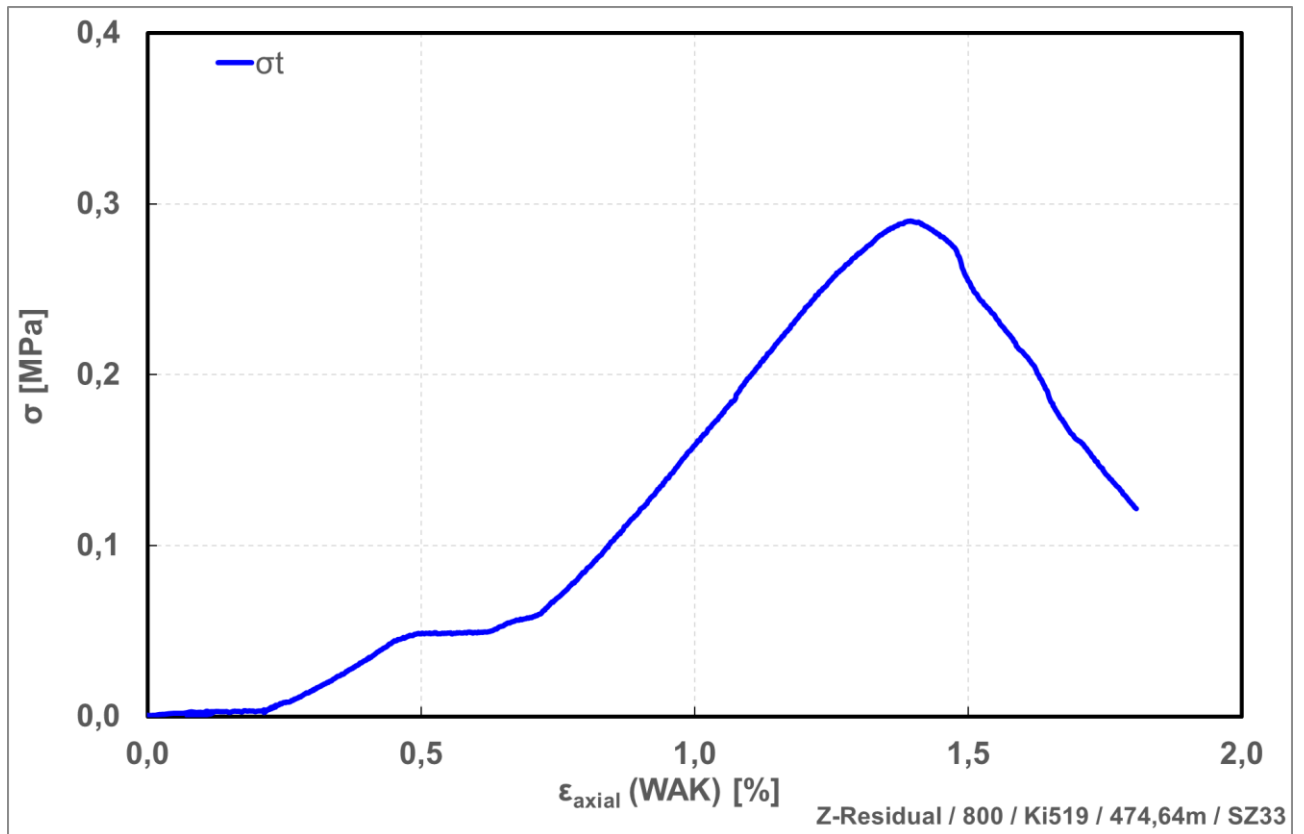


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



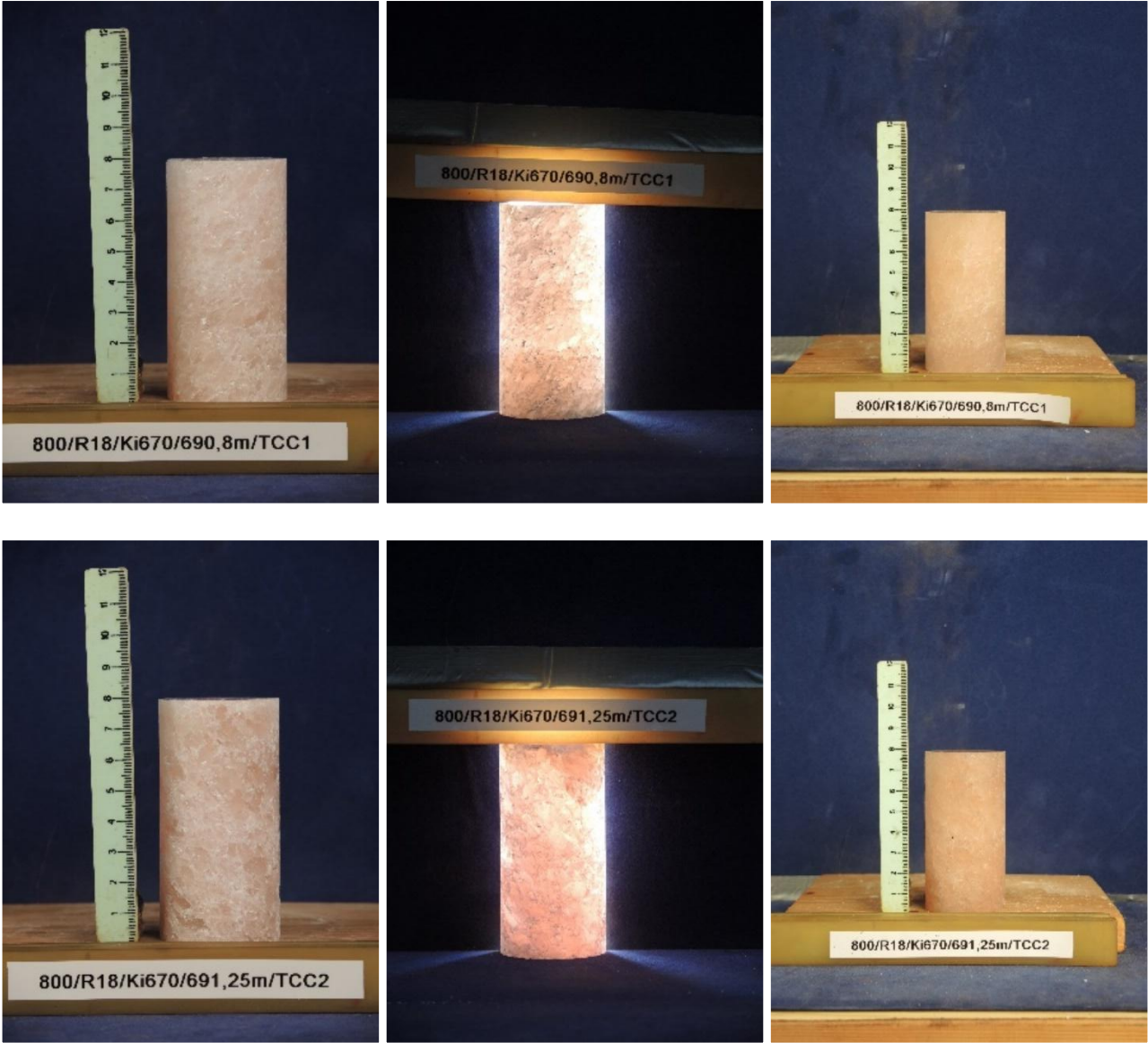
| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 327



|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                |            |           |         |    |          |            |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|------------|--|
| <div> <div>Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br/>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht</div> <div>  <div> <div>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</div> </div> </div> </div> |             |                |            |           |         |    |          | Blatt: 328 |  |
| Projekt                                                                                                                                                                                                                                                                                    | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev        |  |
| NAAN                                                                                                                                                                                                                                                                                       | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN         |  |
| 9A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00         |  |

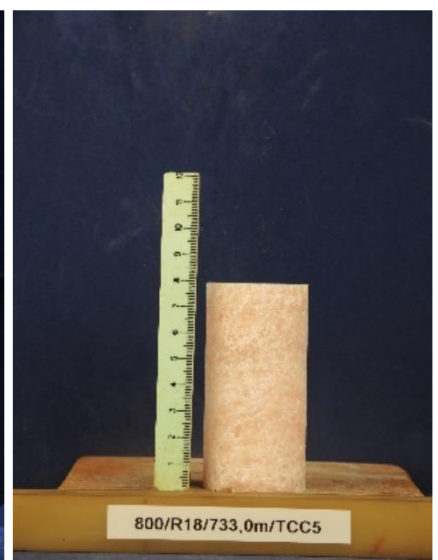
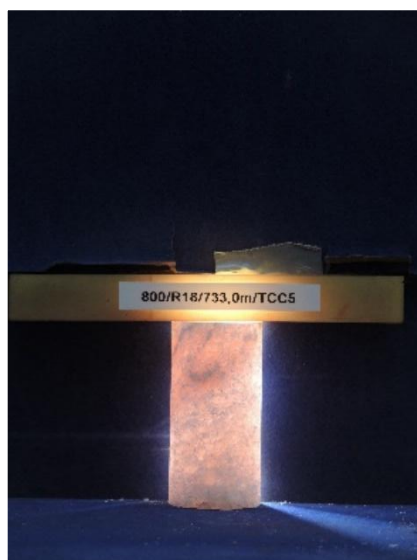
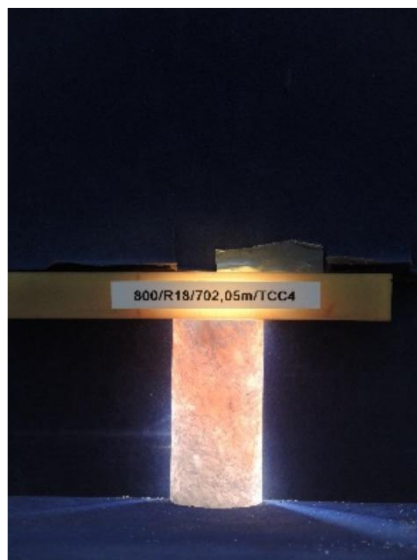
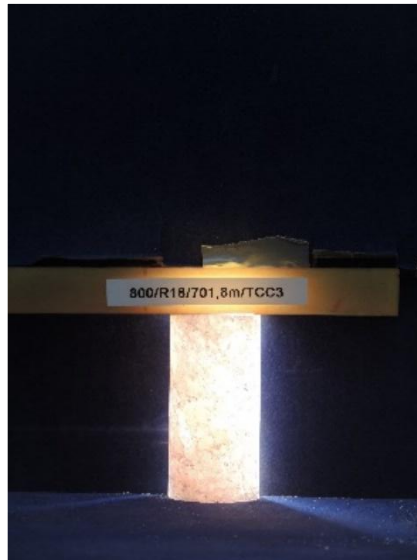
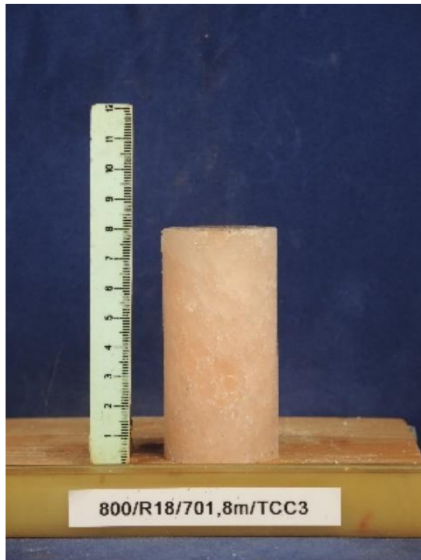
Anhang 17: TCC - Proben vor (links) und nach (rechts) dem Versuch



# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 329



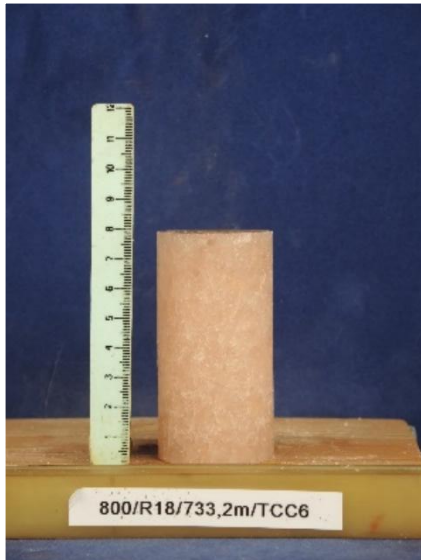


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 330

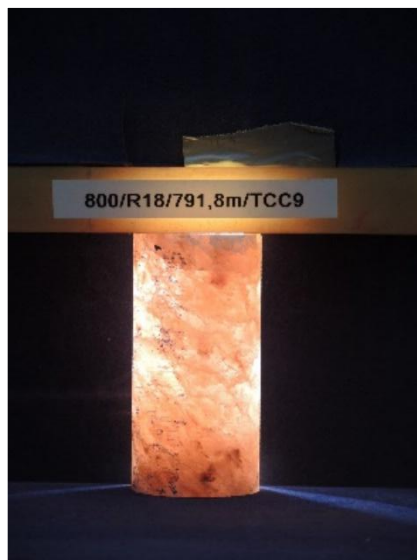


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

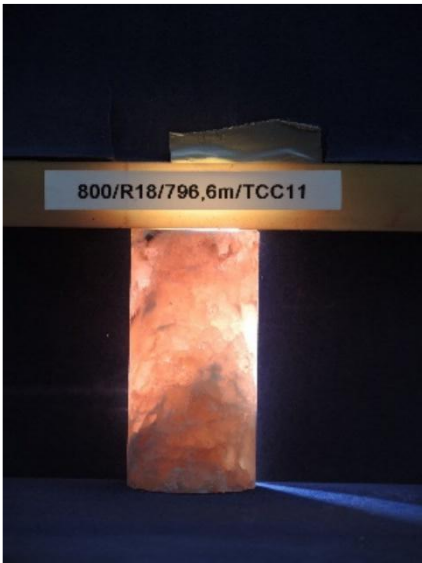
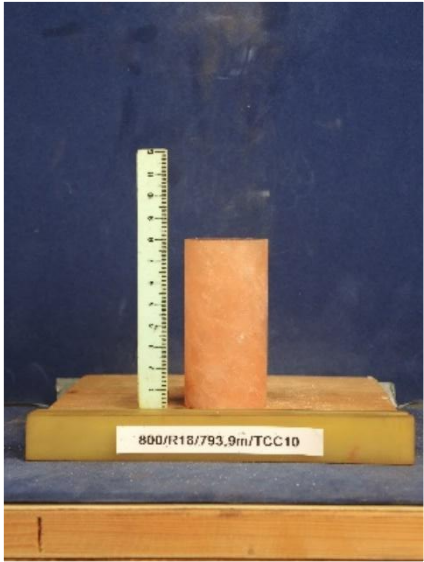


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

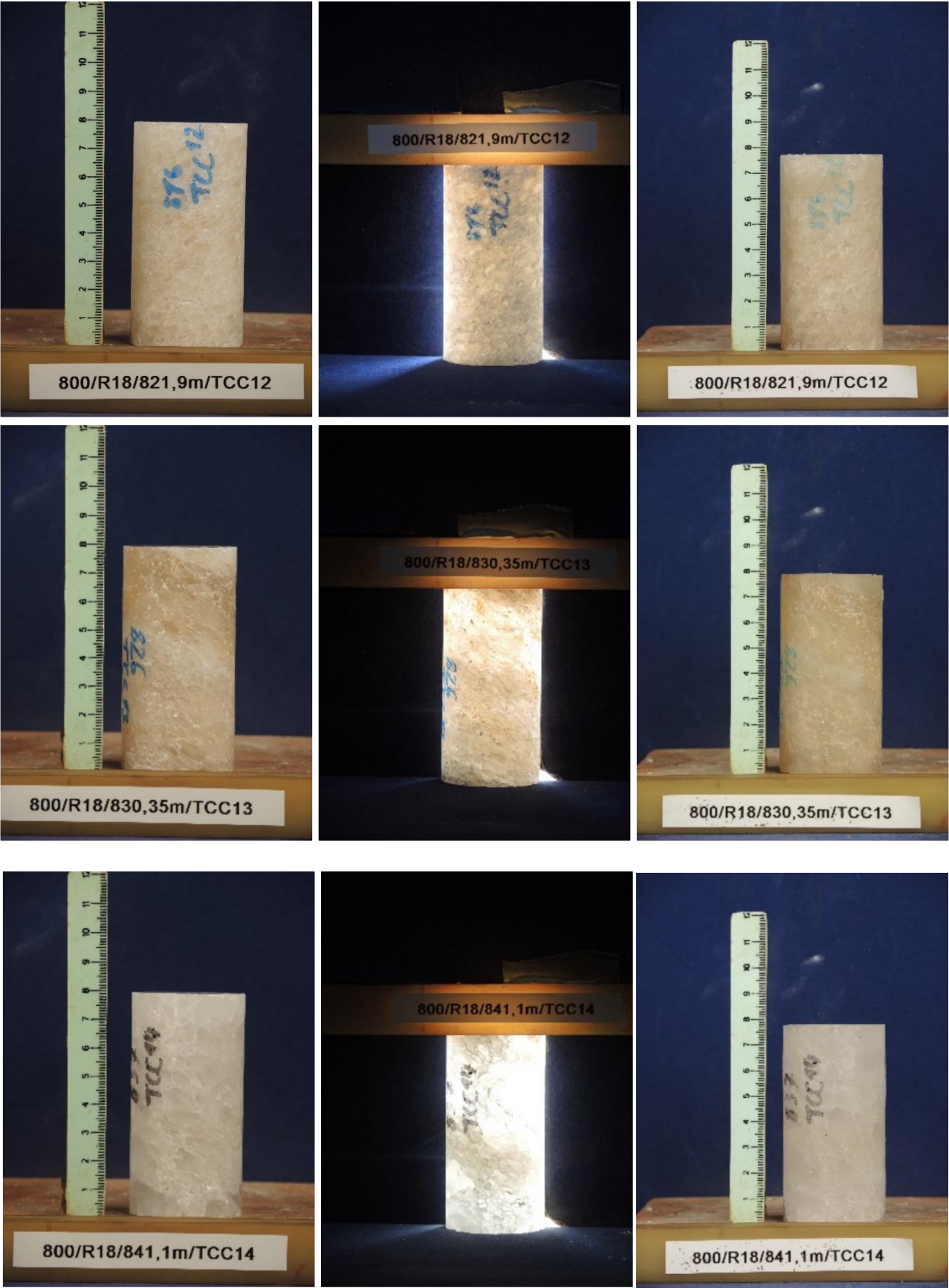
Blatt: 331



|                                                                                                   |             |                |            |           |         |    |          |     |                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische<br>Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht |             |                |            |           |         |    |          |     |  <div>BUNDESGESELLSCHAFT<br/>FÜR ENDLAGERUNG</div> |
| Projekt                                                                                           | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev | Blatt: 332                                                                                                                            |
| NAAN                                                                                              | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |                                                                                                                                       |
| 9A                                                                                                | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |                                                                                                                                       |









# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

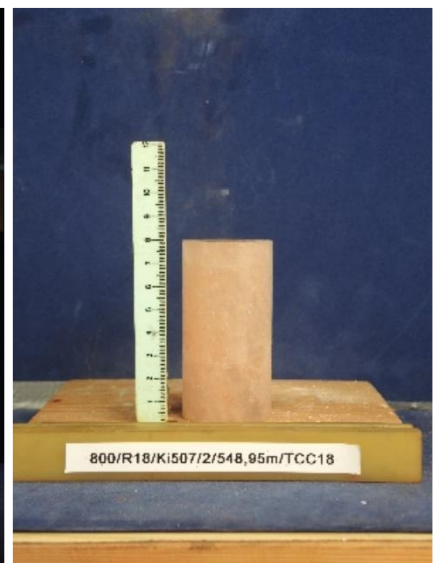
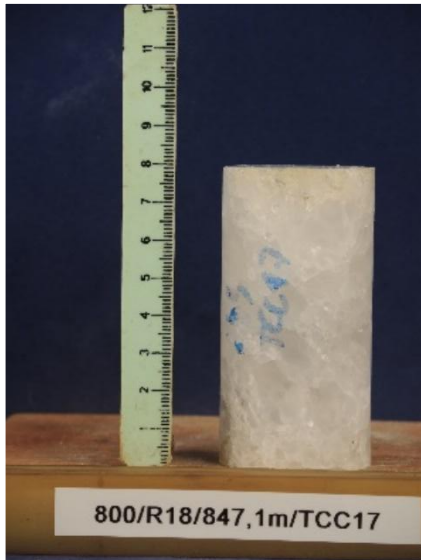
Blatt: 334

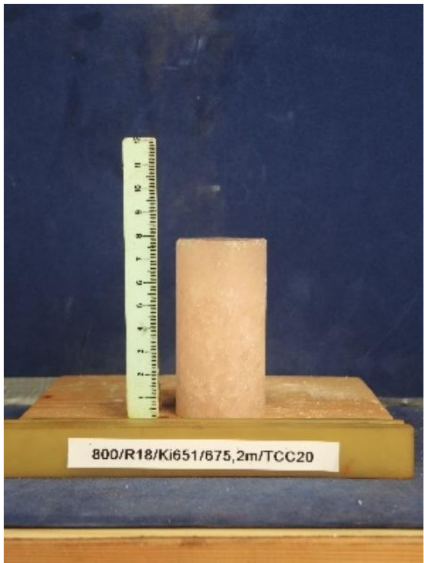
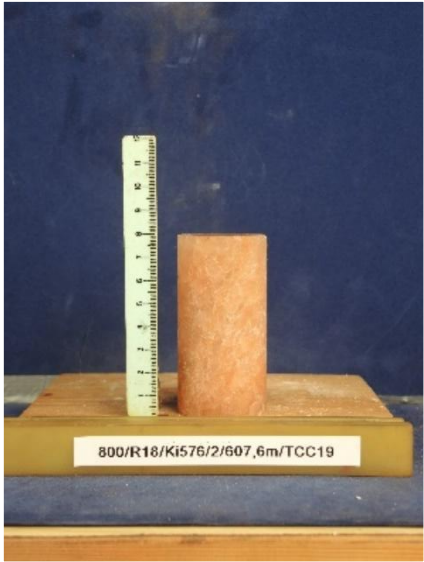


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 335





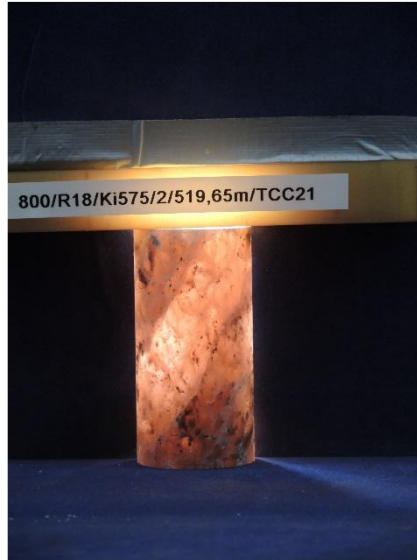


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



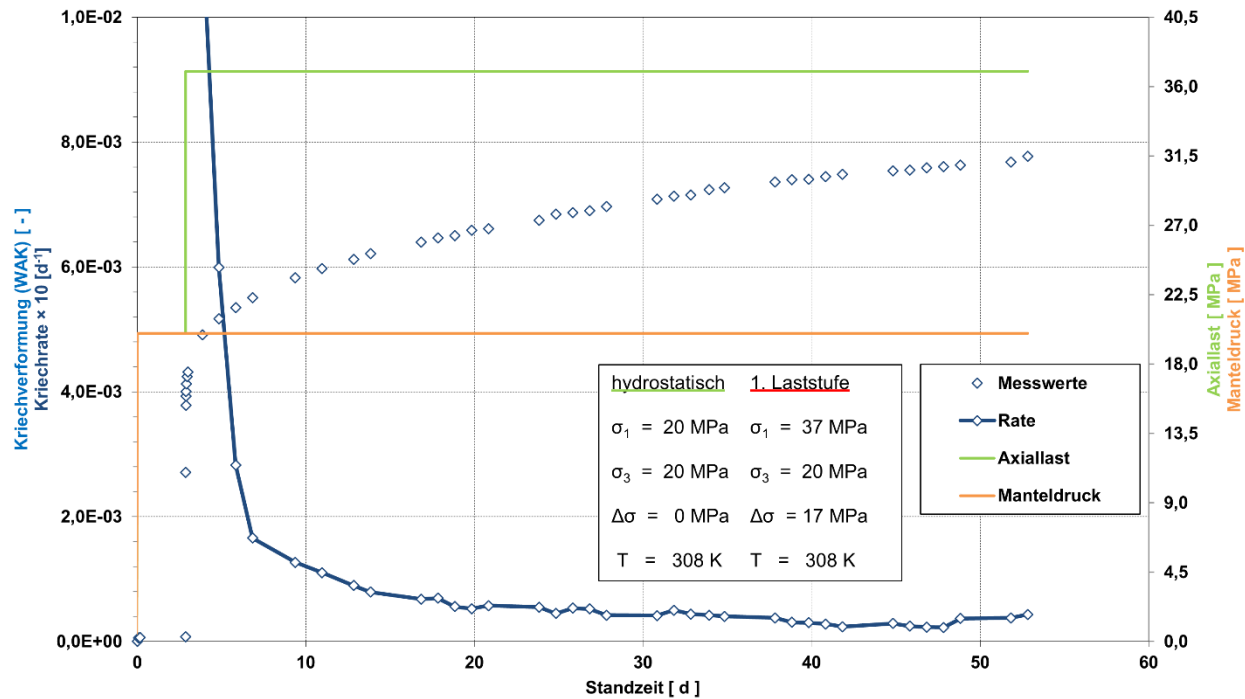
| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 337

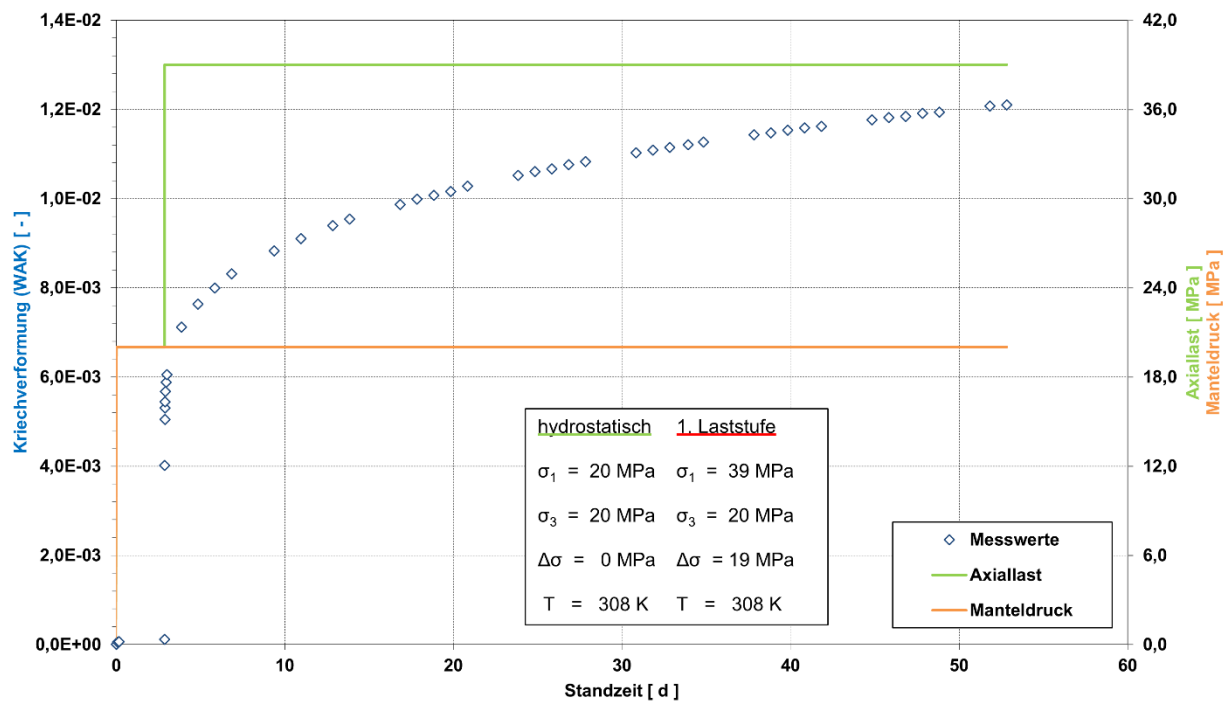




Anhang 18: TCC - Kriechkurven



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki670/690,8m/TCC1 Schnee-/Rosen-/ Basissalz



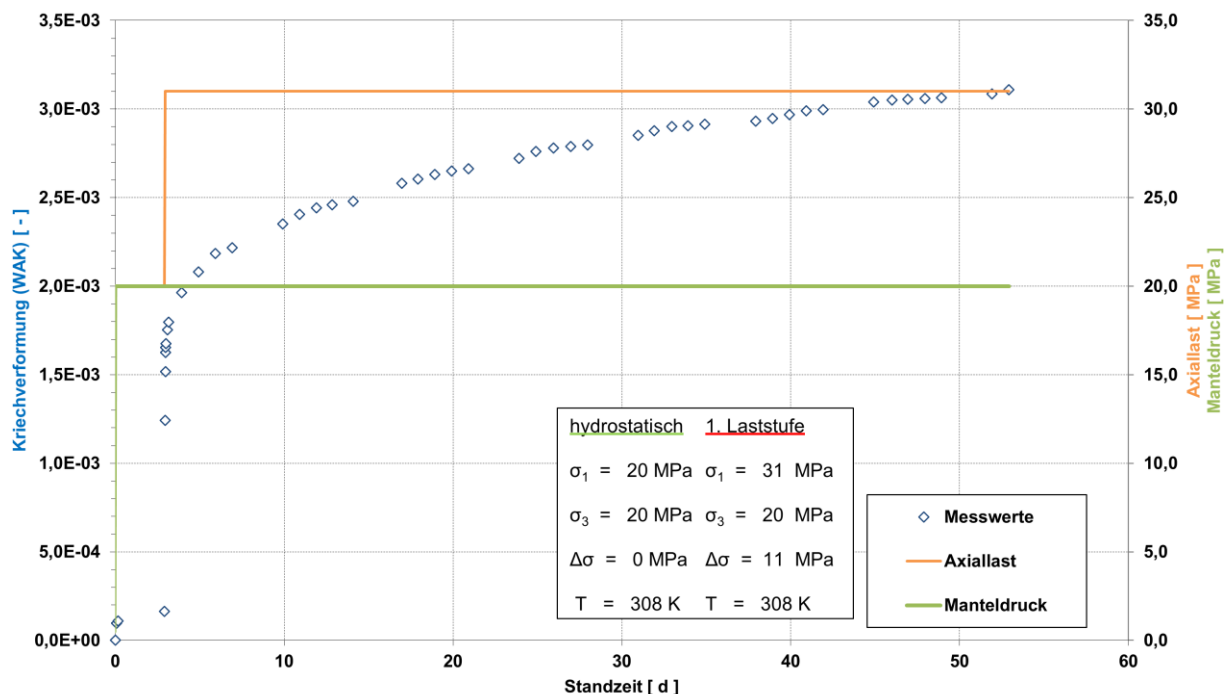
Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki670/691,25m/TCC2 Schnee-/Rosen-/ Basissalz

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

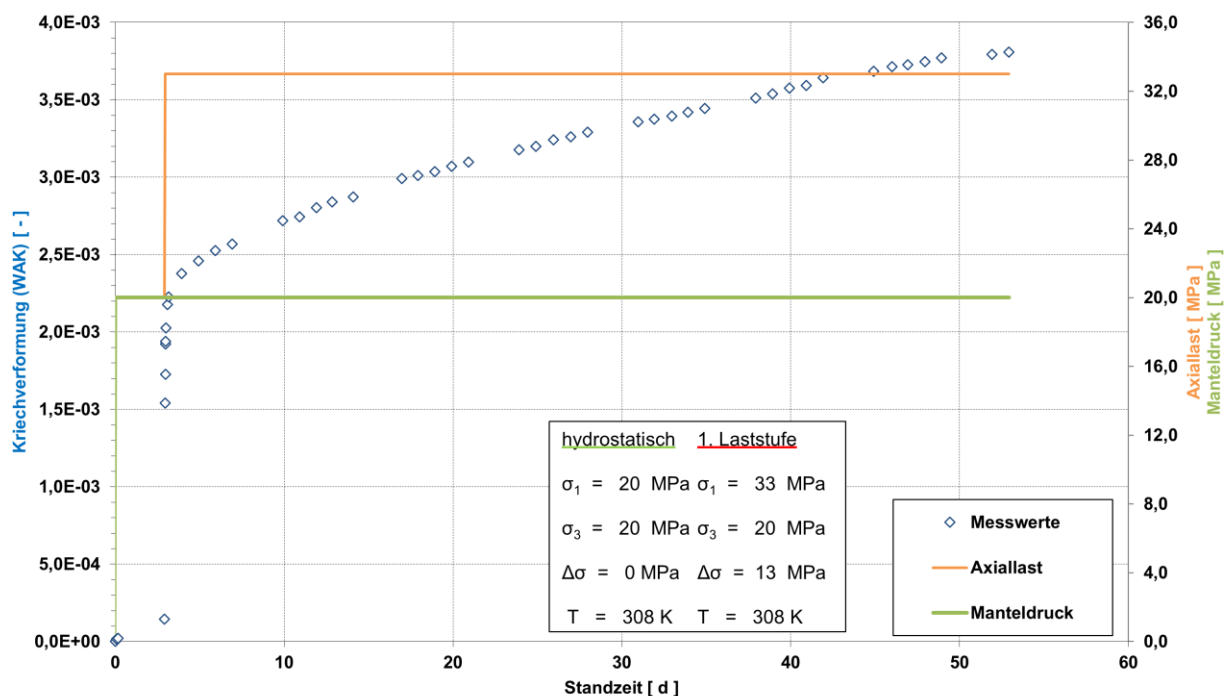


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 339



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki683/701,8m/TCC3 Schnee-/Rosen-/Basissalz



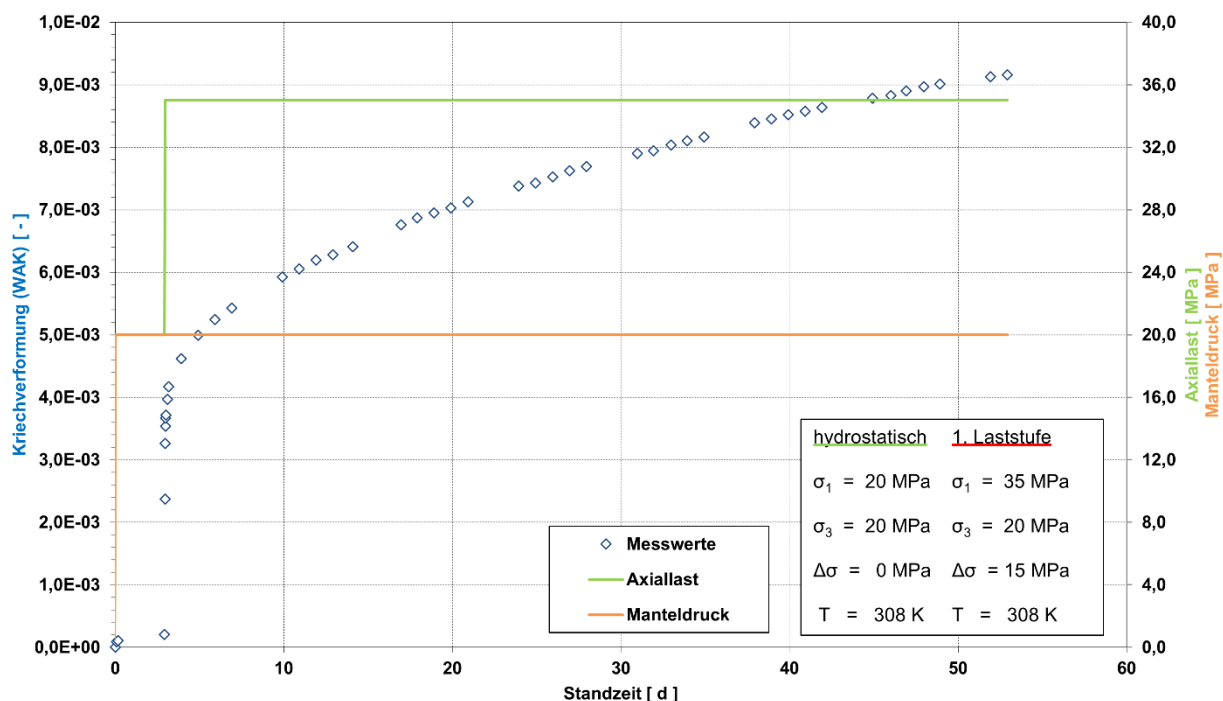
Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki683/702,05m/TCC4 Schnee-/Rosen-/Basissalz

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

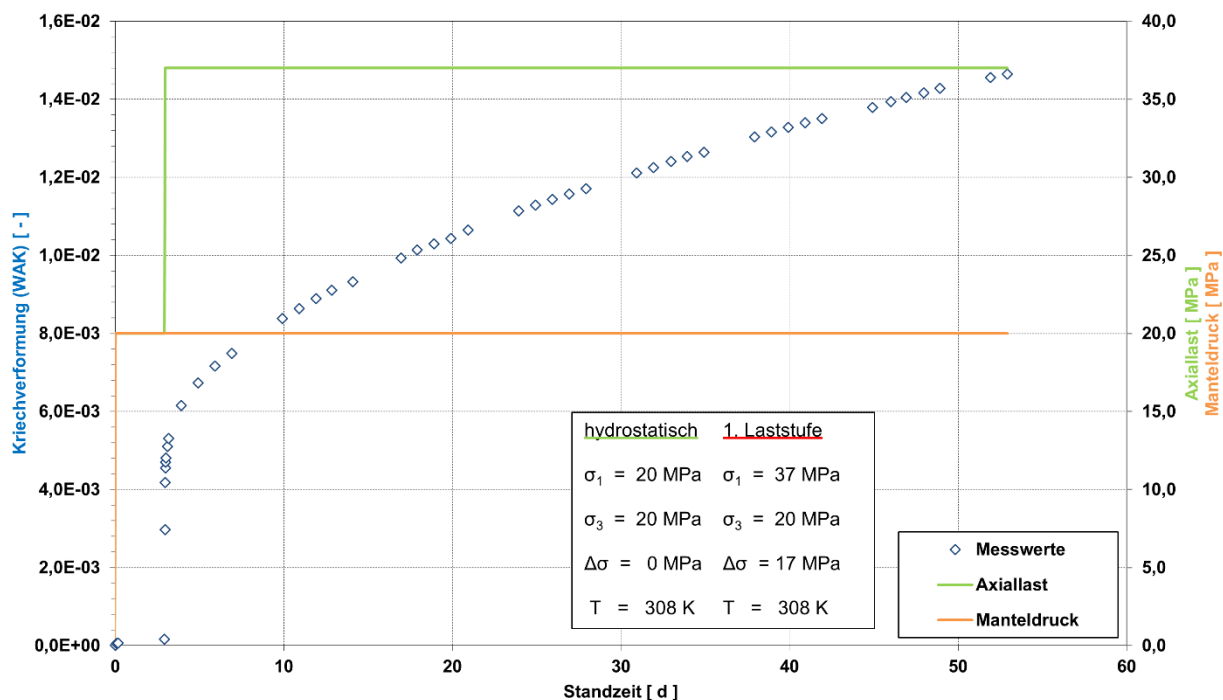


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 340



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki719/733,0m/TCC5 Schnee-/Rosen-/ Basissalz



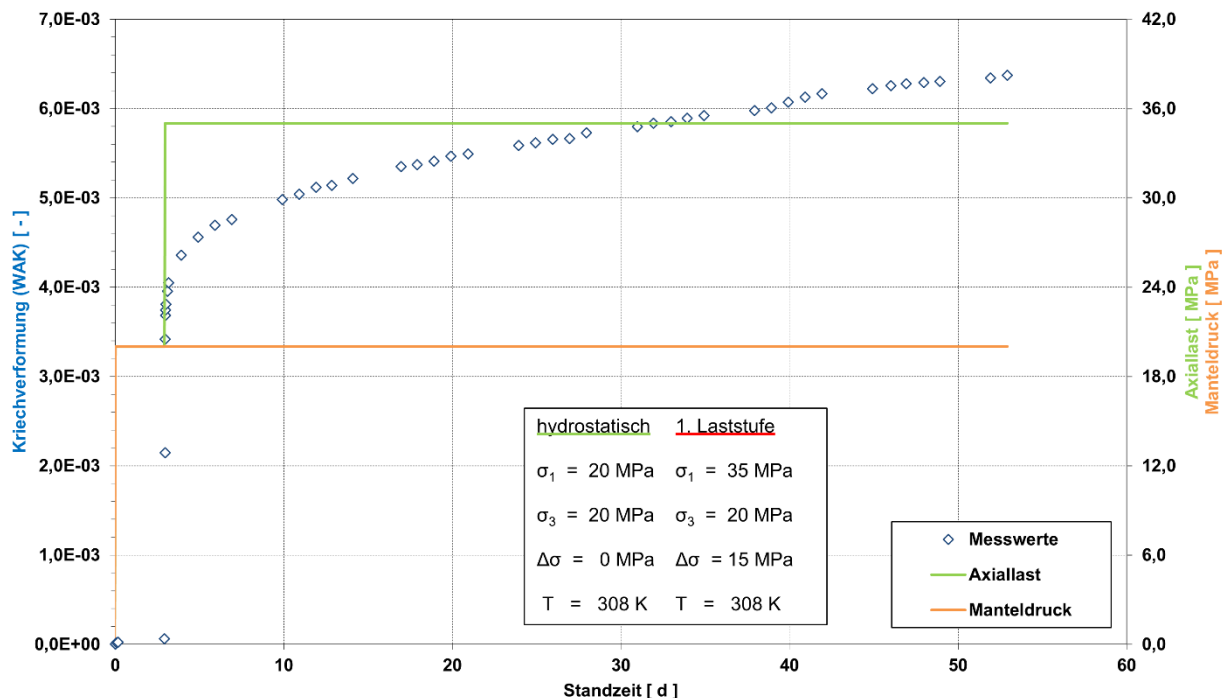
Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki719/733,2m/TCC6 Schnee-/Rosen-/ Basissalz

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

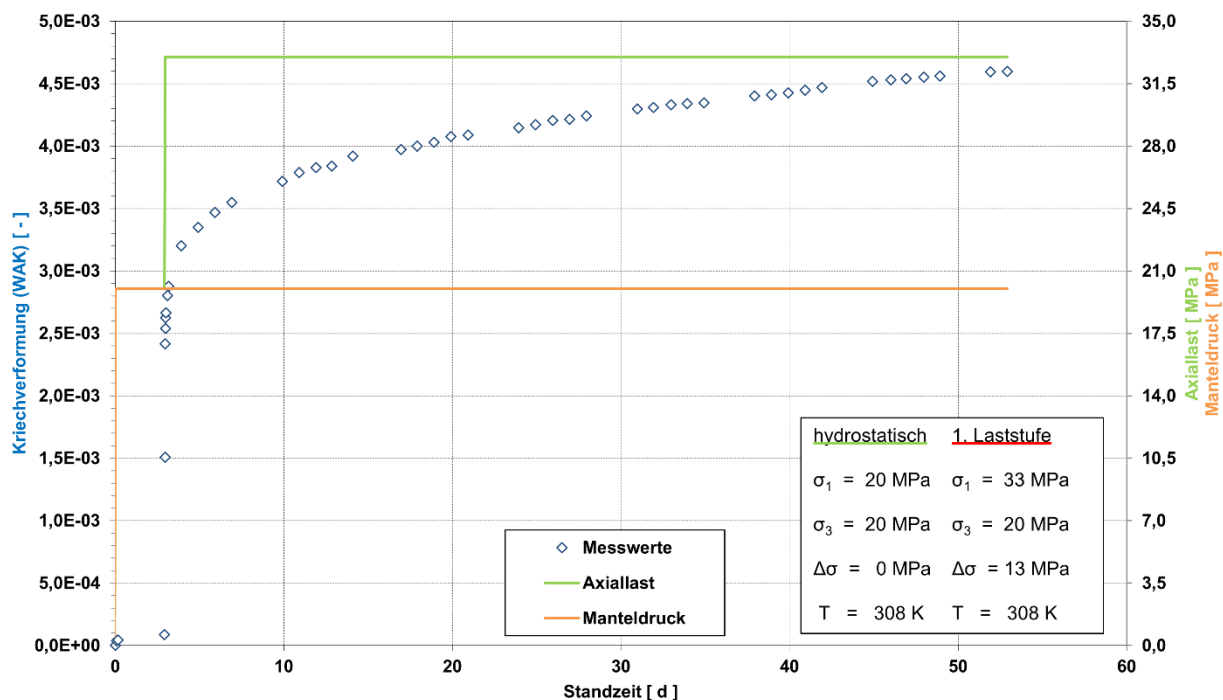


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 341



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki772/780,5m/TCC7  
Tonmittelsalz/Schwadensalz



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki777/785,1m/TCC8  
Tonmittelsalz/Schwadensalz

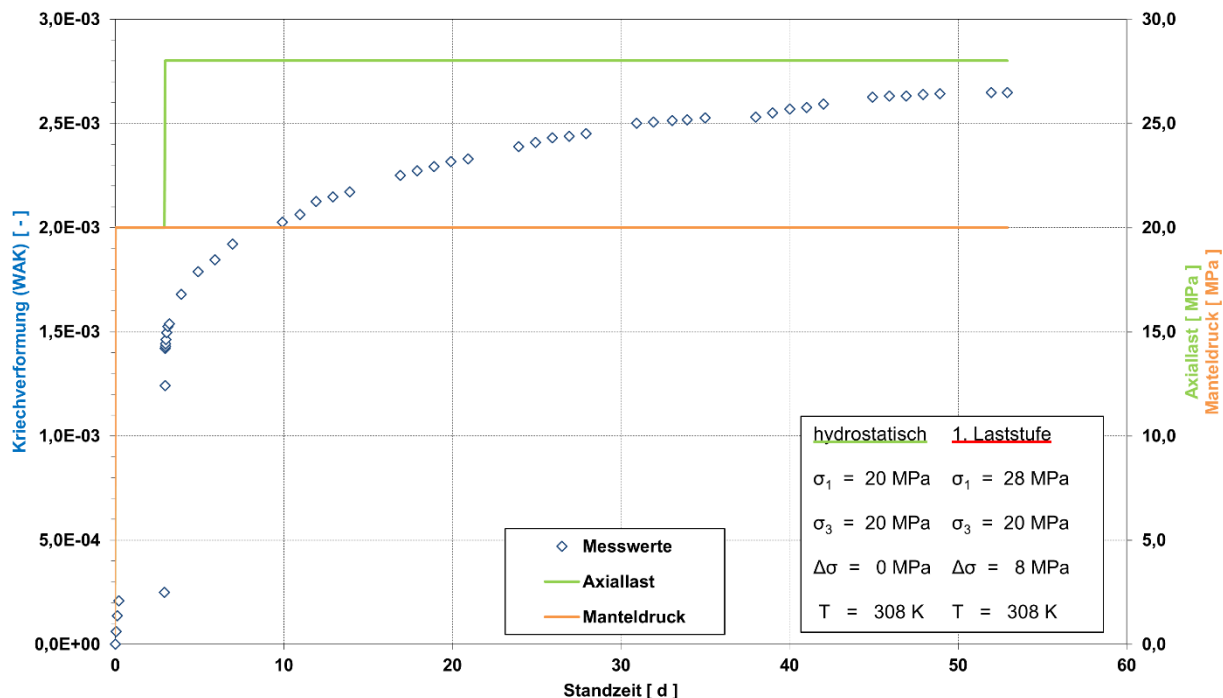


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

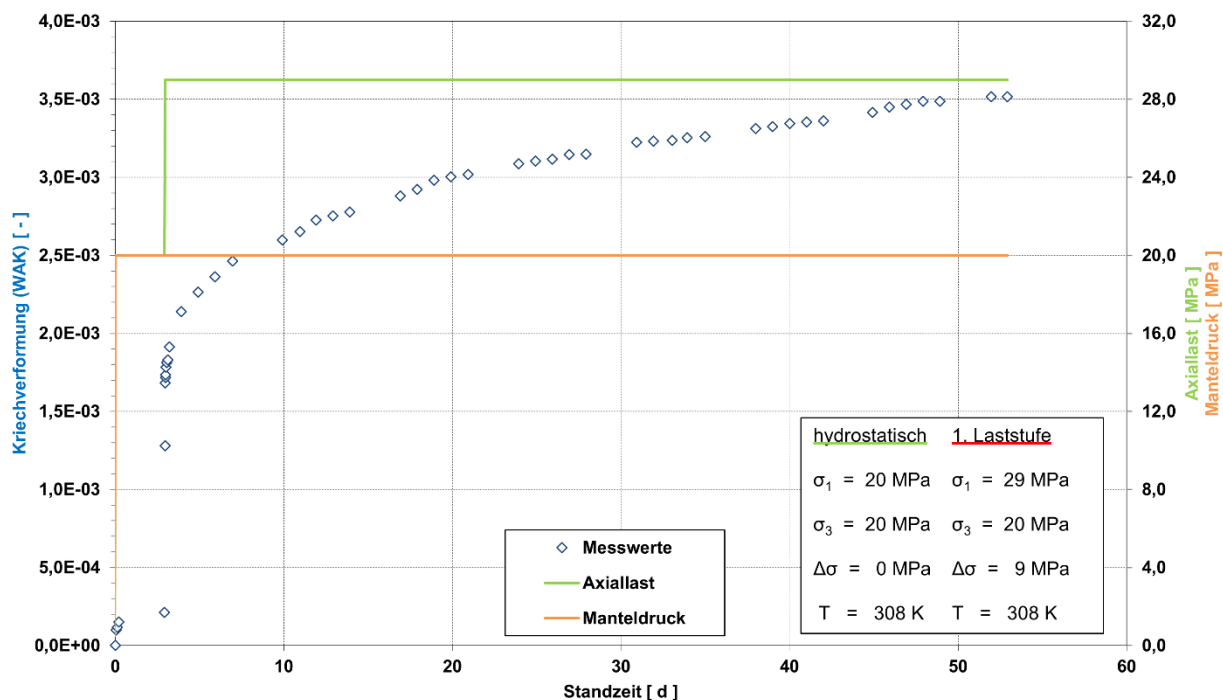


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 342



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki784/791,8m/TCC9  
Tonmittelsalz/Schwadensalz



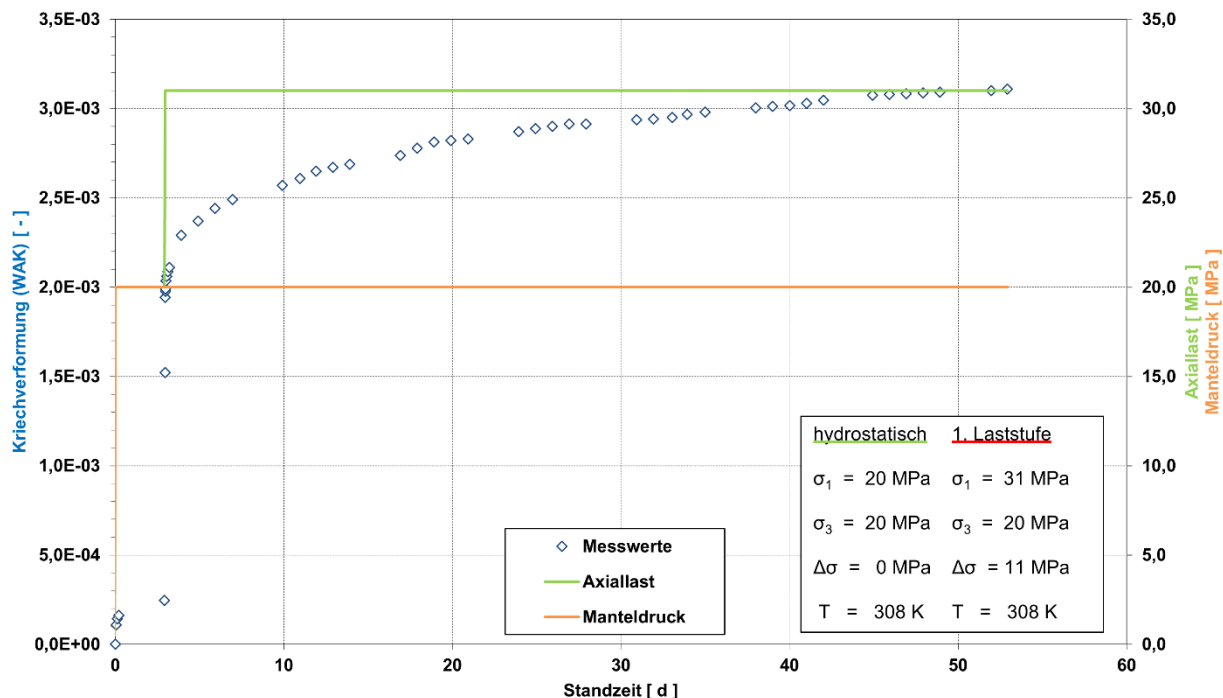
Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki786/793,9m/TCC10  
Tonmittelsalz/Schwadensalz

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

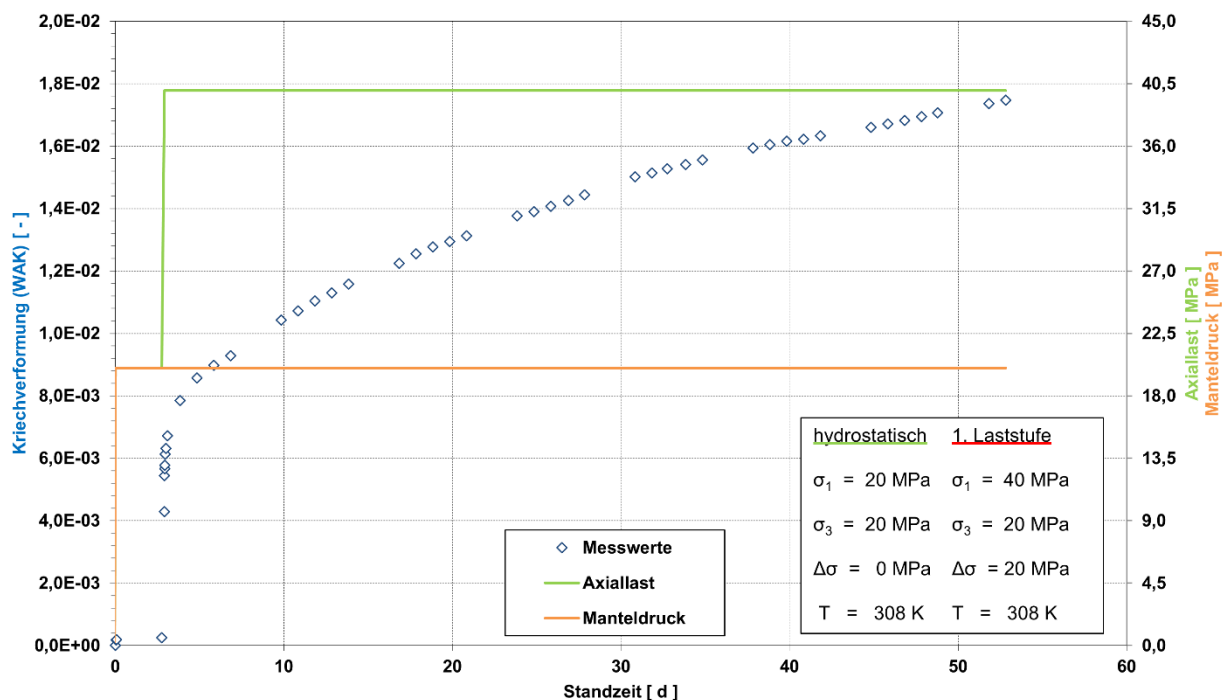


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 343



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki789/796,6m/TCC11  
Tonmittelsalz/Schwadensalz



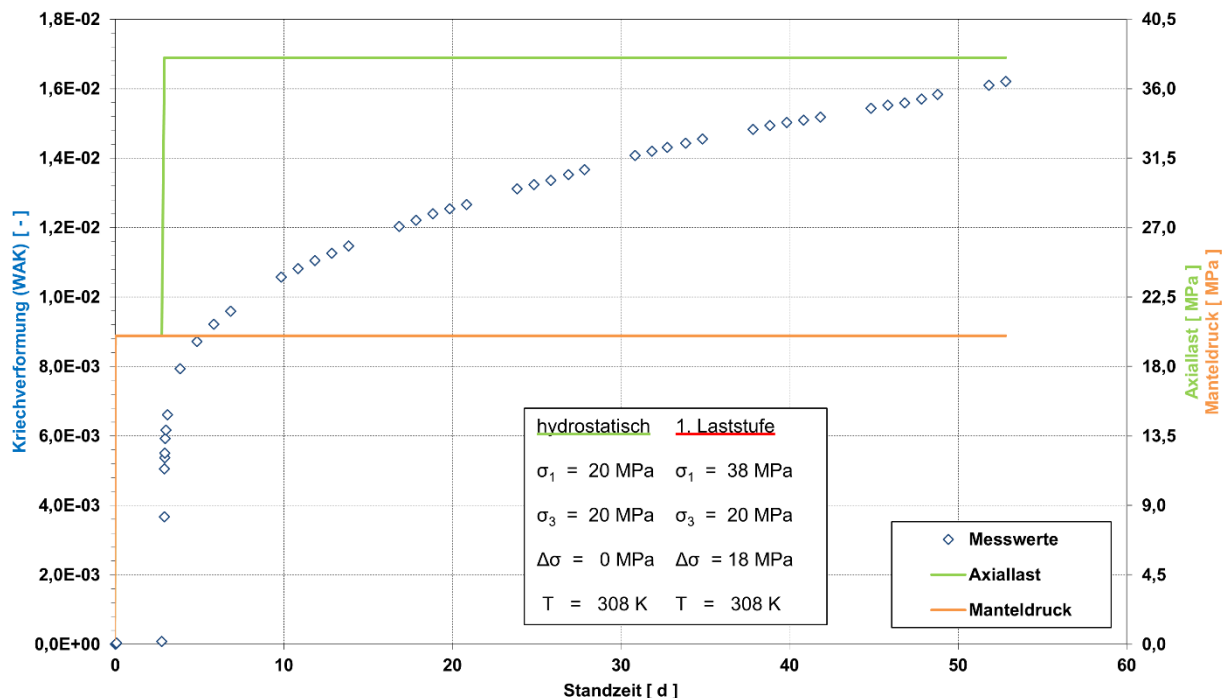
Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki816/821,9m/TCC12 Bunt-/  
Bank-/ Orangen-/ Liniensalz

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

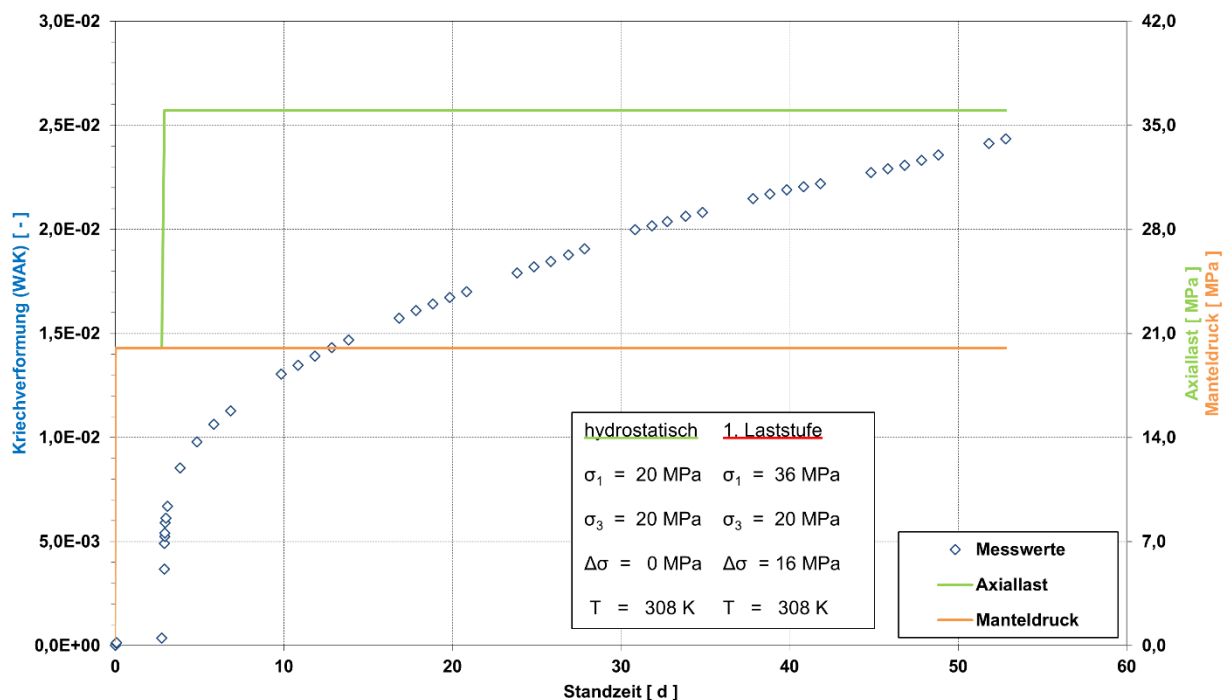


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 344



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki826/830,35m/TCC13 Bunt-/ Bank-/ Orangen-/ Liniensalz



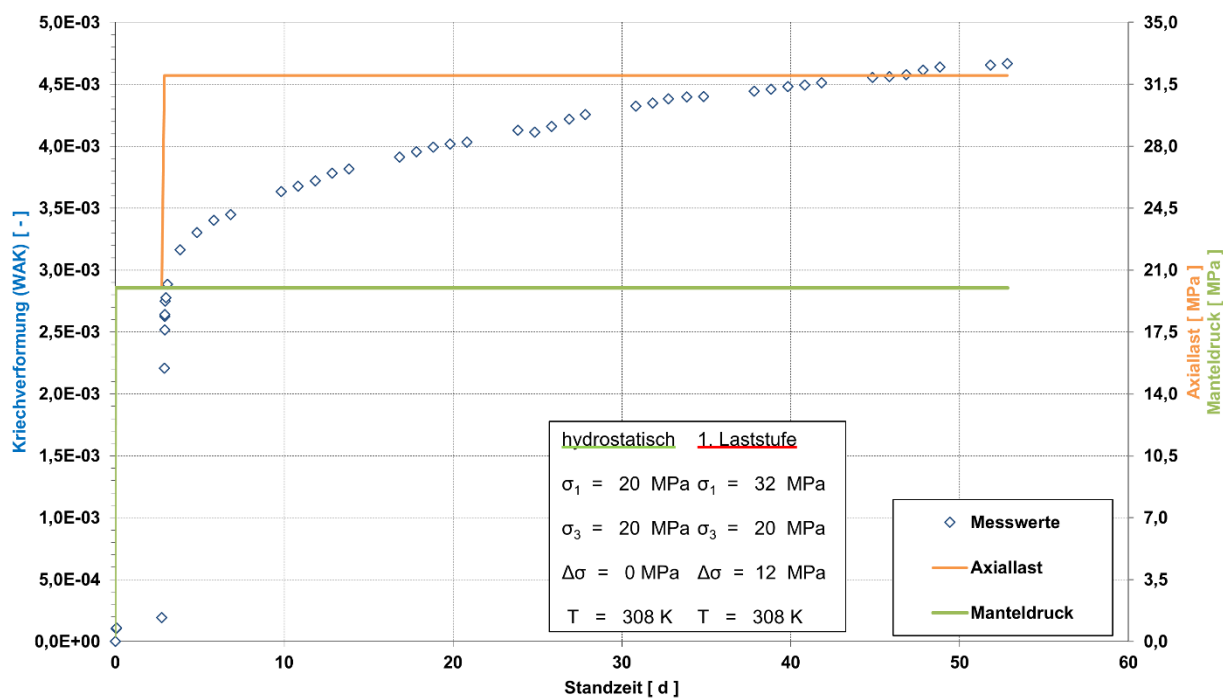
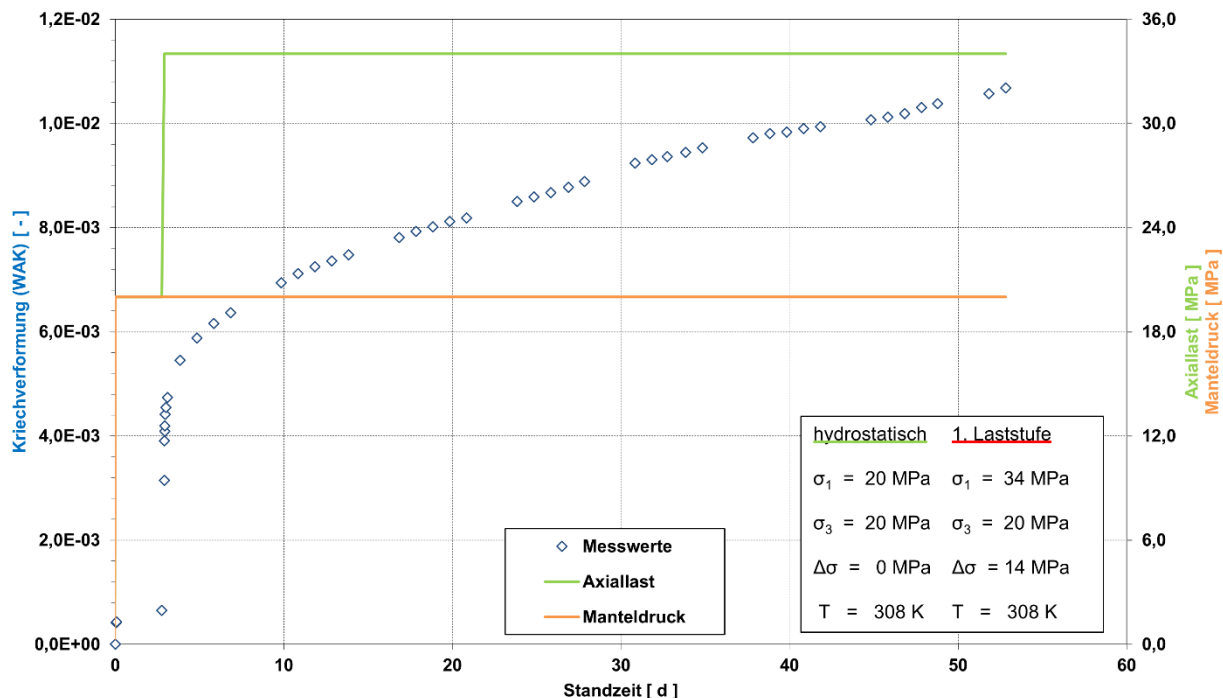
Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki837/841,1m/TCC14 Bunt-/ Bank-/ Orangen-/ Liniensalz

# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 345



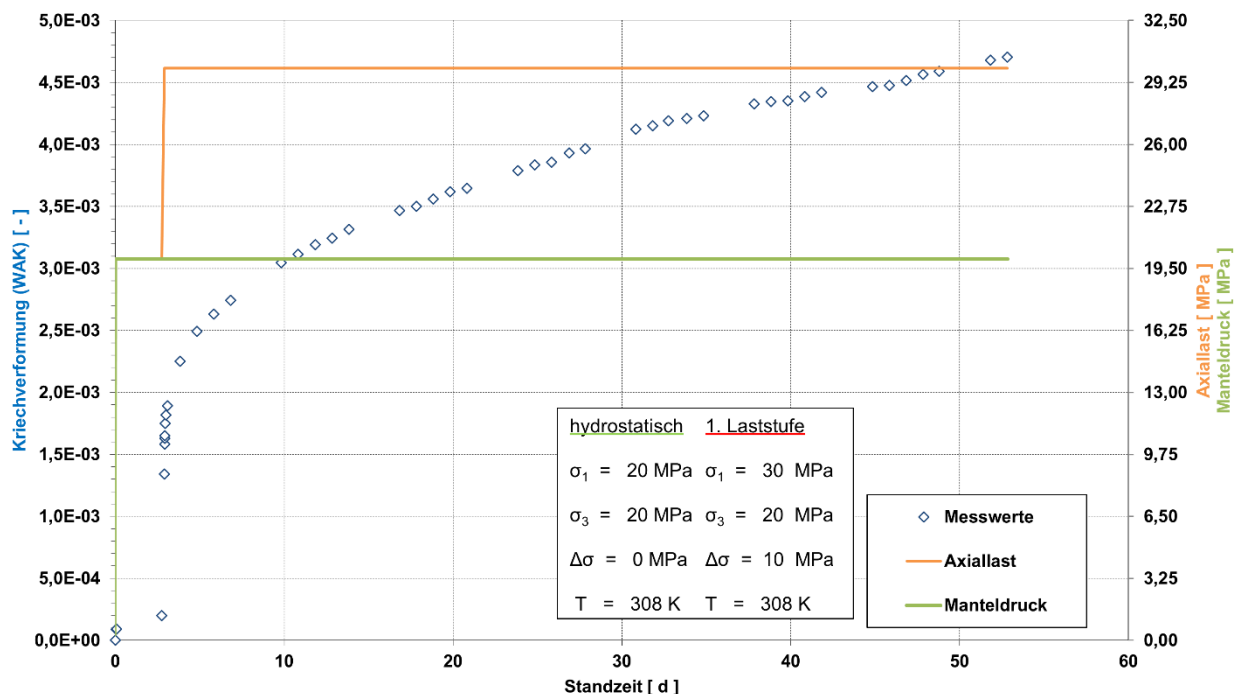


# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht

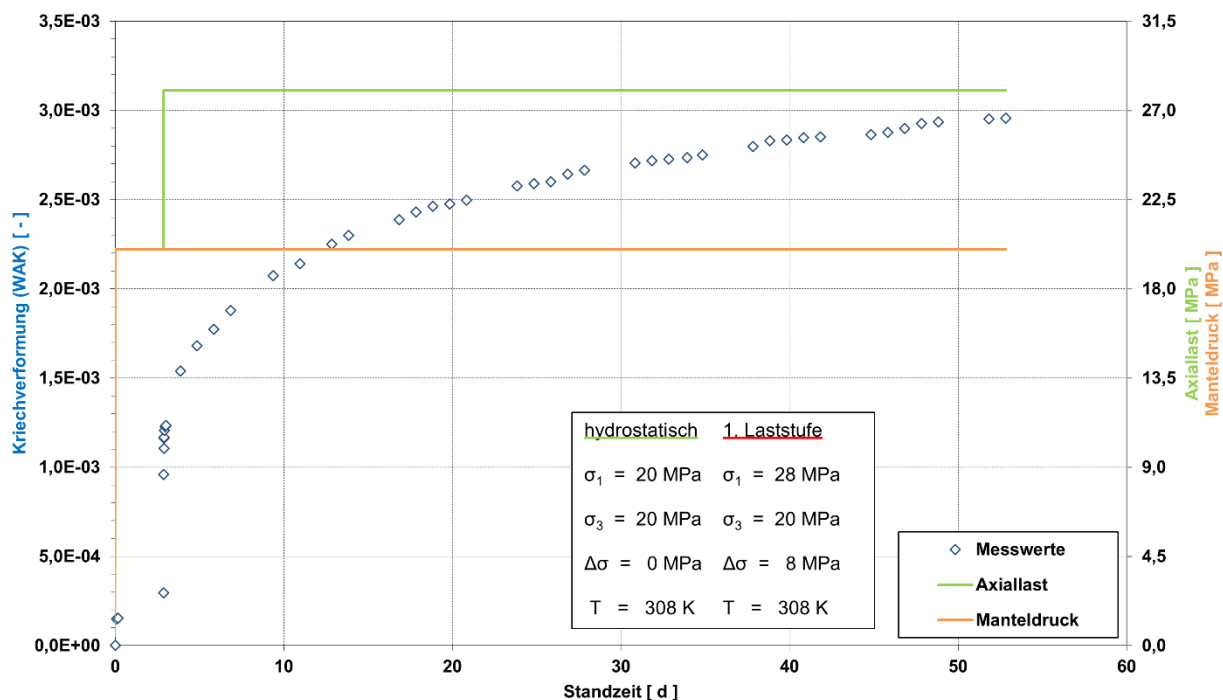


| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 346



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki843/847,1m/TCC17 Bunt-/  
Bank-/ Orangen-/ Liniensalz



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki507/2/548,95m/TCC18  
Tonmittelsalz / Schwadensalz

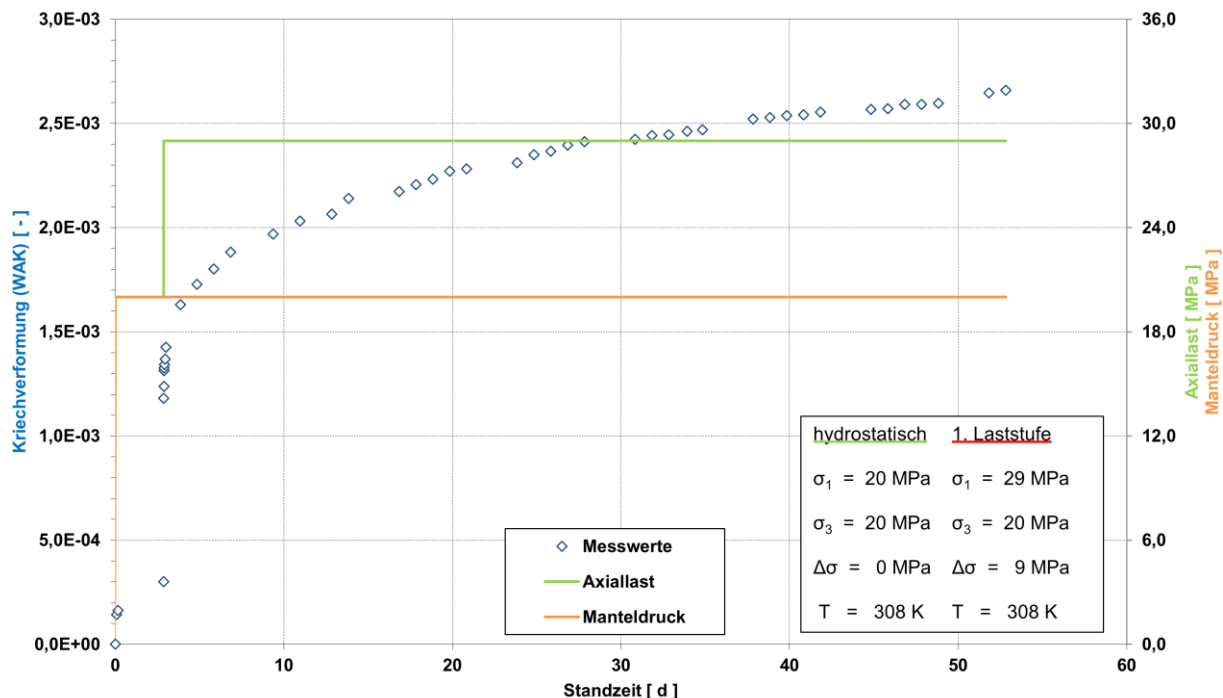
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



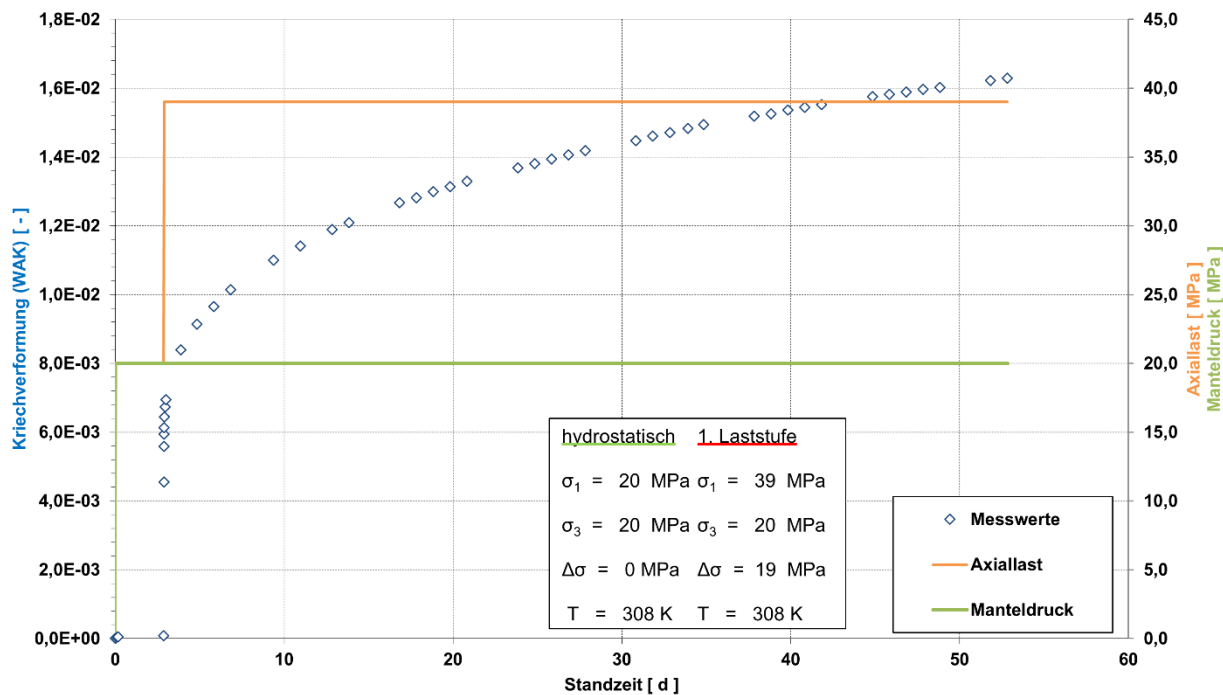
BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 347



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki576/2/607,6m/TCC19 Schnee-/Rosen-/Basissalz



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki651/675,2m/TCC20 Schnee-/Rosen-/Basissalz

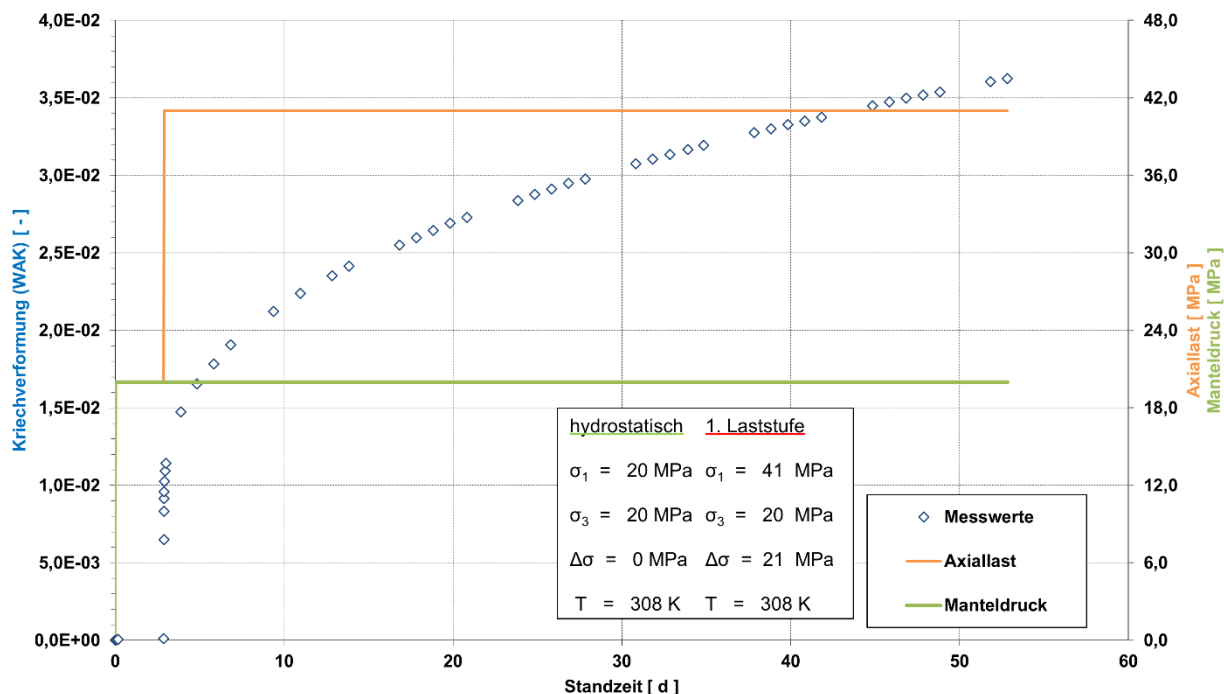
# Erkundungsbohrung Remlingen 18 - Gesteinsmechanische Bohrkernuntersuchungen - Abschlussbericht



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

| Projekt | PSP-Element | Funktion/Thema | Komponente | Baugruppe | Aufgabe | UA | Lfd.-Nr. | Rev |
|---------|-------------|----------------|------------|-----------|---------|----|----------|-----|
| NAAN    | NNNNNNNNNN  | NNAAANN        | AANNNA     | AANN      | AAAA    | AA | NNNN     | NN  |
| 9A      | 55211000    |                |            |           | GCA     | RB | 0003     | 00  |

Blatt: 348



Projekt: 2024-033-EA\_BGE\_Laborversuche Asse R18 - Probe: 800/R18/Ki575/2/519,65m/TCC21  
Tonmittelsalz / Schwadensalz