
Beurteilung der Standsicherheit von potentiell rutschungsanfälligen Hängen und Böschungen entlang des Bundesfernstraßennetzes

Anhang

**Fachveröffentlichung zu
FE 05.0208**

Anlagenverzeichnis

Anlage A:	Geländeprotokolle	A-1
Anlage B:	Geländemessungen	B-1
Anlage C:	Geologische Profilschnitte	C-1
C.1	Allgäu (Bayern).....	C-1
C.1.1	Profil 1-1	C-1
C.1.2	Profil 1-2	C-3
C.2	Berchtesgaden (Bayern)	C-4
C.2.1	Profil 2-1	C-4
C.2.2	Profil 2-2	C-6
C.3	Moseltal (Rheinland-Pfalz)	C-7
C.3.1	Profil 3-1	C-7
C.3.2	Profil 3-2	C-9
C.4	Sächsische Schweiz (Sachsen)	C-11
C.4.1	Profil 4-1	C-11
C.4.2	Profil 4-2	C-12
C.4.3	Profil 4-3	C-14
C.5	Nördliches Zentrales Mittelgebirge (Hessen, Niedersachsen).....	C-16
C.5.1	Profil 5-1	C-16
C.5.2	Profil 5-2	C-17
Anlage D:	Standstabilitätsberechnungen	D-1
D.1	Allgäu (Bayern).....	D-1
D.1.1	Profil 1-1	D-1
D.1.2	Profil 1-2	D-5
D.2	Berchtesgaden (Bayern)	D-9
D.2.1	Profil 2-1	D-9
D.2.2	Profil 2-2	D-13
D.3	Moseltal (Rheinland Pfalz)	D-19
D.3.1	Profil 3-1	D-19
D.3.2	Profil 3-2	D-26
D.4	Sächsische Schweiz (Sachsen)	D-36
D.4.1	Profil 4-1	D-36
D.4.2	Profil 4-2	D-46
D.4.3	Profil 4-3	D-52
D.5	Nördliches Zentrales Mittelgebirge (Hessen, Niedersachsen).....	D-60
D.5.1	Profil 5-1	D-60
D.5.2	Profil 5-2	D-62
Anlage E:	Wirkungszenarien	E-1
E.1	Standstabilitätsberechnungen.....	E-1
E.2	Dispositionsmodelle.....	E-3
E.2.1	Ansatz 1A - Allgemeine Massenbewegungen und Rutschprozesse mit PR-ED	E-3
E.2.2	Ansatz 1B - Fließprozesse mit PR-E _{kum}	E-3

Anlage A: Geländeprotokolle

Punkt-ID: 1
Punktname: F112 **Erfassungsdatum:** 06.09.2021

Bundesland: Hessen
Koord X: 562949 **Koord Y:** 5686317

Höhe [m NN]: 139,8
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Kalkstein

Beschreibung: Steilhang an Kreisstraße, Entfernung zur B27 circa 150 m, fein geschichtete bis bankige Kalke, keine Sicherungsmaßnahmen, viel loses Geröll (zwischen 1 cm bis 10 cm, selten bis 30 cm)

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 2
Punktname: F113 **Erfassungsdatum:** 06.09.2021

Bundesland: Hessen
Koord X: 560160 **Koord Y:** 5689008

Höhe [m NN]: 133
Landnutzung: Obstanbau **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

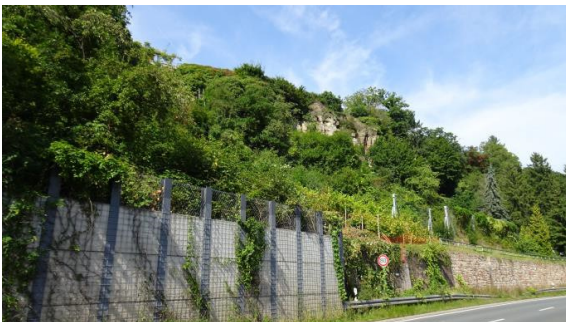
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 9 bis 15

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Fangnetze und Mauern als Schutzmaßnahmen, stark geklüftete Sandsteine am Topbereich sichtbar, teils Obstplantage

Foto 1



Punkt-ID: 3
Punktname: F114 **Erfassungsdatum:** 06.09.2021

Bundesland: Hessen
Koord X: 559722 **Koord Y:** 5687077

Höhe [m NN]: 158,4
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Hang sehr steil, Säbelwuchs an Bäumen, umgestürzte Bäume, mehrere alte Mauerreihen den Hang hinauf gebaut (diese sind in keinem guten Zustand), Warnschild Steinschlag an Bundesstraße

Foto 1



Punkt-ID: 4
Punktname: F115 **Erfassungsdatum:** 06.09.2021

Bundesland: Hessen
Koord X: 558851 **Koord Y:** 5689761

Höhe [m NN]: 140,6
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 7 bis 14

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: nicht relevant für Bundesstraße, kein Zugang möglich

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 5
Punktname: F116 **Erfassungsdatum:** 06.09.2021

Bundesland: Niedersachsen
Koord X: 550258 **Koord Y:** 5694885

Höhe [m NN]: 132,2
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 14

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Gerölle bis mehrere Meter groß, Hang in Bewegung, Mauerbarriere schützt vor abstürzenden Geröllen, umgestürzte Bäume, Säbelwuchs

Foto 1



Foto 2



A-6

Punkt-ID: 6
Punktname: F117 **Erfassungsdatum:** 06.09.2021

Bundesland: Niedersachsen
Koord X: 547479 **Koord Y:** 5696069

Höhe [m NN]: 119
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 14

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Gerölle bis zu einem Meter groß, vereinzelt Bereiche mit Mauern verstärkt, umgestürzte Bäume, Säbelwuchs

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 7
Punktname: F118 **Erfassungsdatum:** 06.09.2021

Bundesland: Niedersachsen
Koord X: 548360 **Koord Y:** 5695613

Höhe [m NN]: 119,5
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Ton- und Sandstein

Beschreibung: Wechsellagerung rotbrauner/gelblicher Sandstein (bankig, zw. 0,2 m und 1 m mächtig) und rotbrauner Tonstein (fein geschichtet), Strecke mit Fangnetzen und zum Teil Hang direkt mit Netz abgesichert

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 8
Punktname: F119 **Erfassungsdatum:** 07.09.2021

Bundesland: Niedersachsen
Koord X: 545172 **Koord Y:** 5696885

Höhe [m NN]: 125
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 10 bis 14

Lithologie: Ton- und Sandstein

Beschreibung: Wechsellagerung rotbrauner/gelblicher Sandstein (bankig, zw. 0,2 m und 1 m mächtig) und rotbrauner Tonstein (fein geschichtet), Strecke teils mit Fangnetzen und nahezu vollständig direkt mit Netz abgesichert, Beschilderung Achtung Steinschlag, im mittleren Abschnitt mit Mauer gesichert, Gerölle bis 0,5 m Durchmesser hängen im Stahlnetz

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 9
Punktname: F120 **Erfassungsdatum:** 07.09.2021

Bundesland: Niedersachsen
Koord X: 544731 **Koord Y:** 5700335

Höhe [m NN]: 138,5
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 11 bis 14

Lithologie: Ton- und Sandstein

Beschreibung: Wechsellagerung rotbrauner/gelblicher Sandstein (bankig, zw. 0,2 m und 1 m mächtig) und rotbrauner Tonstein (fein geschichtet), mit Netz abgesichert, Beschilderung Achtung Steinschlag, Gerölle bis 0,3 m Durchmesser hängen sichtbar im Stahlnetz

Foto 1



Foto 2



A-10

Punkt-ID: 10
Punktname: F121 **Erfassungsdatum:** 07.09.2021

Bundesland: Niedersachsen
Koord X: 543701 **Koord Y:** 5694966

Höhe [m NN]: 129,6
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 9 bis 14

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: rotbrauner Sandstein, Strecke teils mit Fangnetzen, auf dem gesamten Streckenabschnitt zw. Hann. Münden und Wilhelmshausen als Sicherung Mauern und Gabione errichtet, Säbelwuchs der Bäume, an den steilen Hängen viele umgestürzte Bäume, Beschilderung Achtung Steinschlag

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 11
Punktname: F122 **Erfassungsdatum:** 07.09.2021

Bundesland: Hessen
Koord X: 542182 **Koord Y:** 5695082

Höhe [m NN]: 130,5
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

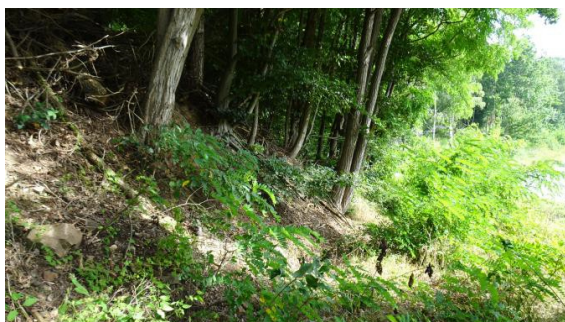
Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Gerölle bis 0,4 m Durchmesser, Säbelwuchs der Bäume, umgestürzte Bäume, Mauer als Sicherung

Foto 1



Foto 2



A-12

Punkt-ID: 12
Punktname: F123 **Erfassungsdatum:** 07.09.2021

Bundesland: Hessen
Koord X: 540737 **Koord Y:** 5694934

Höhe [m NN]: 130,5
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutschungsprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Sandsteingerölle (max. 10 cm), vereinzelt Fließrinnen erkennbar, Sicherung durch Mauer, Rutschungsprozess

Foto 1



Foto 2



A-14

Punkt-ID: 14
Punktname: F125 **Erfassungsdatum:** 07.09.2021

Bundesland: Hessen
Koord X: 538937 **Koord Y:** 5691720

Höhe [m NN]: 137,8
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Sandsteingerölle bis zu 0,5 m Durchmesser, vereinzelt sehr steil, Sicherungsmaßnahmen sind vorrangig Zäune als Sediment-/Blattfang und Mauern, Warnschild für die 2 km ist ausgewiesen, umgestürzte Bäume und typischer Säbelwuchs

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 15
Punktname: F126 **Erfassungsdatum:** 07.09.2021

Bundesland: Hessen
Koord X: 539990 **Koord Y:** 5691048

Höhe [m NN]: 132,3
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 7 bis 14

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: vereinzelt sehr steil, Sicherungsmaßnahmen sind vorrangig Zäune als Sediment-/Blattfang und Mauern, umgestürzte Bäume und typischer Säbelwuchs

Foto 1



A-16

Punkt-ID: 16
Punktname: F127 **Erfassungsdatum:** 07.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 379875 **Koord Y:** 5560748

Höhe [m NN]: 77,4
Landnutzung: Weinanbau **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 13 bis 14

Lithologie: Tonschiefer

Beschreibung: kein direkter Zugang zum Aufschluss möglich, Bahntrasse zw. Aufschluss und Bundesstraße, die Schichtung hat kein Einfallen Richtung Straße, massive Fangnetze als Sicherung, Haltenetze direkt am Gestein, teils wurden die Bereiche zur Sicherung betoniert oder gemauert

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 17
Punktname: F128 **Erfassungsdatum:** 08.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 372422 **Koord Y:** 5558924

Höhe [m NN]: 88,4
Landnutzung: Weinanbau **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 11 bis 14

Lithologie: Tonschiefer

Beschreibung: Bahntrasse zw. Aufschluss und Bundesstraße, die Schichtung hat kein Einfallen Richtung Straße, Abschnitte zur Sicherung gemauert, zum Teil Weinbaugelände

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 18
Punktname: F129A **Erfassungsdatum:** 08.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 384061 **Koord Y:** 5561468

Höhe [m NN]: **Bezugssystem:**
Landnutzung: Wald ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Tonschiefer

Beschreibung: alter Steinbruch, Hang 300 m lang und bis circa 80 m hoch, 100 m von Straße entfernt (daher keine große Gefährdung für Straße), kleine Gerölle (0,2 m bis 0,5 m, vereinzelt über 1 m Durchmesser) im unteren Bereich entlang der Mauer an der Straße (siehe Foto), direkte Messung am Aufschluss nicht möglich (Schätzwerte)

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 19
Punktname: F129B **Erfassungsdatum:** 08.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 384061 **Koord Y:** 5561468

Höhe [m NN]:
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Tonschiefer

Beschreibung: nördlicher Abschnitt mit Störung im Topbereich(siehe Fotos), Überhang, mögliche Gefahr für Bundesstraße durch Sturzprozess, Entfernung zur Straße circa 50 m

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 20
Punktname: F130 **Erfassungsdatum:** 08.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 383847 **Koord Y:** 5561178

Höhe [m NN]: 90,1
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 7 bis 11

Lithologie: Tonschiefer

Beschreibung: Hang circa 200 m lang und bis circa 80 m hoch, zur Sicherung sind massive Fangnetze angebracht, wellige Schichtung, Faltenstrukturen (Wechsel des Einfallens teils zur Straße und teilweise weg von der Straße), Aufschluss circa 50 m lang und 25 m hoch, durchschnittliche Hangneigung 75°, allg. Schichteinfall mit Fallrichtung nach SE (Straße abgewandt, siehe Messungen nördlicher Bereich), Klüfte mit verschiedenen Orientierungen entlang des gesamten Aufschlusses, im südlichen Bereich aufgrund von Faltungsstrukturen keine gleichbleibende Schichtorientierung

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 21
Punktname: F131 **Erfassungsdatum:** 08.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 372132 **Koord Y:** 5552556

Höhe [m NN]: 91,4
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 13 bis 14

Lithologie: Tonschiefer

Beschreibung: Hang ist circa 80 m lang und 40 m hoch, Hangneigung zw. 60° - 70° im Schnitt (maximal 80°), steiles Einfallen der Schichten, Fang- und Haltenetze zur Sicherung angebracht, Toppbereich ohne Sicherungen (davor in Senke Gerölle bis 1 Kubikmeter), Gerölle bis 0,5 m Durchmesser im Fangnetz

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 22
Punktname: F132 **Erfassungsdatum:** 08.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 366234 **Koord Y:** 5552062

Höhe [m NN]: 94,8
Landnutzung: Weinanbau **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 14 bis 15

Lithologie: Tonschiefer, Sandstein

Beschreibung: Hangneigung 45° - 60° (maximal 75° Schiefer), Hänge zum Teil gemauert und mit Fangnetzen gesichert, Gerölle bis 0,5 m

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 23
Punktname: F133 **Erfassungsdatum:** 08.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 366571 **Koord Y:** 5550513

Höhe [m NN]: 93,7
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 9 bis 15

Lithologie: Tonschiefer, Sandstein

Beschreibung: Hangneigung circa 50°, zum Teil mit Fangnetzen gesichert, Abbruchkante erkennbar im mittleren Bereich des Hanges, Hang 40 m hoch, genaue Länge nicht einzusehen, viel Bewuchs, Säbelwuchs und vereinzelt umgestürzte Bäume, 50 m nördlich zweiter Aufschluss (siehe Fotos), recht massiv, zum Teil Faltungsstrukturen

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 24
Punktname: F134 **Erfassungsdatum:** 09.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 368188 **Koord Y:** 5541719

Höhe [m NN]: 81,9
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 7

Lithologie: Tonschiefer

Beschreibung: Hangneigung circa 40° - 50° (maximal bis 85°), zum Teil mit Fangnetzen gesichert, Hang circa 50 m hoch, Aufschluss circa 25 m hoch und 40 m lang, zum Teil viel Bewuchs am gesamten Streckenabschnitt, Säbelwuchs und vereinzelt Hakenwerfen an Bäumen, im nördlichen Bereich Rutschung entlang des Hanges (viel loses Geröll und umgestürzte Bäume, kein Halten mit dem Auto möglich), vereinzelt kleine Faltenstrukturen, überstehende Hänge, Kluftrichtungen nicht möglich einzumessen

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 25
Punktname: F135 **Erfassungsdatum:** 09.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 366149 **Koord Y:** 5535484

Höhe [m NN]: 106,5
Landnutzung: Weinanbau **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess
**Gefährdungs-
klasse:** 13 bis 15
Lithologie: Tonschiefer
Beschreibung: Hangneigung Aufschluss circa 80° - 85°, als Sicherung großflächig
Stahlnetze und Fangnetze angebracht, Teilbereich betoniert, Aufschluss
circa 50 m hoch und 100 m lang, vereinzelt kleine wellige Strukturen,
überstehende Hänge

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 26
Punktname: F136 **Erfassungsdatum:** 09.09.2021

Bundesland: Rheinland-Pfalz
Koord X: 364149 **Koord Y:** 5538422

Höhe [m NN]: 108,1
Landnutzung: Weinanbau **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 9 bis 15

Lithologie: Tonschiefer, Sandstein

Beschreibung: Hangneigung im Durchschnitt 50° (max. 85°), als Sicherung Stahlnetze (zum Teil erhebliche Mengen an Geröllen (siehe Fotos), Gerölle im Schnitt 0,1 m - 0,3 m (max. 0,5 m), Teilbereiche betoniert, Aufschluss circa 50 m hoch und 150 m lang, Faltungsstrukturen, vereinzelt kleine wellige Strukturen, überstehende Hänge, Kluftrichtungen nicht ersichtlich

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 27
Punktname: F137 **Erfassungsdatum:** 13.09.2021

Bundesland: Sachsen
Koord X: 855164 **Koord Y:** 5653642

Höhe [m NN]: 209,9
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 5 bis 8

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Hangneigung circa 40° - 50° (maximal 60°), wenig Bereiche zugänglich am Streckenabschnitt, als Sicherung am Aufschluss Stahlnetze und Mauer, entlang des Streckenabschnitts (circa 1 km lang) oftmals Fangnetze und kleinere Mauern zur Sicherung, Hinweisschild Steinschlag für 1 km, am Streckenabschnitt viele umgestürzte Bäume, Säbelwuchs, vereinzelt Hakenwerfen der Bäume, Aufschluss circa 15 m hoch und 40 m lang, geklüfteter Sandstein, Messungen nur an kleinem Abschnitt möglich, für Kluftmessung 3 kein direkter Zugang zum Aufschluss möglich (daher eher als Orientierungshilfe zu nutzen)

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 28
Punktname: F138 **Erfassungsdatum:** 13.09.2021

Bundesland: Sachsen
Koord X: 859784 **Koord Y:** 5653761

Höhe [m NN]:
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 4 bis 8

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: kein Halt mit dem Auto möglich, viele umgestürzte Bäume, hohe Mauern zur
Sicherung gebaut, Hinweisschilder vor Steinschlag

Punkt-ID: 29
Punktname: F139 **Erfassungsdatum:** 13.09.2021

Bundesland: Sachsen
Koord X: 861260 **Koord Y:** 5653755

Höhe [m NN]: 128,1
Landnutzung: Siedlung **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 5 bis 8

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Hangneigung 65° - 75° (max. 85°), wenig Bereiche zugänglich am
Streckenabschnitt (alles private Grundstücke), Aufschluss circa 15 m hoch
und 40 m lang, geklüfteter Sandstein

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 30
Punktname: F140 **Erfassungsdatum:** 13.09.2021

Bundesland: Sachsen
Koord X: 867158 **Koord Y:** 5651573

Höhe [m NN]: 150,6
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 8

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Hangneigung 65° - 75° (maximal 88°), wenig Bereiche zugänglich am
Streckenabschnitt, Aufschluss circa 20 m hoch und 200 m lang, geklüfteter
Sandstein, Klüfte bis 0,4 m, Säbelwuchs der Bäume, entwurzelte Bäume

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 31
Punktname: F141 **Erfassungsdatum:** 13.09.2021

Bundesland: Sachsen
Koord X: 867950 **Koord Y:** 5650623

Höhe [m NN]: 130,3
Landnutzung: Siedlung **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 8

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Hangneigung circa 70° - 75° (maximal 85°), direkt an Grenze zu Tschechien, Aufschluss circa 50 m hoch und 200 m lang, geklüfteter Sandstein, Fangnetze und Mauern zur Sicherung, Kluftrichtung 2 keine genauen Messungen möglich (dient als Orientierungshilfe)

Foto 1



Foto 2



A-32

Punkt-ID: 32
Punktname: F142 **Erfassungsdatum:** 13.09.2021

Bundesland: Sachsen
Koord X: 867562 **Koord Y:** 5651166

Höhe [m NN]: 146
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 8

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Steilhang, Sandstein, Hangneigung 60° - 70° (maximal 85°), Aufschluss circa 50 m hoch und 250 m lang, geklüfteter massiver Sandstein, Fangnetze (im oberen Abschnitt) und Mauern zur Sicherung, Bäume mit Säbelwuchs

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 33
Punktname: F143 **Erfassungsdatum:** 13.09.2021

Bundesland: Sachsen
Koord X: 865973 **Koord Y:** 5652253

Höhe [m NN]: 145,6
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 5 bis 14

Lithologie: Sandstein

Beschreibung: Hangneigung circa 40° - 50°, kein Aufschluss, Sandsteingerölle von meist 0,1 m bis 0,3 m Durchmesser (selten bis 1 Kubikmeter)

Foto 1



Punkt-ID: 34
Punktname: G5 **Erfassungsdatum:** 21.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 606412 **Koord Y:** 5264520

Höhe [m NN]: 1129,3
Landnutzung: Grünland, Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 4 bis 9

Lithologie: Hauptdolomit

Beschreibung: Parkplatz unterhalb des Hanges, hangwärts geneigte Schichten, Hangschuttdecken mit Almwiesen bedeckt, tlw. Kriechbewegungen (Solifluktion), Messungen im Hauptdolomit

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 35
Punktname: G6 **Erfassungsdatum:** 21.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 604311 **Koord Y:** 5263076
Höhe [m NN]: 1036,5 **Bezugssystem:**
Landnutzung: Grünland, Wald ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse
**Gefährdungs-
klasse:** 5 bis 8
Lithologie: Hauptdolomit, Brekzien, Konglomerate, Mergelsteine, Basalte
Beschreibung: hangparallele Schichtfugen im Kalk oberhalb Passstraße, im Straßenverlauf
aufwärts Hang- und Steinschlagsicherungen vorhanden, Hangschuttdecken
mit Almwiesen bedeckt, tlw. Kriechbewegungen (Solifluktion),
Moränenmaterial am Hangfuß des Oberjochs in Richtung Bad Hindelang,
Messungen im Hauptdolomit

Foto 1

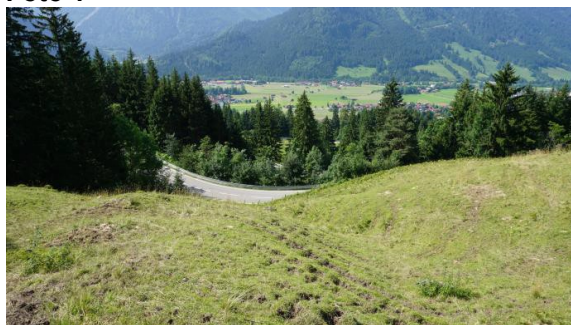
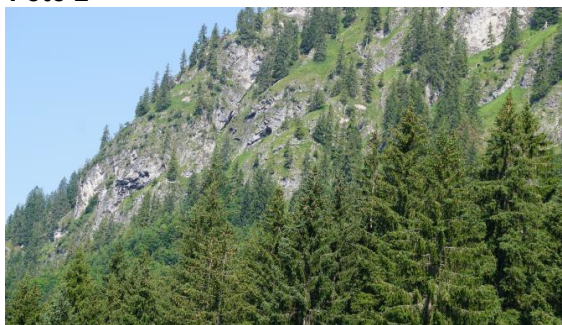


Foto 2



A-36

Punkt-ID: 36
Punktname: G7 **Erfassungsdatum:** 21.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 600660 **Koord Y:** 5262051

Höhe [m NN]: 783,9
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 9 bis 14

Lithologie: Kalkstein

Beschreibung: Alter Steinbruch an Straße zwischen Bad Hindenlang und Sonthofen

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 37
Punktname: G8 **Erfassungsdatum:** 21.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 593441 **Koord Y:** 5268798

Höhe [m NN]: 774,6
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutschungsprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 11

Lithologie: Konglomerate

Beschreibung: Konglomeratbänke in bewaldetem Hang, Molasseablagerungen

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 38
Punktname: G13 **Erfassungsdatum:** 21.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 790062 **Koord Y:** 5291560

Höhe [m NN]: 487,4
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Rutschungsprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Dolomit
Beschreibung: geringmächtige Lockergesteinsauflage, Kesselbach

Foto 1



Punkt-ID: 39
Punktname: G14 **Erfassungsdatum:** 21.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 789925 **Koord Y:** 5291437

Höhe [m NN]: 492,1
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Dolomit

Beschreibung: massige Dolomitsteine, undeutliche Bankung zur Straße einfallend,
Recherche nach Standsicherheitsuntersuchungen im Zuge des
Felsanschnitts beim Straßenbau

Foto 1



A-40

Punkt-ID: 40
Punktname: G16 **Erfassungsdatum:** 21.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 788969 **Koord Y:** 5290231

Höhe [m NN]: 493,8
Landnutzung: Grünland, Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 13 bis 14

Lithologie: Dolomit

Beschreibung: Parkplatz am Röthelbach, Felshang mit Fangnetzen als
Steinschlagsicherung, Hangschuttdecken im unteren Bereich des Hangs

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 41
Punktname: G19 **Erfassungsdatum:** 21.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 788737 **Koord Y:** 5285833

Höhe [m NN]: 690,3
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 13

Lithologie: Dolomit, Kalkstein

Beschreibung: Felssicherung an Hangseite der Straße im gesamten Abschnitt

A-42

Punkt-ID: 42
Punktname: G20 **Erfassungsdatum:** 21.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 789035 **Koord Y:** 5284949

Höhe [m NN]: 754,9
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

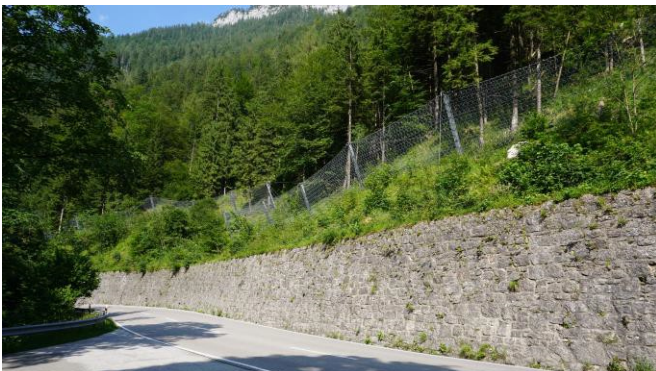
Relief: Hang
Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 10 bis 13

Lithologie: Dolomit, Kalkstein

Beschreibung: Steinschlagsicherung mittels Fangnetze unterhalb Schutzwald, Mauer zur
Sicherung gebaut

Foto 1



Punkt-ID: 43
Punktname: G23 **Erfassungsdatum:** 22.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 795454 **Koord Y:** 5289149

Höhe [m NN]: 687,5
Landnutzung: Weideland **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 7 bis 14

Lithologie: Dolomit

Beschreibung: Felsmassiv am Eisenrichter, laut geologischer Karte tertiäre Sandsteine und Mergel, am Hangfuß Haufwerk Dolomitblockschutt indiziert
Steinschlagprozesse, Steinfangzäune entlang Straße zwischen Parkplatz
Schlafende Hexe und Standort, Bereich ggf. lohnenswert für
Standortsicherheitsuntersuchung

Foto 1



A-44

Punkt-ID: 44
Punktname: G24 **Erfassungsdatum:** 22.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 795486 **Koord Y:** 5289515

Höhe [m NN]:
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Sturzprozess

**Gefährdungs-
klasse:** 7 bis 14

Lithologie: Dolomit

Beschreibung: Beschreibung siehe G23

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 45
Punktname: G25 **Erfassungsdatum:** 22.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 797479 **Koord Y:** 5282526

Höhe [m NN]: 654,6
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutschungsprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 7 bis 13

Lithologie: Kalkstein

Beschreibung: Steilhang circa 35° - 40° im Mittelteil, nach oben und unterhalb Privatstraße steiler, ungesichert, leichte Indizien für Hangbewegung - geringfügig Säbelwuchs und Schiefstellung - Risse in Asphaltdecke, Hangschuttdecke mit geringer Humusauflage

Foto 1



A-46

Punkt-ID: 46
Punktname: G26 **Erfassungsdatum:** 22.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 795791 **Koord Y:** 5279992

Höhe [m NN]: 613,4
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 7 bis 13

Lithologie: Kalkstein

Beschreibung: B305 bei Hinterschönau, Hanganschnitt mit Stützmauer und Felssicherung, schiefe Bäume oberhalb Felsanschnitt

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 47
Punktname: G27 **Erfassungsdatum:** 22.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 798615 **Koord Y:** 5281836

Höhe [m NN]:
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutschungsprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 4 bis 7

Lithologie: glazifluviatile Sedimente, Sande, schluffig, Kiese bis Blöcke

Beschreibung: aktiver Murenabgang vom Unwetter letzte Woche (Kalenderwoche 28) mit Einfluss auf B20, Moränenablagerungen, tlw. Bodenkriechen

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 48
Punktname: G28 **Erfassungsdatum:** 22.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 803078 **Koord Y:** 5285377

Höhe [m NN]: 533,4
Landnutzung: Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

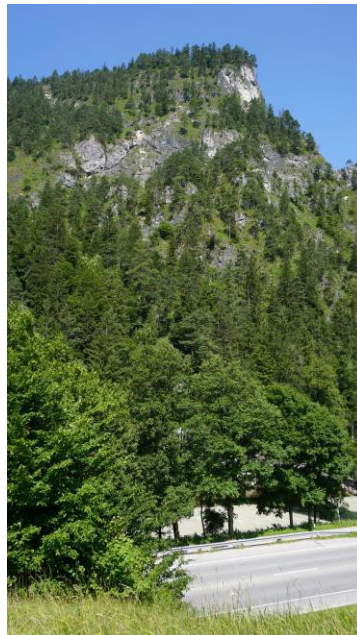
Lithologie: Dolomit

Beschreibung: Kliff mit sichtbarem Murenpfad nördlich Saalach B305, circa 100 m bis Hangfuß, Hangschuttdecken zwischen Flussaue und Bundesstraße, potentiell Steinschlaggefahren

Foto 1



Foto 2



Punkt-ID: 49

Punktname: G29

Erfassungsdatum: 22.07.2021

Bundesland: Bayern

Koord X: 802625

Koord Y: 5284917

Höhe [m NN]:

Landnutzung: Weideland, Wald

Bezugssystem:

ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang

Prozess: Rutsch- und Sturzprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 8 bis 14

Lithologie: Schluff bis Sand (teils kiesig), Dolomit

Beschreibung: kleiner Murenabgang durch den Wald bis kurz vor Straße, in Vorbeifahrt aufgenommen

Punkt-ID: 50
Punktname: G31 **Erfassungsdatum:** 22.07.2021

Bundesland: Bayern
Koord X: 799523 **Koord Y:** 5282556

Höhe [m NN]: 568,6
Landnutzung: Grünland, Wald **Bezugssystem:**
ETRS_1989_UTM_Zone_32N,
EPSG 25832

Relief: Hang
Prozess: Rutschungsprozesse

**Gefährdungs-
klasse:** 7 bis 10

Lithologie: glazifluviatile Sedimente, Sande, schluffig, Kiese bis Blöcke

Beschreibung: Wildbach mit Überspülung Straße und Bahnlinie, Sedimentakkumulation am Hangfuß, Wasserstandmarker im Bach circa 1 m hoch, Rutschung an Kreisstraße gegenüber (siehe Fotos), Moränenablagerungen, tlw. Bodenkriechen

Foto 1



Foto 2



Anlage B: Geländemessungen

Messung-ID	Punkt-ID	Punkt-Name	Fallrichtung	Fallwinkel	Art
1	1	F112	224	15	Schichtung
2	1	F112	230	22	Schichtung
3	1	F112	248	16	Schichtung
4	1	F112	228	10	Schichtung
5	7	F118	070	03	Schichtung
6	7	F118	076	05	Schichtung
7	7	F118	072	03	Schichtung
8	7	F118	052	87	Kluft
9	7	F118	072	80	Kluft
10	7	F118	068	80	Kluft
11	8	F119	154	08	Schichtung
12	8	F119	165	05	Schichtung
13	8	F119	352	86	Kluft
14	8	F119	338	75	Kluft
15	8	F119	340	77	Kluft
16	17	F128	316	48	Schichtung
17	17	F128	318	46	Schichtung
18	17	F128	314	45	Schichtung
19	18	F129A	150	75	Schichtung
20	18	F129A	050	60 bis 70	Kluft
21	20	F130	150	55	Schichtung (nördlicher Bereich)
22	20	F130	140	55	Schichtung (nördlicher Bereich)
23	20	F130	130	50	Schichtung (nördlicher Bereich)
24	20	F130	235	68	Kluft 1 (nördlicher Bereich)
25	20	F130	238	65	Kluft 1 (nördlicher Bereich)
26	20	F130	350	50	Kluft 2 (nördlicher Bereich)
27	20	F130	345	64	Kluft 2 (nördlicher Bereich)
28	20	F130	348	65	Kluft 2 (nördlicher Bereich)
29	20	F130	320	45	Schichtung (südlicher Bereich)
30	20	F130	230	83	Kluft 1 (südlicher Bereich)
31	20	F130	225	84	Kluft 1 (südlicher Bereich)
32	20	F130	280	82	Kluft 2 (südlicher Bereich)
33	21	F131	306	75	Schichtung
34	21	F131	312	75	Schichtung
35	21	F131	308	75	Schichtung
36	21	F131	236	85	Kluft 1

Messung-ID	Punkt-ID	Punkt-Name	Fallrichtung	Fallwinkel	Art
37	21	F131	235	88	Kluft 1
38	21	F131	220	10	Kluft 2
39	21	F131	212	10	Kluft 2
40	22	F132	338	45	Schichtung
41	22	F132	350	45	Schichtung
42	22	F132	182	35	Kluft 1
43	22	F132	050	75	Kluft 2
44	23	F133	322	60	Schichtung
45	23	F133	315	60	Schichtung
46	23	F133	212	82	Kluft
47	24	F134	182	20	Schichtung
48	24	F134	187	18	Schichtung
49	25	F135	122	42	Schichtung
50	25	F135	116	40	Schichtung
51	25	F135	140	40	Schichtung
52	25	F135	124	41	Schichtung
53	25	F135	235	80	Kluft
54	25	F135	232	88	Kluft
55	25	F135	239	82	Kluft
56	26	F136	045	20	Schichtung
57	26	F136	346	30	Schichtung
58	26	F136	342	40	Schichtung
59	26	F136	350	46	Schichtung
60	27	F137	028	85	Kluft 1
61	27	F137	029	82	Kluft 1
62	27	F137	034	85	Kluft 1
63	27	F137	289	82	Kluft 2
64	27	F137	322	85	Kluft 2
65	27	F137	304	84	Kluft 2
66	27	F137	314	75	Kluft 2
67	27	F137	038	15	Kluft 3
68	27	F137	044	10	Kluft 3
69	29	F139	206	65	Kluft
70	29	F139	217	80	Kluft
71	29	F139	224	70	Kluft
72	29	F139	194	80	Kluft
73	29	F139	218	03	Schichtung
74	29	F139	222	10	Schichtung

Messung-ID	Punkt-ID	Punkt-Name	Fallrichtung	Fallwinkel	Art
75	29	F139	228	06	Schichtung
76	30	F140	241	65	Kluft 1
77	30	F140	226	75	Kluft 1
78	30	F140	232	70	Kluft 1
79	30	F140	168	85	Kluft 2
80	31	F141	245	70	Kluft 1
81	31	F141	252	70	Kluft 1
82	31	F141	242	75	Kluft 1
83	31	F141	002	75	Kluft 2
84	32	F142	235	75	Kluft 1
85	32	F142	223	72	Kluft 1
86	32	F142	229	70	Kluft 1
87	32	F142	172	75	Kluft 2
88	32	F142	177	70	Kluft 2
89	34	G5	132	12	Kluft 1
90	34	G5	135	12	Kluft 1
91	34	G5	140	08	Kluft 1
92	34	G5	138	10	Kluft 1
93	34	G5	128	15	Kluft 1
94	34	G5	250	88	Kluft 2
95	34	G5	255	90	Kluft 2
96	34	G5	260	85	Kluft 2
97	34	G5	258	82	Kluft 2
98	34	G5	259	87	Kluft 2
99	35	G6	142	26	Kluft 1
100	35	G6	138	25	Kluft 1
101	35	G6	146	24	Kluft 1
102	35	G6	142	27	Kluft 1
103	35	G6	142	24	Kluft 1
104	35	G6	139	25	Kluft 1
105	35	G6	296	78	Kluft 2
106	35	G6	290	77	Kluft 2
107	35	G6	288	75	Kluft 2
108	35	G6	292	75	Kluft 2
109	35	G6	293	76	Kluft 2
110	35	G6	272	88	Kluft 3
111	35	G6	270	90	Kluft 3
112	35	G6	272	91	Kluft 3

Messung-ID	Punkt-ID	Punkt-Name	Fallrichtung	Fallwinkel	Art
113	35	G6	269	88	Kluft 3
114	35	G6	269	89	Kluft 3
115	35	G6	265	86	Kluft 3
116	35	G6	268	87	Kluft 3
117	48	G28	280	85	Kluft 1
118	48	G28	290	90	Kluft 1
119	48	G28	283	87	Kluft 1
120	48	G28	300	85	Kluft 1
121	48	G28	295	88	Kluft 1
122	48	G28	295	82	Kluft 1
123	48	G28	332	15	Kluft 2
124	48	G28	329	12	Kluft 2
125	48	G28	310	14	Kluft 2
126	48	G28	338	19	Kluft 2
127	48	G28	335	16	Kluft 2
128	48	G28	327	20	Kluft 2
129	48	G28	330	15	Kluft 2
130	48	G28	152	72	Kluft 3
131	48	G28	140	75	Kluft 3
132	48	G28	155	72	Kluft 3
133	48	G28	150	71	Kluft 3
134	48	G28	158	69	Kluft 3

Tab. B-1: Geländemessungen.

Anlage C: Geologische Profilschnitte

C.1 Allgäu (Bayern)

C.1.1 Profil 1-1

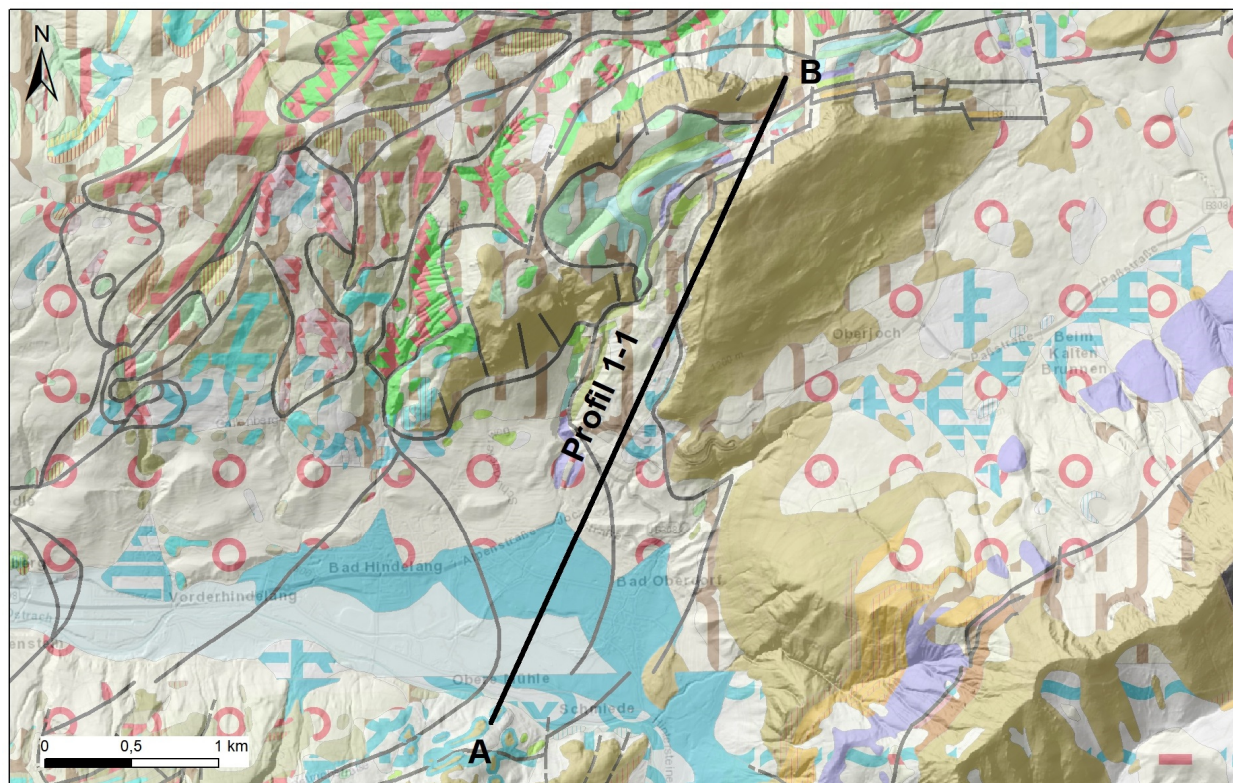


Bild C-1: Lage Profil 1-1.

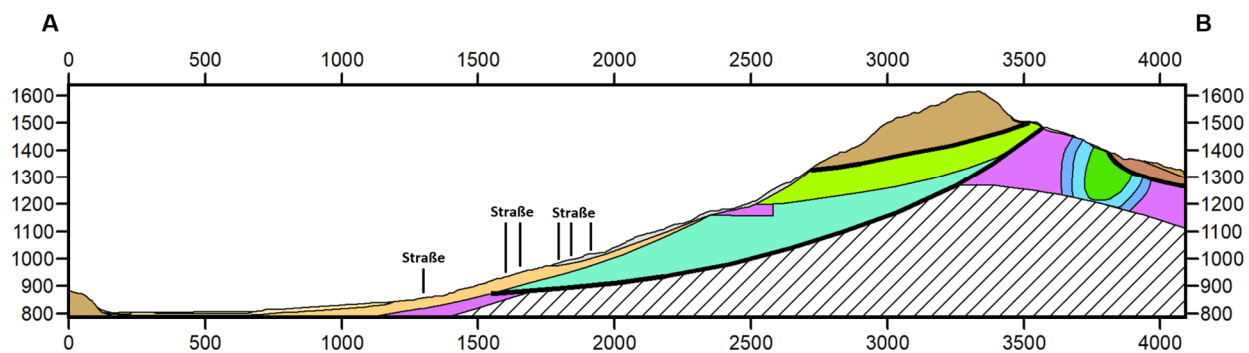





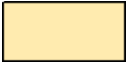




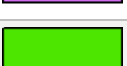







Bild C-2: Profilschnitt 1-1 (Legende siehe Tab. C-1).

Symbol	Einheit	Lithologien
	unbekannt	vermutlich Allgäu- bis Tannheim-Formation, NW-vergent gefaltet
	Jüngste Auenablagerung (Jüngere Postglazialterrasse 3)	Sand und Kies, z. T. unter Flusslehm oder Flussmergel
	Flussablagerung, holozän	Sand und Kies, z. T. unter Flusslehm oder Flussmergel
	Hangablagerung, pleistozän bis holozän	Handlehm, -sand oder -schutt
	Hangschutt, pleistozän bis holozän	Kies, wechselnd steinig, sandig bis schluffig
	Mur-, Verschwemmungs- oder Bachablagerung, pleistozän bis holozän	Kies bis Blöcke, sandig bis schluffig bis Schluff, tonig bis sandig, kiesig bis blockig, Holzreste
	Moräne (Till), wärmzeitlich	Kies bis Blöcke, sandig bis schluffig oder Schluff, tonig bis sandig, kiesig bis blockig
	Arosa-Zone undifferenziert	Flysch- und Mélange-Zone; mit Kristallin- und Kalkalpin-Schollen, lokal basische Vulkanite
	Tannheim-Formation (Arosazone)	Kalkmergel- bis Tonmergelstein und Sand- bis Sandmergelstein, z.T. mit Geröllen; "Neokom-Mergel", tektonisch stark beansprucht, Mélange-Zone
	Allgäu-Formation (Arosazone)	Wechselfolge aus Mergelkalkstein, meist fleckig und Tonmergelstein; z.T. Kiesel- und Spatkalksteine, tektonisch stark beansprucht, Mélange-Zone
	Schrambach-Formation	Wechselfolge aus Mergel- bis Kalkstein, hell- bis grüngrau, z.T. rotgrau, plattig bis dünnbankig
	Ammergau-Formation	Kalkstein, dicht, plattig bis dünnbankig, z.T. kieselig, z.T. Hornsteine
	Ruhpolding-Formation	Kieselkalkstein bis Radiolarit, plattig bis dünnbankig; z.T. Tonmergelstein
	Allgäu-Formation	Wechselfolge aus Mergelkalkstein, meist fleckig und Tonmergelstein; z.T. Kiesel- und Spatkalksteine
	Hauptdolomit	Dolomitstein, z.T. zuckerkörnig, dünn- bis dickbankig
	Raibl-Formation	Sand-, Ton-, Mergel-, Kalk- und Dolomitstein, Rauhacke, z.T. Evaporite; zyklisch

Tab. C-1: Legende Profil 1-1.

C.1.2 Profil 1-2

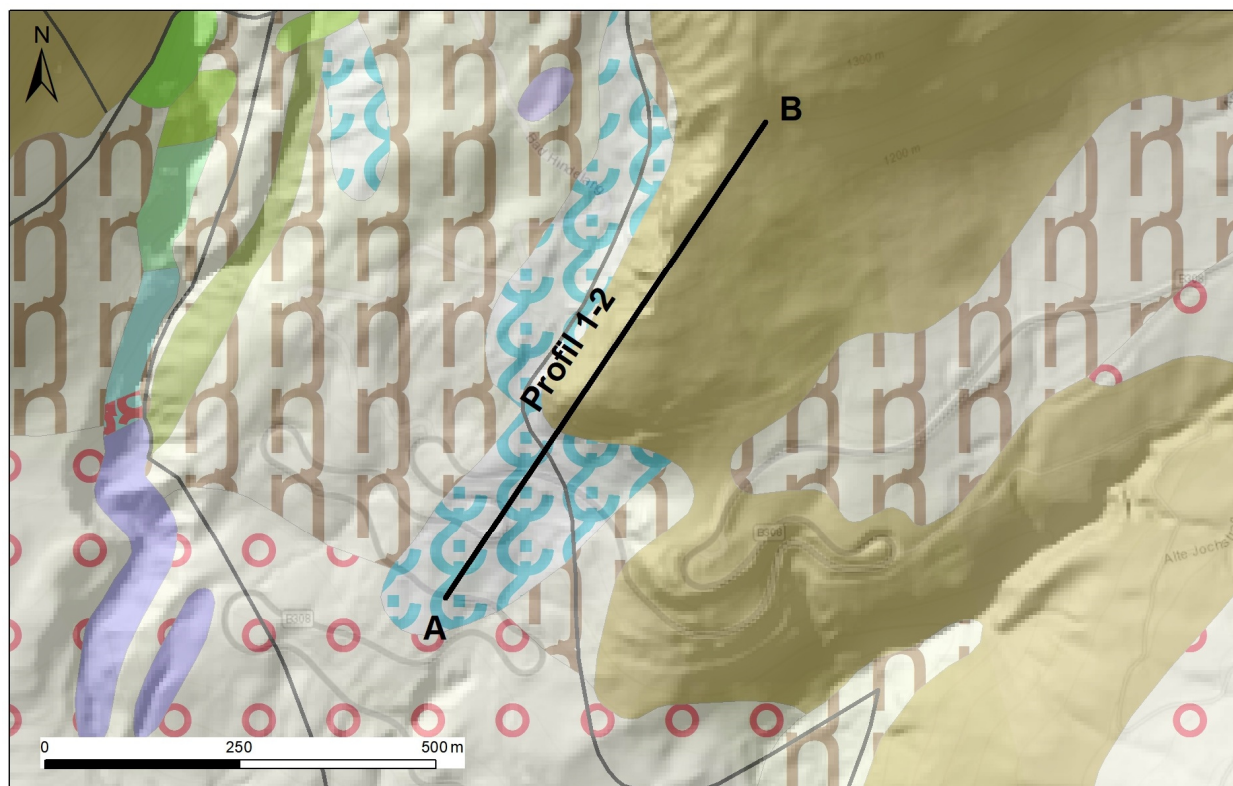


Bild C-3: Lage Profil 1-2.

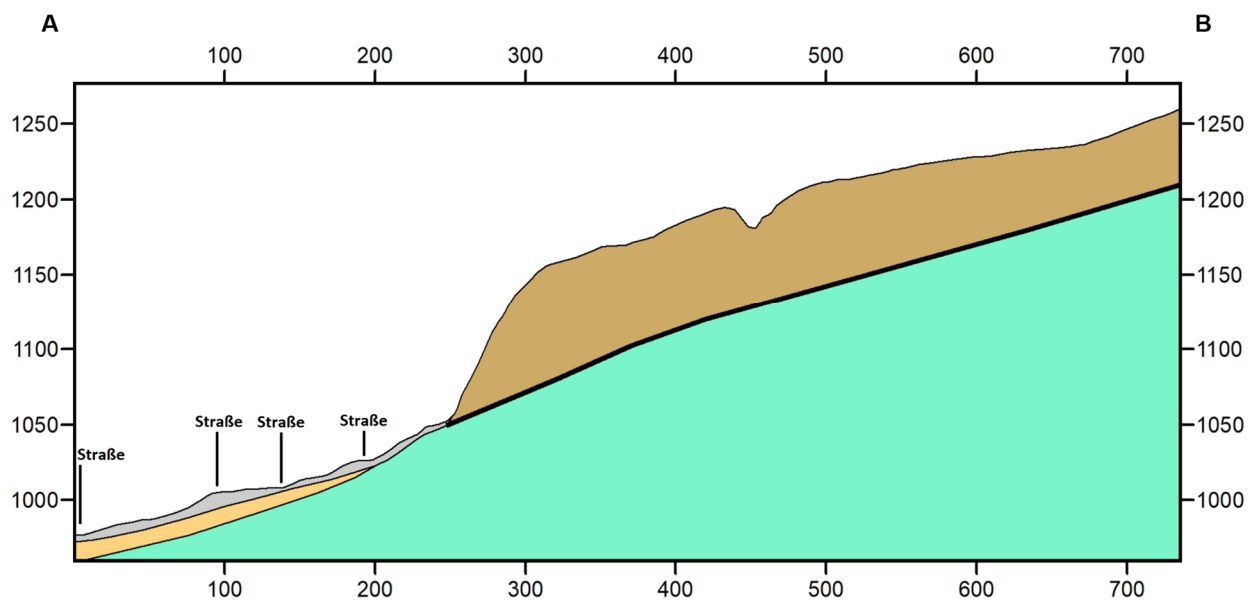


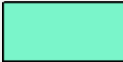



Bild C-4: Profilschnitt 1-2 (Legende siehe Tab. C-2).

Symbol	Einheit	Lithologien
	Rutschmasse, pleistozän bis holozän	Kies bis Blöcke, sandig bis schluffig bis Schluff, tonig bis sandig, kiesig bis blockig
	Moräne (Till), wärmzeitlich	Kies bis Blöcke, sandig bis schluffig oder Schluff, tonig bis sandig, kiesig bis blockig
	Arosa-Zone undifferenziert	Flysch- und Mélange-Zone; mit Kristallin- und Kalkalpin-Schollen, lokal basische Vulkanite
	Hauptdolomit	Dolomitstein, z.T. zuckerkörnig, dünn- bis dickbankig

Tab. C-2: Legende Profil 1-2.

C.2 Berchtesgaden (Bayern)

C.2.1 Profil 2-1

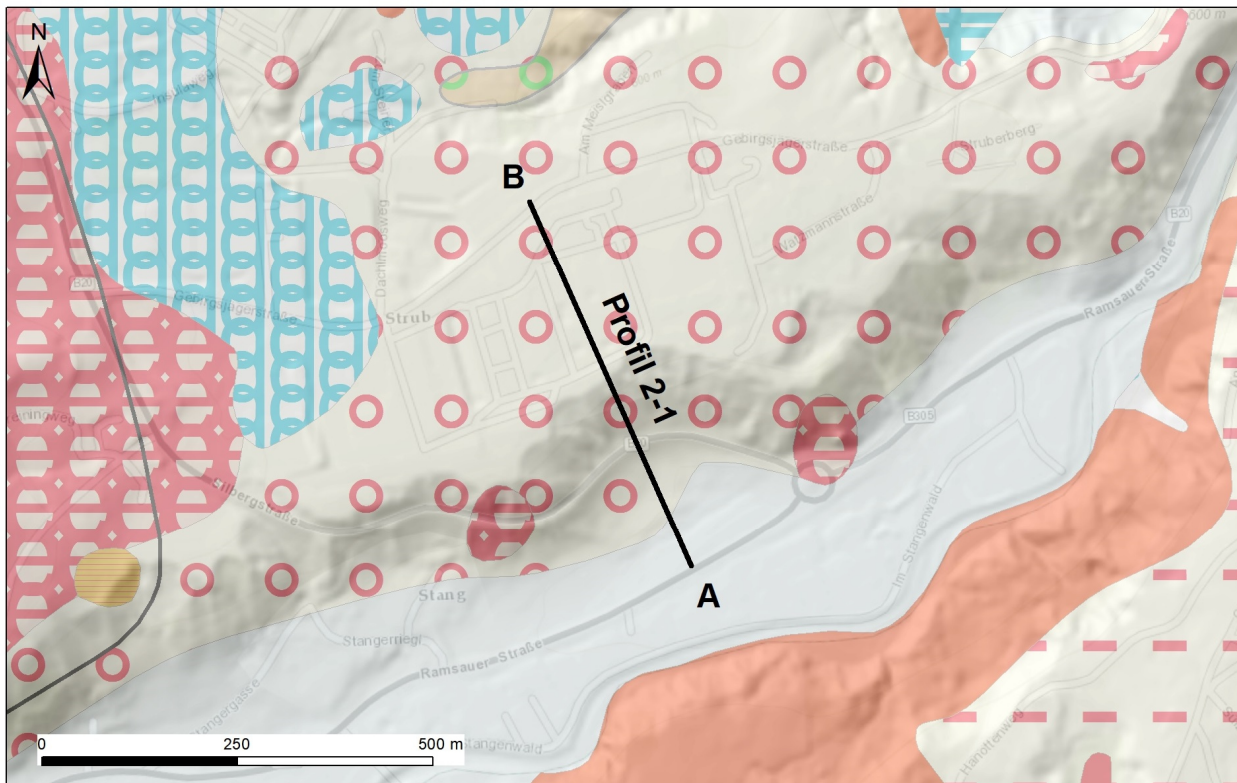


Bild C-5: Lage Profil 2-1.

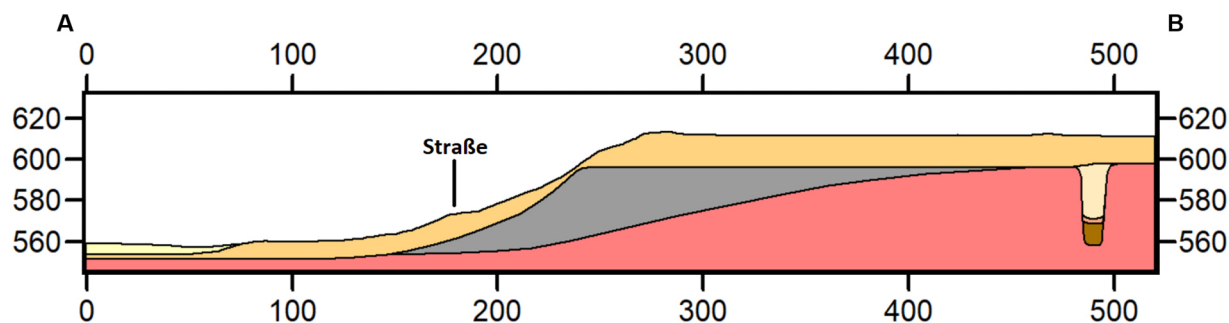


Bild C-6: Profilschnitt 2-1 (Legende siehe Tab. C-3).

Symbol	Einheit	Lithologien
	Bach- oder Flussablagerung, pleistozän bis holozän	Sand und Kies, z. T. unter Flusslehm oder Flussmergel
	Moräne (Till), würmzeitlich	Kies bis Blöcke, sandig bis schluffig oder Schluff, tonig bis sandig, kiesig bis blockig
	Quartär undifferenziert (nur in Bohrung)	Grobsand
	Quartär undifferenziert (nur in Bohrung)	Diamikton
	Breccie, pleistozän	Kies, wechselnd steinig, sandig bis schluffig, zementiert
	Dachsteinkalk	Kalkstein
	Haselgebirge	nach Bohrung 8343BG015004 mindestens die obersten 23 m ausschließlich Gips, allgemein Ton und Ton- bis Siltstein, z. T. feinsandig, oft Gips führend, selten Steinsalz führend

Tab. C-3: Legende Profil 2-1.

C.2.2 Profil 2-2

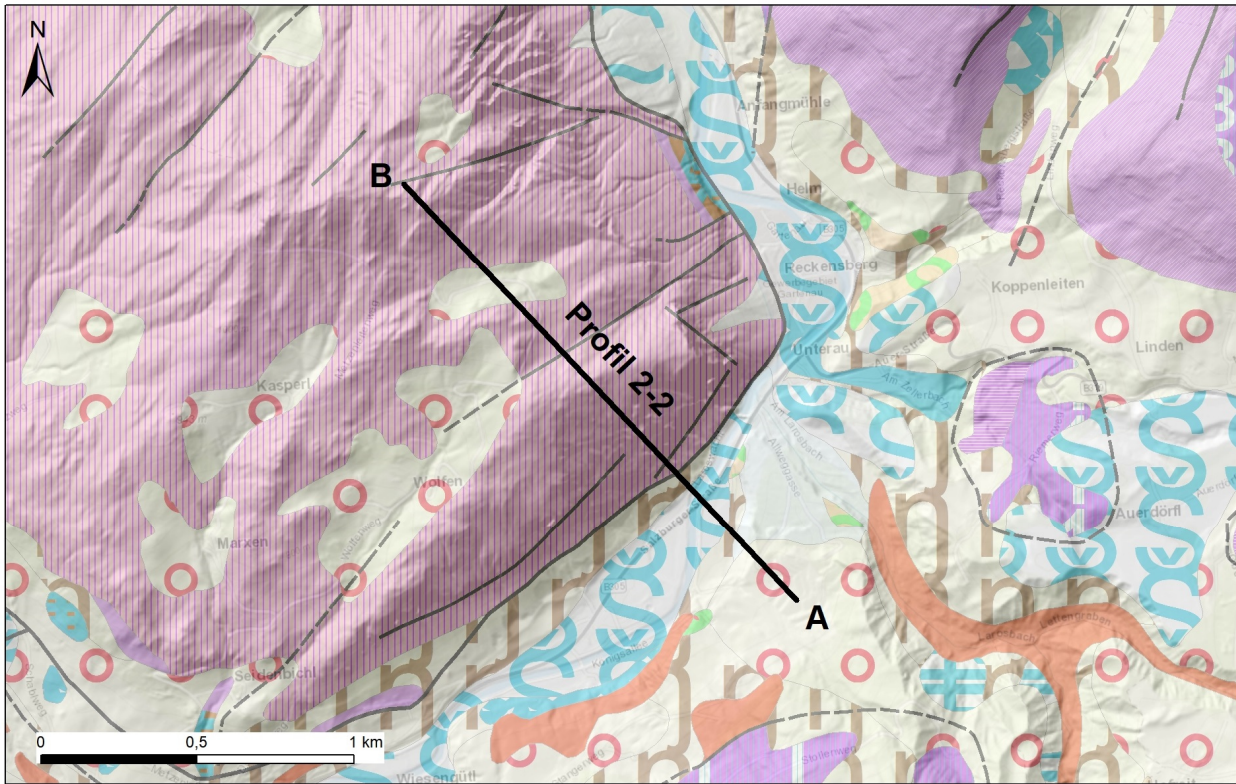


Bild C-7: Lage Profil 2-2.

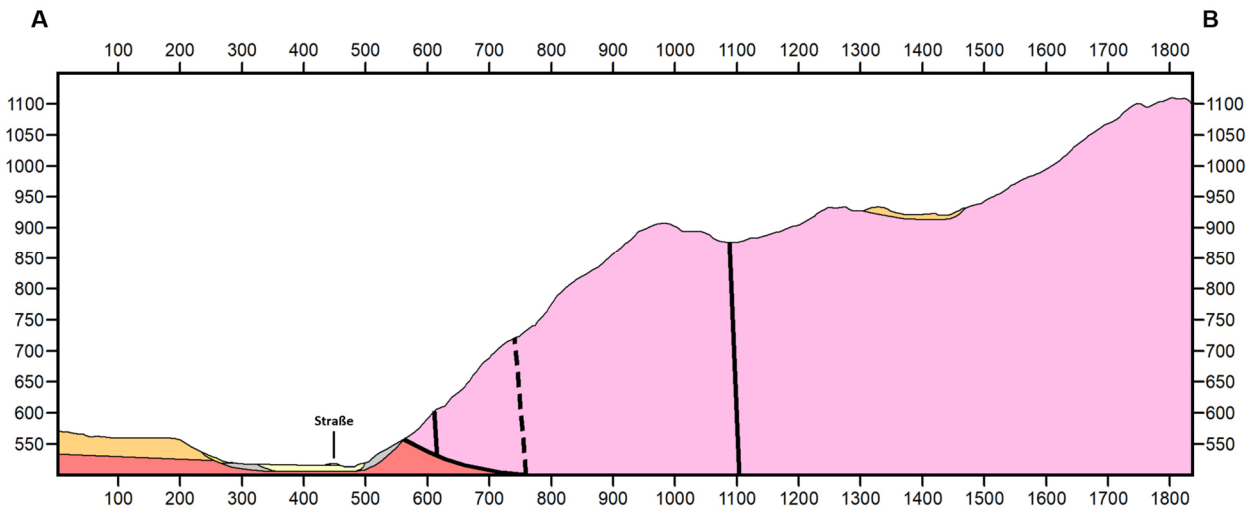
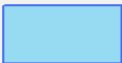

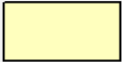







Bild C-8: Profilschnitt 2-2 (Legende siehe Tab. C-4).

Symbol	Einheit	Lithologien
	Wasser	---
	Aufschüttung	unbekannt
	Flussschotter, holozän	Kies, wechselnd sandig, steinig
	Bach- oder Flussablagerung, pleistozän bis holozän	Sand und Kies, z. T. unter Flusslehm oder Flussmergel
	Hangablagerung, pleistozän bis holozän	Handlehm, -sand oder -schutt
	Moräne (Till), würmzeitlich	Kies bis Blöcke, sandig bis schluffig oder Schluff, tonig bis sandig, kiesig bis blockig
	Ramsa dolomit	Dolomitstein, massig, brecciert
	Haselgebirge	Ton und Ton- bis Siltstein, z. T. feinsandig, oft Gips führend, selten Steinsalz führend

Tab. C-4: Legende Profil 2-2.

C.3 Moseltal (Rheinland-Pfalz)

C.3.1 Profil 3-1

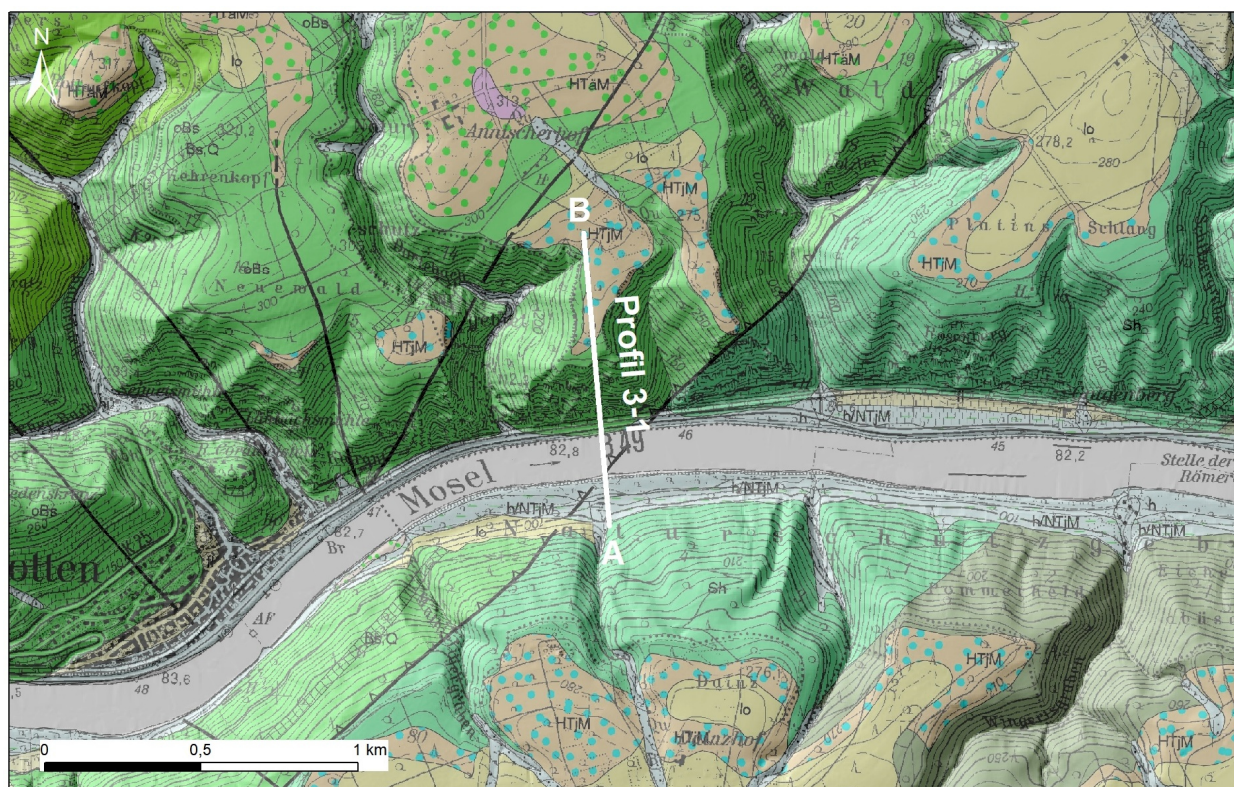


Bild C-9: Lage Profil 3-1.

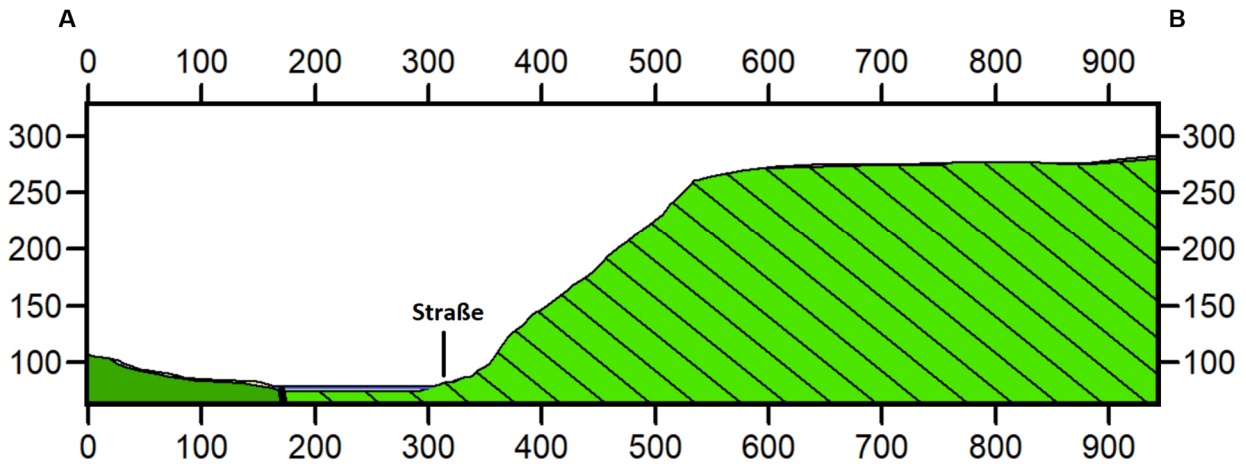


Bild C-10: Profilschnitt 3-1 (Legende siehe Tab. C-5).

Symbol	Einheit	Lithologien
	Wasser	---
	Abschwemm-Massen	Lehm und Sand, z.T. kiesig, humos
	Auenlehm	Lehm, sandig bis Sand, schluffig, humos
	Jüngere Niederterrasse (Inselterrasse)	Sand, kiesig bis Kies, sandig
	Oberer Bänderschiefer	Ton- und Bänderschiefer mit Sandstein-Einlagerungen
	Singhofen-Schichten	Ton-, Siltschiefer und Sandstein, hell, quarzitisch

Tab. C-5: Legende Profil 3-1.

C.3.2 Profil 3-2

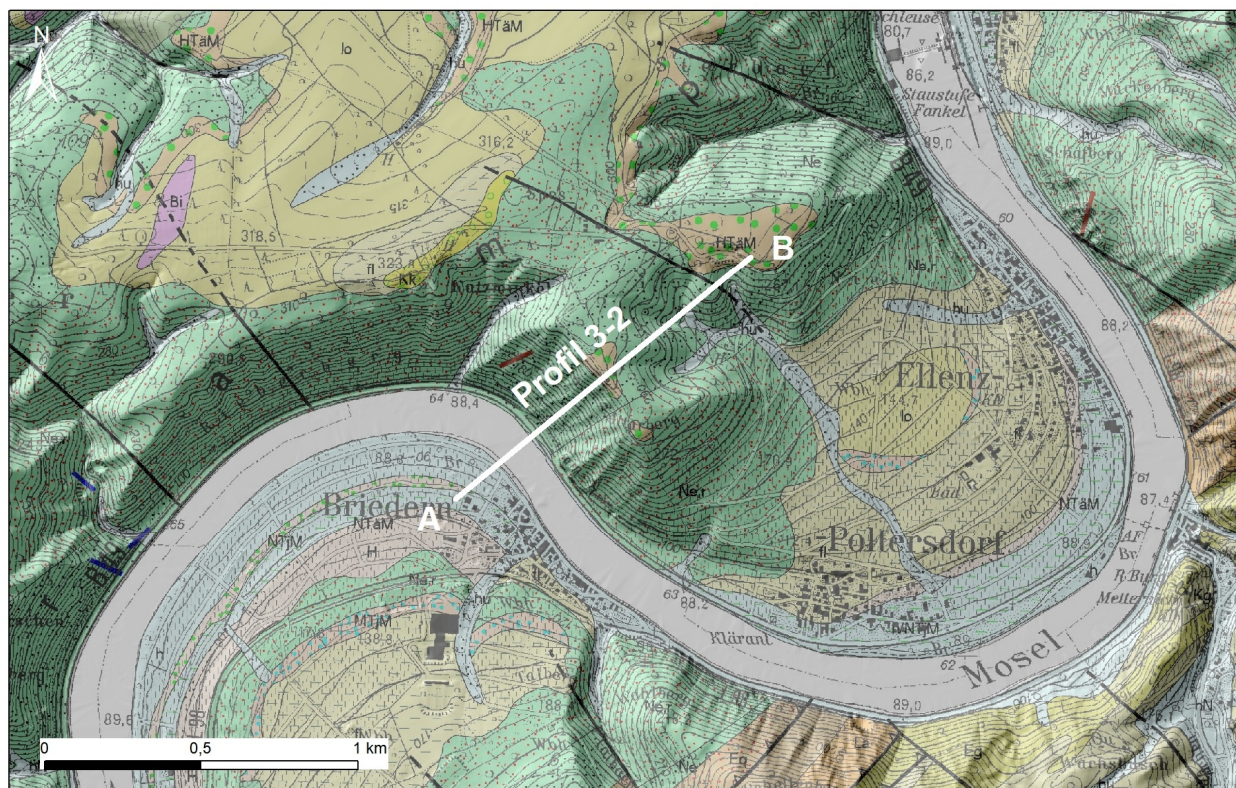


Bild C-11: Lage Profil 3-2.

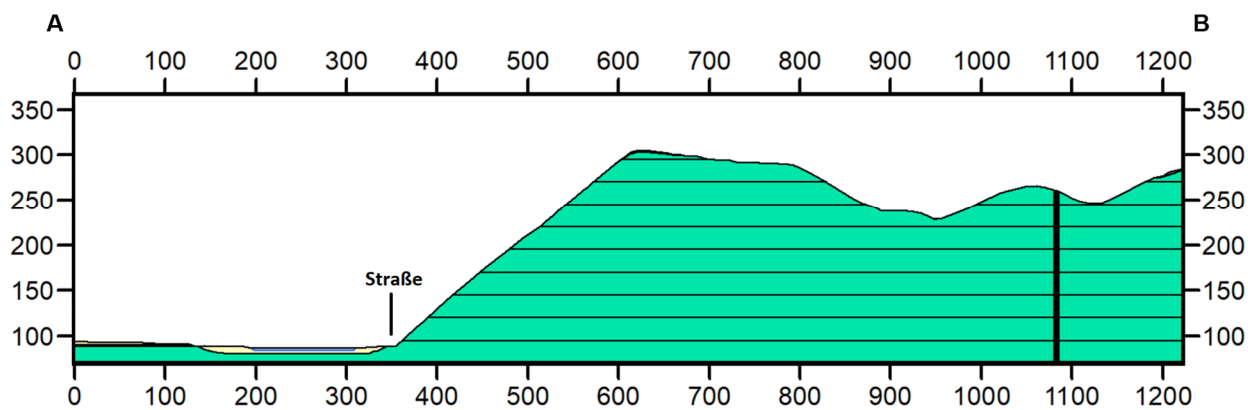


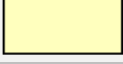



Bild C-12: Profilschnitt 3-2 (Legende siehe Tab. C-6).

Symbol	Einheit	Lithologien
	Wasser	---
	Abschwemm-Massen	Lehm und Sand, z.T. kiesig, humos
	Auenlehm	Lehm, sandig bis Sand, schluffig, humos
	Jüngere Niederterrasse (Inselterrasse)	Sand, kiesig bis Kies, sandig
	Ältere Hauptterrasse, Mosel	Kies und Sand
	Nellenköpfchen-Schichten	Tonschiefer und Sandstein

Tab. C-6: Legende Profil 3-2.

C.4 Sächsische Schweiz (Sachsen)

C.4.1 Profil 4-1

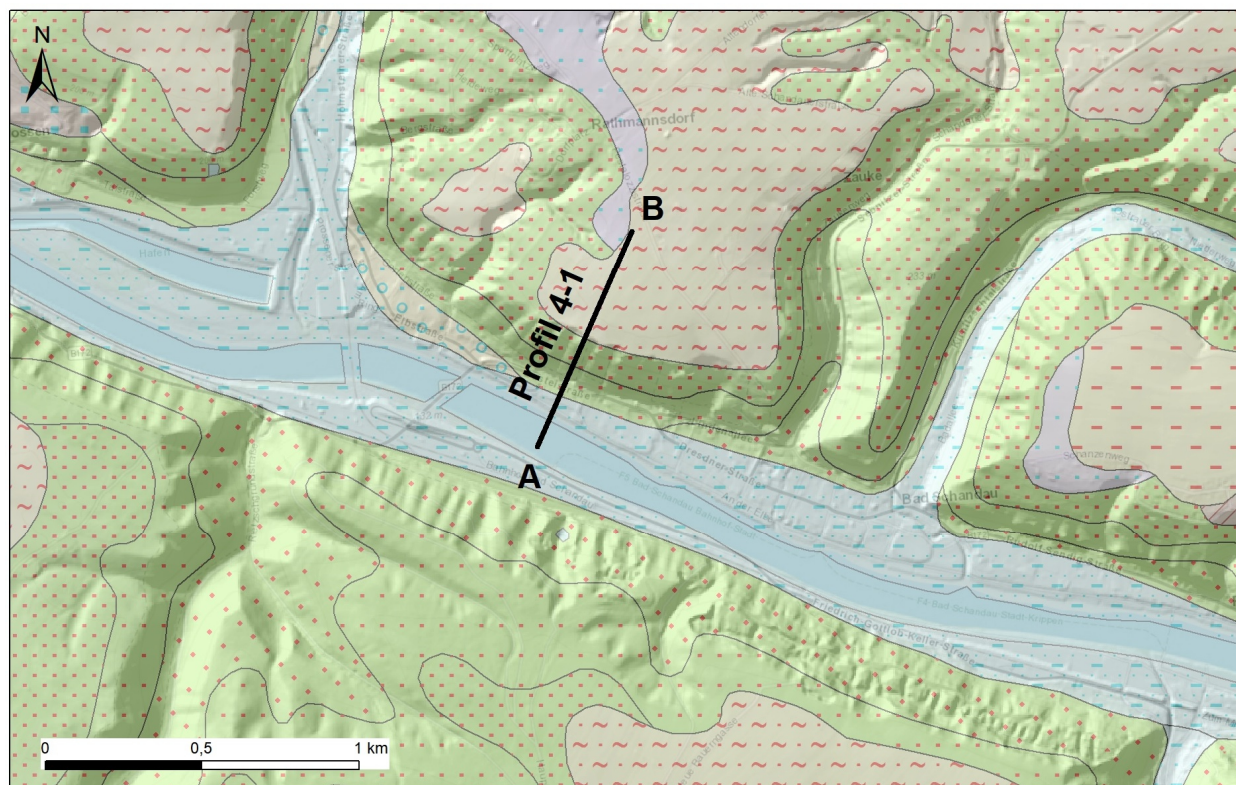


Bild C-13: Lage Profil 4-1.

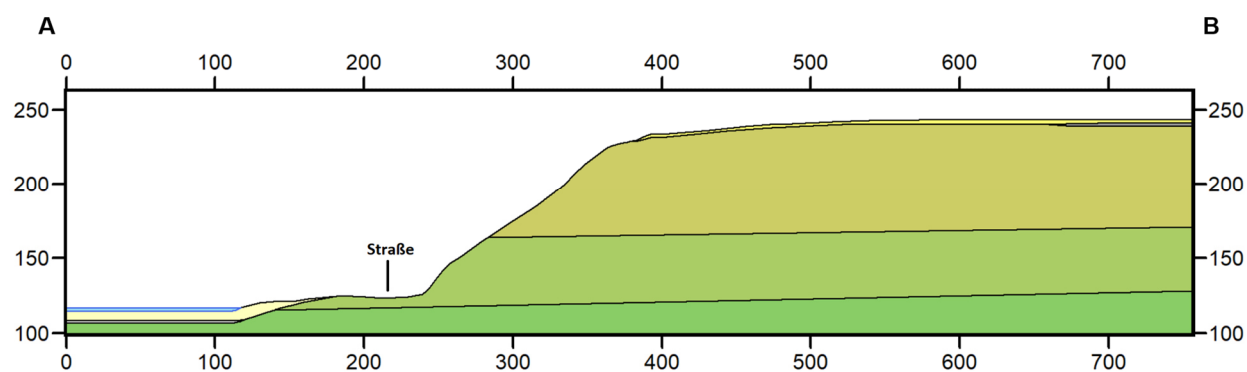


Bild C-14: Profilschnitt 4-1 (Legende siehe Tab. C-7).

Symbol	Einheit	Lithologien
	Wasser	Wasser
	Auelehm	Schluff, sandig
	Flusskies	Kies, Sandstein-, Basaltgerölle z.T. sandig
	Gehängelehm (Fließlehm, meist solifluidal umgelagerter Lößlehm)	Lehm, z.T. kiesig
	Schildauer Elbelauf und altersgleiche Flüsse (Mittlere Hochterrasse)	Fluviatiler Kies und Sand
	Sandstein der "Stufe" c, Herrenleite-Sandstein, Pirnaer Oberquader	Mittel- bis grobkörniger Quarzsandstein mit kieseligem Zement [1]
	Sandstein der "Stufe" b, Mittlerer Grünsandstein	Feinkörniger, glaukonit- und karbonatführender Quarzsandstein [1]; im Aufschluss (Punkt F139) dickbankig (0,5 bis 1 m Bankmächtigkeiten)
	Sandstein der "Stufe" a, Unterer Grünsandstein	Wechsellagerung von fein- und grobkörnigem Quarzsandstein, glaukonit- und karbonatführend [1]

Tab. C-7: Legende Profil 4-1.

C.4.2 Profil 4-2

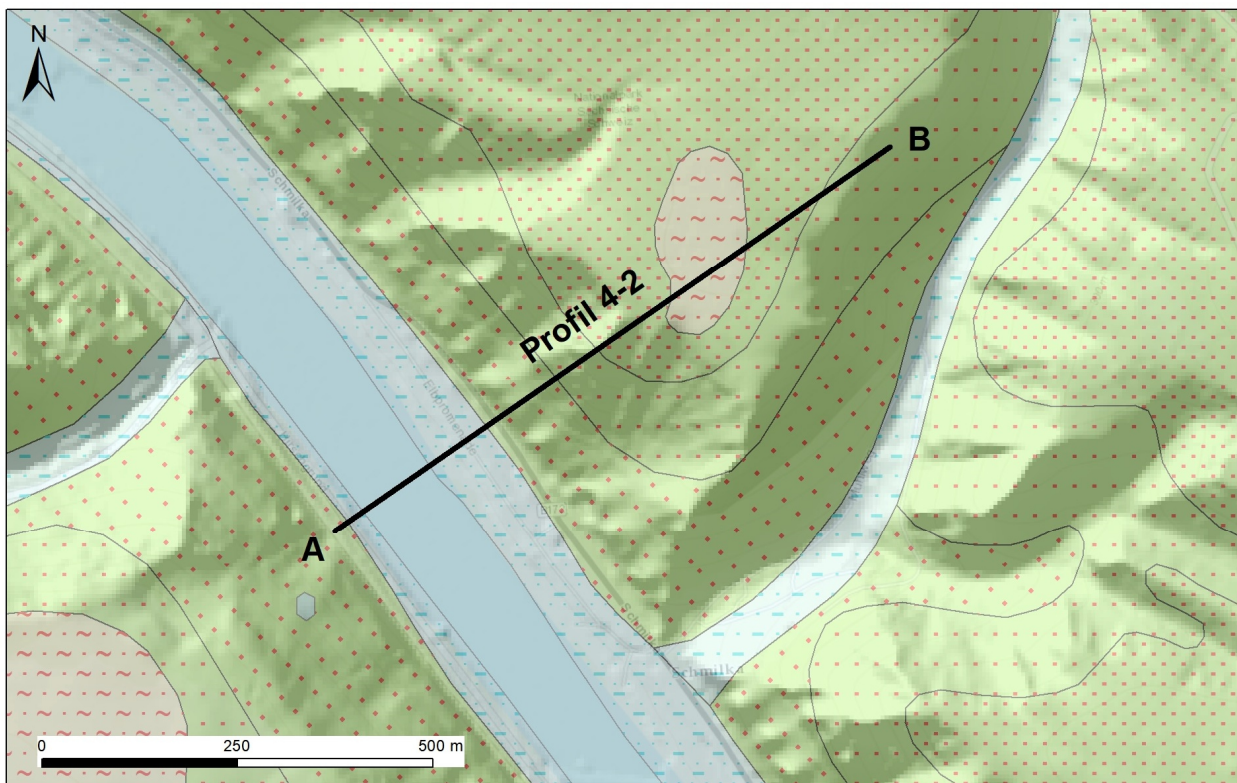


Bild C-15: Lage Profil 4-2.

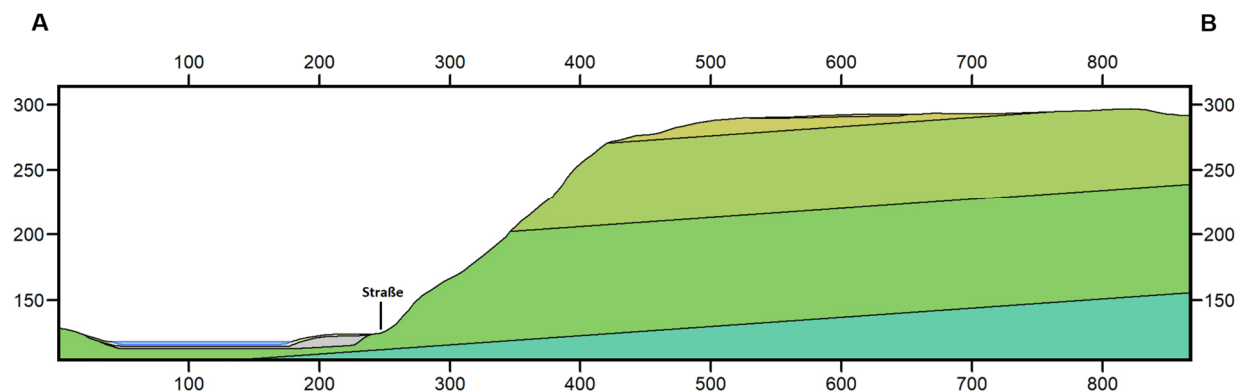

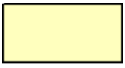

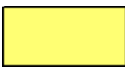






Bild C-16: Profilschnitt 4-2 (Legende siehe Tab. C-8)

Symbol	Einheit	Lithologien
	Wasser	Wasser
	Auelehm	Schluff, sandig
	Flusskies	Kies, Sandstein-, Basaltgerölle z.T. sandig
	Gehängelehm (Fließlehm, meist solifluidal umgelagerter Lößlehm)	Lehm, z.T. kiesig
	Sandstein der "Stufe" c, Herrenleite-Sandstein, Pirnaer Oberquader	Mittel- bis grobkörniger Quarzsandstein mit kieseligem Zement [1]
	Sandstein der "Stufe" b, Mittlerer Grünsandstein	Feinkörniger, glaukonit- und karbonatführender Quarzsandstein [1]
	Sandstein der "Stufe" a, Unterer Grünsandstein	Wechselagerung von fein- und grobkörnigem Quarzsandstein, glaukonit- und karbonatführend [1]
	<i>labiatus</i> -Sandstein (Cottaer Bildhauer-Sandstein)	Feinkörniger bis leicht schluffiger dickbankiger Quarzsandstein mit kieseligem Bindemittel [1]

Tab. C-8: Legende Profil 4-2.

C.4.3 Profil 4-3

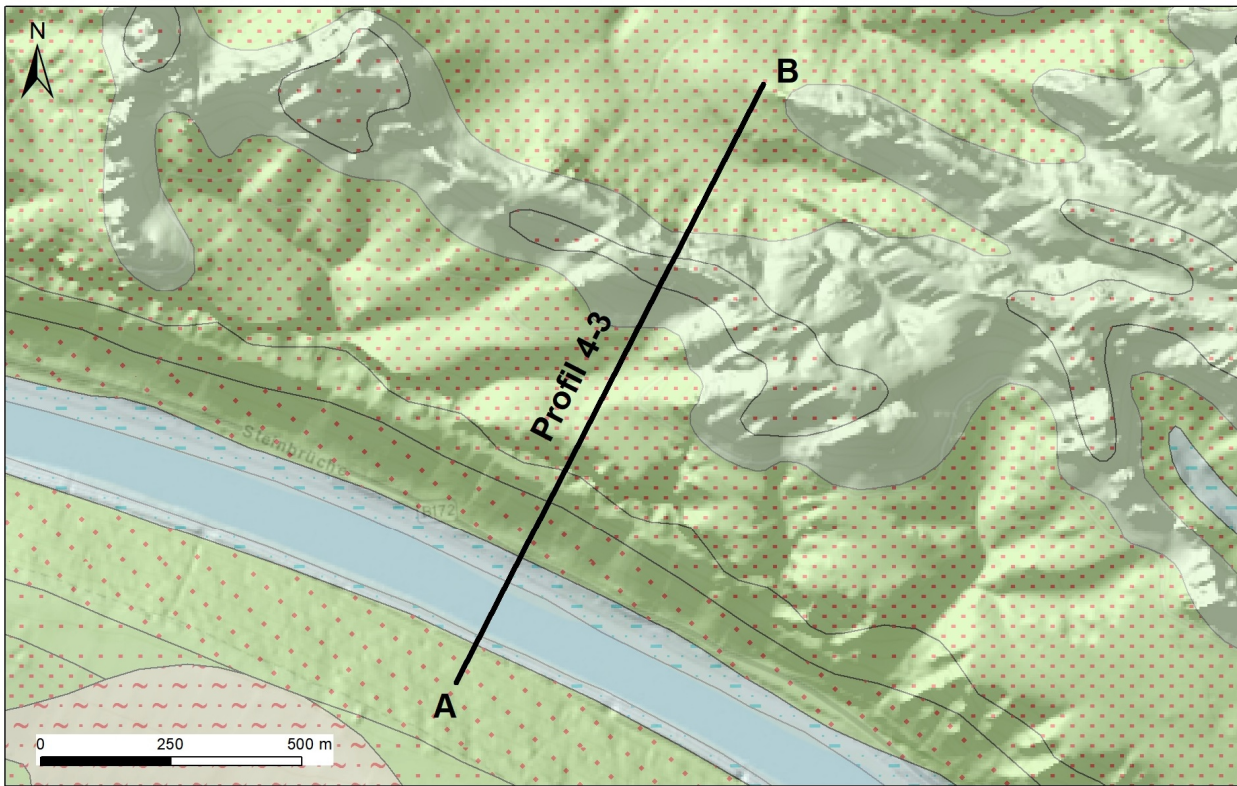


Bild C-17: Lage Profil 4-3.

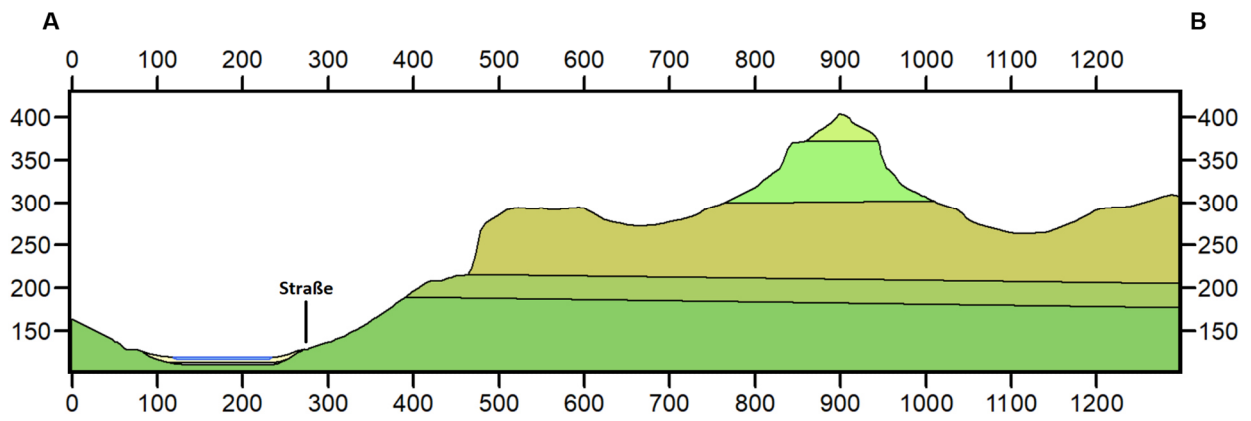

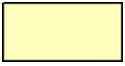




Bild C-18: Profilschnitt 4-3 (Legende siehe Tab. C-9).

Symbol	Einheit	Lithologien
	Wasser	Wasser
	Auelehm	Schluff, sandig
	Flusskies	Kies, Sandstein-, Basaltgerölle z.T. sandig
	Gehängelehm (Fließlehm, meist solifluidal umgelagerter Lösslehm)	Lehm, z.T. kiesig
	Sandstein der "Stufe" e, Rathewalder Sandstein	Dickbankiger Quarzsandstein mit kieseligem Zement [1]
	Sandstein der "Stufe" d, Lohmener Sandstein	Dickbankiger Quarzsandstein mit kieseligem Zement [1]
	Sandstein der "Stufe" c, Herrenleite-Sandstein, Pirnaer Oberquader	Mittel- bis grobkörniger Quarzsandstein mit kieseligem Zement [1]
	Sandstein der "Stufe" b, Mittlerer Grünsandstein	Feinkörniger, glaukonit- und karbonatführender Quarzsandstein [1]
	Sandstein der "Stufe" a, Unterer Grünsandstein	Wechselagerung von fein- und grobkörnigem Quarzsandstein, glaukonit- und karbonatführend [1]

Tab. C-9: Legende Profil 4-3.

C.5 Nördliches Zentrales Mittelgebirge (Hessen, Niedersachsen)

C.5.1 Profil 5-1

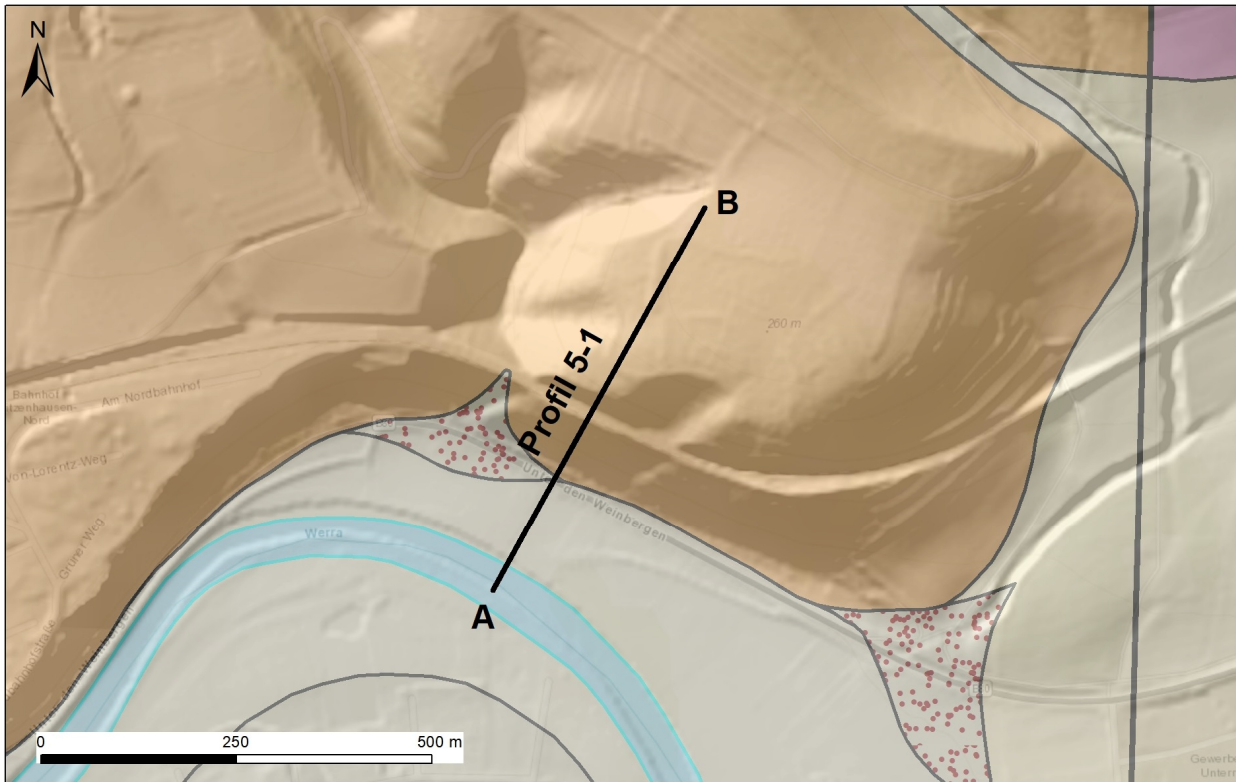


Bild C-19: Lage Profil 5-1.

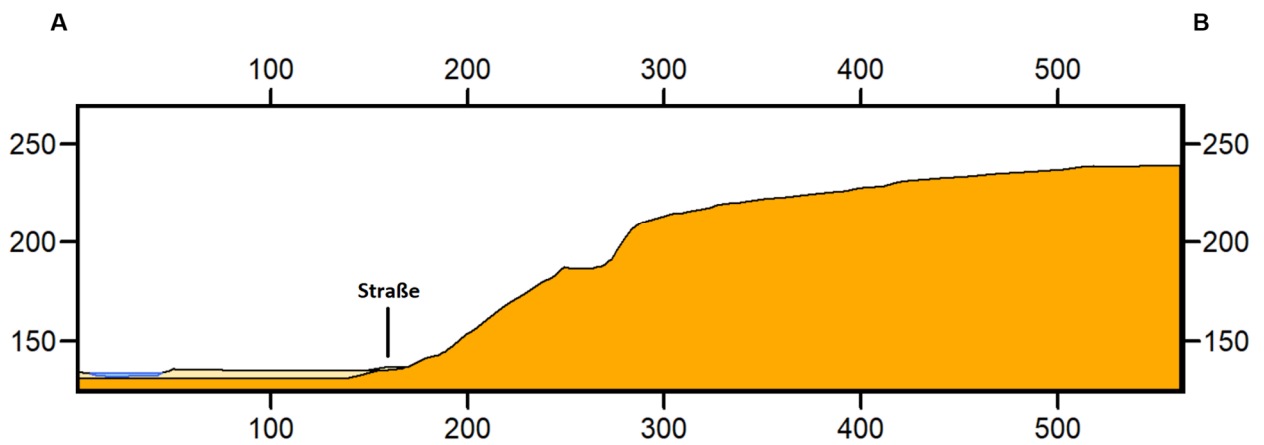

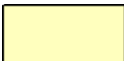




Bild C-20: Profilschnitt 5-1 (Legende siehe Tab. C-10).

Symbol	Einheit	Lithologien
	Wasser	---
	Deltabildungen	Ton. Schluff, Sand, Kies
	Flussaufschüttungen	Schluff, Lehm
	Mittlerer Buntsandstein undifferenziert	Überwiegend Feinsandstein mit gelegentlich cm- bis dm-dicken Tonsteinlagen; auch mehrere Meter mächtige Abfolgen gebankter Grobsandsteine [2]

Tab. C-10: Legende Profil 5-1.

C.5.2 Profil 5-2

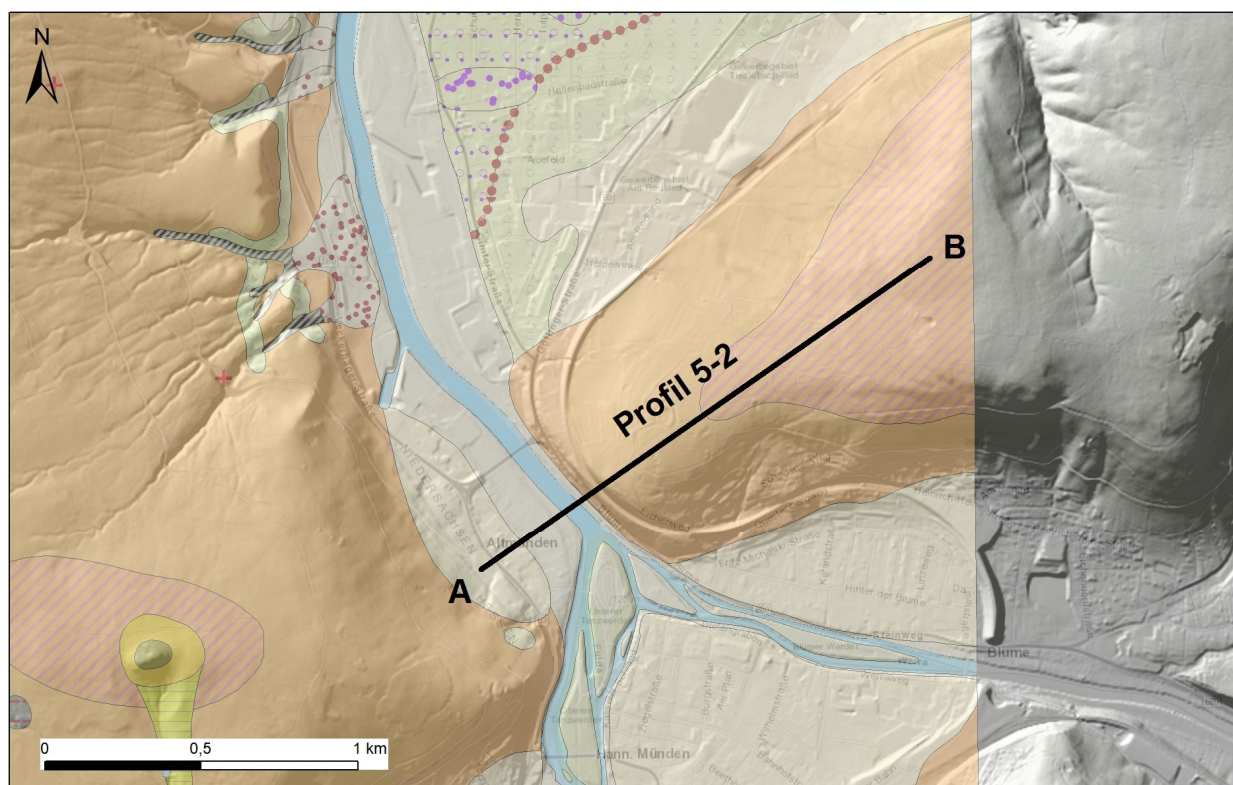


Bild C-21: Lage Profil 5-2.

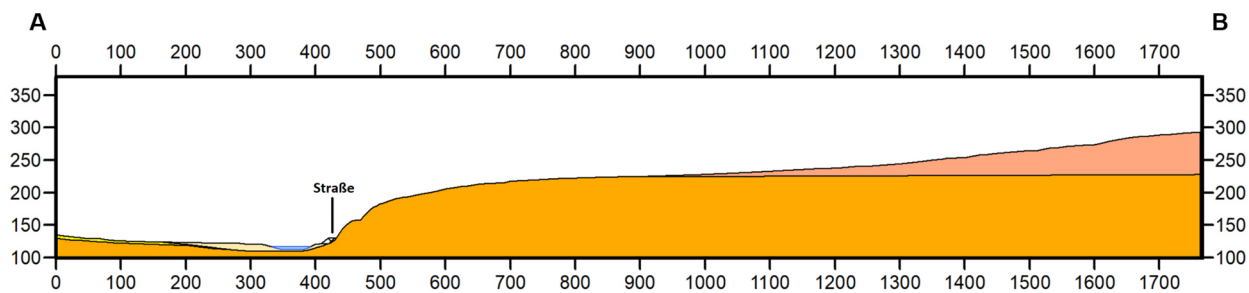


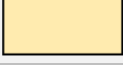





Bild C-22: Profilschnitt 5-2 (Legende siehe Tab. C-11).

Symbol	Einheit	Lithologien
	Wasser	---
	Aufschüttung	unbekannt
	Flussaufschüttungen	Meist verschwemmter Lösslehm
	Löss und Lösslehm	Lehm
	Bausandstein (sm2) (=Solling-Formation)	Dickbankiger Mittel-bis Grobsandstein mit Quarzgeröllen [2]
	Hauptbuntsandstein (sm1)	Überwiegend Feinsandstein mit gelegentlich cm- bis dm-dicken Tonsteinlagen; auch mehrere Meter mächtige Abfolgen gebankter Grobsandsteine [2]; im Aufschluss direkt an der Straße (Punkt F119) Wechsellagerung rotbrauner/gelblicher Sandstein (bankig, zw. 0,2 m und 1 m mächtig) und rotbrauner Tonstein (fein geschichtet)

Tab. C-11: Legende Profil 5-2.

Anlage D: Standsicherheitsberechnungen

D.1 Allgäu (Bayern)

D.1.1 Profil 1-1

Bei dem untersuchten Bereich handelt es sich um eine Bergflanke mit einer Höhendifferenz von mehr als 900 m und einer Länge von > 1,5 km, die sich wie in MS3A beschriebenen aus unterschiedlichen Lithologien aufbaut. Trennflächendaten sind aus dem Hauptdolomit in Aufschluss G6 erfasst. Aufgrund der Dimension der Böschung und der geologischen Struktur wurde ein numerisches Modell erstellt. Eine Beurteilung der Trennflächendaten unter Verwendung der Messungen in G6 wurde dagegen für das Profil 1-2 durchgeführt, da hier der Hauptdolomit den zu beurteilenden Böschung aufbaut.

An einem benachbarten Hang ist es 1999 zu einem Hangrutsch vermutlich in Folge von Starkregenniederschlägen gekommen. In Tab. D-1 sind die Parameter für die Berechnung dargestellt.

Einheit	Dichte	E-Modul	Poisson- zahl	Kohäsion	Reibungs- winkel	GSI	m_i	UCS	Zug-fest.
	<i>kg/m³</i>	<i>GPa</i>	-	<i>MPa</i>	°	-	-	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>
unbekannt	2.585	7	0,25	1,25	23,5	60	7	40	4
Jüngste Auenablagerung (Jüngere Postglazialterrasse 3)	1.800	0,05	0,2	0	40	n.a.	n.a.	0,05	0
Flussablagerung, holozän	1.800	0,05	0,2	0	40	n.a.	n.a.	0,05	0
Hangablagerung, pleistozän bis holozän	2.000	0,05	0,2	0,005	43	n.a.	n.a.	0,05	0
Hangschutt, pleistozän bis holozän	2.000	0,05	0,2	0	40	n.a.	n.a.	0,05	0
Mur-, Verschwemmungs- oder Bachablagerung, pleistozän bis holozän	2.000	0,05	0,2	0,002	40	n.a.	n.a.	0,05	0
Moräne (Till), würmzeitlich	2.000	0,05	0,2	0,002	40	n.a.	n.a.	0,05	0
Arosa-Zone undifferenziert	2.550	37,5	0,25	5	38	60	17	75	8
Tannheim-Formation (Arosazone)	2.550	6	0,25	1	22	30	7	30	3
Allgäu-Formation (Arosazone)	2.620	8	0,25	1,5	25	40	7	40	4
Schrambach-Formation	2.660	10	0,25	2,2	27,5	50	7	50	5
Ammergau-Formation	2.700	89	0,24	4,6	29	50	8	98,6	10
Ruhpolding-Formation	2.700	75	0,24	7,9	32	50	12	149	15
Allgäu-Formation	2.690	8,8	0,25	2,2	27,5	50	7	50	5
Hauptdolomit	2.760	47	0,26	12	39	85	9	110	11
Hauptdolomit	2.760	59,5	0,26	15	39	85	9	140	14
Raibl-Formation	2.693	27	0,24	5,2	35	70	9	75	8

Tab. D-1: Parameter für die Lithologien der Profile 1-1 und 1-2.

Numerisches Modell

Das Profil 1-1 weist komplexe Geologien und stark ausgebildete Störungen auf. Für eine bessere Visualisierung wurde in Bild D-1 auf die ersten 1200 m im Tal verzichtet. Der restliche Abbildungsausschnitt hat eine Breite von circa 3.000 m und erstreckt sich über eine Höhe von 800 m. Die Straßen, welche jeweils mit einer zusätzlichen Last realisiert worden sind, befinden sich im Tal über der Moräne oder auf den Hangablagerungen. In Tab. D-1 sind die gefundenen bzw. errechneten Parameter für die Berechnung dargestellt.

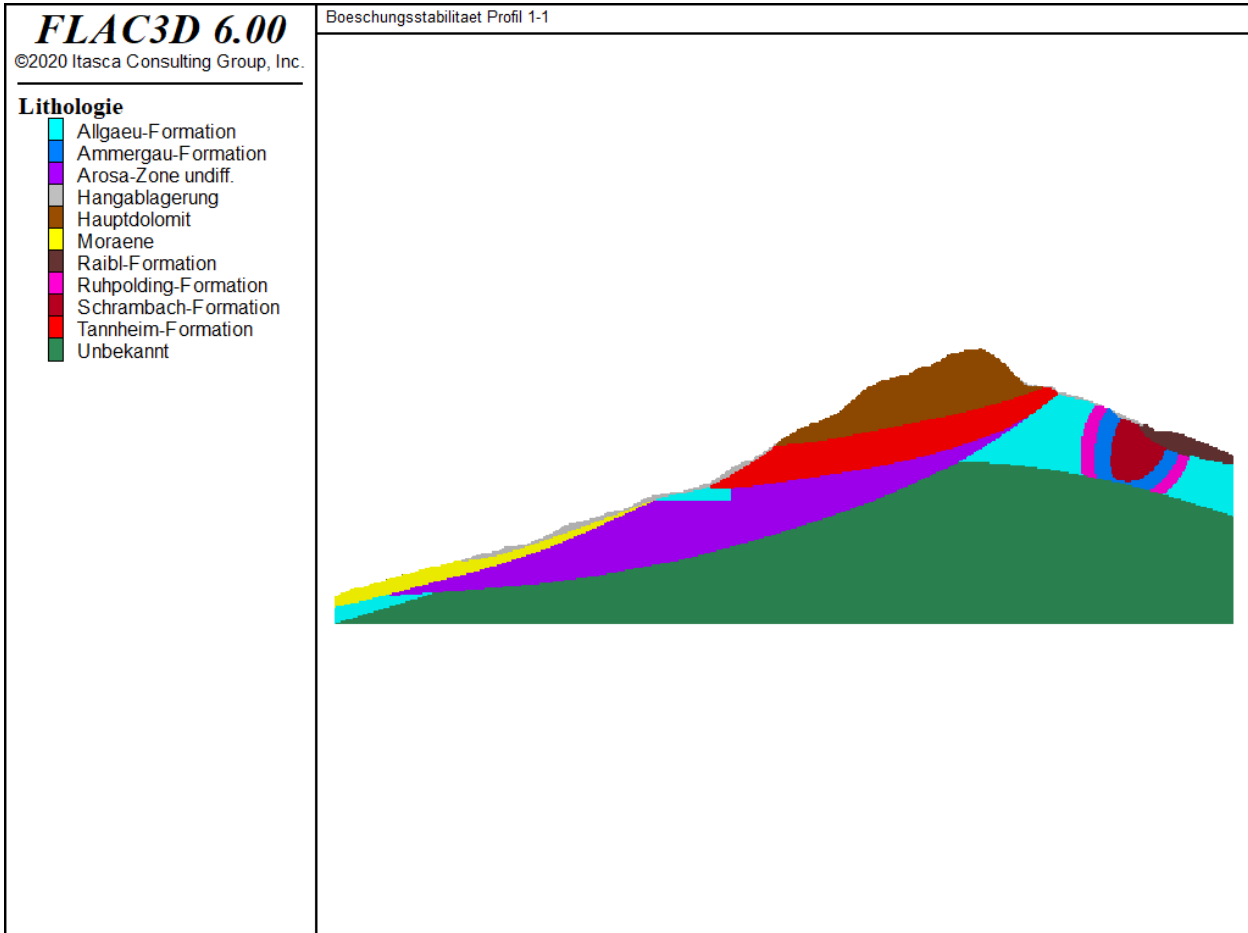


Bild D-1: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 1-1.

Nachdem das System ins Gleichgewicht gerechnet und damit der Ist-Zustand erreicht wurde, wird die Sicherheitsfaktor-Analyse gestartet, bis ein SRF gefunden wurde, bei dem das System nicht mehr in ein Gleichgewicht gerechnet werden kann, da Strukturen und/oder das Gebirge versagen.

Für das Profil 1-1 wurde ein Sicherheitsfaktor von 1,16 errechnet, was rechnerisch eine geringe Sicherheit für die Böschung bedeutet. Betrachtet man die Verschiebungen innerhalb des Profils, die durch die verringerten Parameter entstanden sind, erkennt man, dass keine besonders großen oder auffälligen Verschiebungen induziert wurden (vgl. Bild D-2).

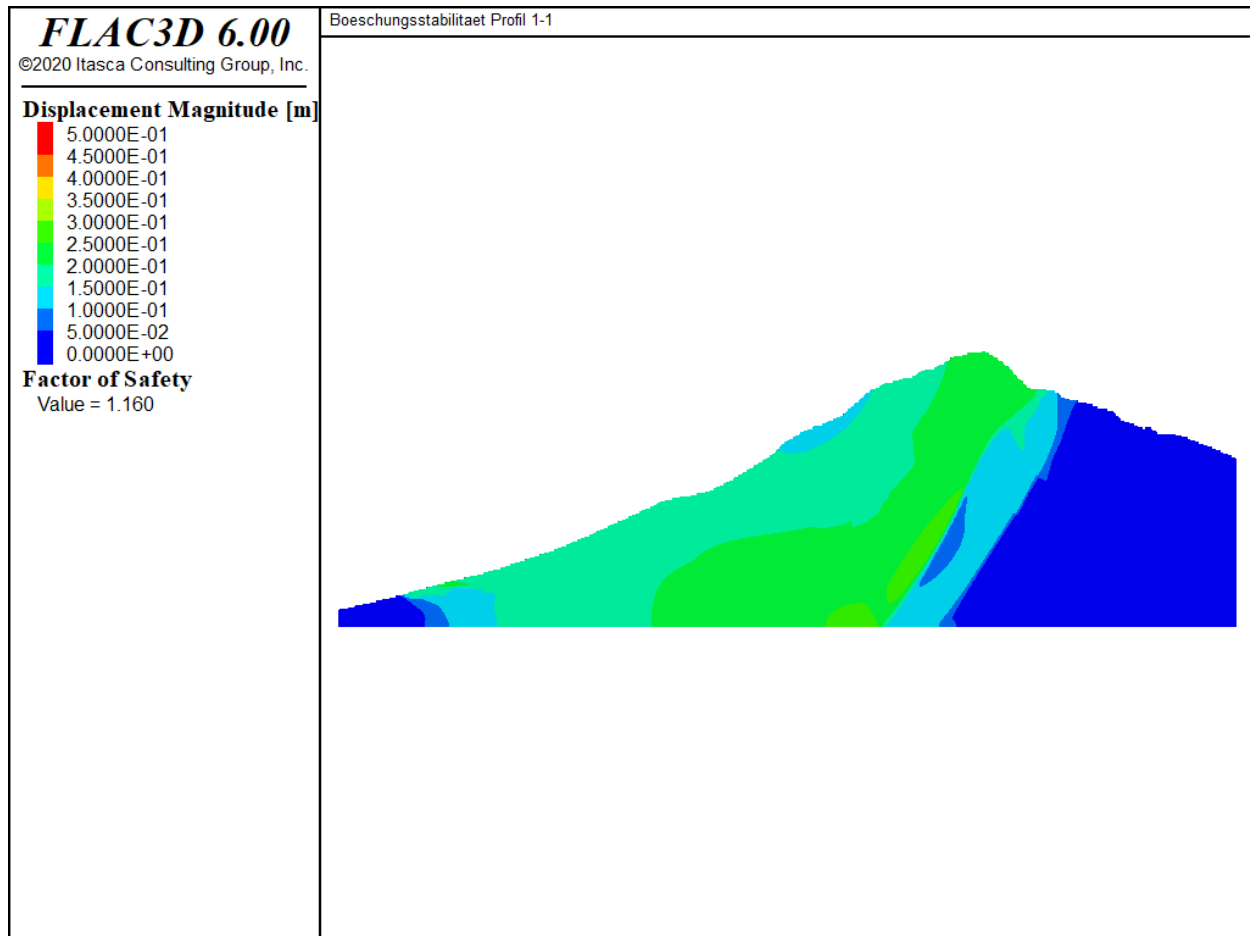


Bild D-2: Verschiebungen in Profil 1-1 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 1.16.

Betrachtet man allerdings die Veränderung der maximalen Hauptspannung in dem Profil erkennt man, dass sich eine Art Gleitkreis auf der Grenzfläche zwischen den Lithologien Hauptdolomit und der Tannheim-Formation gebildet hat, bei dem die Spannungen massiv herausragen (vgl. Bild D-3). Bei diesem Grenzübergang würde bei einer weiteren Abminderung der Scherparameter Versagen auftreten und die Böschung würde instabil werden. Der Grund für diese Position könnte neben der auftretenden Geometrie der starke Kontrast der Scherparameter zwischen Hauptdolomit und Tannheim-Formation sein. Des Weiteren könnten die Parameter zu konservativ angenommen worden sein.

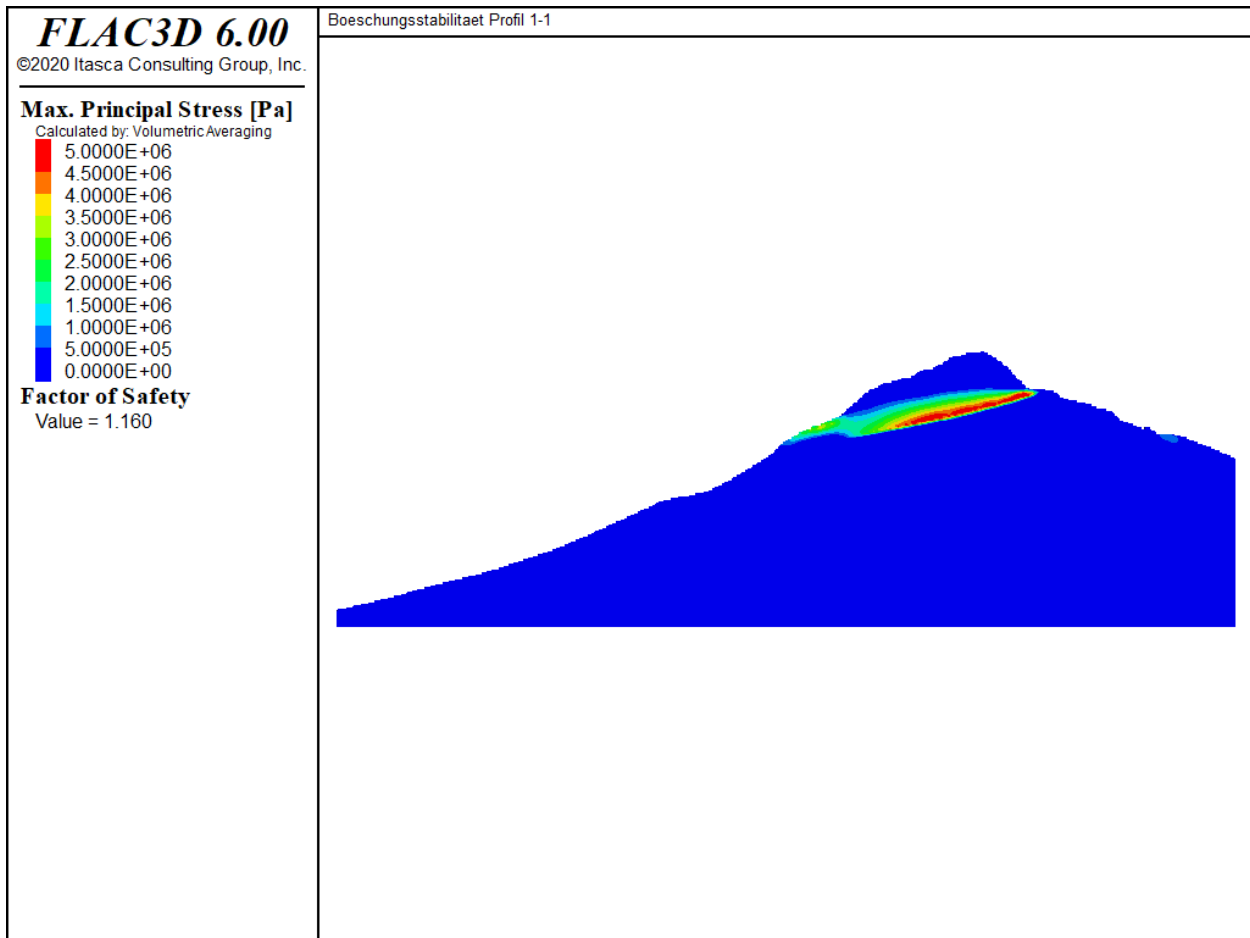


Bild D-3: Maximale Hauptspannung in Profil 1-1 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 1,16.

D.1.2 Profil 1-2

Kinematische Analyse

Die Böschung fällt im Bereich des Profils 1-2 nach 210-220° (SSW) ein. Die Höhe der betrachteten steilen Felswand im Hauptdolomit beträgt 100 m, woran sich ein weiter ansteigender Hang oberhalb der Böschungskante anschließt. Gemäß Profilschnitt beträgt der Winkel der Böschung im Hauptdolomit bis 60°. Am Böschungskopf wird das Profil deutlich flacher und weist eine Neigung von etwa 18°. Bei den Analysen wurde ein Reibungswinkel auf Trennflächen von $\varphi = 31^\circ$ angenommen. Lokale Werte für die analysierten Schichten lagen nicht vor.

Analyse 1: Böschungswinkel 60°

Die Auswertung der Daten der Kluftaufnahmen ergibt eine flache und zwei steile Kluftscharen, die im Mittel mit 141/25, 292/76 und 269/88 einfallen. Die Analyse der Strukturdaten im Hinblick auf die Böschungsstandsicherheit zeigt

- Kein Blockgleiten
- Kein Keilgleiten
- Kein Kippen

Steilere Böschungsneigungen würden die Bildung von potentiellen Gleitkeilen nicht begünstigen. Auch der Reibungswinkel des Dolomits hat keinen signifikanten Einfluss auf potentiell instabile Gleitkörper.

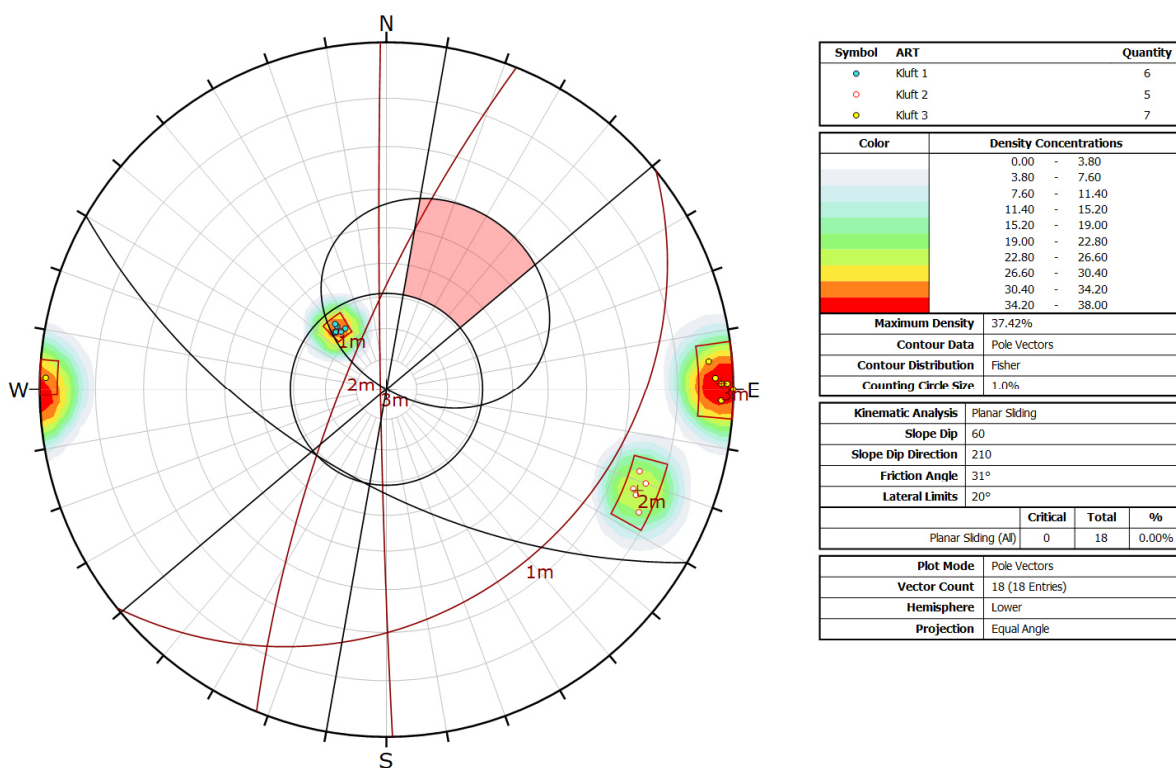


Bild D-4: Polpunktplot Profil 1-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 60°.

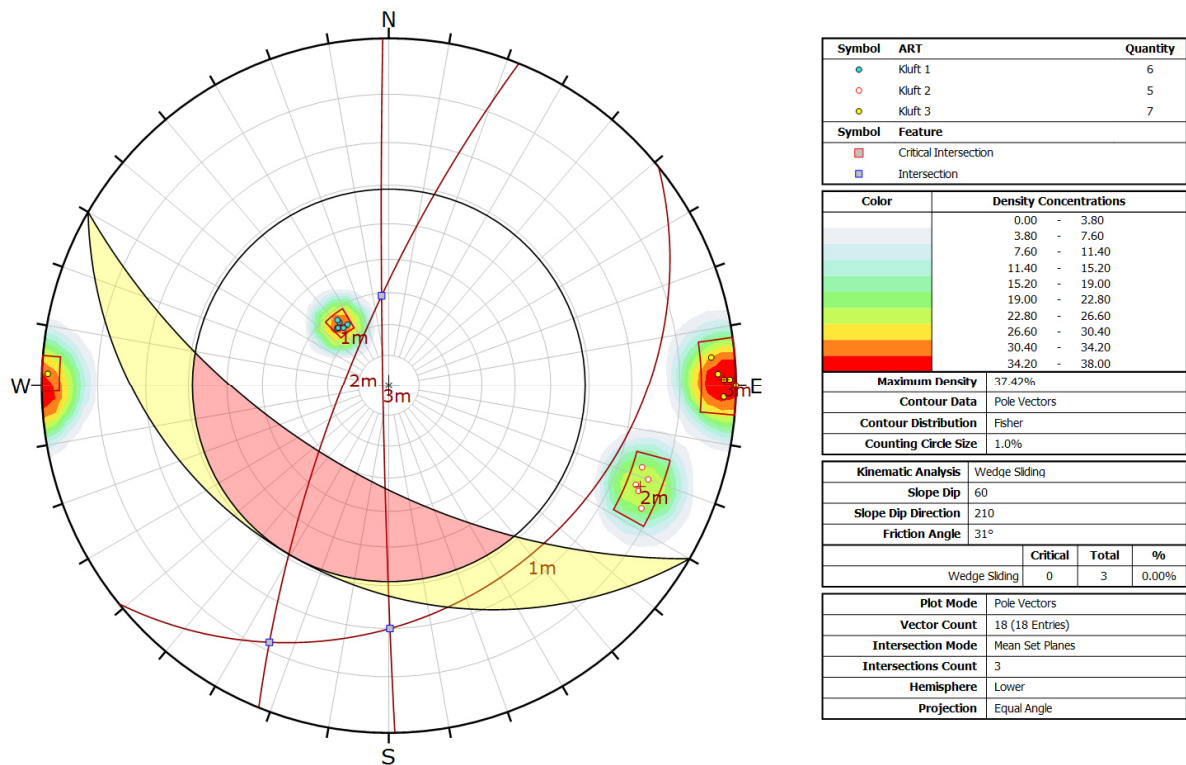


Bild D-5: Polpunktdiagramm Profil 1-2, Auswertung Keilgleiten für eine Böschungsneigung von 60°.

Numerisches Modell

Im Unterschied zu Profil 1-1 weist das Profil 1-2 eine weniger komplexe Geologie auf. Das Modell erstreckt sich über eine Gesamtbreite von etwa 730 m und über eine Höhe von circa 300 m. Die Straßen, welche jeweils mit einer zusätzlichen Last realisiert worden sind, befinden sich im Tal über der Rutschmasse. Die Parameter der Lithologien sind aus Tab. D-1 zu entnehmen. Nachdem das System ins Gleichgewicht gerechnet und damit der Ist-Zustand erreicht wurde, wird die Sicherheitsfaktor-Analyse gestartet, bis ein SRF gefunden wurde, bei dem das System nicht mehr in ein Gleichgewicht gerechnet werden kann, da Strukturen und/oder das Gebirge versagen.

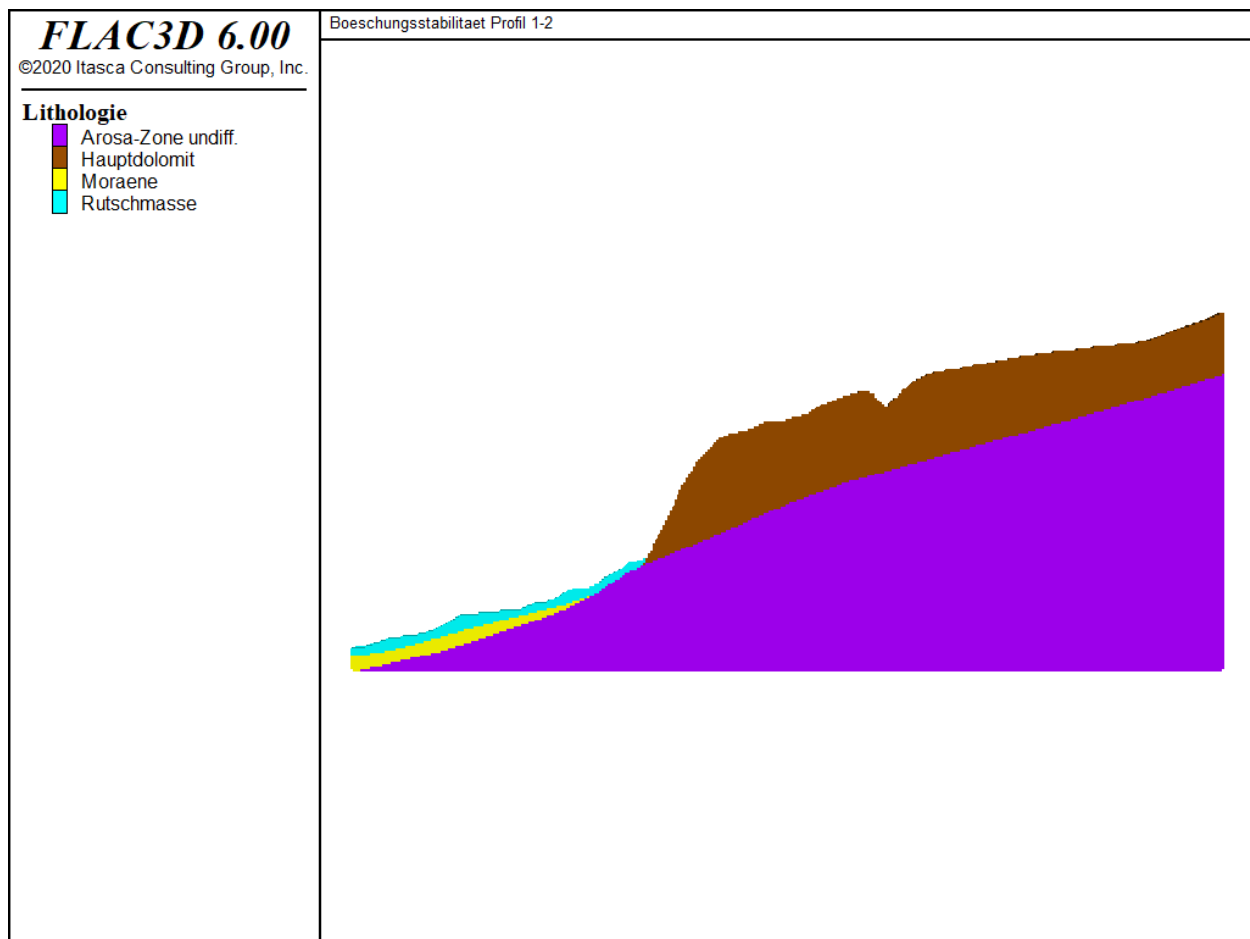


Bild D-6: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 1-2.

Für das Profil 1-2 wurde ein Sicherheitsfaktor von 1,17 errechnet, was eine geringe Sicherheit für die Böschung bedeutet. Bei Betrachtung der Verschiebungen erkennt man trotz kleinerem Legendenmaßstab, dass durch die Reduktion der Scherparameter nur geringe Verformungen induziert werden (vgl. Bild D-7). Betrachtet man allerdings die Änderung der maximalen Hauptnormalspannung nach Abminderung der Scherparameter, erkennt man große auftretende Spannungen im Bereich der höchsten Steigung der Böschung (vgl. Bild D-8). Die Spannungen treten über den gesamten Keil innerhalb des Hauptdolomits auf und werden teilweise durch die Schichtgrenze zur undifferenzierten Arosa-Zone begrenzt. Die Spannungen und der daraus resultierende niedrige Sicherheitsfaktor können durch die herrschende Geometrie erklärt werden. Des Weiteren könnten die Gesteins- und Gebirgsparameter zu konservativ abgeschätzt sein.

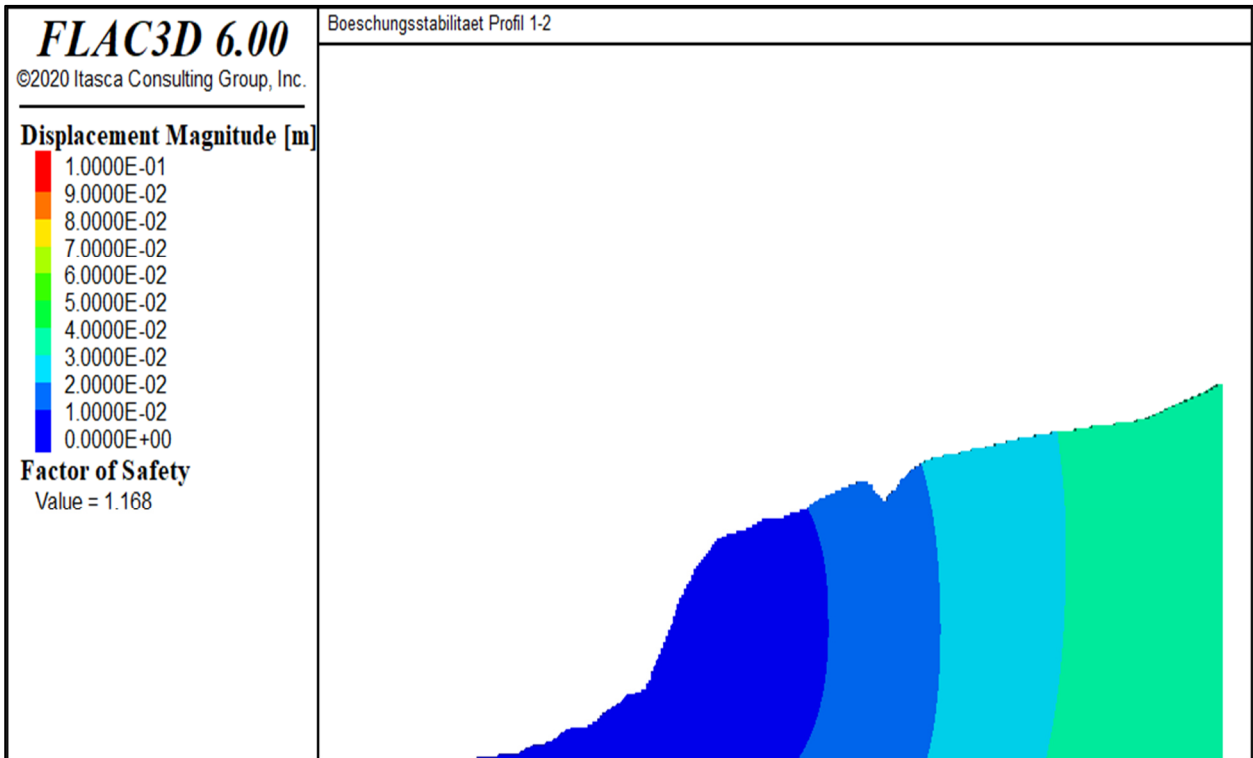


Bild D-7: Verschiebungen in Profil 1-2 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 1.17.

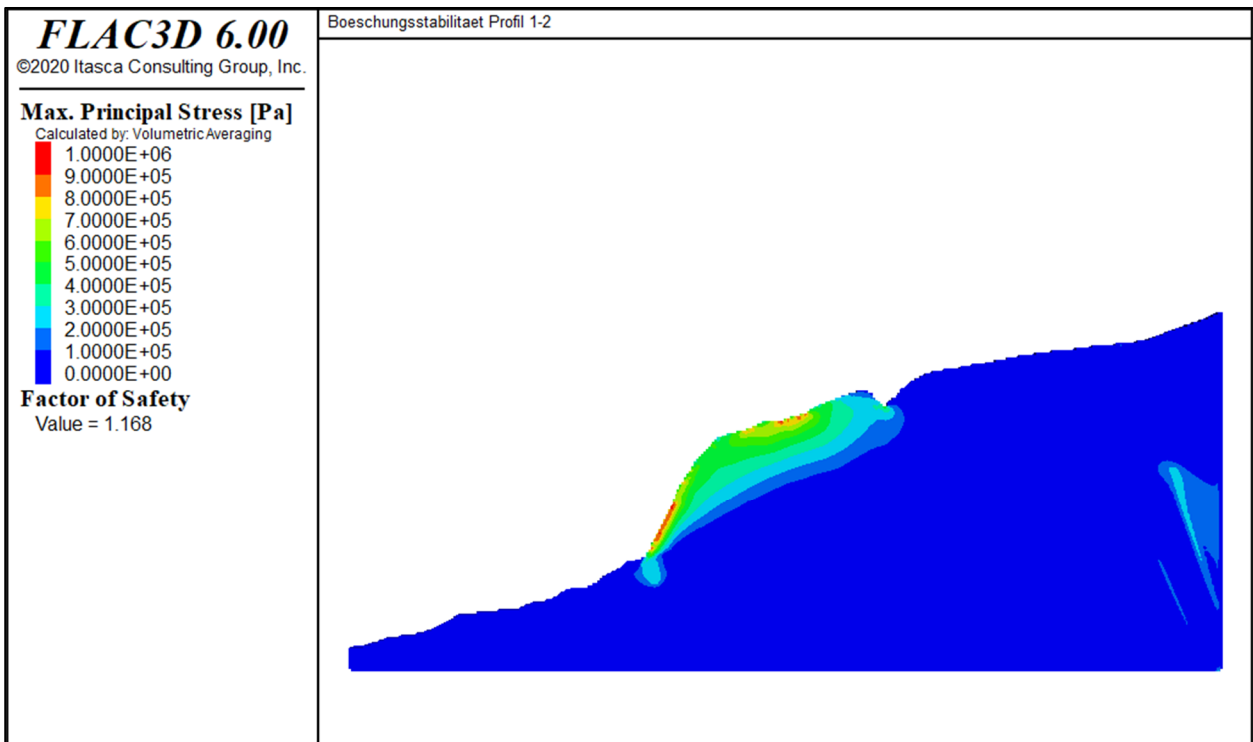


Bild D-8: Maximale Hauptspannung in Profil 1-2 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 1.17.

D.2 Berchtesgaden (Bayern)

D.2.1 Profil 2-1

Grenzgleichgewichtsberechnungen

Der Hang ist in diesem Profil aus Lockergesteinen aufgebaut. Till und pleistozäne Brekzie überdecken die Festgesteinsschichten des Haselgebirges. Im Vergleich zu den anderen Profilen weist er eine relativ geringe Höhendifferenz von etwa 60 m auf. An dem Hang wurde ein Murenabgang im Rahmen der Feldbegehungen dokumentiert. Feldpunkt G27 beschreibt glazifluviale Sedimente, schluffige Sande, und Kiese bis Blöcke. Trennflächen waren in dem anstehenden Material nicht vorhanden.

Die im Profilschnitt erkennbare Morphologie lässt vermuten, dass es in der Vergangenheit bereits zu Rutschungen gekommen ist. Aufgrund des Schichtenaufbaus wurde ein Modell für die Grenzgleichgewichtsberechnung im Lockergestein erstellt.

Aus unterschiedlichen Baugrundgutachten aus der näheren Region konnten charakteristische Bodenkennwerte für die obersten Bodenschichten (Till) entnommen werden. Aufgrund variierender Aussagen über die Kohäsion des Materials wurde diese in den Berechnungen variiert (5 und 10 kN/m²). Die Brekzie wird als zementierter Kies beschrieben. Dies wurde im Modell durch Zuweisung einer Kohäsion von 10 kN/m² dargestellt. Außerdem wurde der Boden als wasserempfindlich beschrieben. Da keine Information über den Grundwasserspiegel vorlagen, wurde der Effekt unterschiedlicher Kennlinien in den Berechnungen überprüft.

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen, dass mögliche Rutschungen im Till und eventuell der darunterliegenden Brekzie auftreten können. Im trockenen Zustand können Rutschungen primär im Till entstehen. Die Berechnungen mit höheren Sickerwasserlinien zeigen eine Vergrößerung des Rutschkörpers auch in die Brekzie sowie weiter reduzierte Standsicherheiten. Eine niedrigere Kohäsion im Till führt ebenfalls zu geringeren Standsicherheiten. Zwar ist die Böschung mit Teilsicherheiten von $\gamma = 1$ standsicher, das Ansetzen von Teilsicherheiten zur Planung einer standsicheren Böschung kann jedoch zur Überschreitung des Ausnutzungsgrades (bzw. Unterschreitung des zulässigen Sicherheitsfaktors) führen.

Ergebnisse:

- Kohäsion $c = 10 \text{ kN/m}^2$ im Till, trocken: FOS = 1,37 (Ausnutzungsgrad $\mu = 0,73$)
- Kohäsion $c = 5 \text{ kN/m}^2$ im Till, trocken: FOS = 1,16 ($\mu = 0,86$)
- Kohäsion $c = 10 \text{ kN/m}^2$ im Till mit niedriger Sickerwasserlinie: FOS = 1,19 ($\mu = 0,84$)
- Kohäsion $c = 5 \text{ kN/m}^2$ im Till mit niedriger Sickerwasserlinie: FOS = 1,12 ($\mu = 0,89$)
- Kohäsion $c = 10 \text{ kN/m}^2$ im Till mit höherer Sickerwasserlinie: FOS = 1,14 ($\mu = 0,88$)
- Kohäsion $c = 5 \text{ kN/m}^2$ im Till mit höherer Sickerwasserlinie: FOS = 1,09 ($\mu = 0,92$)

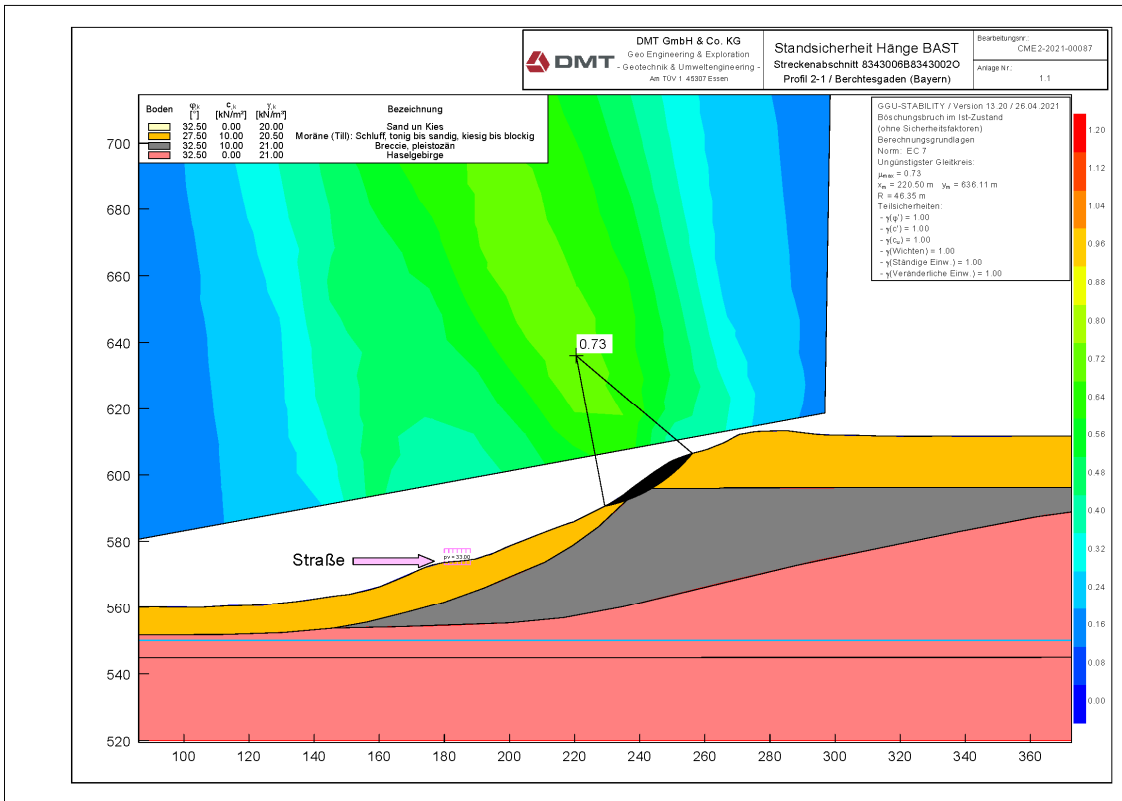


Bild D-9: Ergebnisse für Profil 2-1 mit Kohäsion $c = 10 \text{ kN/m}^2$ im Till, trocken.

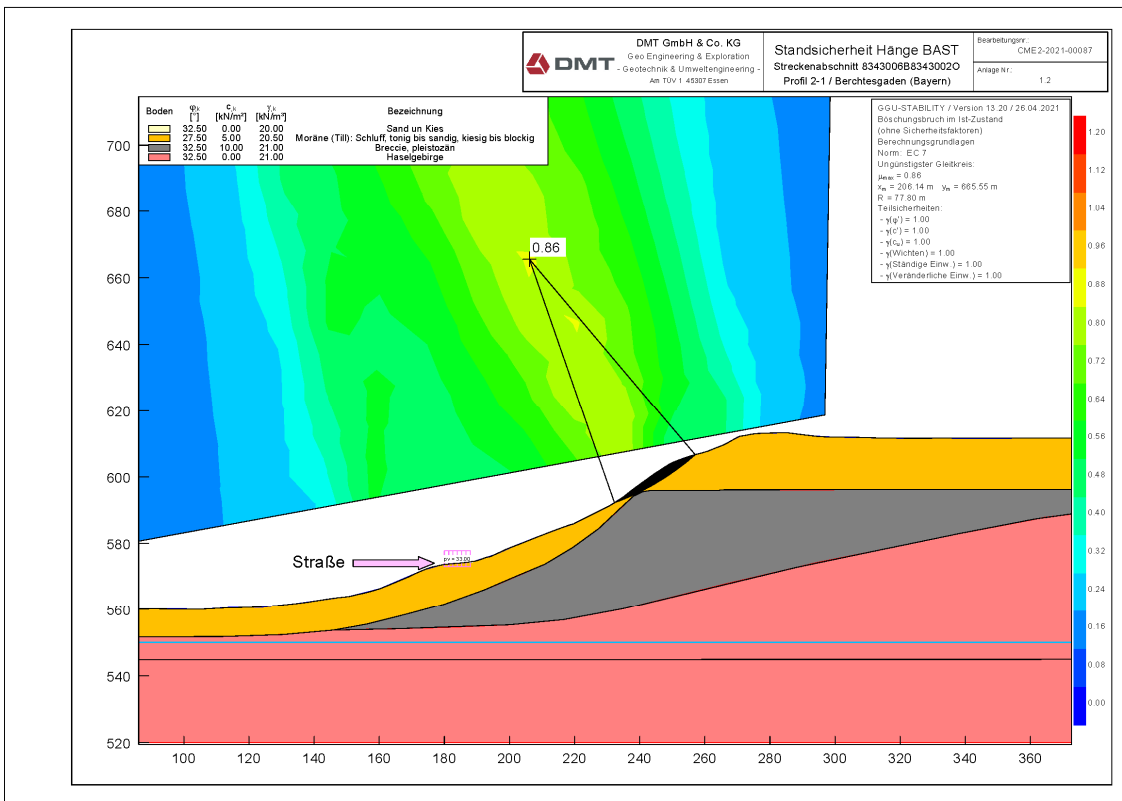


Bild D-10: Ergebnisse für Profil 2-1 mit Kohäsion $c = 5 \text{ kN/m}^2$ im Till, trocken.

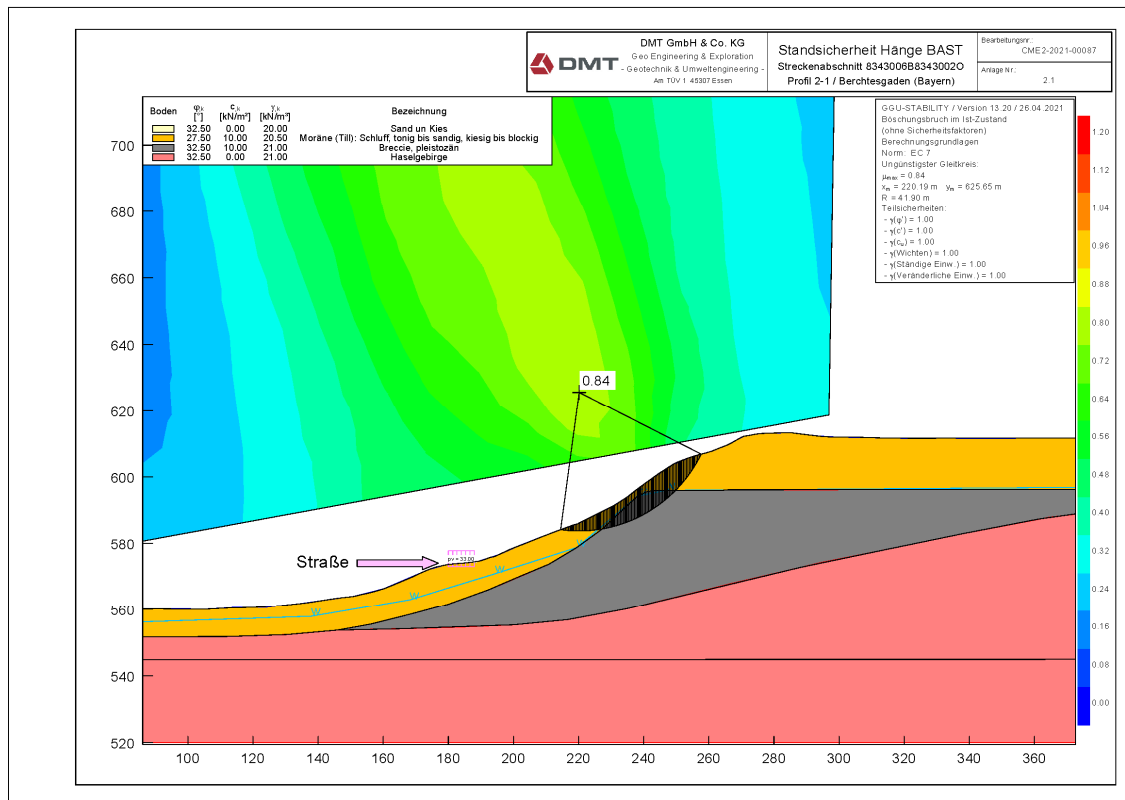


Bild D-11: Ergebnisse für Profil 2-1 mit Kohäsion $c = 10 \text{ kN/m}^2$ im Till mit niedriger Sickerwasserlinie.

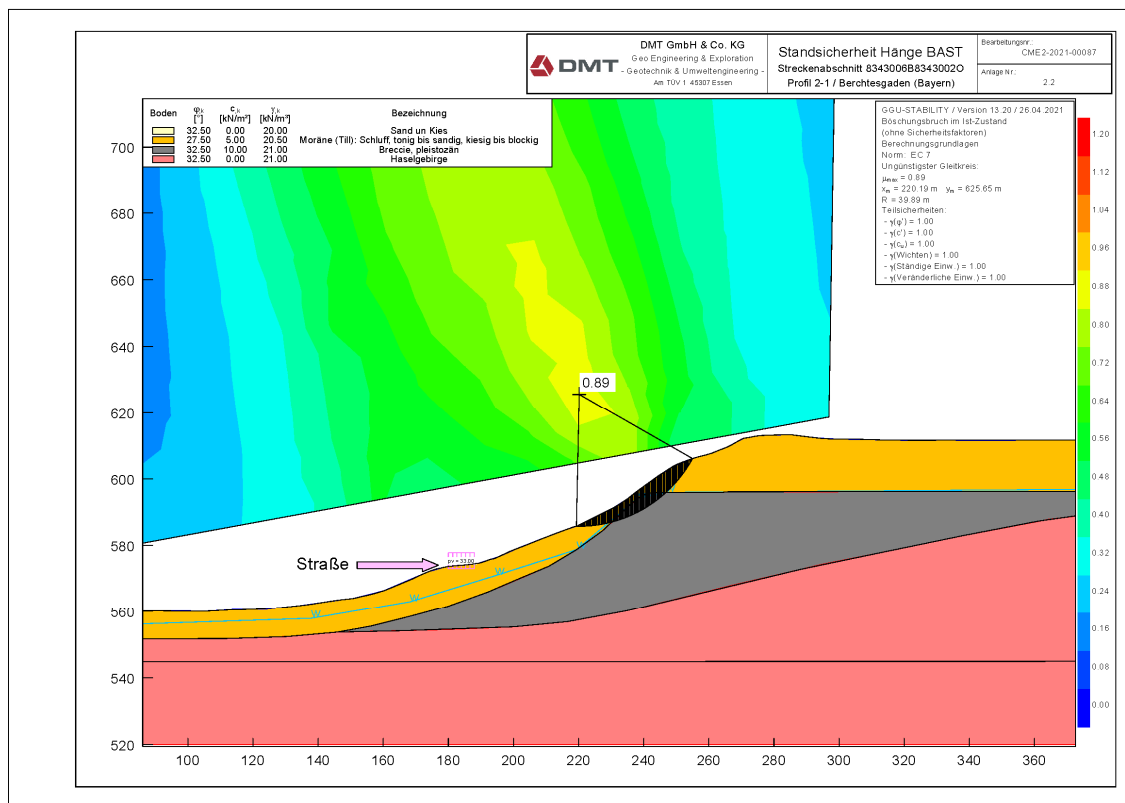


Bild D-12: Ergebnisse für Profil 2-1 mit Kohäsion $c = 5 \text{ kN/m}^2$ im Till mit niedriger Sickerwasserlinie.

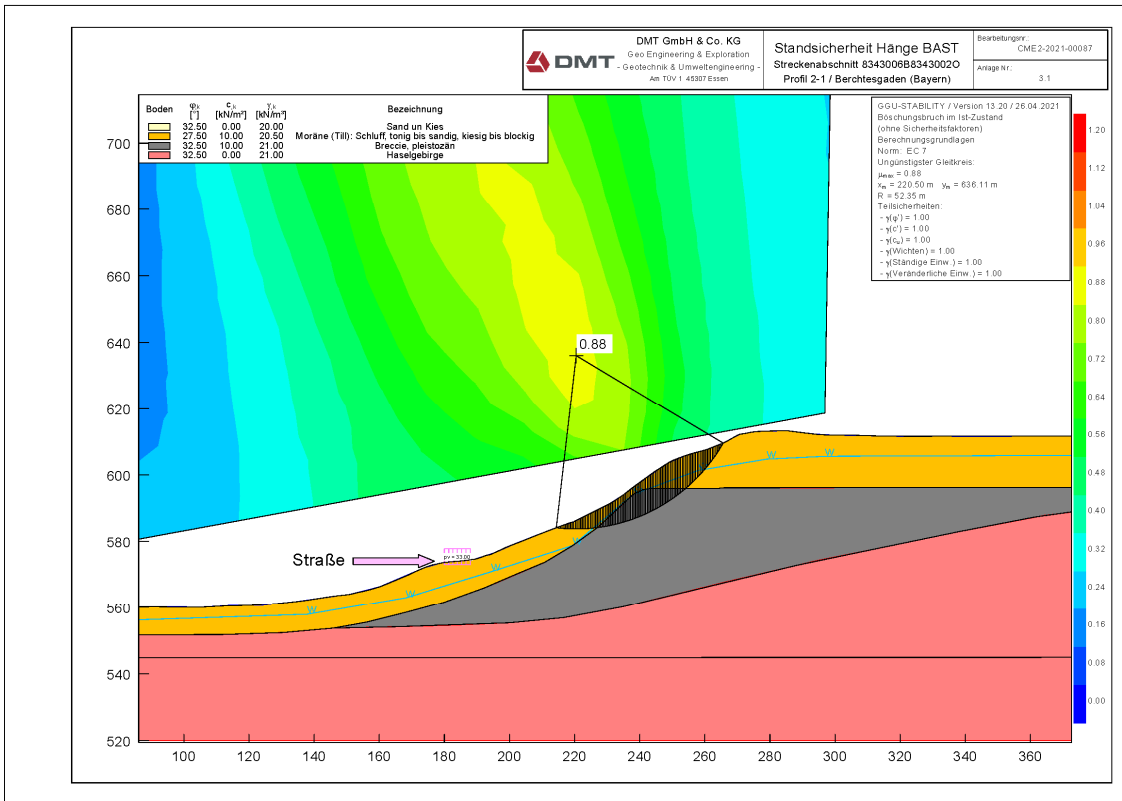


Bild D-13: Ergebnisse für Profil 2-1 mit Kohäsion $c = 10 \text{ kN/m}^2$ im Till mit höherer Sickerwasserlinie.

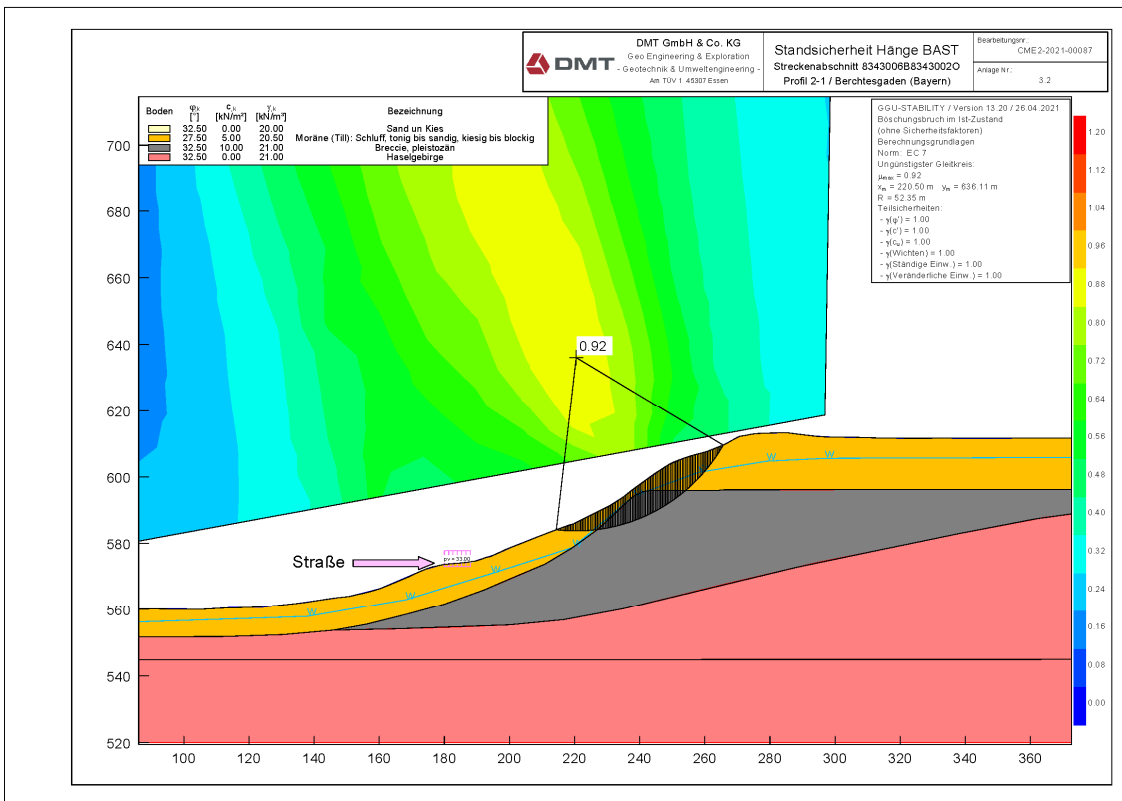


Bild D-14: Ergebnisse für Profil 2-1 mit Kohäsion $c = 5 \text{ kN/m}^2$ im Till mit höherer Sickerwasserlinie.

D.2.2 Profil 2-2

Im Profil 2-2- besteht die Böschung im untersten Teil aus pleistozänen bis holozänen Lockergesteinen (Hangablagerungen). Der Hauptteil der Berges besteht dahingegen aus Festgestein (Dolomit). Unterhalb des massigen brekzierten sog. Ramsadolomits werden Gesteine des Haselgebirges angenommen. Die Messungen am Punkt G28 im Ramsadolomit zeigen eine ausgeprägte Klüftung. Daher wurde zuerst eine kinematische Analyse möglicher Klufkörper durchgeführt.

Kinematische Analyse

Die Böschung fällt im Bereich des Profils 2-2 nach 130° (SE) ein. Gemäß Profilschnitt beträgt der Winkel der Gesamtböschung 40° . Lokal sind Neigungen bis 65° vorhanden. Bei den Analysen wurde ein Reibungswinkel auf Trennflächen von $\varphi = 31^\circ$ angenommen. Lokale Werte für die analysierten Schichten lagen nicht vor.

Analyse 1: Böschungswinkel 40°

Die Auswertung der Daten der Kluftaufnahmen ergibt eine flache und zwei steile Klufscharen, die im Mittel mit 329/16, 290/86 und 151/72 einfallen. Die Analyse der Strukturdaten im Hinblick auf die Böschungsstandsicherheit zeigt

- Kein Blockgleiten
- Kein Keilgleiten
- Kein Kippen

Steilere Böschungsneigungen würden die Bildung von potentiellen Gleitkeilen nicht begünstigen. Auch der Reibungswinkel des Dolomits hat keinen signifikanten Einfluss auf potentiell instabile Gleitkörper. Erst bei einer Reduktion auf 22° und kleiner können Gesteinskeile auf einer der beiden begrenzenden Klufflächen rutschen.

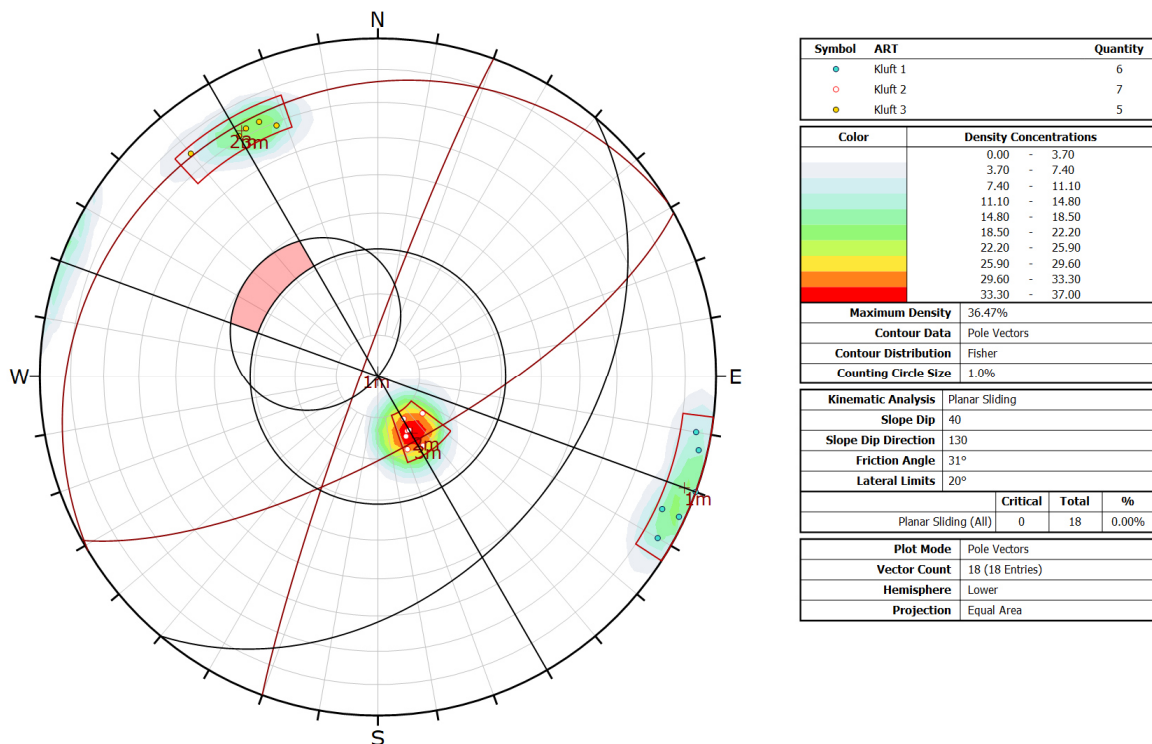


Bild D-15: Polpunktdiagramm Profil 2-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 40° .

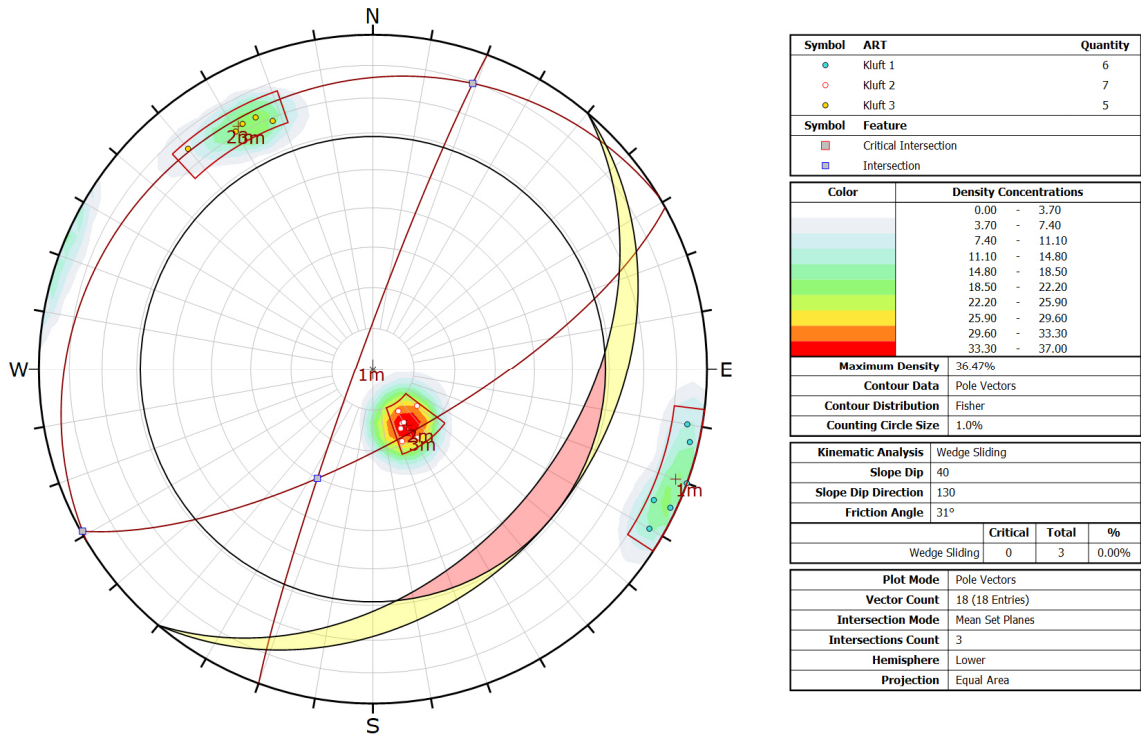


Bild D-16: Polpunktdiagramm Profil 2-2, Auswertung Keilgleiten für eine Böschungsneigung von 40°.

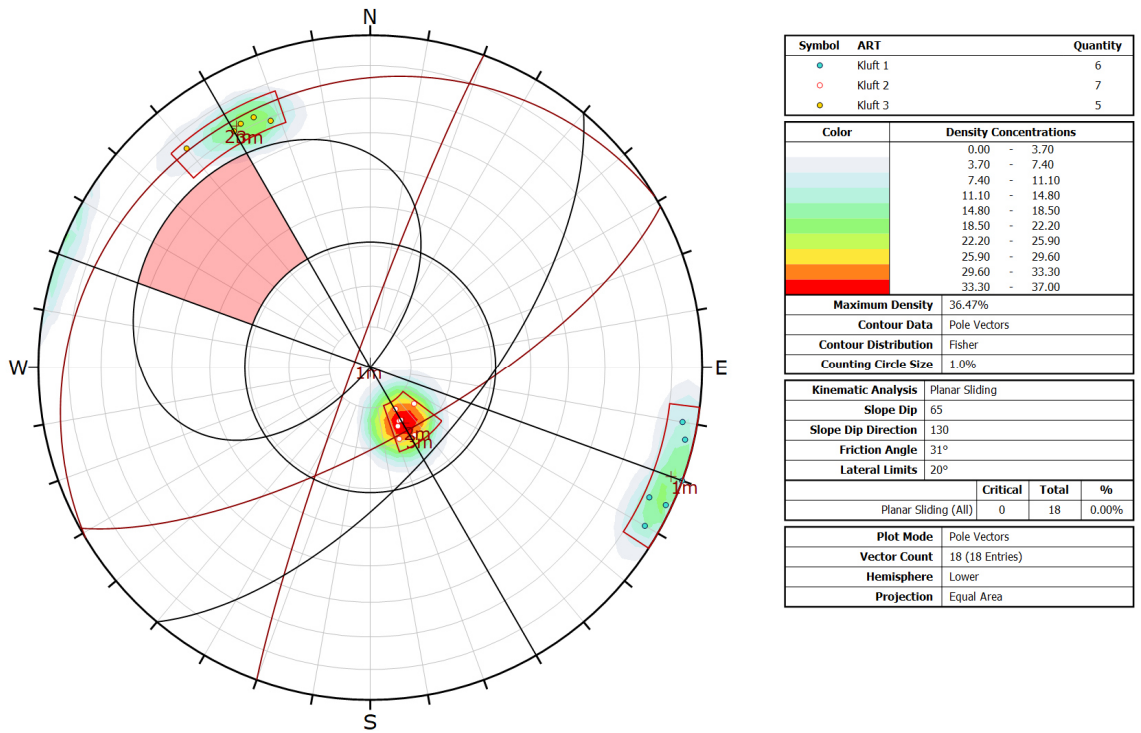


Bild D-17: Polpunktdiagramm Profil 2-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 65°.

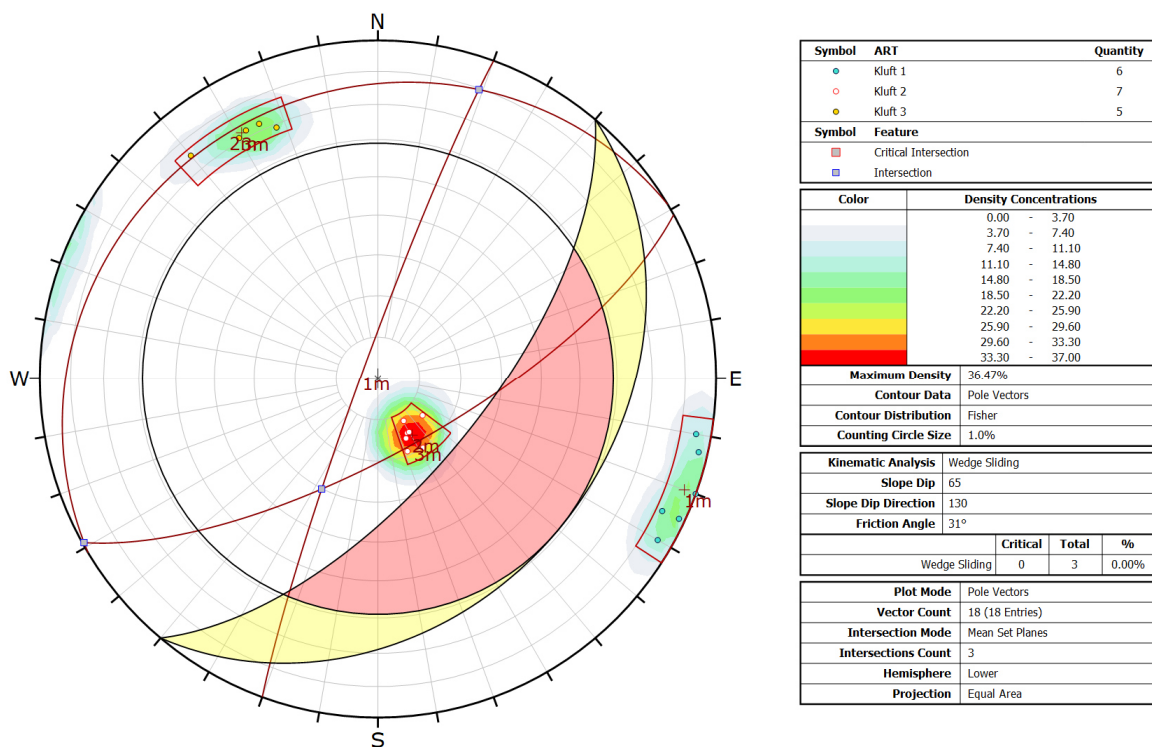


Bild D-18: Polpunkt diagramm Profil 2-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 65°.

Numerisches Modell

Zur Untersuchung der Standsicherheit der Gesamtböschung speziell an nicht Trennflächengebundenen Rutschungen wurde ein numerisches Modell der Böschung aufgebaut. Auffällig ist, dass die Schichten des Haselgebirges offenbar eine nur sehr geringe Druckfestigkeit von 3,57 - 19,14 MPa aufweisen, wobei die tonreichen Lagen insgesamt weniger fest sind als die gipsreichen. Die untersuchten Proben stammen allerdings aus der Flyschzone vom östlichen Rand des Ostalpins in Österreich, die sich jedoch nach Westen auch ins Berchtesgadener Land erstreckt. Der untersuchte Profilschnitt weist zwei von ihrer Orientierung her vermutete steile Störungen im Dolomit auf. Aufgrund geringer Teufenausdehnung musste das Profil für das geotechnische Modell in die Tiefe erweitert werden.

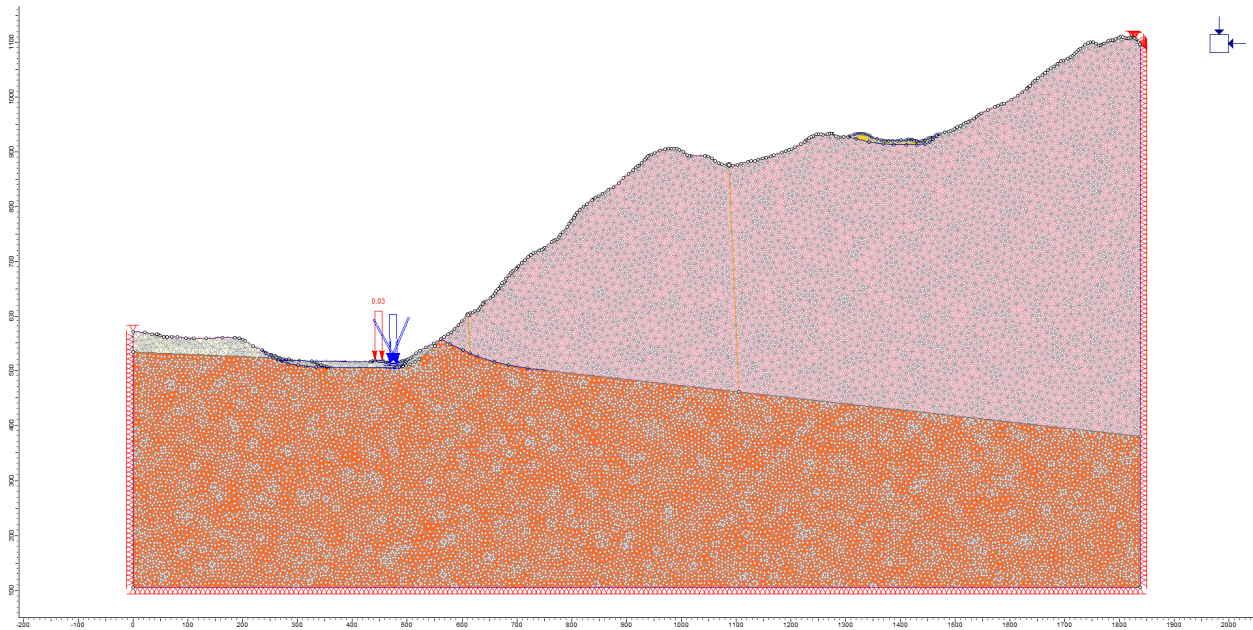







Bild D-19: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 2-2

Einheit	Farbe	Dichte	E-Modul	Poisson- zahl	Kohäsion	Reibungs- winkel	GSI	m_i	UCS	Zug- fest.
	-	kg/m^3	GPa	-	MPa	$^\circ$	-	-	MPa	MPa
Ramsaudolomit		2.600	8,555	0,2	4,0	28,2	45	9	90	-
Haselgebirge		2.500	14,840	0,25	2,89	26,3	-	-	5,1	0,52
Moräne		2.000	0,050	0,35	0,005	27,5	n.a.	n.a.	n.a.	0
Bach- und Flussablagerungen sowie Flussschotter		1.950	0,015	0,35	0,005	30	n.a.	n.a.	n.a.	0
Hangablagerungen		1.900	0,015	0,35	0,005	30	n.a.	n.a.	n.a.	0

Tab. D-2: Parameter für die Lithologien des Profils 2-2.

Modell 1

Für die Hangablagerungen und die Moräne wurde das Mohr-Coulomb-Kriterium aufgrund der verfügbaren Bodenkennwerte angewandt, im Gebirge das Generalized Hoek-Brown-Bruchkriterium.

Die größten Scher- und Gesamtverformungen treten bei diesem Modell im Hangschutt auf. Der resultierende Sicherheitsfaktor liegt bei 1,14. Er ist damit als gering zu erachten. Zur Beurteilung sollte ein zusätzliches Detail-Modell für diese Situation erstellt werden.

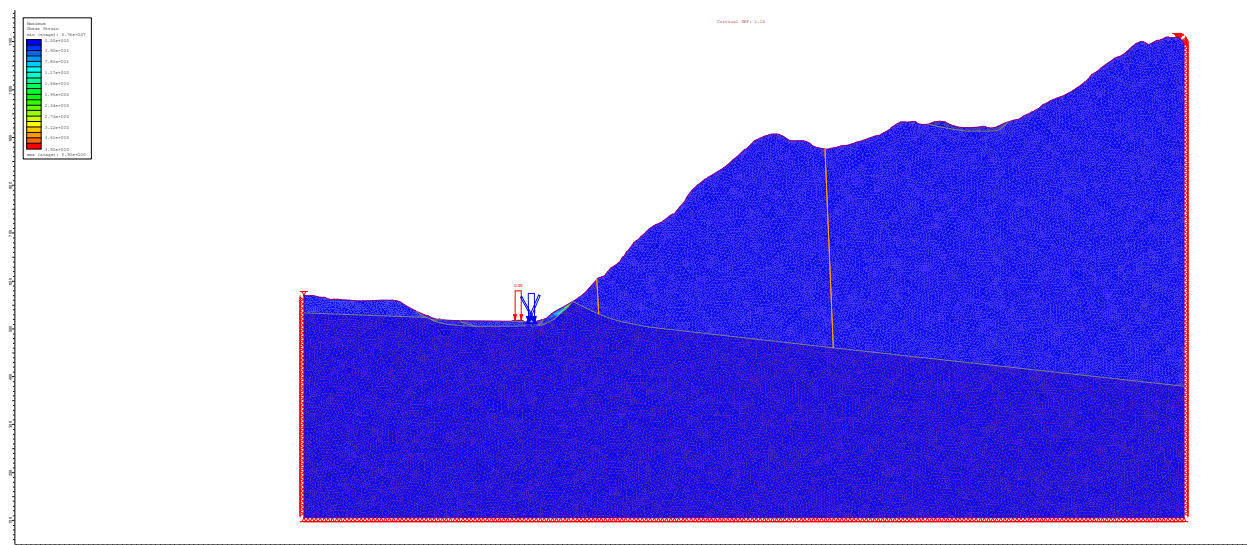


Bild D-20: Profil 2-1, Modell 1: Maximum Shear Strain.

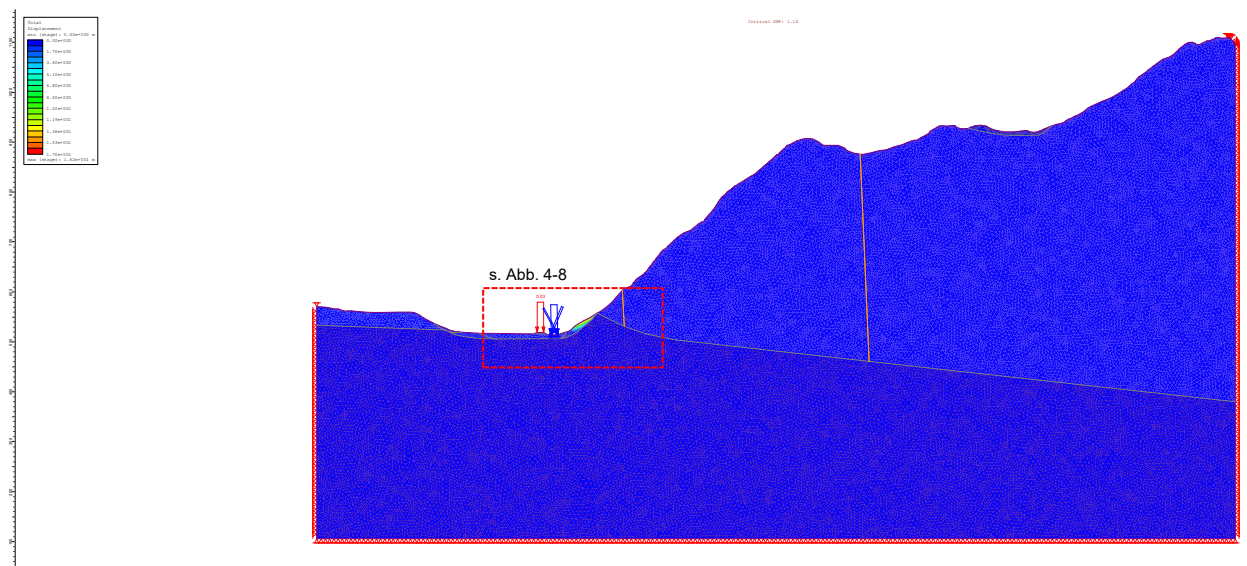


Bild D-21: Profil 2-1, Modell 1: Total Displacement.

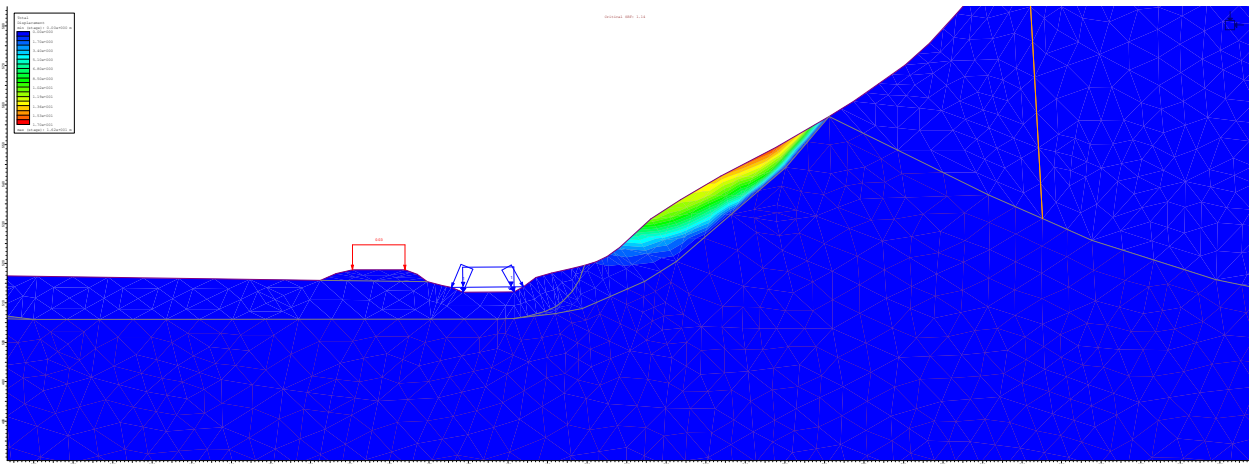


Bild D-22: Profil 2-1, Modell 1: Total Displacement (Detail).

Modell 2

Um die Standsicherheit des Gesamthanges weiter zu untersuchen, wurde im Modell 2 der Materialtyp des Hangschuttes als elastisch angesetzt. Hierdurch ergibt sich eine potentielle kritische Gleitfläche durch die Gesamtböschung. Der dahinterliegende Berg ist nicht beeinflusst. Zusätzlich wurden in dem Modell die beiden Störungen als explizite Trennflächen integriert. Geotechnische Kennwerte zu den Störungen lagen nicht vor. Als Gleitkriterium wurde Mohr-Coulomb gewählt und Reibungswinkel $\varphi = 20^\circ$ und $c = 0$ angesetzt. Die Berechnung zeigt, dass die maximalen Scherverformungen in einer gekrümmten Bahn tiefer als die Talsohle verlaufen und am Böschungsfuß austreten. Die größten Verschiebungen liegen am Böschungsfuß im Bereich der aufliegenden Hangablagerungen. Der errechnete Sicherheitsfaktor beträgt 1,71.

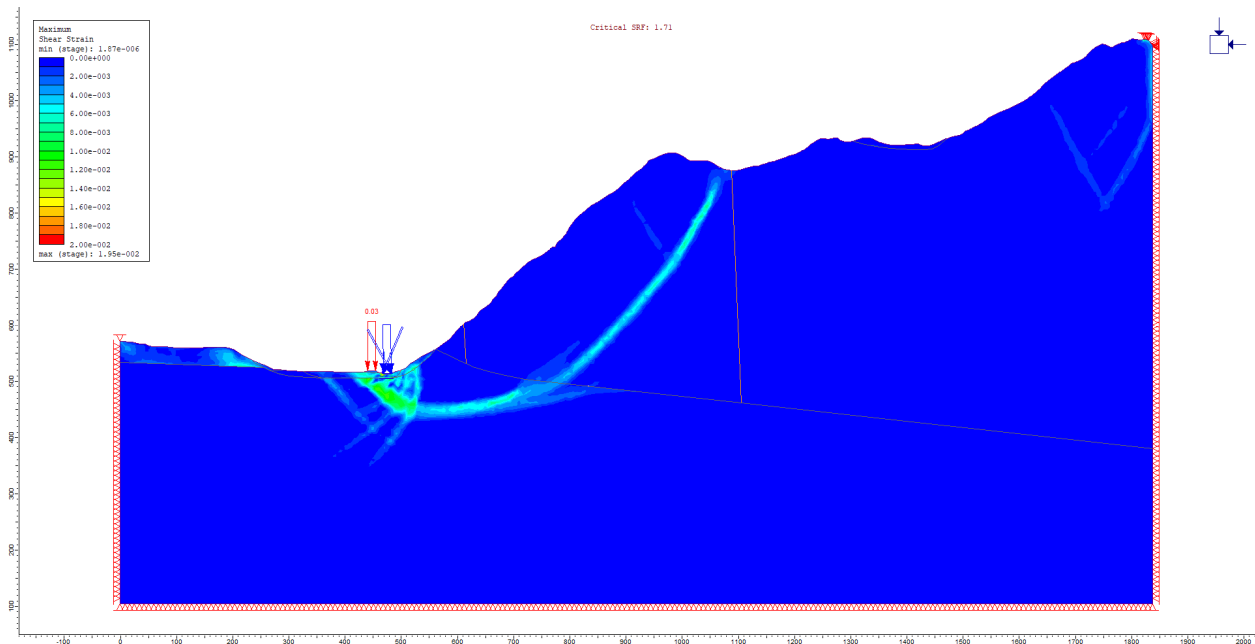


Bild D-23: Profil 2-1, Modell 2: Maximum Shear Strain (SRF = 1,72 zur deutlicheren Visualisierung der kritischen Gleitfläche).

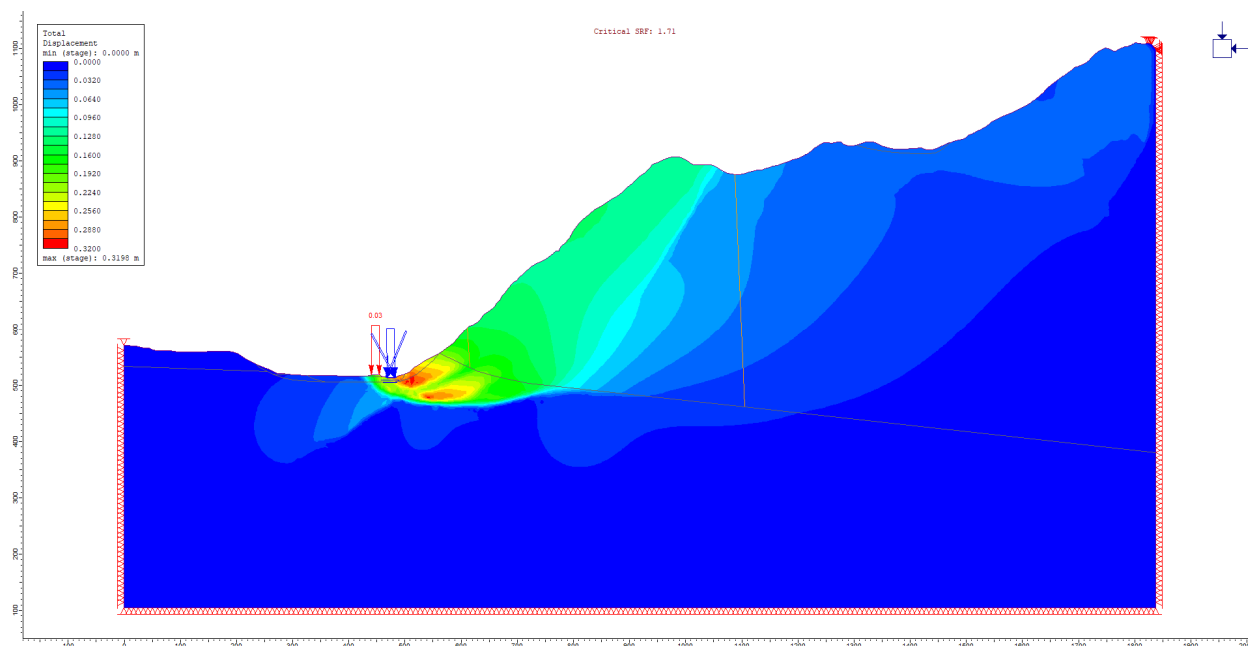


Bild D-24: Profil 2-1, Modell 2: Total Displacement.

D.3 Moseltal (Rheinland Pfalz)

Die Böschungen in den drei Profilschnitten an der Mosel stehen im Festgestein. Die Felswände werden durch Ton-, Silt- und Sandsteine der Oberen Bänderschiefer und Nellenköpchen-Schichten gebildet. Da die Schichten verfault sind, sind die Lagerungsverhältnisse in den einzelnen Profilen sehr unterschiedlich. Es kommt daher zu Variationen der Trennflächenorientierungen und deren relativen Orientierung zur Böschung entlang der Mosel. Insgesamt ist in allen Profilen ein ausgeprägtes Trennflächensystem dokumentiert.

D.3.1 Profil 3-1

Die Gesteine der Böschung im Profil 3-1 gehören zu den Oberen Bänderschiefern und setzen sich lithologisch aus Ton- und Bänderschiefer mit Sandstein-Einlagerungen zusammen. Etwa 800 m östlich wurde dem Hang von Profil 3-1 im Jahr 2015 ein Sturzprozess dokumentiert.

Kinematische Analyse

Das Profil liegt bei Messpunkt F128. Die Böschungsneigungen wurden an den Profilschnitten ermittelt. Die durchschnittliche Neigung der Gesamtböschung beträgt 41° , lokal lassen sich bis 58° aus dem Profil ablesen. Die Einfallsrichtung der Böschung liegt bei etwa 170° S, zeigt aber lokale Variationen. Die Reibungswinkel auf Trennflächen in Schiefergestein werden. Für die Analyse wurde der ungünstigste Wert von $\varphi = 25^\circ$ als konservativer Ansatz gewählt. Konkrete Werte für die analysierten Schichten lagen nicht vor.

Die Schichtflächen fallen in die Böschung ein. Klüfte sind an dem Messpunkt nicht dokumentiert. Dies schränkt die Aussagekraft der Ergebnisse stark ein und ermöglicht keine verlässliche Strukturanalyse. Gemäß den Daten zeigt sich für die Böschung bei einer Neigung von 58° kein Blockgleiten oder Kippen. Felskeile können sich mangels weiterer Trennflächenscharen nicht bilden.

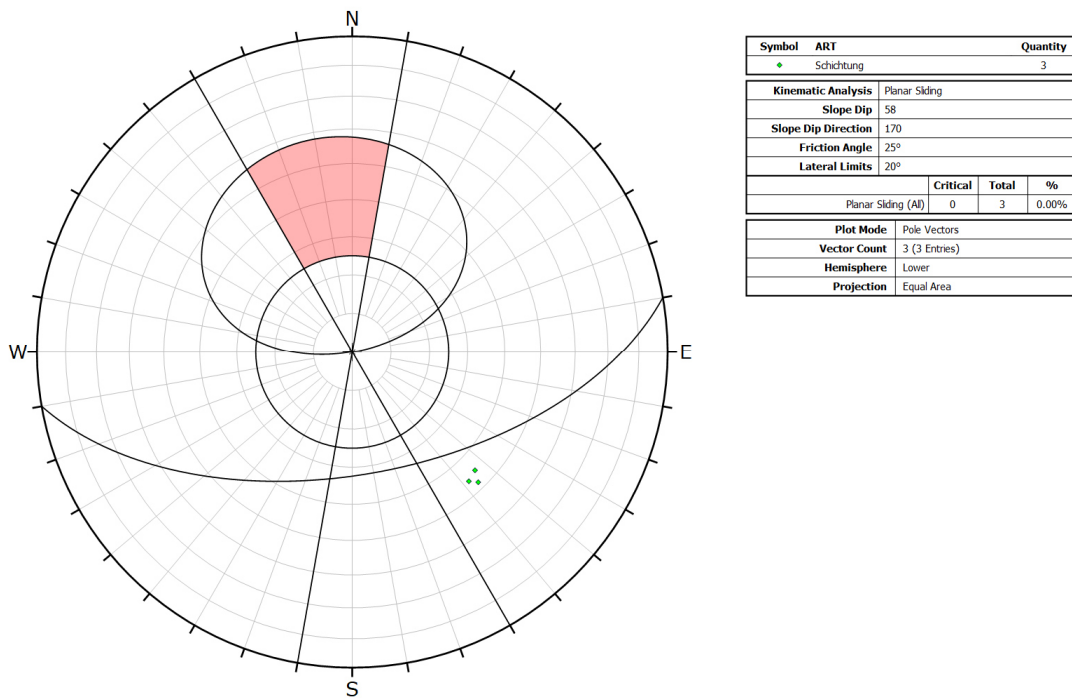







Bild D-25: Polpunktdiagramm Profil 3-1, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 58°.

Numerisches Modell

Da es zunächst Randeffekte an der Basis des Modells gab, wurde das Profil für das geotechnische Modell entsprechend in die Tiefe verlängert. Für die Standsicherheit relevant sind die Schichten des Oberen Bänderschiefer. Die Gesteine der Singhofen-Schichten sind im Modell integriert, liegen jedoch nur im Tal und bauen den gegenüberliegenden Hang auf. Die Oberen Bänderschiefer wurden hierbei wie Tonschiefer eingestuft, es wurde also eher von ungünstigen Kennwerten ausgegangen. Auch wenn sie kompakter und sandiger sind, wurden für die Singhofen-Schichten mit Ausnahme der Dichte gleiche Parameter angenommen.

Einheit	Farbe	Dichte	E-Modul	Poisson-zahl	Kohäsion	Reibungs-winkel	GSI	m _i	UCS	Zug-fest.
	-	kg/m ³	GPa	-	MPa	°	-	-	MPa	MPa
Oberer Bänderschiefer		2.800	11,52	0,2	3,36	27,5	50	7	75	-
Singhofen Schichten		2.700	11,52	0,2	3,36	27,5	50	7	75	-
Auelehm		1.800	0,02	0,35	0,005	27,5	n.a.	n.a.	n.a.	0
Abschwemm-Massen		1.950	0,03	0,35	0,002	30	n.a.	n.a.	n.a.	0
Jüngere Niederterasse		2.000	0,08	0,35	0	35	n.a.	n.a.	n.a.	0

Tab. D-3: Boden- und Felsmechanische Kennwerte Profil 3-1.

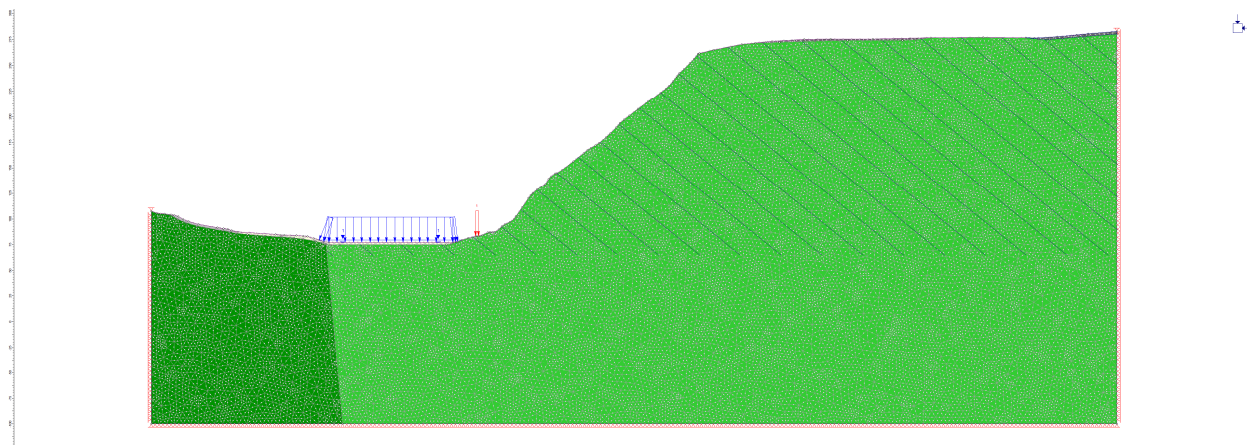


Bild D-26: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 3-1.

Modell 1

Im ersten Modell zeigten sich Scherverformungen in den Lockergesteinen an der Mosel. Die Berechnungen ergaben einen $SRF = 1,48$ und sind damit unter den gemachten Annahmen zunächst als standsicher zu erachten. Zur Beurteilung des Gesamthanges wurde das Modell im zweiten Schritt modifiziert.

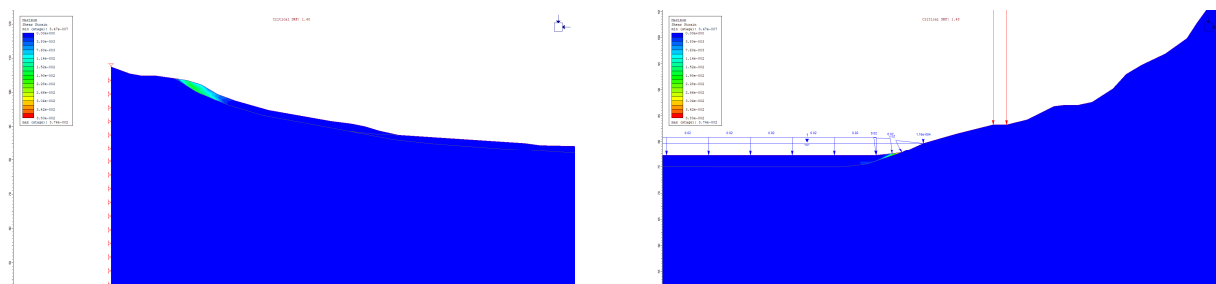


Bild D-27: Scherverformungen im Lockergestein.

Modell 2

Nach Ausschluss der Flussablagerungen in der Standsicherheitsbetrachtung durch Annahme eines elastischen Verhaltens der Lockergesteine im Moseltal ergibt sich eine kritische Gleitfläche in Form einer gekrümmten Bahn, die am unteren Teil der Böschung austritt. Bei der Betrachtung der Verformungen zeigen sich zunächst zwei Bereiche in der Böschung, in der höhere Relativverformungen auftreten. Im Versagensfall bei Überschreiten des SRF ergibt sich jedoch ein einziger, großräumiger Rutschkörper analog der an den Scherverformungen ersichtlichen kritischen Gleitfläche. Der SRF beträgt $3,23$.

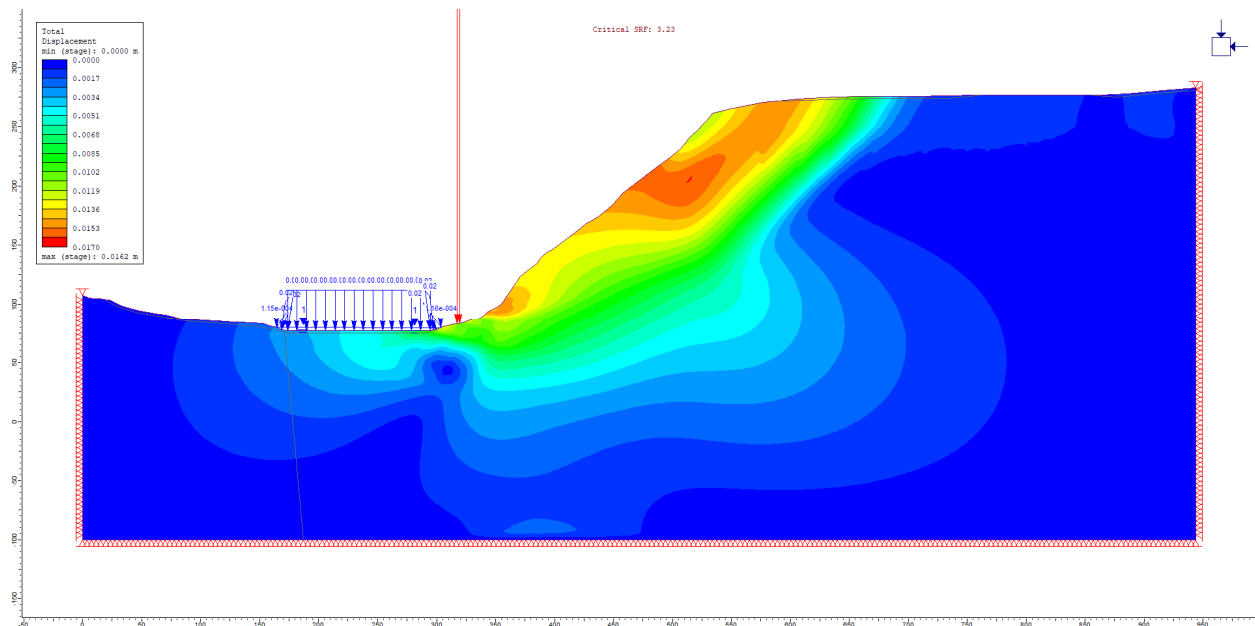


Bild D-30: Profil 3-1 Total Displacement.

Modell 3

Mit einem dritten Modell wurde der Einfluss der ausgeprägten Schichtung untersucht. Auch wenn die Durchtrennung des Gebirges schon durch die Verwendung des GSI in das Hoek-Brown-Kriterium eingeht, wurde in dem Modell zusätzlich noch eine Anisotropie eingebaut: die Schichtung wurde als „Klüftung“ (hier eher im Sinne von Durchtrennung) mit einem Winkel von 45° nach rechts einfallend im Bänderschiefer abgebildet. Wie in der kinematischen Beurteilung wurde ein Reibungswinkel $\varphi = 25^\circ$ angenommen, sowie eine Kohäsion $c = 50$ kPa. Der relativ hohen Werte der Kohäsion von $c = 50$ kPa ist der Tatsache geschuldet, dass die Schichtflächen in ihrer Geometrie gebogen und gewellt sind und damit einen deutlich höheren Verzahnungsgrad besitzen. Zudem werden sich die einzelnen Flächen nicht unendlich durch die hohe Böschung erstrecken.

Als Ergebnis dieser Betrachtung zeigt sich eine deutliche Reduzierung des SRF auf 2,56. Die Gleitbahn hat eine geradlinigere Form als im Modell 2.

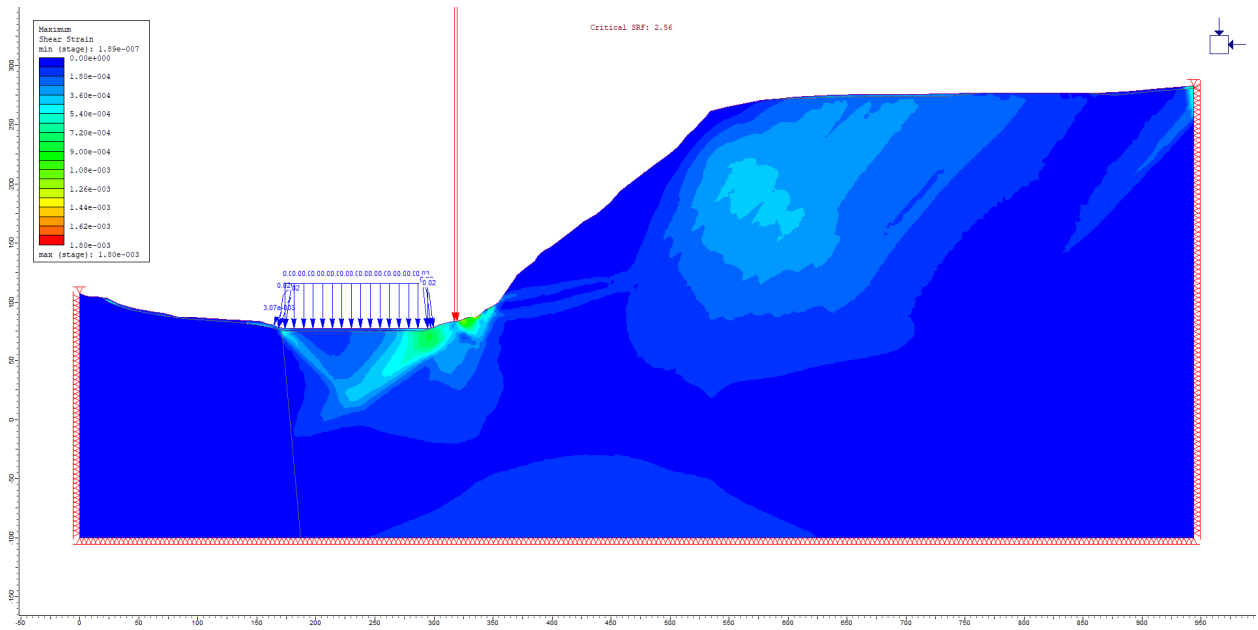


Bild D-31: Profil 3-1 Maximum Shear Strain.

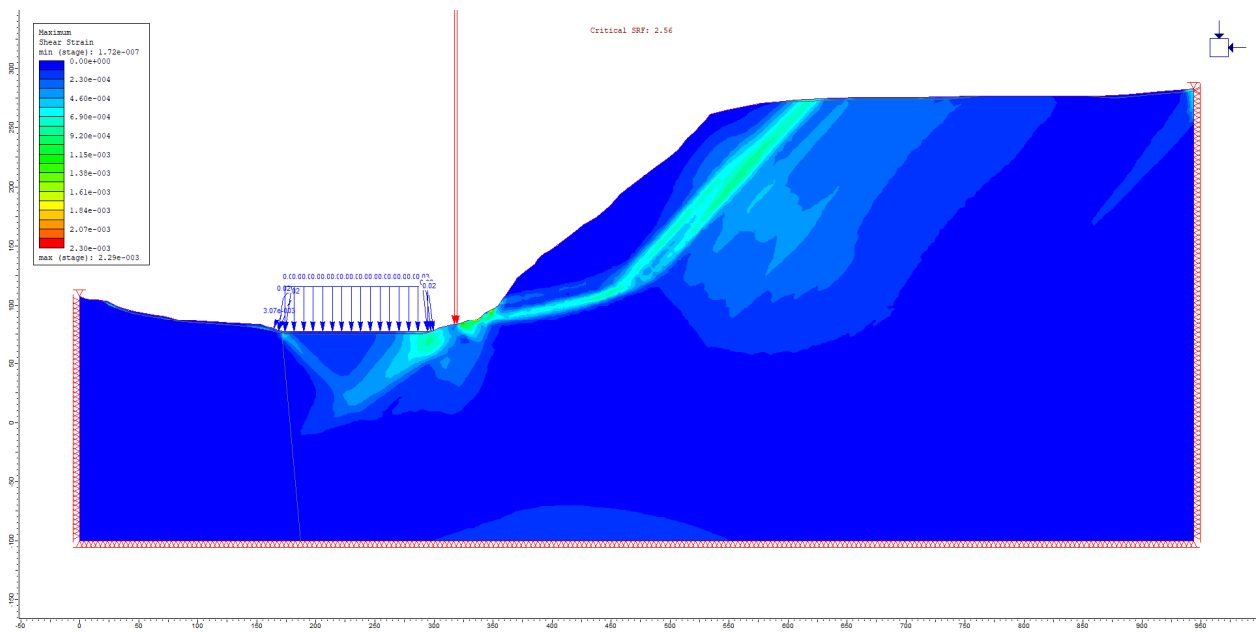


Bild D-32: Profil 3-1 Maximum Shear Strain (dargestellt mit SRF 2,57 für deutlichere Visualisierung der potentiellen Gleitbahn).

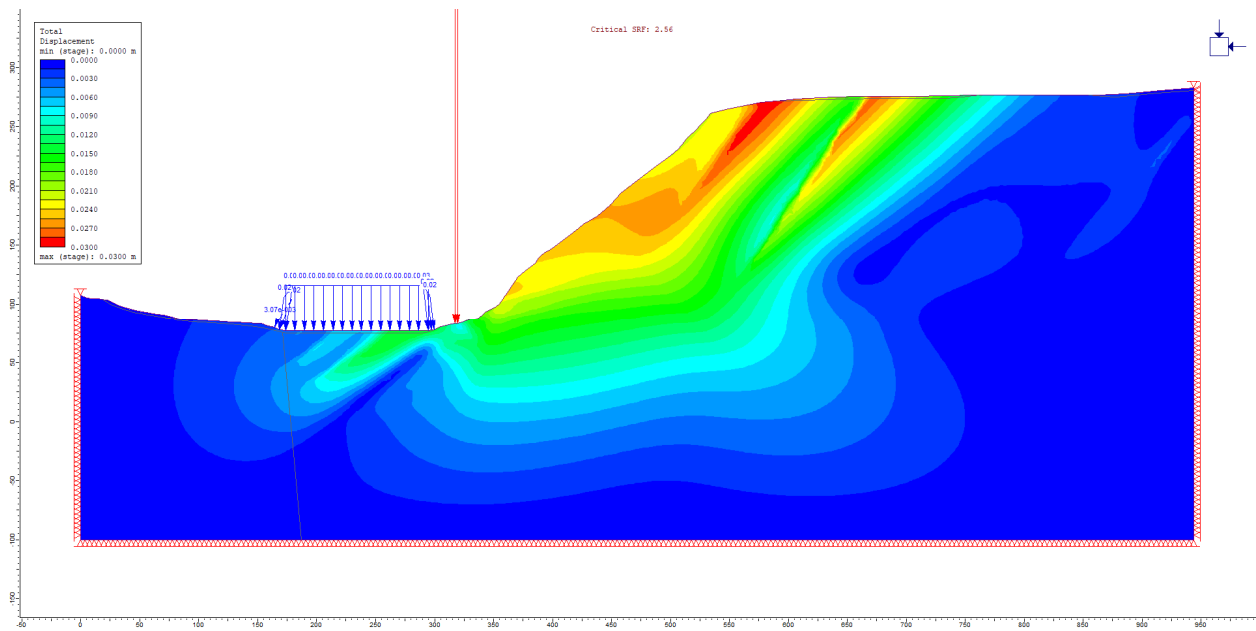


Bild D-33: Profil 3-1 Total Displacement.

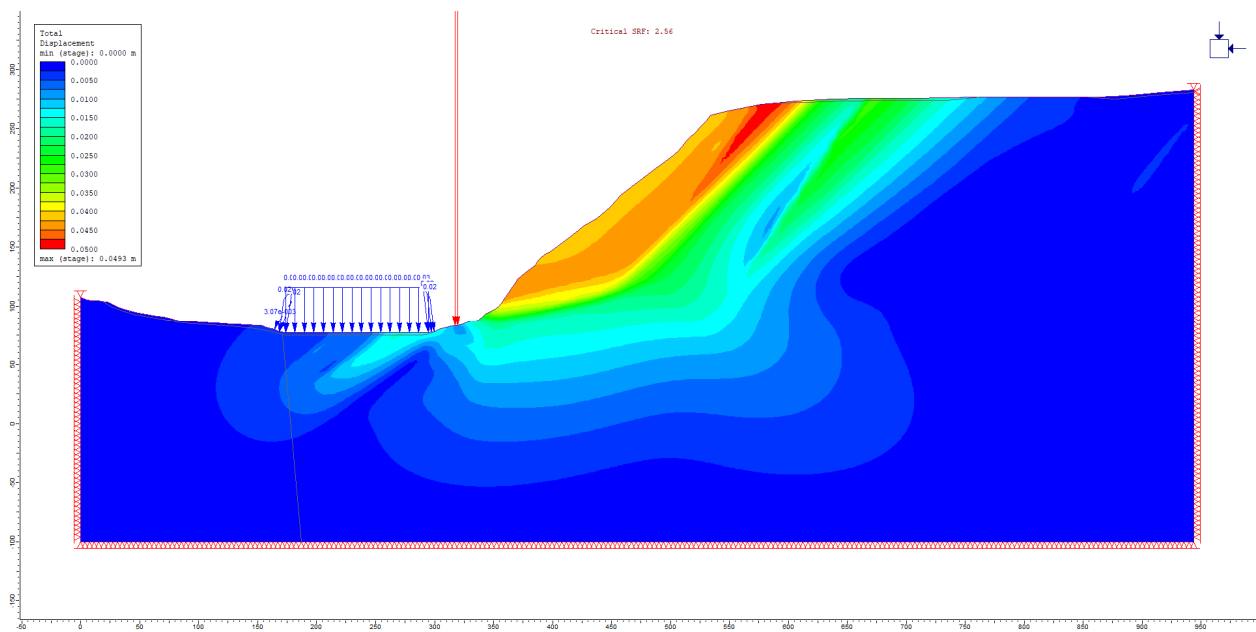


Bild D-34: Profil 3-1 Total displacement (dargestellt mit SRF 2,57 für eine deutlichere Visualisierung der potentiellen Rutschmasse).

D.3.2 Profil 3-2

Die Gesteine der Böschung gehören zu den Nellenköpfchen-Schichten und setzen sich lithologisch aus Tonschiefer und Sandstein zusammen.

Kinematische Analyse

Das Profil liegt bei Messpunkt F131. Die Böschungsneigungen wurden an den Profilschnitten ermittelt. Die durchschnittliche Neigung der Gesamtböschung beträgt 40°. Bei Messpunkt F131 wird eine Böschungsneigung bis 60-70° mit max. 80° steilen Böschungsflächen beschrieben. Die Einfallsrichtung der Böschung liegt bei etwa 220-240° SW, zeigt aber lokale Variationen. Die Höhe der Böschung beträgt etwa 215 m. Für die Analyse wurde der ungünstigste Wert von $\varphi = 25^\circ$ als konservativer Ansatz gewählt. Konkrete Werte für die analysierten Schichten lagen nicht vor.

Die Schichtflächen fallen in F131 steil und diagonal zur Böschung ein. Die Polpunktprogramme zeigen zusätzlich eine orthogonal zur Schichtung orientierte, steil bis saiger stehende und parallel zur Böschung streichende Kluftschar (K1), sowie eine flach in Richtung der Böschung einfallende Kluftschar (K2).

Die Analyse der Trennflächen für einen Hang mit einer Neigung von 40° zeigt:

- Kein Blockgleiten
- Kein Keilgleiten
- Kippen auf Kluft K2 bzw. „Oblique Toppling“ ist je nach Kluftkörpergeometrie möglich (siehe Diskussion weiter unten)

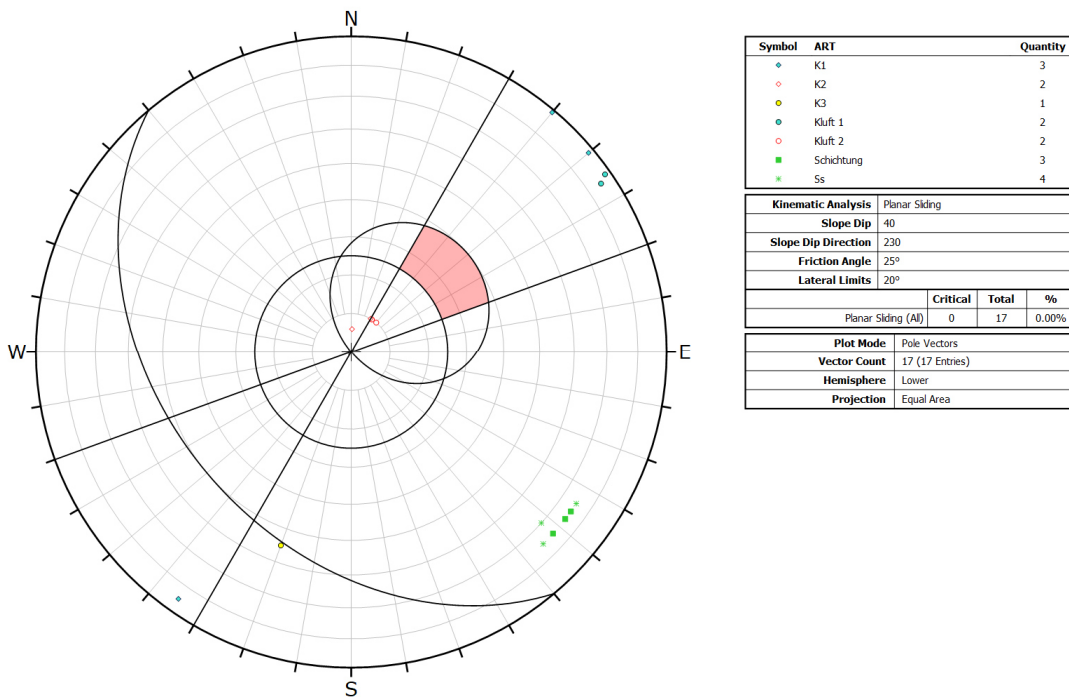


Bild D-35: Polpunktprogramm Profil 3-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 40°.

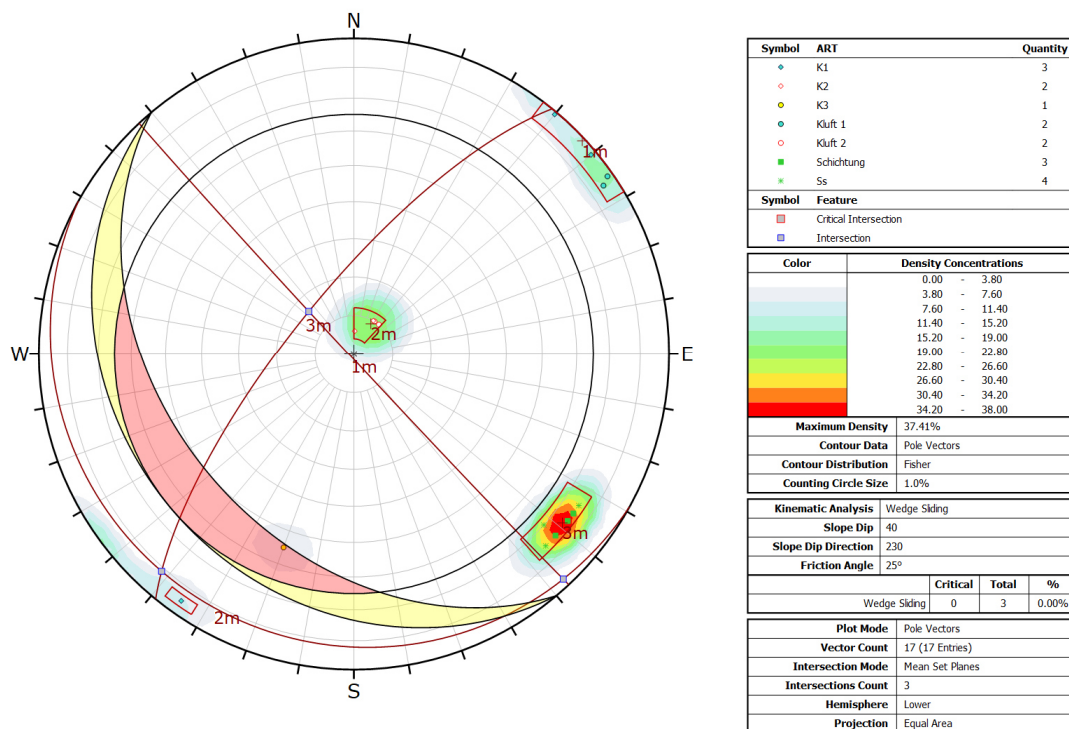
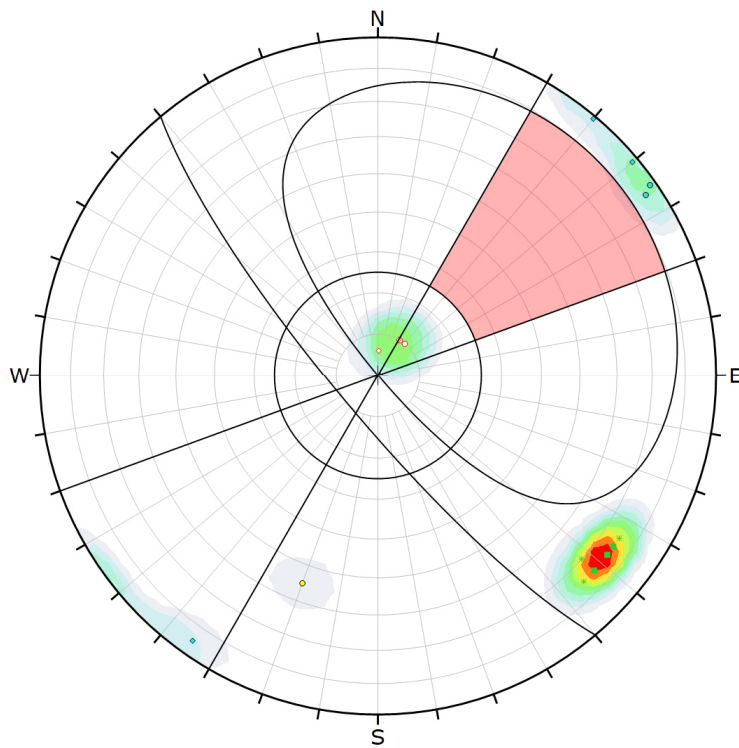


Bild D-36: Polpunktendiagramm Profil 3-2, Auswertung Keilgleiten für eine Böschungsneigung von 40°.

Als zusätzliches Szenario wurde eine 80° steile Böschung betrachtet. Auch hier zeigt sich

- Kein Blockgleiten
- Kein Keilgleiten
- Kippen auf Kluff K2 bzw. „Oblique Toppling“ ist je nach Kluffkörpergeometrie möglich

Zum Kippen eines einzelnen Blockes kann es dann kommen, wenn seine Höhe größer als seine Breite ist, und die Neigung der Standfläche so groß ist, dass der Gewichtsvektor W des Blockes außerhalb seiner Basisfläche liegt, also $b/h < \tan \psi$ ist (mit b = Blockbreite, h = Blockhöhe und ψ = Neigung der Basisfläche). Der Block führt eine Rotation um seine unterste Kontaktkante aus. Ist der Reibungswinkel kleiner als der Neigungswinkel der Standfläche ($\varphi < \psi$), so führt dies gleichzeitig zu einem Rutschen des Blockes. In dem untersuchten Fall ist $\varphi > \psi_{(K2)}$, so dass kein gleichzeitiges Rutschen erfolgt. Im Aufschluss F131 sind die Kluffkörper sehr plattig ausgebildet, so dass weniger ein Kippen, sondern ein Knicken und Brechen der fast senkrecht stehenden Platten vermutet werden kann. Dieser Aspekt wurde im numerischen Modell näher untersucht.



Symbol	ART	Quantity
◆	K1	3
◇	K2	2
●	K3	1
○	Kluft 1	2
○	Kluft 2	2
■	Schichtung	3
*	Ss	4

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.80
	3.80 - 7.60
	7.60 - 11.40
	11.40 - 15.20
	15.20 - 19.00
	19.00 - 22.80
	22.80 - 26.60
	26.60 - 30.40
	30.40 - 34.20
	34.20 - 38.00

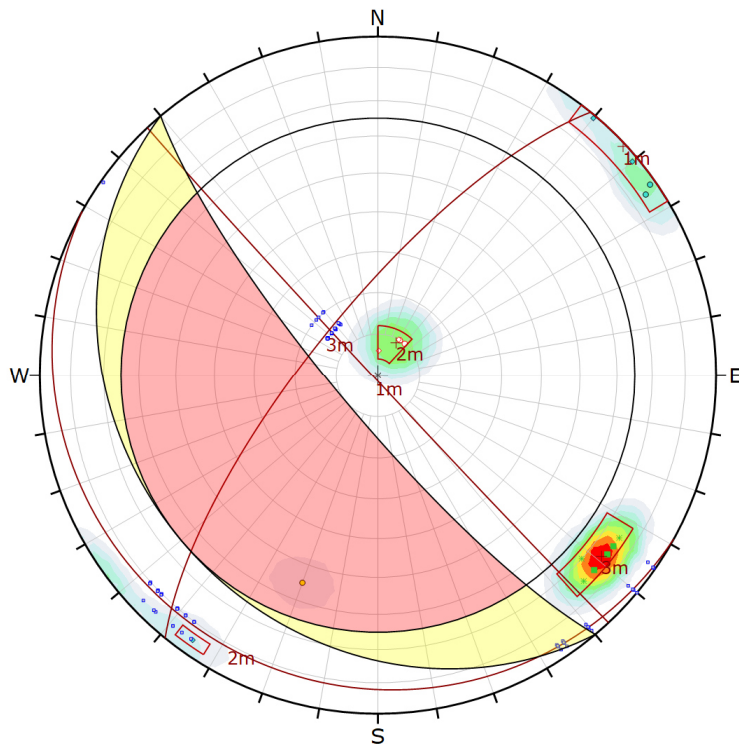
Maximum Density	37.41%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	80
Slope Dip Direction	230
Friction Angle	25°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	17	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	17 (17 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

Bild D-37: Polpunktdiagramm Profil 3-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 80°.



Symbol	ART	Quantity
◆	K1	3
◇	K2	2
●	K3	1
○	Kluft 1	2
○	Kluft 2	2
■	Schichtung	3
*	Ss	4

Symbol	Feature
■	Critical Intersection
*	Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.80
	3.80 - 7.60
	7.60 - 11.40
	11.40 - 15.20
	15.20 - 19.00
	19.00 - 22.80
	22.80 - 26.60
	26.60 - 30.40
	30.40 - 34.20
	34.20 - 38.00

Maximum Density	37.41%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	80
Slope Dip Direction	230
Friction Angle	25°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	0	83	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	17 (17 Entries)
Intersection Mode	All Set Planes
Intersections Count	83
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

Bild D-38: Polpunktdiagramm Profil 3-2, Auswertung Keilgleiten für eine Böschungsneigung von 80°.

Grenzgleichgewichtsberechnungen

Auf Grund der geometrischen Situation mit in Richtung der Böschung sehr flach einfallenden Klüften K2, und der als hintere Begrenzung der Blöcke (und als evtl. Zugriss) dienenden K1 sowie der seitlichen Begrenzung durch die steil stehenden Schichtflächen ergeben sich Klufkörper, bei denen zusätzliche Kräfte möglicherweise zu einem Blockgleiten führen könnten. Um dies näher zu untersuchen, wurden Grenzgleichgewichts-(LE-)Berechnungen durchgeführt. Entsprechend der Trennflächenanalyse wurde ein mögliches Blockgleiten auf K2 detaillierter analysiert.

Szenario 1:

Annahmen: Böschungsneigung 40° , Gleitflächeneinfallswinkel $\psi = 10^\circ$, $\varphi = 25^\circ$, $c = 0$

Der Standsicherheitsfaktor beträgt $FOS = 2,64$ (mit und ohne einen Zugriss durch K1). Damit ist der Block unter Berücksichtigung der Trennflächenorientierung standsicherheitstechnisch zunächst als rechnerisch deutlich stabil einzuschätzen. Auch Berechnungen mit einer steileren Neigung der Böschung führen nicht grundsätzlich zu einer Verringerung der Standsicherheit.

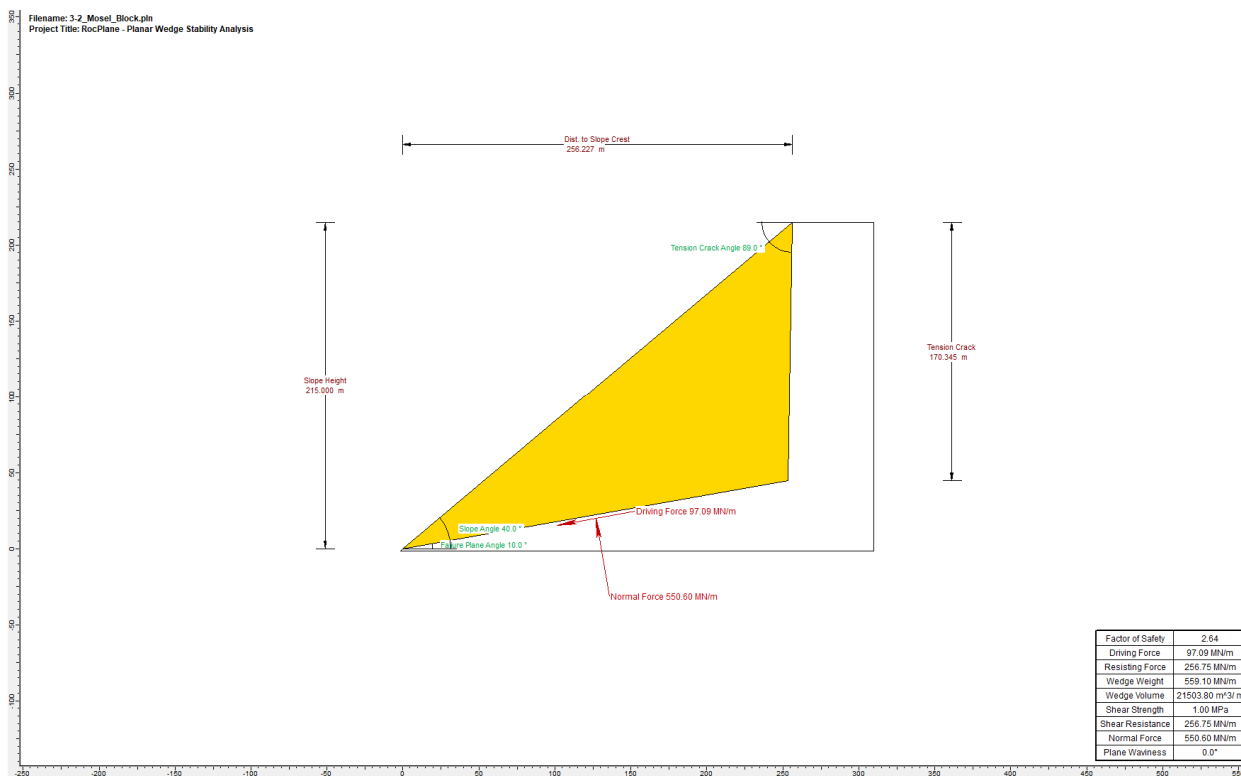


Bild D-39: Geometrie des potentiellen planaren Gleitblockes für Profil 3-2.

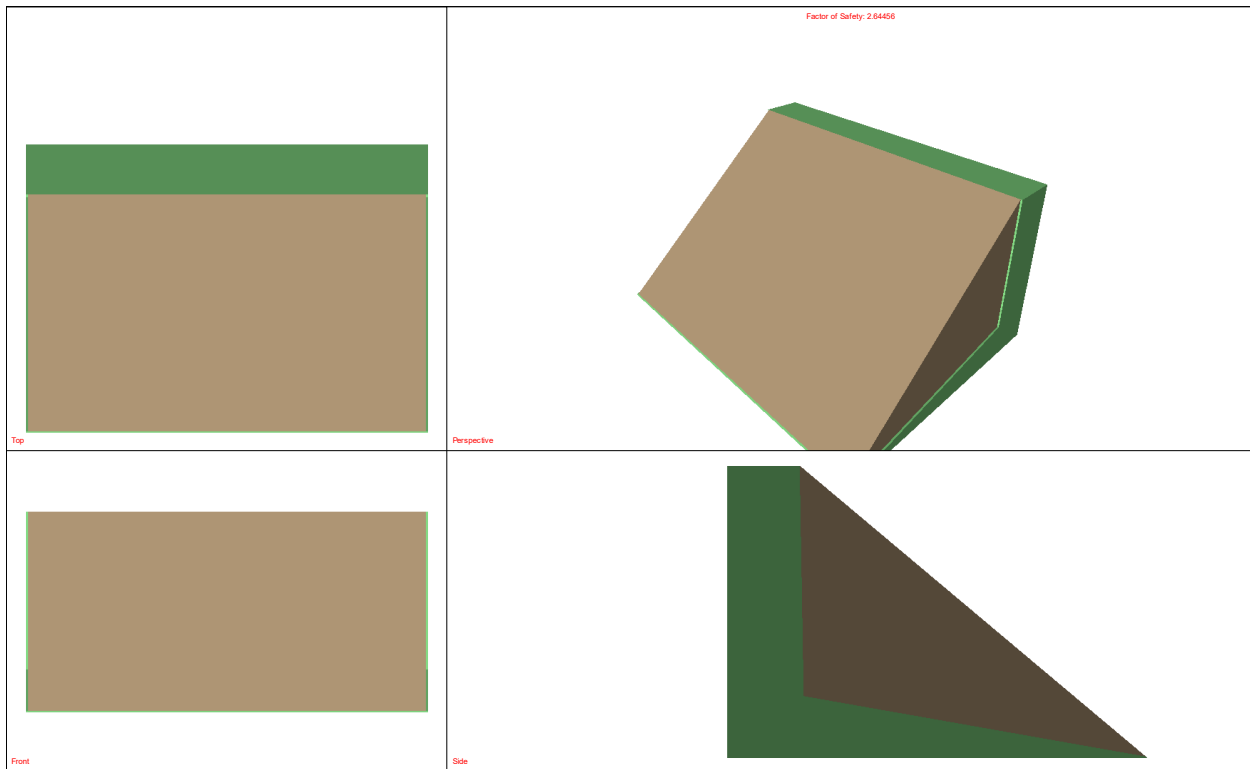


Bild D-40: Visualisierung des potentiellen Gleitblockes mit angenommenem ungünstigen Zugriss direkt am Böschungskopf.

Szenario 2 und 3

Anders sieht dies aus, wenn zusätzlich Wasserdruck berücksichtigt wird. Sollte sich im Zugriss ein Wasserdruck aufbauen, so führt dies je nach Füllstand zu einer deutlichen Verringerung der Standsicherheit. Ein zur Hälfte mit Wasser gefüllter Zugriss (K1, 89°) würde zu einem verringerten Standsicherheitsfaktor von $FOS = 1,98$ führen. Bei einem vollständig mit Wasser gefülltem Zugriss (K1, 89°) ist der $FOS = 1,11$.

Weitere Berechnungen mit steileren Böschungsneigungen haben dazu geführt, dass die Böschung bedingt durch den Wasserdruck instabil wird und die Standsicherheit eventuell nicht mehr gegeben ist. Folgende Ergebnisse wurden berechnet:

Böschungsneigung 60° :

- Mit 50% Wassergefülltem Zugriss (K1, 89°): $FOS = 1,67$
- Mit vollständig Wassergefülltem Zugriss (K1, 89°): $FOS = 0,76$





Böschungsneigung 80° :

- Mit 50% Wassergefülltem Zugriss (K1, 89°): $FOS = 0,91$
- Mit vollständig Wassergefülltem Zugriss (K1, 89°): $FOS = 0,25$

Die Berechnungen zeigen, dass sich durch den Einfluss des Wasserdruckes instabile Klüftkörper bilden können und es zu einem Versagen kommen kann. Es ist jedoch einzuschränken, dass diese Szenarien von durchgängigen Trennflächen ausgehen, in der Praxis aber mit Materialbrücken zu rechnen ist. Zudem ist bei den Klüften zu bedenken, dass sie von ihrer Geometrie her voraussichtlich nicht komplett eben sondern gebogen oder wellig sind und damit einen deutlich höheren Verzahnungsgrad aufweisen, der ebenfalls stabilisierend wirkt. Dies sollte durch eine detailliertere Analyse der Trennflächen und möglichen Klüftkörper und der geotechnischen Eigenschaften vor Ort näher betrachtet werden.

Numerisches Modell

Die im Profil den Hang aufbauenden Nellenköpfchen-Schichten bestehen aus Sandstein- und Tonsteinlagen. Da für die Nellenköpfchen-Schichten keine charakteristischen Kennwerte vorlagen, wurden die selben Kennwerten wie bei den Singhofen-Schichten in Profil 3-1 angesetzt. Ebenfalls sind hier die ungünstigeren Parameter für Tonstein gewählt worden.

Einheit	Farbe	Dichte	E-Modul	Poisson- zahl	Kohäsion	Reibungs- winkel	GSI	m_i	UCS	Zug- fest.
	-	kg/m^3	GPa	-	MPa	$^\circ$	-	-	MPa	MPa
Nellenköpfchen-Schichten		2.700	11,52	0,2	3,36	27,5	50	7	75	-
Auelehm		1.800	0,02	0,35	0,005	27,5	n.a.	n.a.	-	0
Abschwemm-Massen		1.950	0,03	0,35	0,002	30	n.a.	n.a.	-	0
Jüngere Niederterasse		2.000	0,08	0,35	0	35	n.a.	n.a.	-	0

Tab. D-4: Boden- und Felsmechanische Kennwerte Profil 3-2.

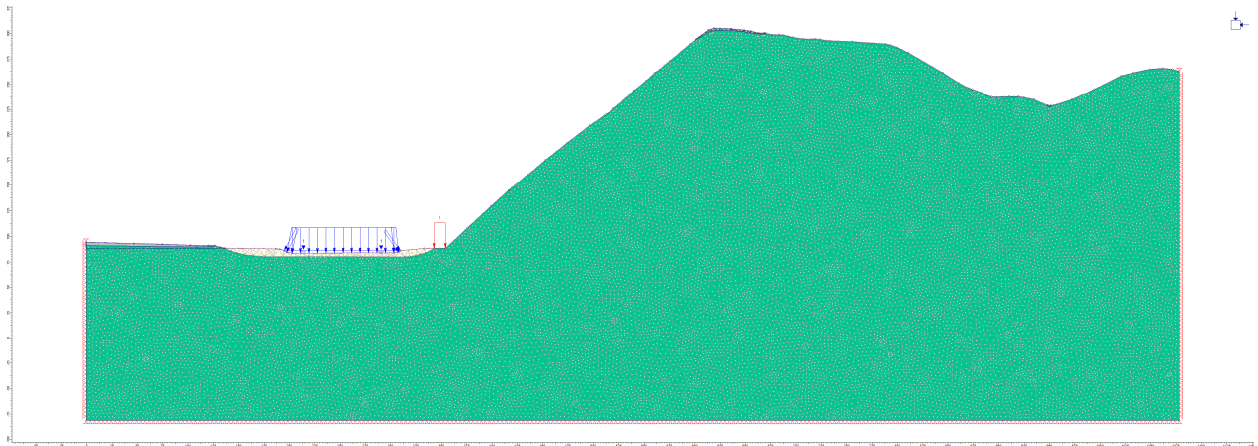


Bild D-41: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 3-2.

Modell 1

Bei der ersten Modellvariante stellte sich heraus, dass die potentielle kritische Gleitfläche am Böschungskopf in den auflagernden Lockergesteinen auftritt (Bild D-42 bis Bild D-44). Der Standsicherheitsfaktor war mit $SRF = 1,07$ gering und nicht ausreichend standsicher.

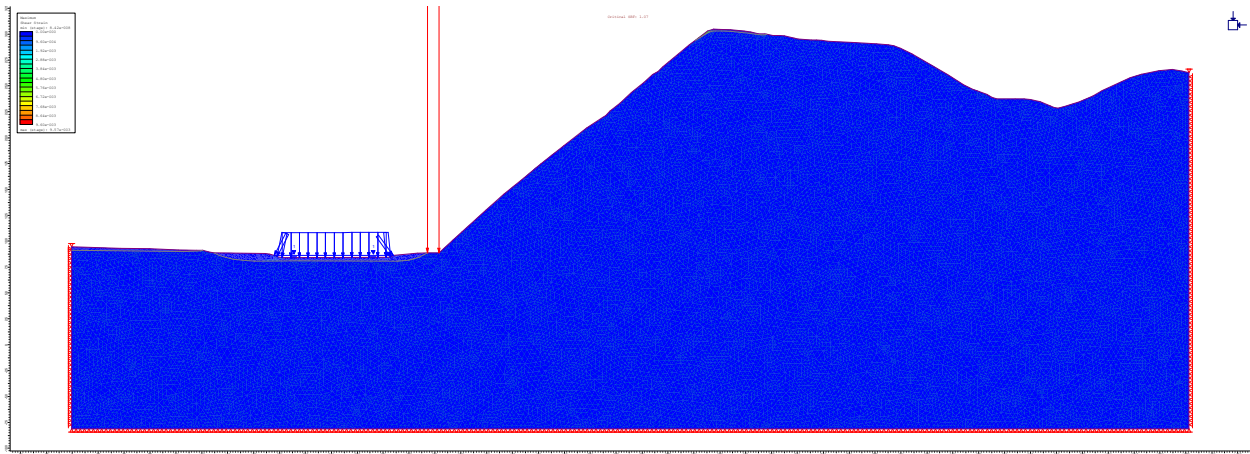


Bild D-42: Profil 3-2, Modell 1, Maximum Shear Strain.

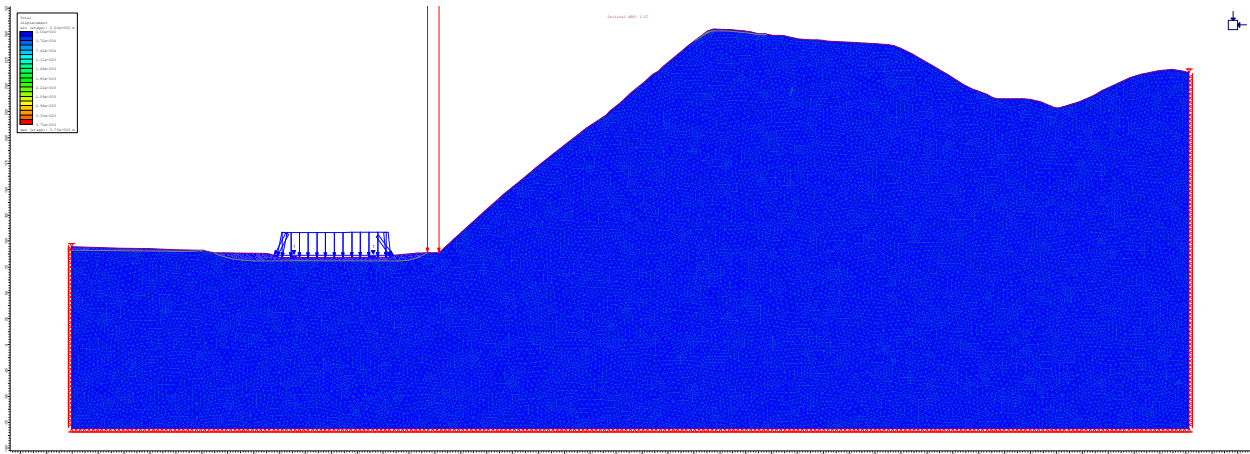


Bild D-43: Profil 3-2, Modell 1, Total displacement.

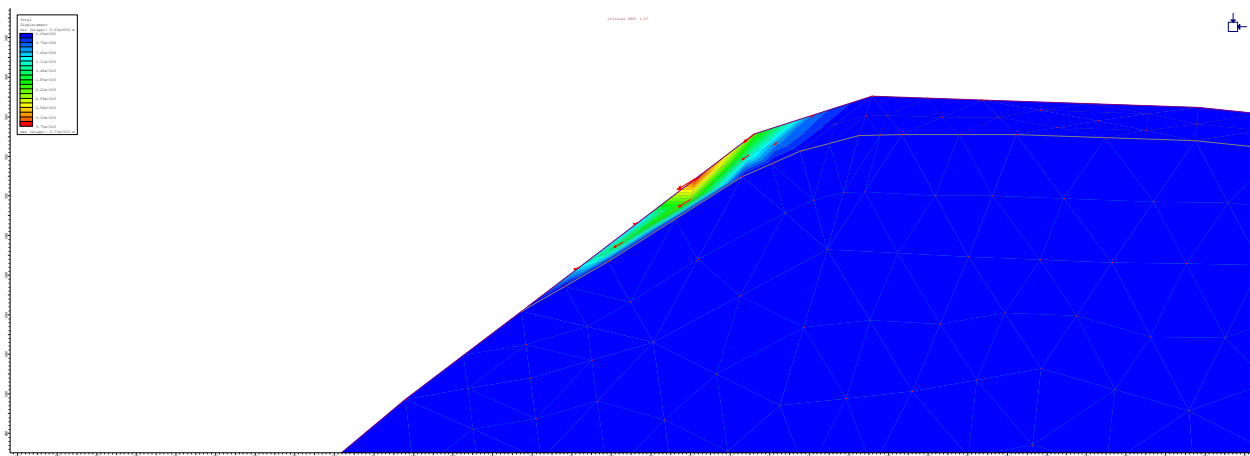


Bild D-44: Profil 3-2, Modell 1, Total displacement am Böschungskopf.

Modell 2

In einem zweiten Modell wurde das Lockermaterial von der Berechnung ausgeschlossen, um die Standsicherheit des Gesamthanges besser beurteilen zu können. Während die größten relativen Verformungen zunächst noch im oberen und mittleren Böschungsteil auftreten (Bild D-46), entsteht beim Versagensfall eine gekrümmte Gleitbahn durch die gesamte Böschung. Die größten Scherverformungen treten dabei am Böschungsfuß auf. Der berechnete SRF beträgt 2,59.

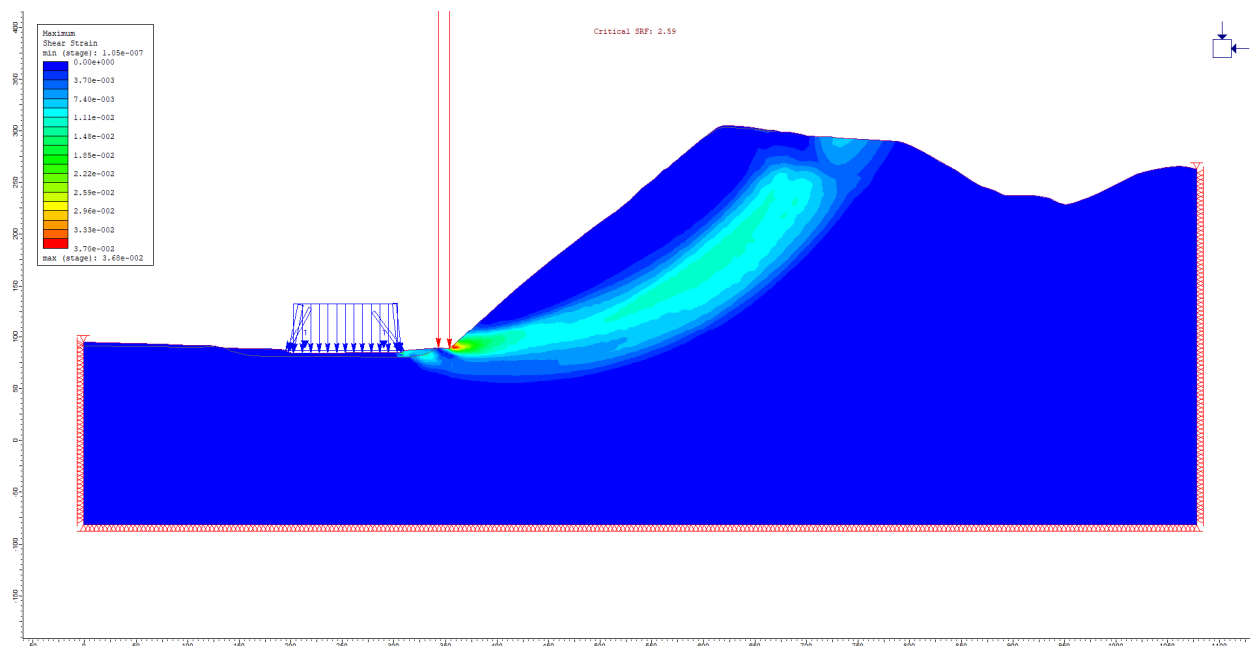


Bild D-45: Profil 3-2, Modell 2, Maximum Shear Strain (dargestellt mit SRF 2,60 für deutlichere Visualisierung des potentiellen Rutschkörpers).

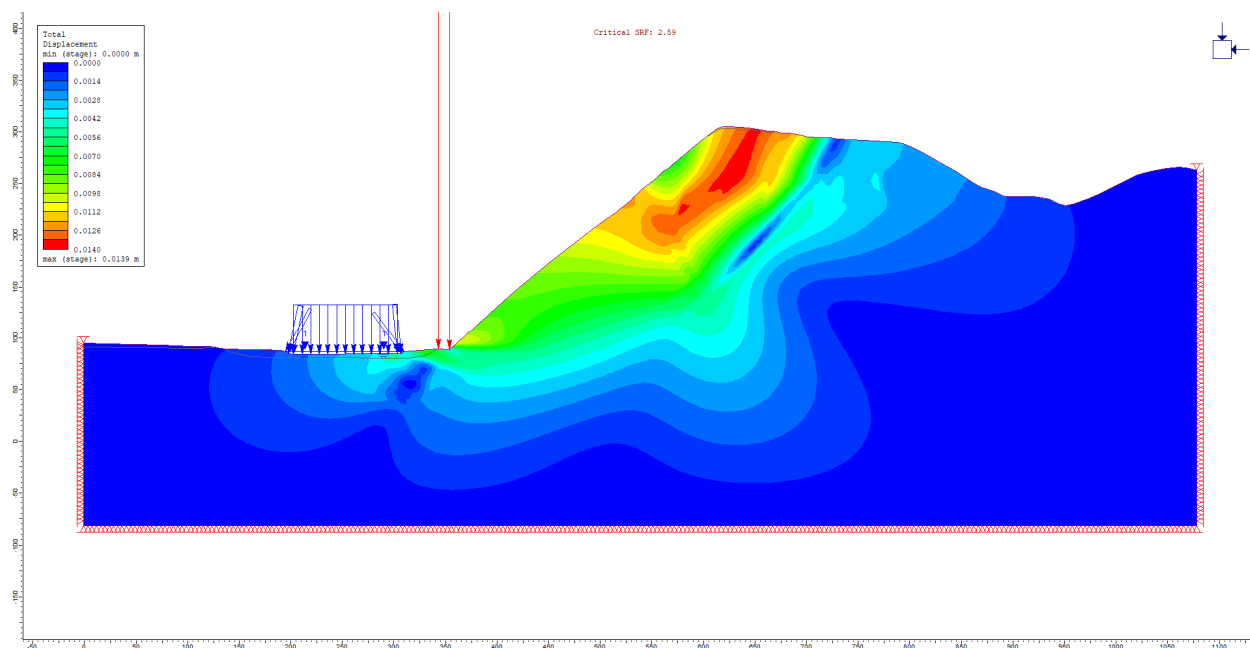


Bild D-46: Profil 3-2, Modell 2, Total displacement.

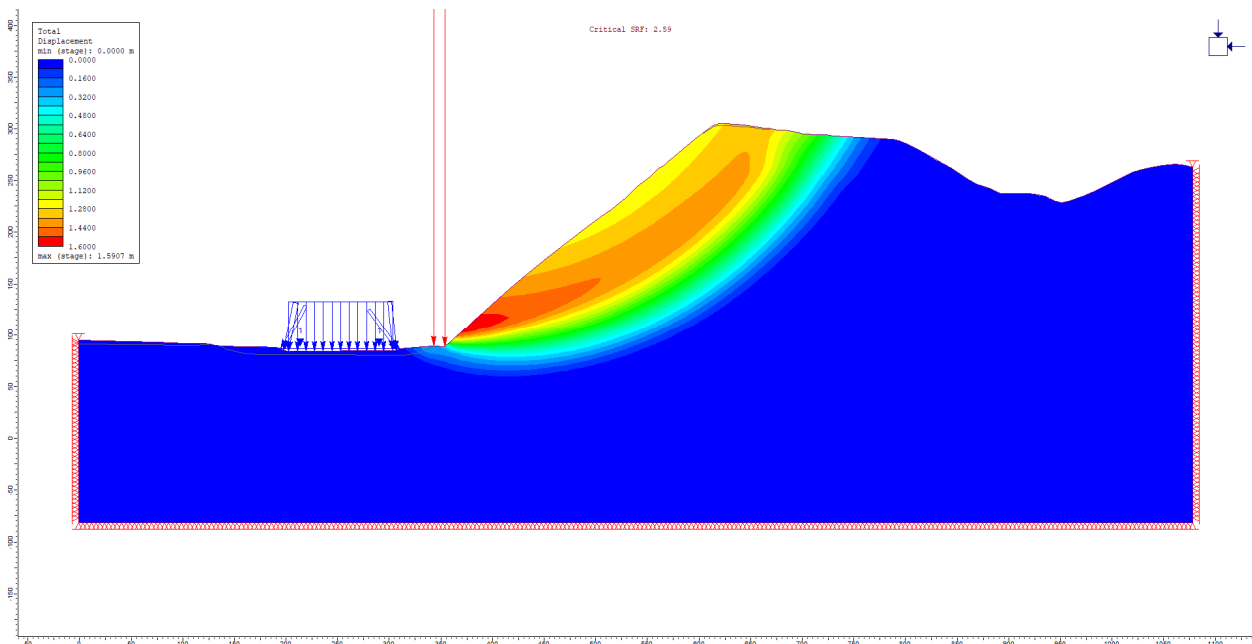


Bild D-47: Profil 3-2, Modell 2, Total displacement (dargestellt mit SRF 2,60 für deutlichere Visualisierung des potentiellen Rutschkörpers).

Modell 3

Um wie in Kapitel 0 angesprochen den Einfluss einer senkrecht stehenden Kluftschar K1 zu untersuchen, wurde in Modellvariante 2 eine zusätzliche Klüftung mit einem Einfallswinkel von 89°, einem Reibungswinkel $\phi = 30^\circ$ und einer Kohäsion $c = 50$ kPa integriert.

Der ermittelt Standsicherheitsfaktor liegt bei $SRF = 1,35$. Eine nähere Betrachtung der Berechnungsergebnisse unter anderem der Scherverformungen zeigt jedoch unplausible Resultate. Offenbar treten Effekte durch die annähernd senkrechte Klüftung im Modell auf, die dafür ursächlich sind, und noch eine nähere Prüfung erfordern.

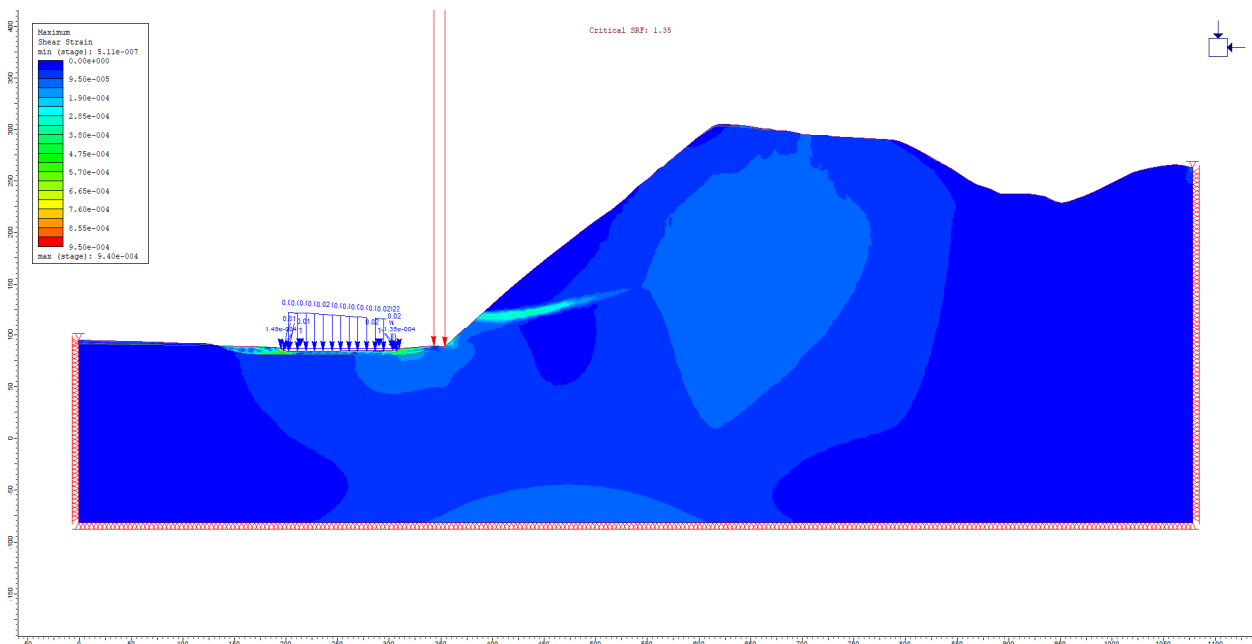


Bild D-48: Profil 3-2, Modell 3, Maximum Shear Strain.

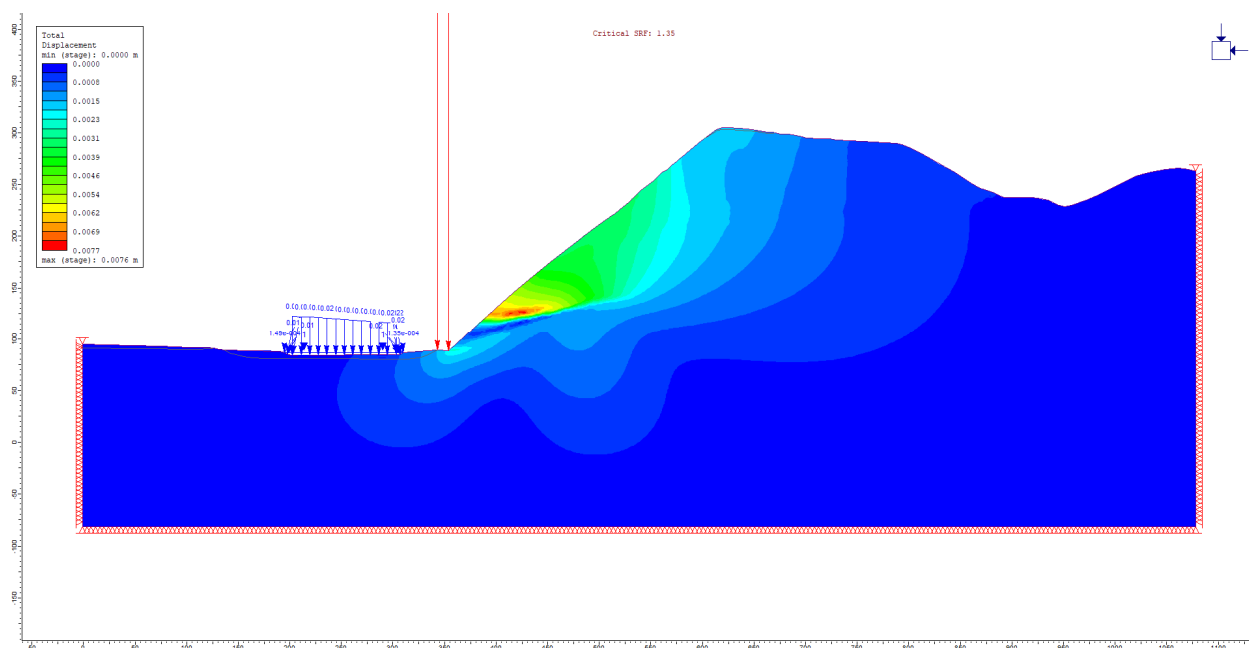


Bild D-49: Profil 3-2, Modell 3, Total displacement.

Modell 4

Eine vierte Berechnung entspricht dem Modell 2, jedoch wurde hier der GSI der Nellenköpfchen-Schichten aufgrund der Feldbeobachtungen angepasst und auf 40 reduziert. Als Resultat ergibt sich hierdurch eine geringfügige Reduktion der Standsicherheit auf SRF = 2,56.

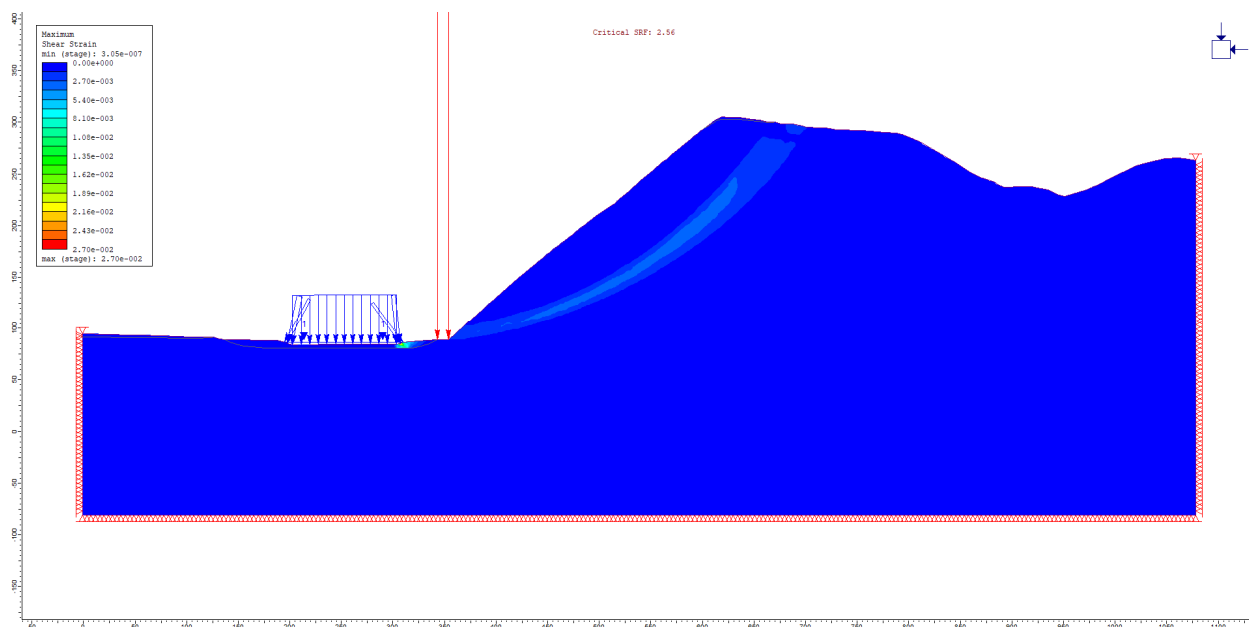


Bild D-50: Profil 3-2, Modell 4, Maximum Shear Strain (dargestellt mit SRF 2,57 für deutlichere Visualisierung der potentiellen Gleitbahn).

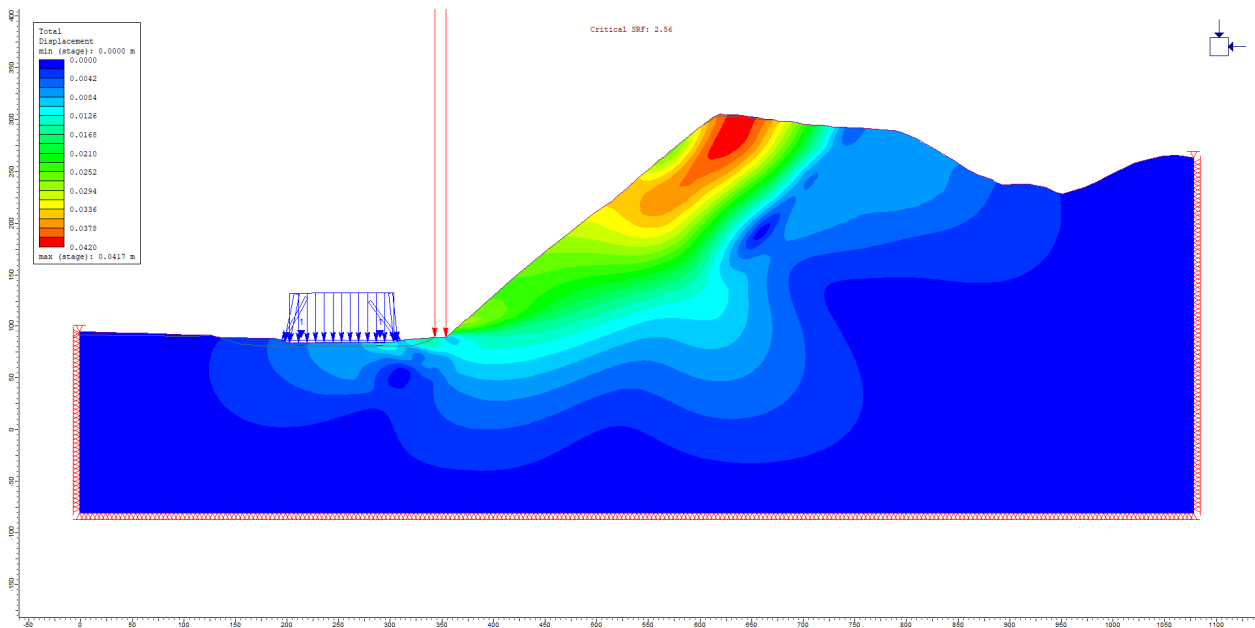


Bild D-51: Profil 3-2, Modell 4, Total displacement.

D.4 Sächsische Schweiz (Sachsen)

Die Böschungen in den drei Profilschnitten in der Sächsischen Schweiz stehen im Festgestein. Die Felswände werden durch Einheiten des Herrenleite-Sandsteins, Mittlerer Grünsandstein und/oder Oberer Grünsandstein gebildet. Bei allen dreien handelt es sich lithologisch um Quarzsandsteine. Der sächsische Sandstein ist jedoch ein relativ geringfestes Material. Insgesamt ist in allen Profilen ein ausgeprägtes Trennflächensystem vorhanden.

D.4.1 Profil 4-1

Kinematische Analyse

Das Profil liegt auf Messpunkt F139. Die Böschungsneigungen wurden an den Profilschnitten ermittelt. Die durchschnittliche Neigung der Gesamtböschung beträgt 38° , lokal lassen sich bis 58° aus dem Profil ablesen. Bei den Feldarbeiten wurden auch steilere Hänge mit $65-75^\circ$ (maximal 85°) dokumentiert. Die Einfallsrichtung der Böschung liegt bei etwa 204° (SSW). Konkrete Werte für die Reibungsparameter der Trennflächen lagen für die analysierten Schichten nicht vor.

Die Analyse der gemessenen Trennflächendaten zeigt flache, nahezu söhliche Schichtflächen mit einem Einfallswinkel $< 10^\circ$. Daher ist kein planares Gleiten auf den Schichtflächen gemäß kinematischer Betrachtung möglich. Allerdings kann ein Blockgleiten durch zusätzliche Kräfte (wie Wasserdruck, Auflasten) möglicherweise hervorgerufen werden.

Die Analyse der Trennflächen für einen Hang mit einer Neigung von 60° zeigt:

- Kein Blockgleiten
- Kein Keilgleiten (keine Keilbildung gemäß dokumentierter Trennflächen)
- Kippen auf den Schichtflächen ist je nach Kluftkörpergeometrie eventuell möglich, allerdings sind dafür erforderliche seitlich begrenzende Flächen nicht vorhanden/dokumentiert

Eine Veränderung des Reibungswinkels der Trennflächen im Sandstein hat keinen relevanten Einfluss.

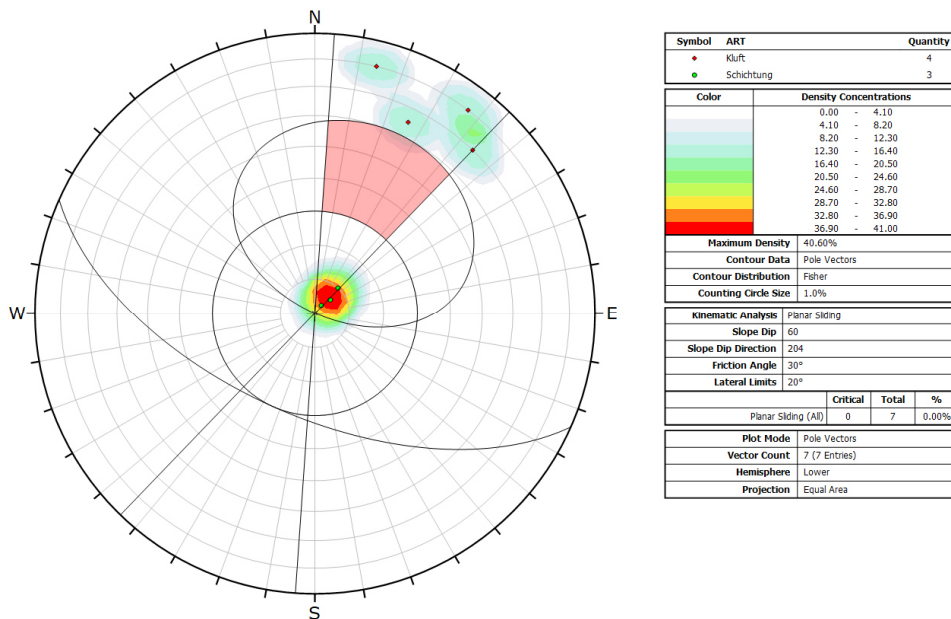


Bild D-52: Polpunktdiagramm Profil 4-1, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 60°

Die Analyse der Trennflächen für einen steileren Hang mit einer Neigung von 75° zeigt:

- Blockgleiten auf einzelnen der erfassten Klüfte wäre möglich, allerdings sind dafür erforderliche seitliche begrenzende Flächen nicht vorhanden/dokumentiert
- Kein Keilgleiten (keine Keilbildung gemäß dokumentierter Trennflächen)
- Kippen auf den Schichtflächen ist je nach Klufkörpergeometrie eventuell möglich, allerdings sind dafür erforderliche seitlich begrenzende Flächen nicht vorhanden/dokumentiert

Eine Veränderung des Reibungswinkels der Trennflächen im Sandstein hat keinen relevanten Einfluss.

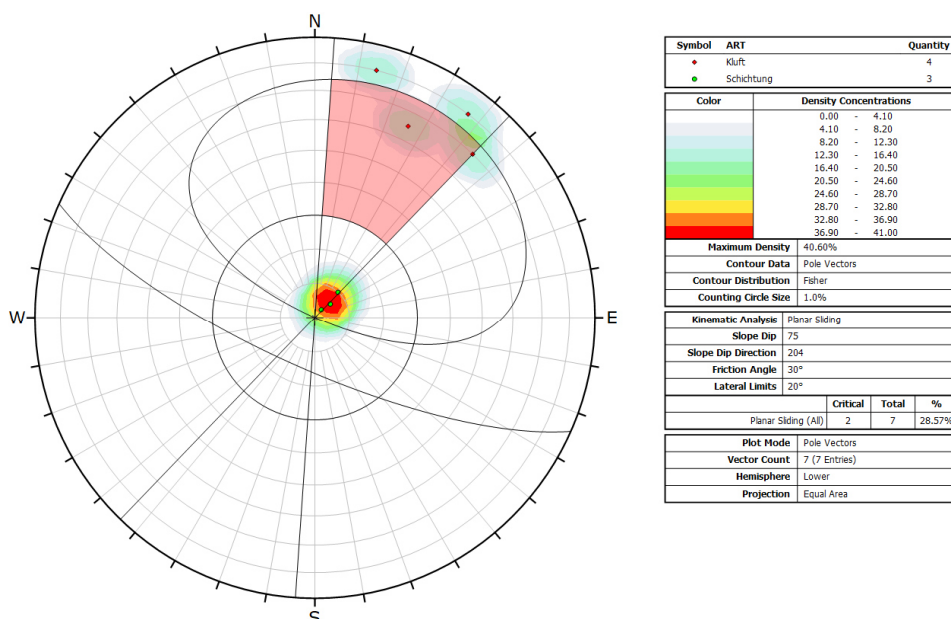


Bild D-53: Polpunktdiagramm Profil 4-1, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 75°

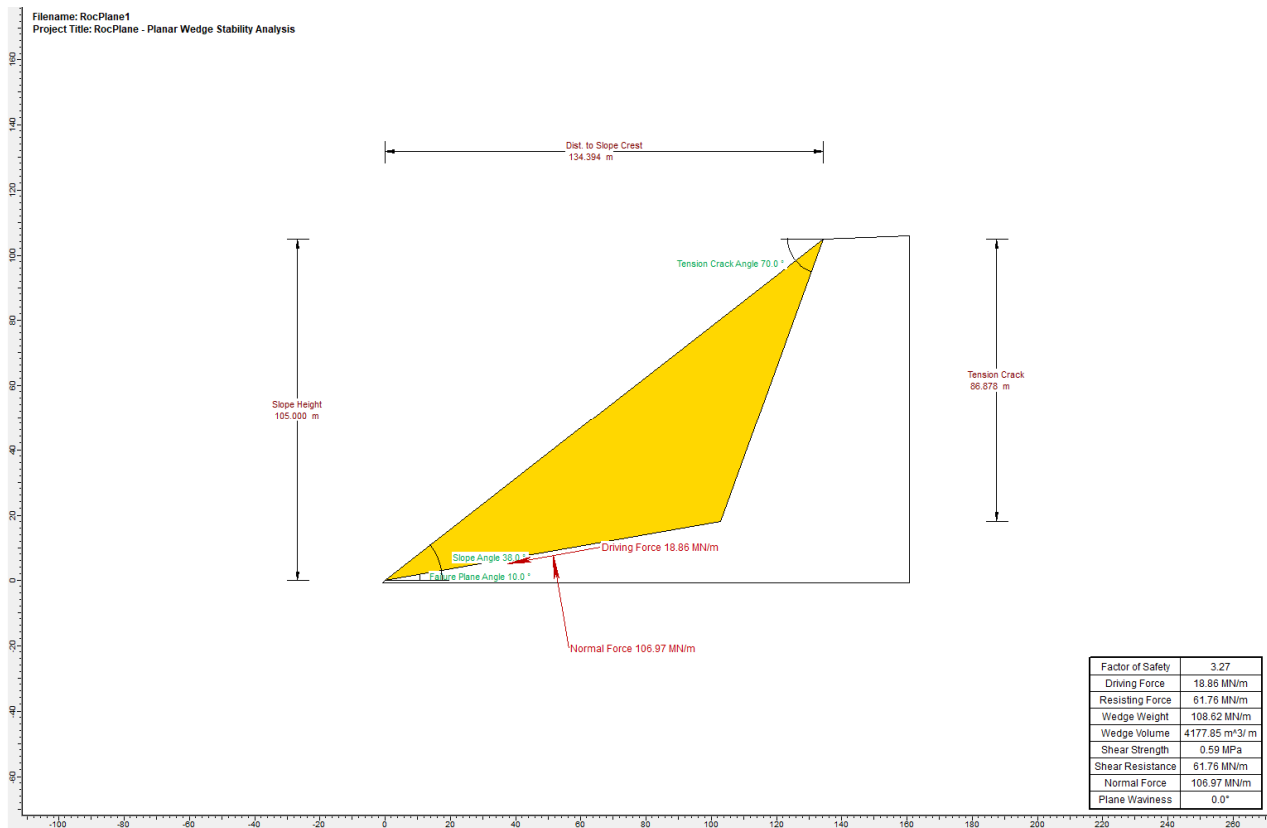
Grenzwertgleichgewichtsberechnungen

Auf Grund der geometrischen Situation mit in Richtung der Böschung einfallenden Schichtflächen und Klüften, die als hintere Begrenzung der Blöcke (und als evtl. Zugriss) dienen könnten, wurden Grenzwertgleichgewichts-(LE-)Berechnungen durchgeführt, bei denen zusätzliche Kräfte angesetzt werden können, die möglicherweise zu einem Blockgleiten führen.

Blockgleiten auf Schichtflächen

Szenario 1: Böschungsneigung 38° , Schichteinfallswinkel $\psi = 10^\circ$, $\varphi = 30^\circ$, $c = 0$

Unter den gemachten Annahmen ergibt sich $FOS = 3,27$ (mit und ohne Zugriss durch Klüfte). Bei einer Reduzierung des Reibungswinkels auf $\varphi = 26^\circ$ ergibt sich ein $FOS = 2,77$. Damit ist der Block unter Berücksichtigung der Trennflächenorientierung standsicherheitstechnisch zunächst als rechnerisch deutlich stabil einzuschätzen.



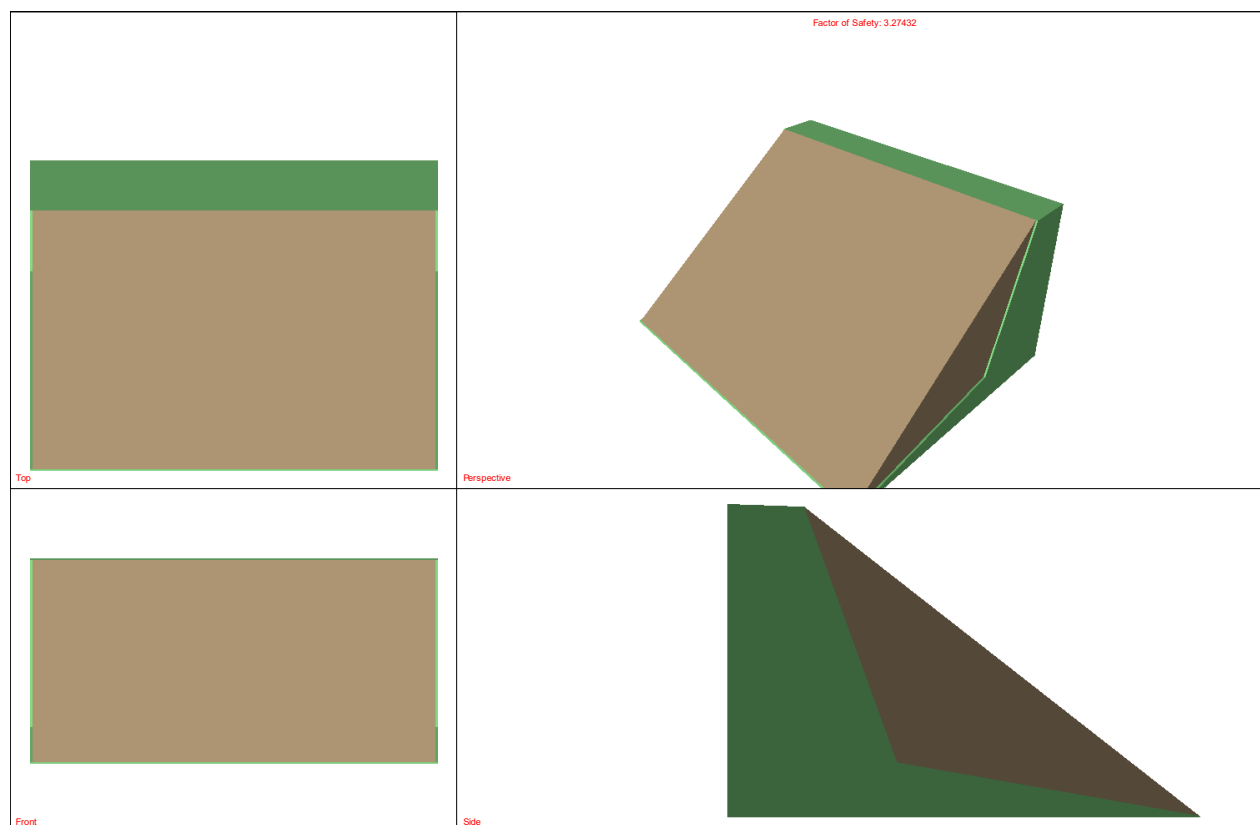


Bild D-54: Geometrie und Visualisierung des potentiellen planaren Gleitblockes mit angenommenem ungünstigen Zugriss direkt am Böschungskopf für Profil 4-1.

Sollte sich im Zugriss ein Wasserdruck aufbauen, so führt dies je nach Füllstand jedoch zu einer deutlichen Verringerung der Standsicherheit. Ein vollständig mit Wasser gefüllter Zugriss (Kluft, 75°) würde bei einem Reibungswinkel $\varphi = 30^\circ$ zu einem verringerten Standsicherheitsfaktor von $FOS = 1,23$ führen, und bei einem Reibungswinkel $\varphi = 26^\circ$ zu einem Standsicherheitsfaktor von nur $FOS = 1,04$.

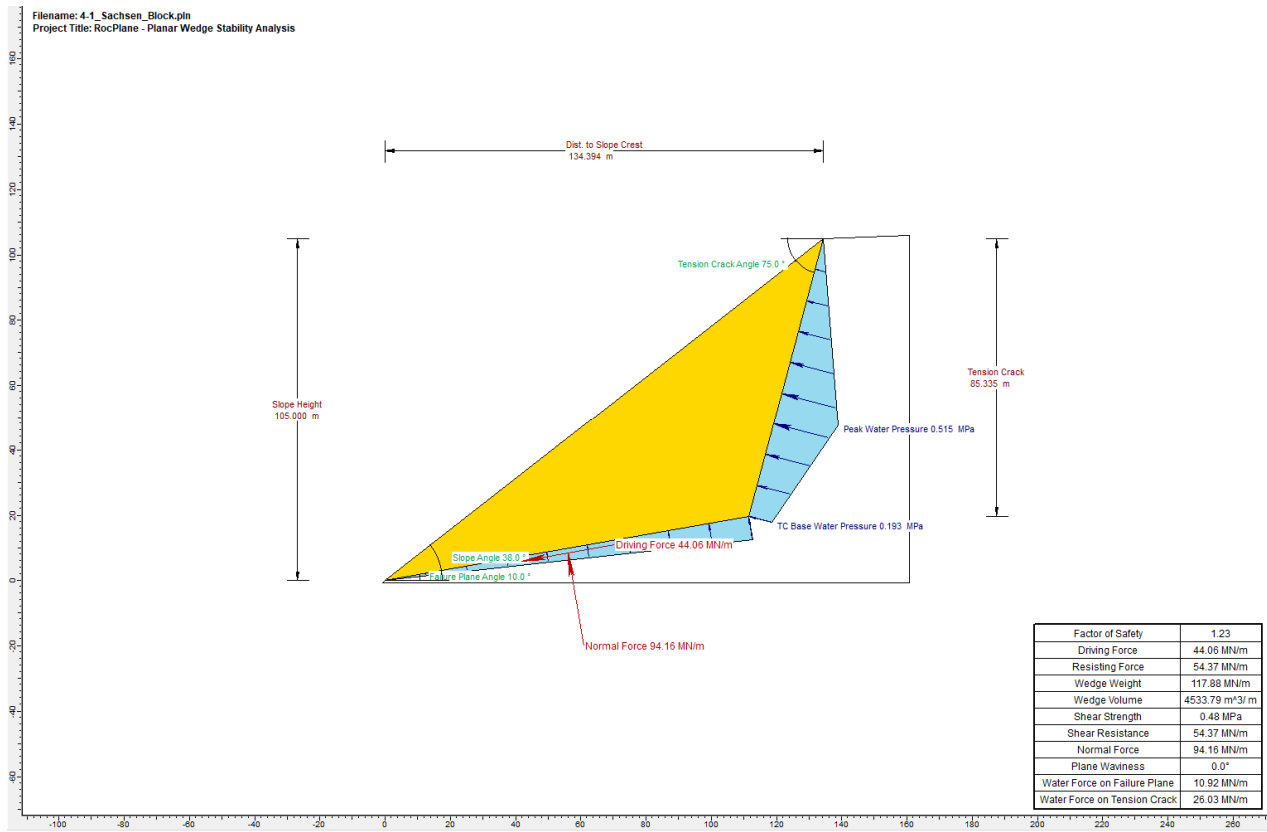


Bild D-55: Geometrie des potentiellen Gleitblocks mit angesetztem Wasserdruck auf den Trennflächen durch einen Zugriss.

Szenario 2: Böschungsneigung 60°, Schichteinfallswinkel $\psi = 10^\circ$, $\varphi = 30^\circ$, $c = 0$

Die Berechnungen mit einer steileren Neigung der Böschung führen nicht zu einer Verringerung der Standsicherheit, solange keine weiteren Kräfte einwirken. Sollte jedoch ein zusätzlicher Wasserdruck auftreten, so verringern sich die Sicherheitsfaktoren z.T. deutlich:

- Mit 50% Wassergefülltem Zugriss (Kluft, 75°): FOS = 1,60
- Mit vollständig Wassergefülltem Zugriss (Kluft, 75°): FOS = 0,51

Die Berechnungen zeigen, dass sich durch den Einfluss des Wasserdruckes instabile Kluftkörper bilden können und es zu einem hohen Versagen kommen kann.

Für dieses Szenario wurde eine Sensitivitätsanalyse für den Einfluss der Füllhöhe des Zugrisses auf den Sicherheitsfaktor durchgeführt. Die Ergebnisse sind in dem folgenden Diagramm dargestellt:

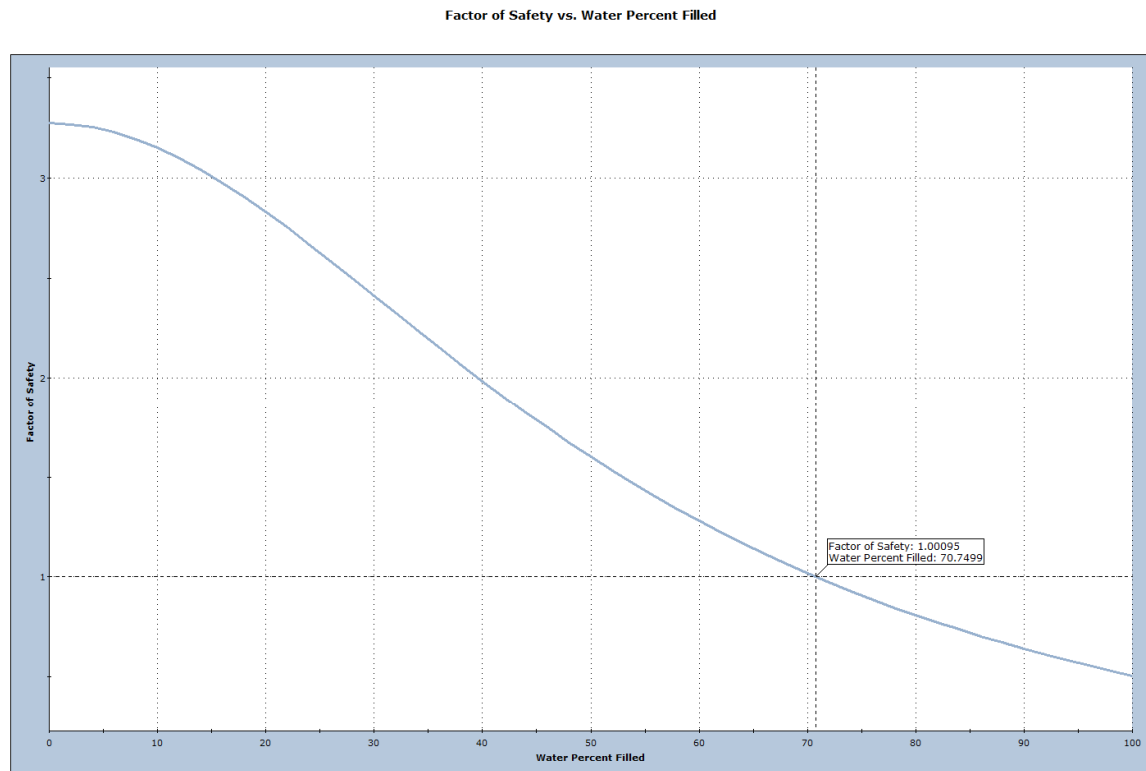


Bild D-56: Berechnung des Sicherheitsfaktors in Abhängigkeit von der Füllhöhe eines Zugrisses für den Fall eines möglichen planaren Gleitens.

Szenario 3: Böschungsneigung 75° , Schichteinfallswinkel 10° , $\phi = 30^\circ$, $c = 0$

In der 3. Berechnung musste ein steiler einfallender Zugriss angenommen werden, damit dieses Szenario geometrisch möglich ist. Da der gemessene Einfallswinkel einzelner Klüfte bis 80° beträgt, wurde dieser Wert für den Zugriss angesetzt. Während dies auf die Sicherheitsfaktoren im trockenen Zustand bei den angenommenen Bedingungen keinen destabilisierenden Effekt hat, reduziert dies den Standsicherheitsfaktor bei einem zu 50% mit Wasser gefüllten Zugriss auf $FOS = 0,68$ und bei einem vollständig mit Wasser gefülltem Zugriss auf $FOS = 0,07$. Die Ergebnisse einer zusätzlichen Sensitivitätsanalyse für den Einfluss der Füllhöhe des Zugrisses auf den Sicherheitsfaktor sind in dem folgenden Diagramm dargestellt:

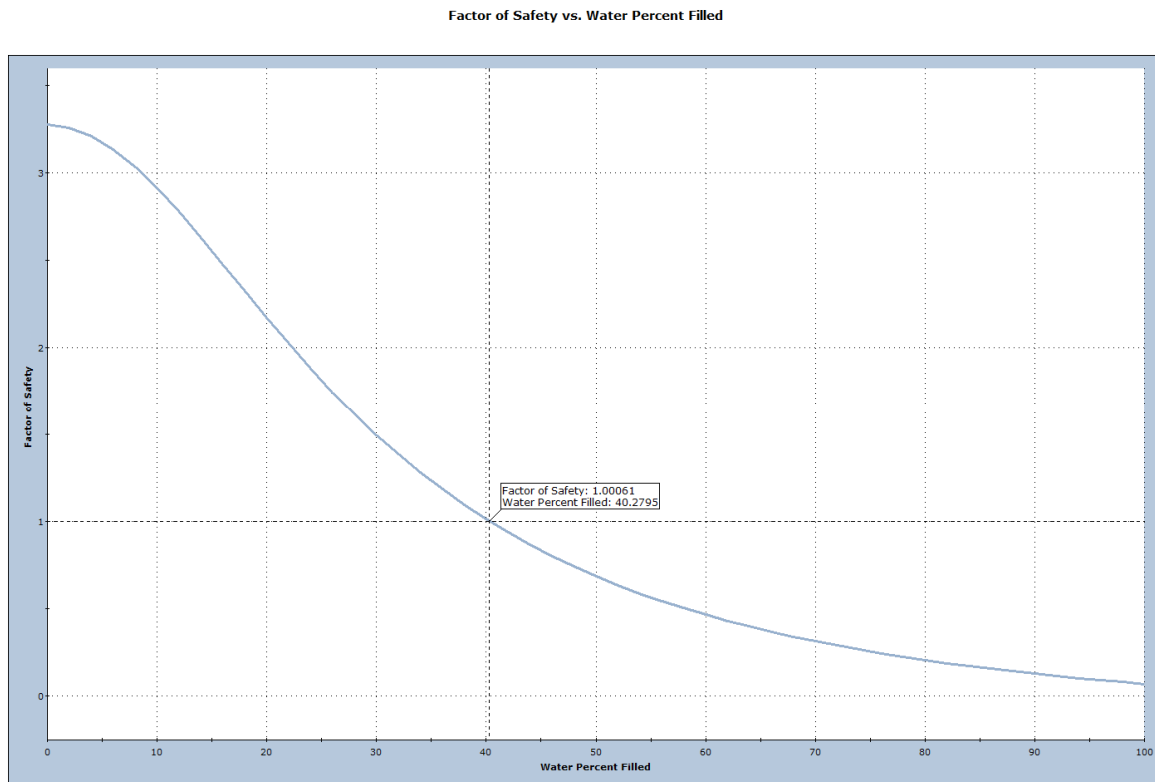


Bild D-57: Berechnung des Sicherheitsfaktors in Abhängigkeit von der Füllhöhe eines Zugrisses für den Fall eines möglichen planaren Gleitens.

Bei allen 3 Szenarien hat das Einfallen der Schichtung einen Einfluss auf die Standsicherheit, insbesondere unter Einfluss von Wasserdruck.

Folgendes Diagramm zeigt den Sicherheitsfaktor in Abhängigkeit vom Einfallswinkel der als Gleitbahn angenommenen Schichtflächen für eine Variation von $1^\circ - 15^\circ$ für Szenario 2 mit einem 50 % wassergefüllten Zugriss.

Factor of Safety vs. Failure Plane Angle

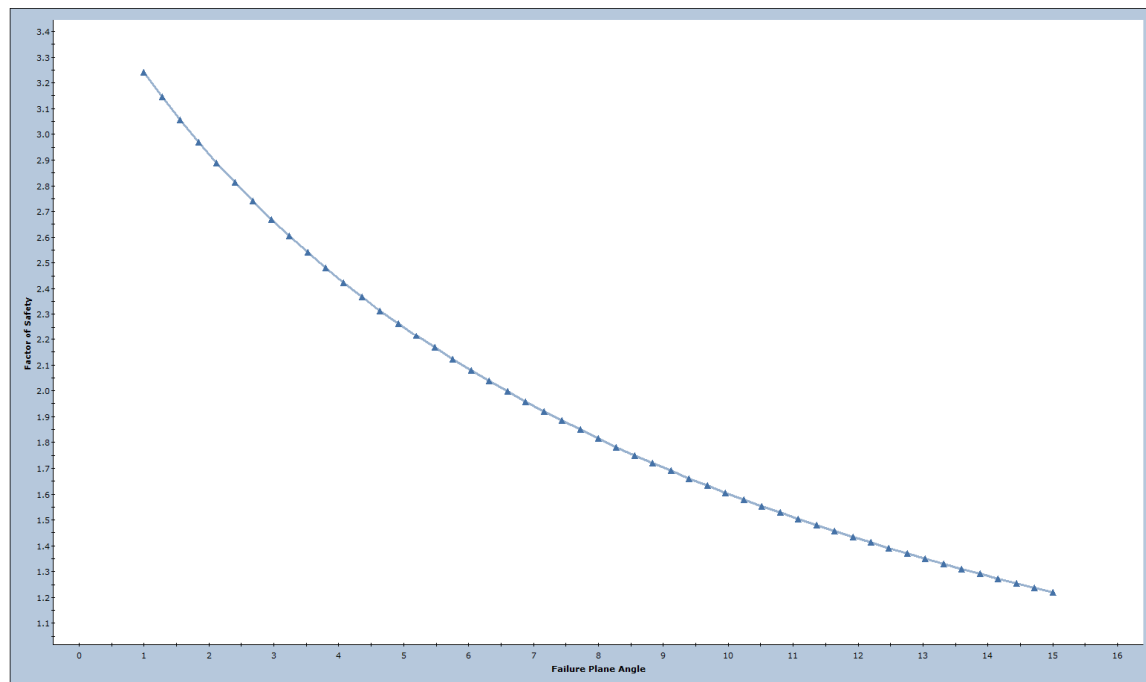


Bild D-58: Berechnung des Sicherheitsfaktors in Abhängigkeit von der Gleitfläche bei einem bis zur Hälfte mit Wasser gefüllten Zugriss.

Numerisches Modell

Das Profil 4-1 weist einen wenig komplexen geologischen Aufbau auf. Das Modell erstreckt sich über eine Gesamtbreite von etwa 770 m und über eine Höhe von circa 140 m. Die Straße, welche mit einer zusätzlichen Last realisiert worden ist, befindet sich im Tal auf dem mittleren Grünsandstein. Die Parameter der Lithologien sind aus Tab. D-5 zu entnehmen. Nachdem das System ins Gleichgewicht gerechnet und damit der Ist-Zustand erreicht wurde, wird die Sicherheitsfaktor-Analyse gestartet, bis ein SRF gefunden wurde, bei dem das System nicht mehr in ein Gleichgewicht gerechnet werden kann, da Strukturen und/oder das Gebirge versagen.

Einheit	Dichte	E-Modul	Poisson- zahl	Kohäsion	Reibungs- winkel	GSI	m_i	UCS	Zug- fest.
	kg/m^3	GPa	-	MPa	°	-	-	MPa	MPa
Auelehm	1.950	0,03	0,35			n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Flusskies	2.100	0,1	0,35			n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Gehängelehm	1.950	0,05	0,35			n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Schildauer Elbelauf und altersgleiche Flüsse (Mittlere Hochterrasse)	2.100	0,05	0,35			n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sandstein der Stufe a, Unterer Grünsandstein	2.100	17	0,25	6	44	80	17	62	5,9
Sandstein der Stufe b, mittlerer Grünsandstein	2.100	17	0,25	4,9	41	70	17	62	5,9
Sandstein der Stufe c, Herrenleite-Sandstein, Pirnaer Oberquader	2.100	17	0,25	4,9	41	70	17	62	5,9
Sandstein der Stufe d, Lohmener Sandstein	2.060	11,8	0,25	4,1	44	80	17	42,9	4,8
Sandstein der Stufe e, Rathewalder Sandstein	2.060	11,8	0,25	4,1	44	80	17	42,9	4,8
Labiatus-Sandstein (Cottaer Bildhauer-Sandstein)	2.030	6,05	0,25	1,7	41	70	17	21,54	2,25

Tab. D-5: Parameter für die Lithologien der Profile 4-1, 4-2 und 4-3.

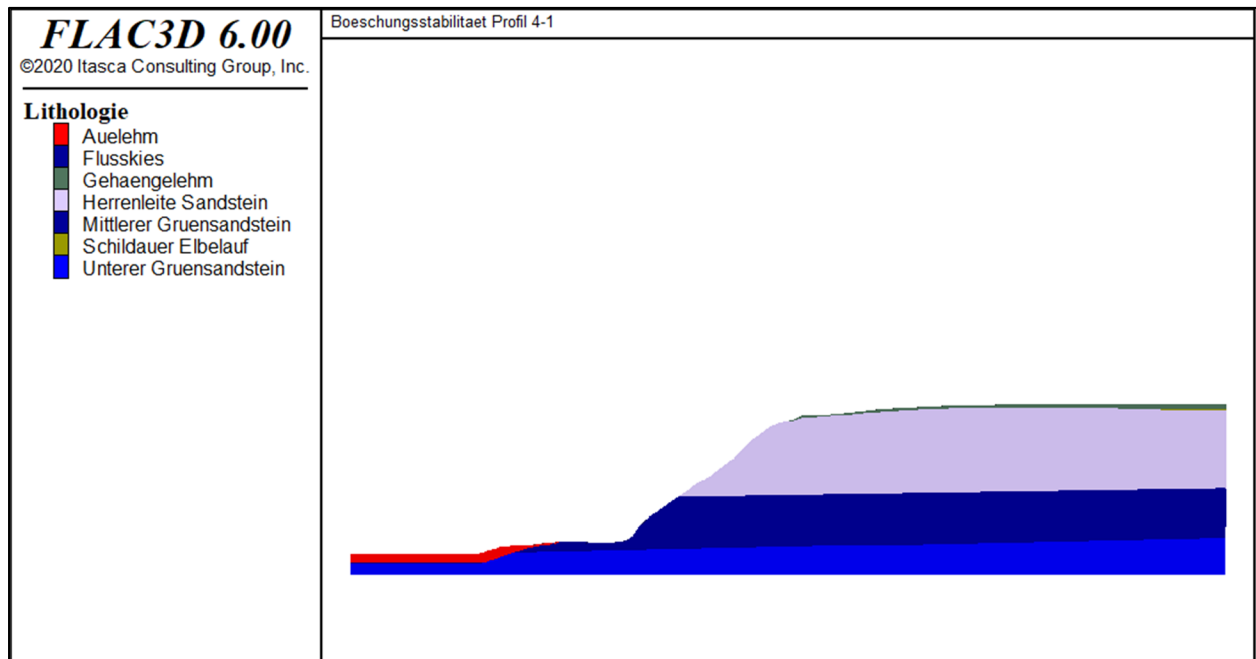


Bild D-59: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 4-1.

Für die aktuell angenommenen Parameter wurde ein Sicherheitsfaktor von 2,70 errechnet. Mit einem Sicherheitsfaktor von über 2,0 kann die Böschung als standsicher betrachtet werden. Im Vergleich zu vorherigen Analysen zeigen sowohl Verschiebungsabbildungen (vgl. Bild D-60) als auch Abbildungen zur maximalen Hauptspannung (vgl. Bild D-61) keine nennenswerten Auffälligkeiten. Neben den vergleichsweise festen Gesteins- und Gebirgsparametern ist ebenfalls die söhliche Lagerung der Lithologien ausschlaggebend für den hohen Sicherheitsfaktor und die damit einhergehende Standsicherheit.

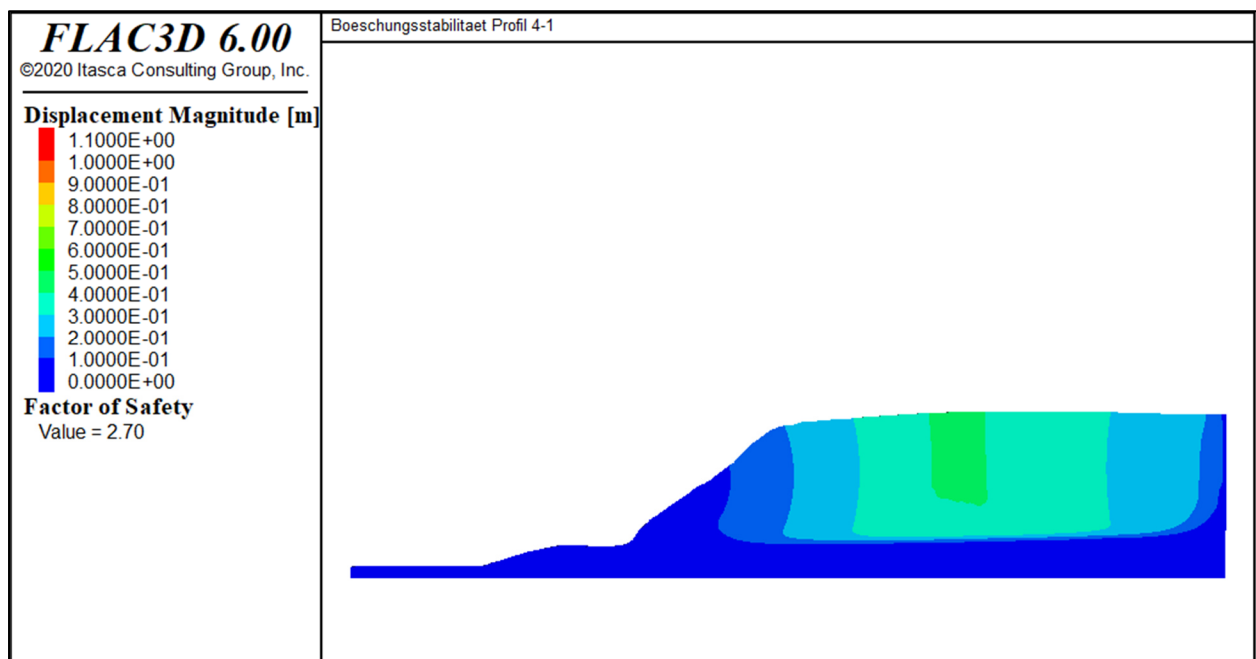


Bild D-60: Verschiebungen in Profil 4-1 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 2,32.

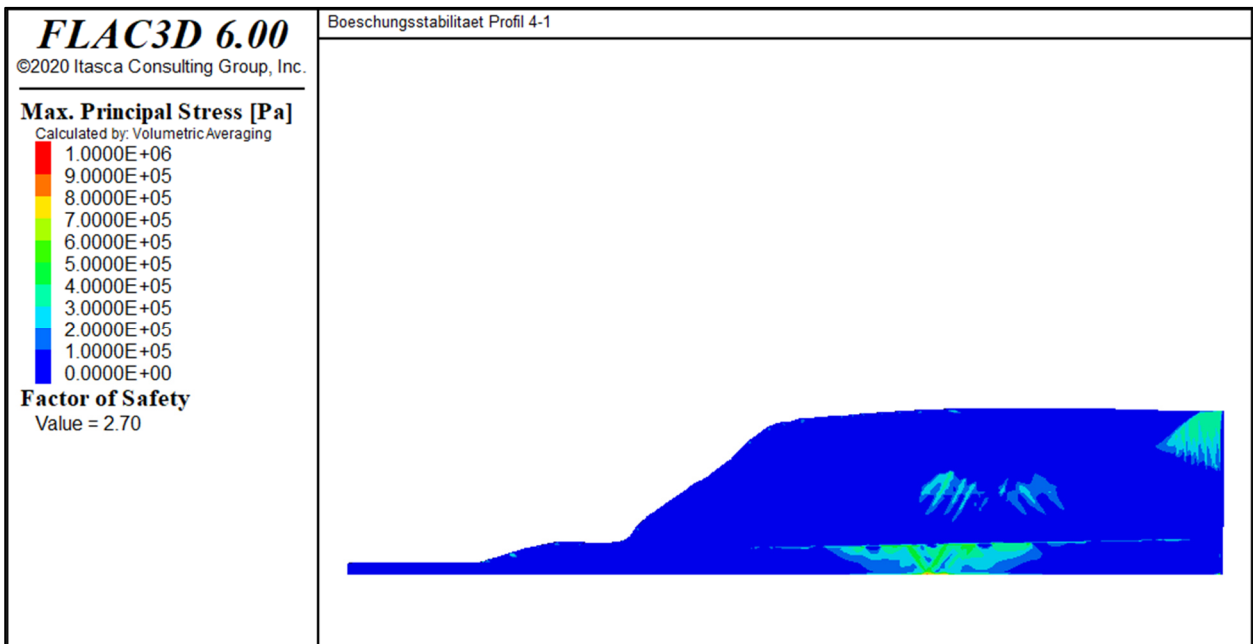


Bild D-61: Maximale Hauptspannung in Profil 4-1 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 2,32.

D.4.2 Profil 4-2

Kinematische Analyse

Das Profil liegt auf Messpunkt F142. Die Böschungsneigungen wurden an den Profilschnitten ermittelt. Die durchschnittliche Neigung der Gesamtböschung beträgt 40° , lokal lassen sich bis 53° aus dem Profil ablesen. Bei den Feldarbeiten wurden auch steilere Hänge mit $60-70^\circ$ (maximal 85°) dokumentiert. Die Böschung fällt nach etwa 225° (SW) ein.

Konkrete Werte für die Reibungsparameter der Trennflächen lagen für die analysierten Schichten nicht vor. Es wurden daher dieselben Annahmen für die Scherparameter getroffen wie in Profil 4-1.

Die Analyse der Trennflächen für einen Hang mit einer Neigung von 55° zeigt:

- Kein Blockgleiten
- Kein Keilgleiten
- Kein Kippen

Der Reibungswinkel des Sandsteins zeigt keinen relevanten Einfluss.

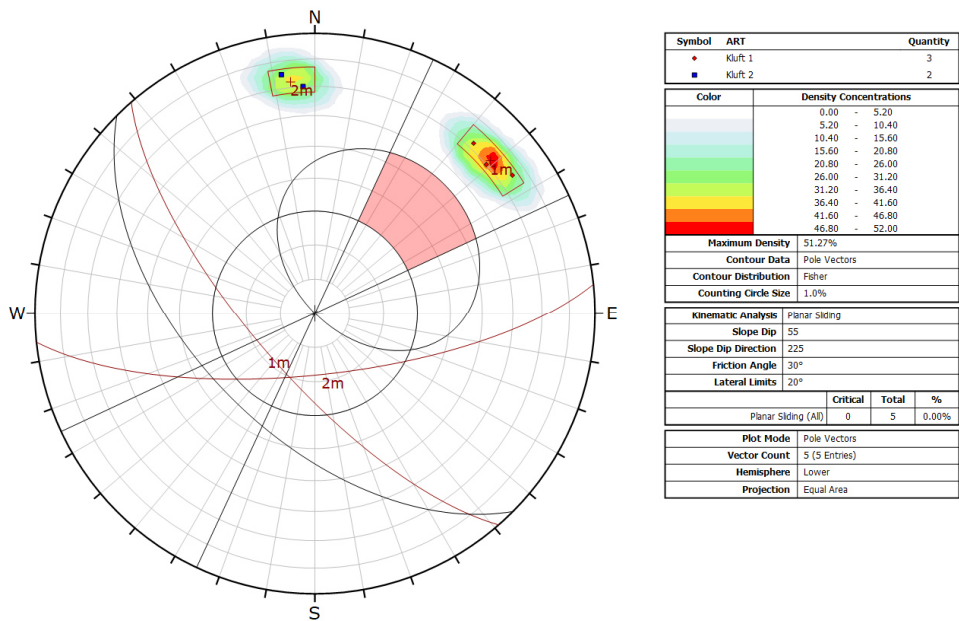


Bild D-62: Polpunktdiagramm Profil 4-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 55°.

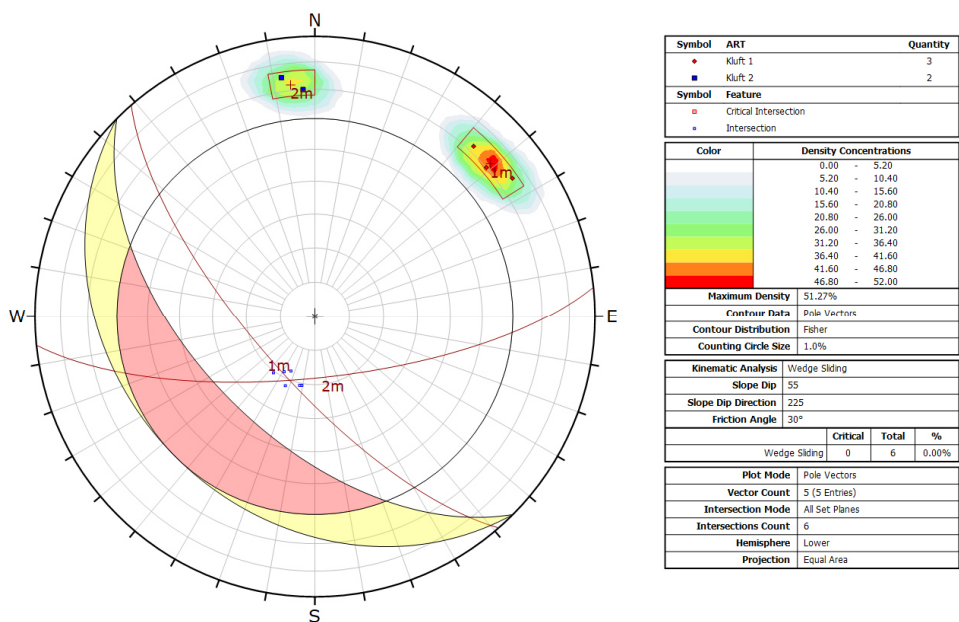


Bild D-63: Polpunktdiagramm Profil 4-2, Auswertung Keilgleiten für eine Böschungsneigung von 55°.

Das Trennflächengefüge unter Einbeziehung der Nachbaraufschlüsse F140 und F141 ist sehr ähnlich und beeinflusst nicht die Ergebnisse der kinematischen Analyse:

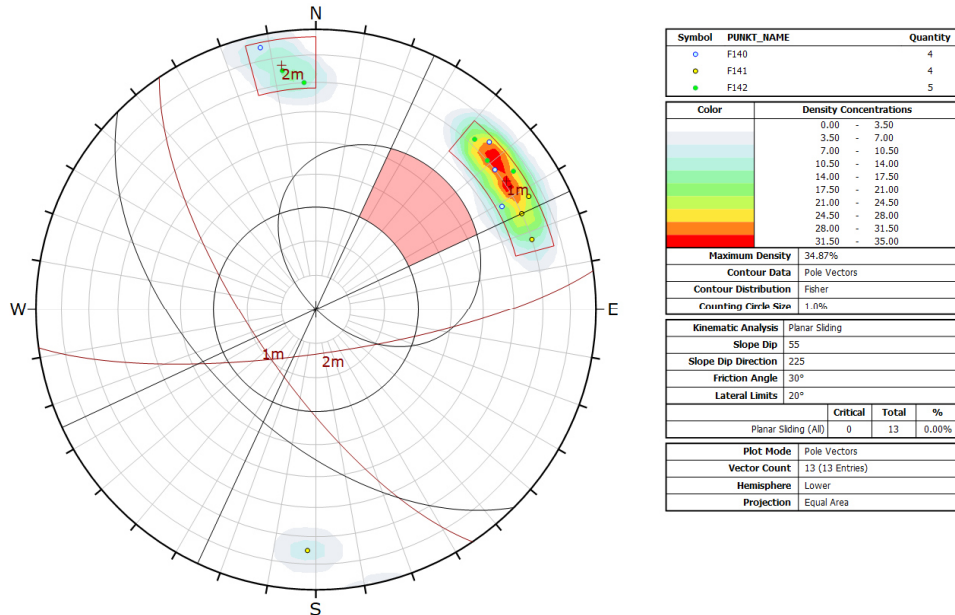


Bild D-64: Polpunktdiagramm Profil 4-2 mit Einbeziehung der Trennflächendaten aus den Nachbaraufschlüssen.

Die Analyse der Trennflächen für einen Hang mit einer steileren Neigung von 70° zeigt:

- Kein Blockgleiten bis 70°, aber ab 71° für einzelne Blöcke möglich und >72° auch für den mittleren Hauptkluftkörper
- Kein Keilgleiten (jedoch für einzelne Klufkörper ab 70° möglich, und für Hauptkluftkörper ab 72° möglich)
- Kein Kippen

Auch hier hat der Reibungswinkel des Sandsteins keinen relevanten Einfluss.

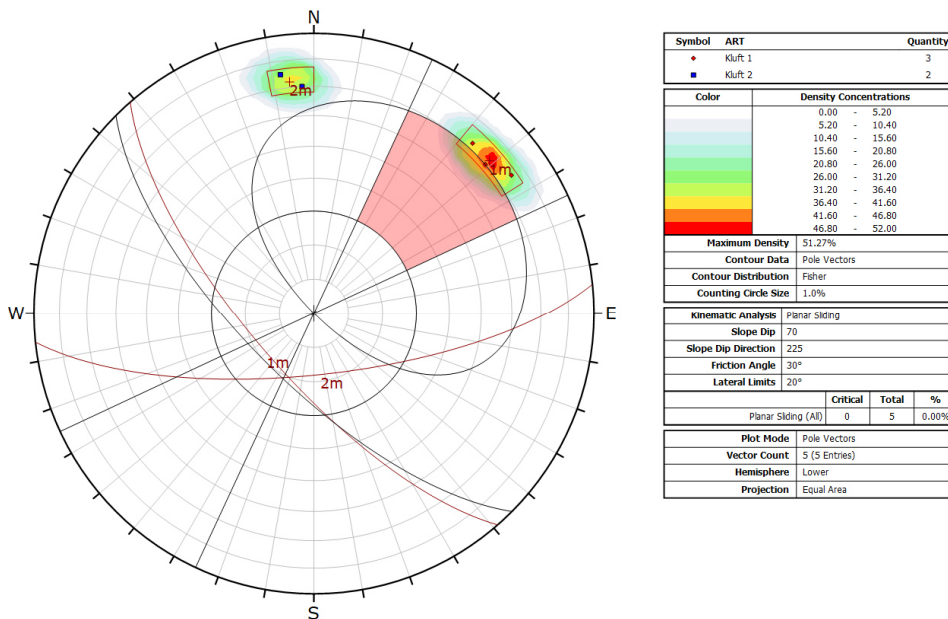


Bild D-65: Polpunktdiagramm Profil 4-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 70°.

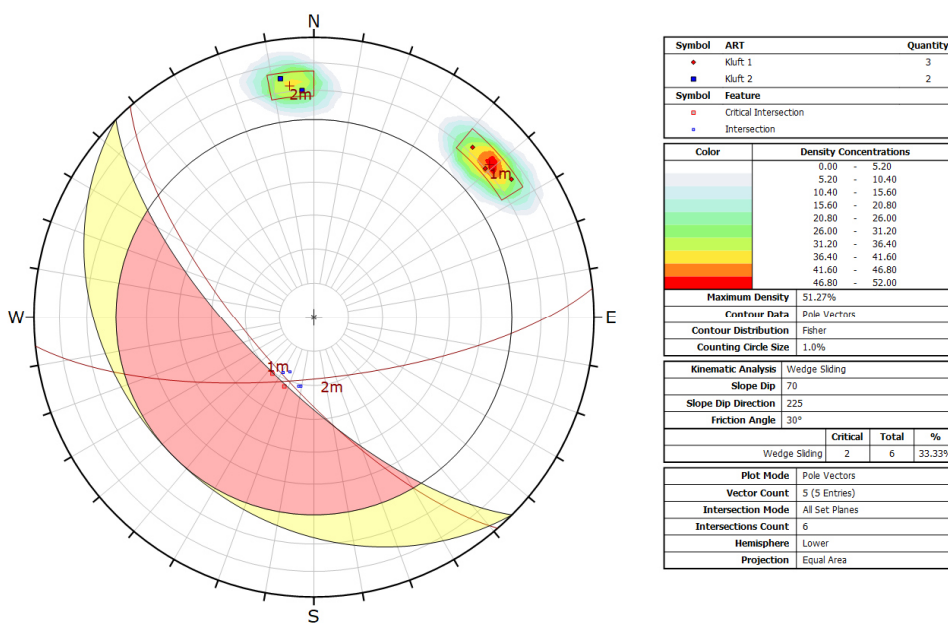


Bild D-66: Polpunktdiagramm Profil 4-2, Auswertung Keilgleiten für eine Böschungsneigung von 70°.

Grenzgleichgewichtsberechnungen

Blockgleiten auf Schichtflächen

Im Profilschnitt fallen die Schichten mit etwa 4° ein. Messungen von Schichtflächen wurden im Aufschluss nicht dokumentiert. Da jedoch von einer Schichtung im Gestein auszugehen ist, ergäbe sich unter Annahme eines Schichteinfallens von bis zu 10° analog Aufschluss F139 (Profil 4-1) eine vergleichbare Situation für die Standsicherheitsbeurteilung. KL2 dient hier dann als Zugriss mit einem Einfallswinkel von 72°. Die Gesamtböschungshöhe ist größer und der Kronenbereich etwas steiler, jedoch sind die Eigenschaften der potentiellen Gleitfläche und deren Reibungswinkel identisch, so dass sich ohne Kohäsion und zusätzliche haltende oder treibende Kräfte gleiche Sicherheitsfaktoren ergeben.

Beispiel:

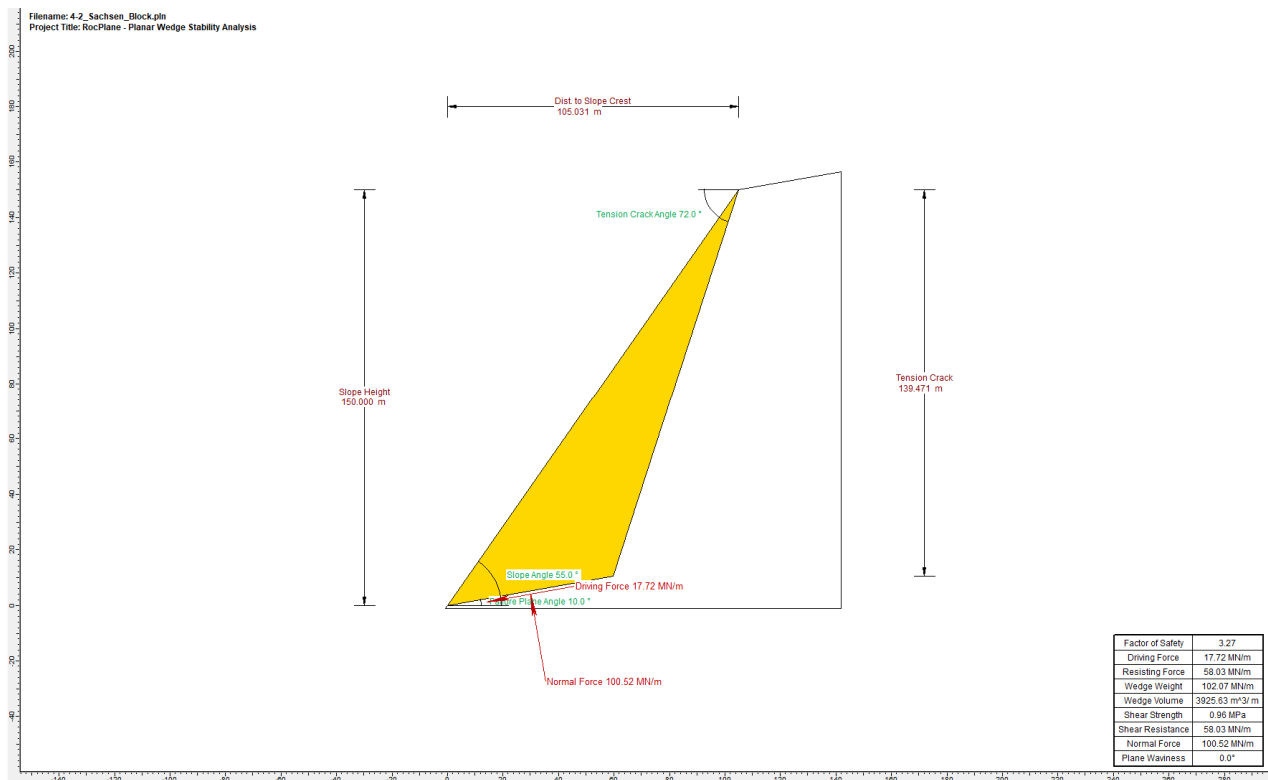


Bild D-67: Geometrie des potentiellen planaren Gleitblockes für Profil 4-2.

Numerisches Modell

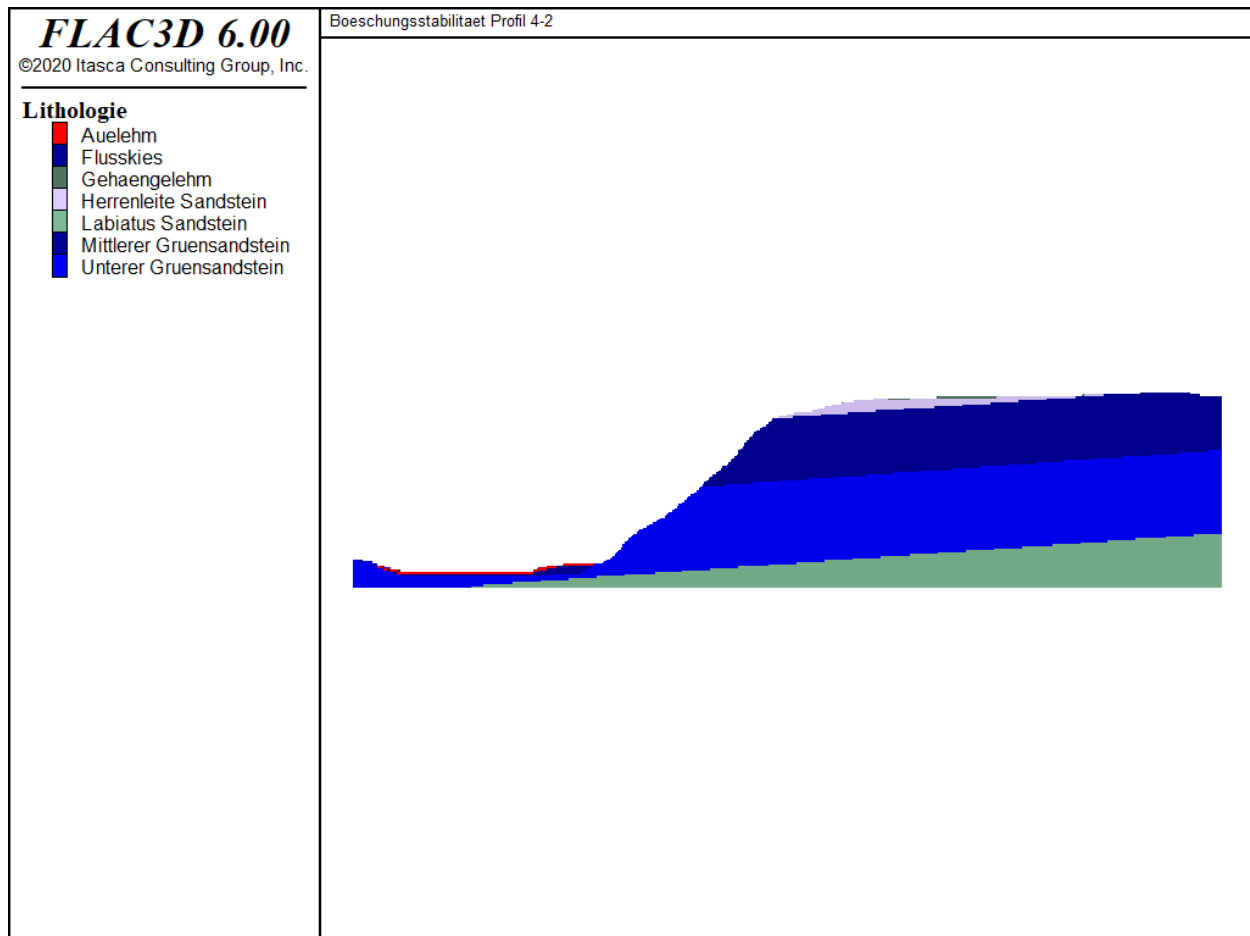


Bild D-68: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 4-2.

Im Vergleich zum Profil 4-1 weist das Profil 4-2 etwas steiler einfallende Lithologien auf. Das Modell erstreckt sich über eine Gesamtbreite von etwa 870 m und über eine Höhe von circa 200 m. Die Straße, welche mit einer zusätzlichen Last realisiert worden ist, befindet sich im Tal am Fuße der Böschung auf dem unteren Grünsandstein. Die Parameter der Lithologien sind aus der Tab. D-5 zu entnehmen. Nachdem das System ins Gleichgewicht gerechnet und damit der Ist-Zustand erreicht wurde, wird die Sicherheitsfaktor-Analyse gestartet, bis ein SRF gefunden wurde, bei dem das System nicht mehr in ein Gleichgewicht gerechnet werden kann, da Strukturen und/oder das Gebirge versagen.

Für die aktuell angenommenen Parameter wurde ein Sicherheitsfaktor von 1,12 errechnet. Damit ist die Standsicherheit nicht ausreichend hoch zu erachten. Bei Betrachtung der minimalen Hauptspannung erkennt man, dass besonders der Tal-nahe Bereich der Schichtgrenze zwischen unterem Grünsandstein und des Labiatus Sandsteins großen Drücken ausgesetzt ist, wenn die Scherparameter verringert werden (vgl. Bild D-69). Bei der Analyse der maximalen Hauptspannung erkennt man Zugspannungen an der Böschung sowie im hinteren Teil des Modells an der Schichtgrenze (vgl. Bild D-70). Die gegenüber Profil 4-1 etwas steilere Lagerung sowie die im Vergleich zum Grünsandstein schwächeren Gebirgsparameter des Labiatus Sandsteins führen zu einer verringerten Stabilität für die Böschung.

Es sei hierbei erwähnt, dass die Literatur für den Labiatus Sandstein eine Reihe von Festigkeiten hervorbringt. Die hier gewählten Parameter (vgl. Tab. D-5) sind ein sehr konservativer Ansatz, da auch höhere Festigkeiten laut Literatur möglich sind. Vergleichssimulationen mit besseren Festigkeitsparametern für den Labiatus Sandstein ergaben Sicherheitsfaktoren von 1,7-1,9.

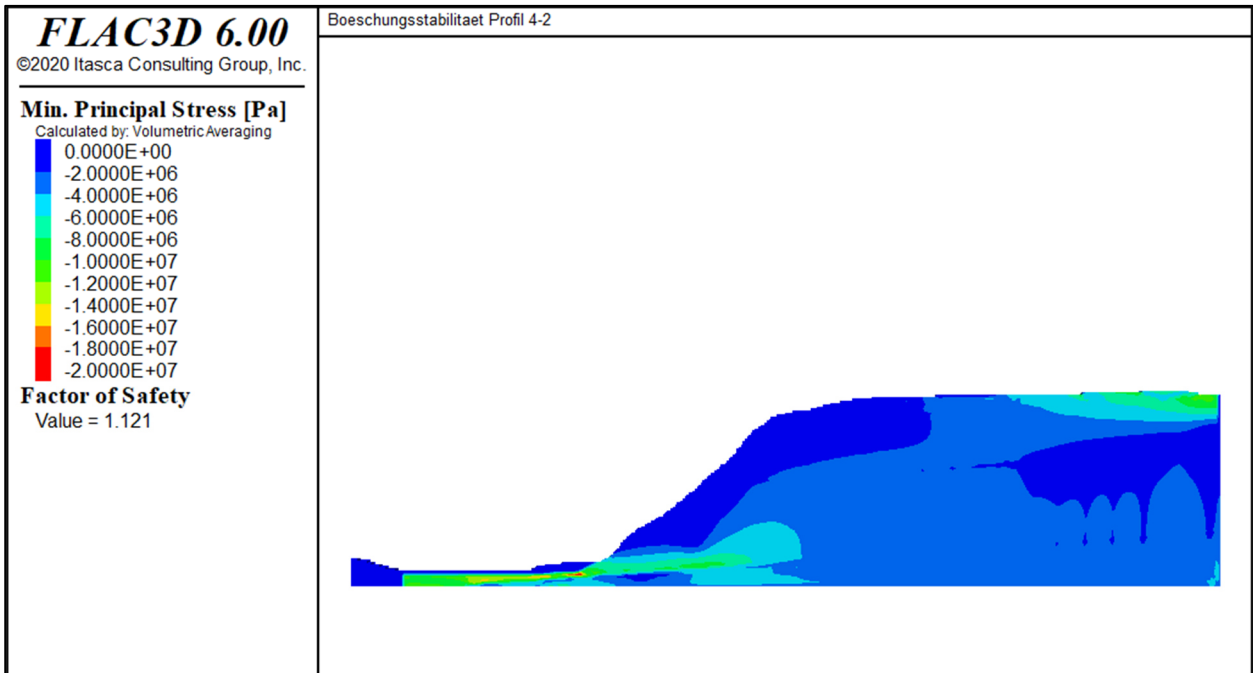


Bild D-69: Minimale Hauptspannung in Profil 4-2 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 1,12.

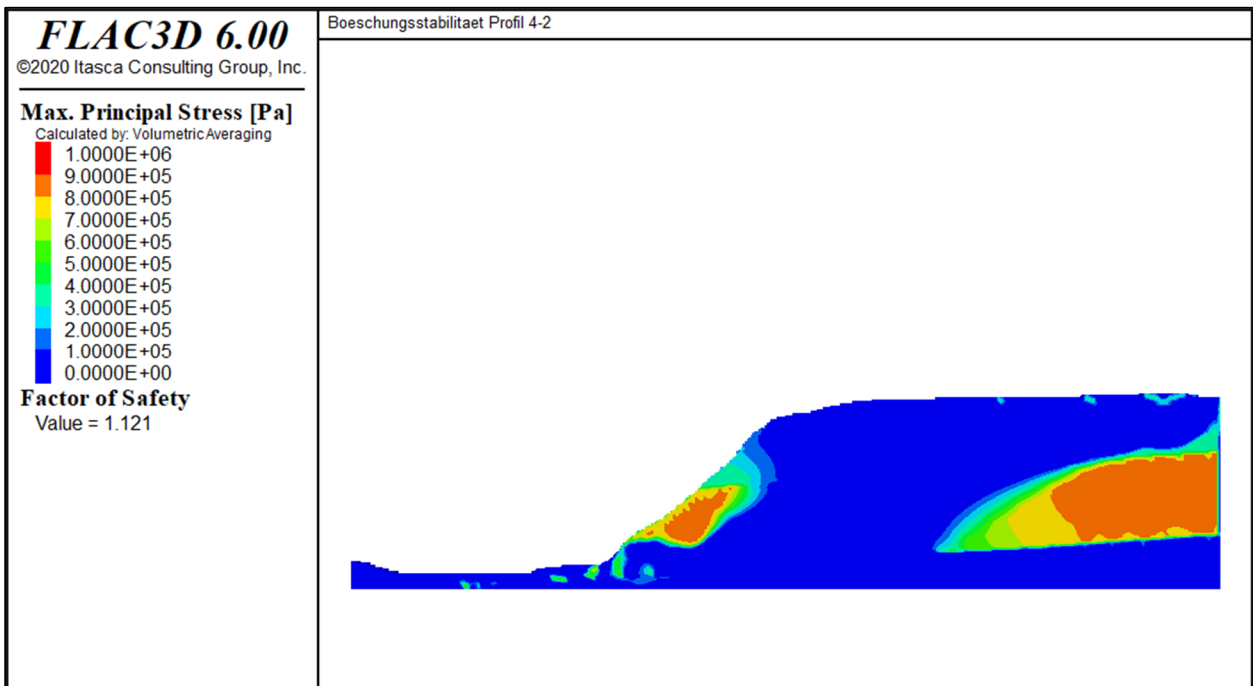


Bild D-70: Maximale Hauptspannung in Profil 4-2 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 1,12.

D.4.3 Profil 4-3

Kinematische Analyse

Der unmittelbare Hang der Böschung besteht wie Profil 4-2 aus Unterem Grünsandstein. Da für das Profil 4-3 keine direkten Aufschlussdaten mit Trennflächenmessungen vorhanden sind, wurden die Analysen unter Verwendung der Trennflächendaten aus den Nachbaraufschlüssen F140, F141 und F142 durchgeführt. Die Böschungsneigungen wurden an den Profilschnitten ermittelt. Die Neigung ist im Profil

im Bereich der Straße eher flach, oberhalb etwa 190 m von der Straße entfernt befindet sich aber ein steiler Wandabschnitt. Aus dem Profil lässt sich erkennen, dass die durchschnittliche Böschungsneigung im Bereich der Straße 30° beträgt, und lokal bis 35° . Böschungsneigung der Steilwand im Herrenleite-Sandstein erreicht bis zu 77° (Bild D-71). Die Böschung fällt nach etwa 207° (SSW) ein. Nahe Profil 4-3 wurden mehrere Sturzprozesse (Felssturz, klein) dokumentiert.

Konkrete Werte für die Reibungsparameter der Trennflächen lagen für die analysierten Schichten nicht vor. Es wurden daher dieselben Annahmen für die Scherparameter getroffen wie in Profil 4-1.

Die Analyse der Trennflächen für einen Hang im Bereich der Straße mit einer Neigung von 35° zeigt:

- Kein Blockgleiten
- Kein Keilgleiten
- Kein Kippen

Der Reibungswinkel des Sandsteins zeigt keinen relevanten Einfluss.

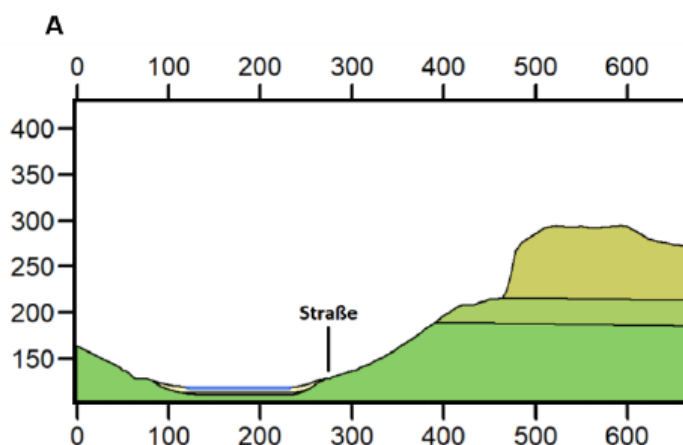
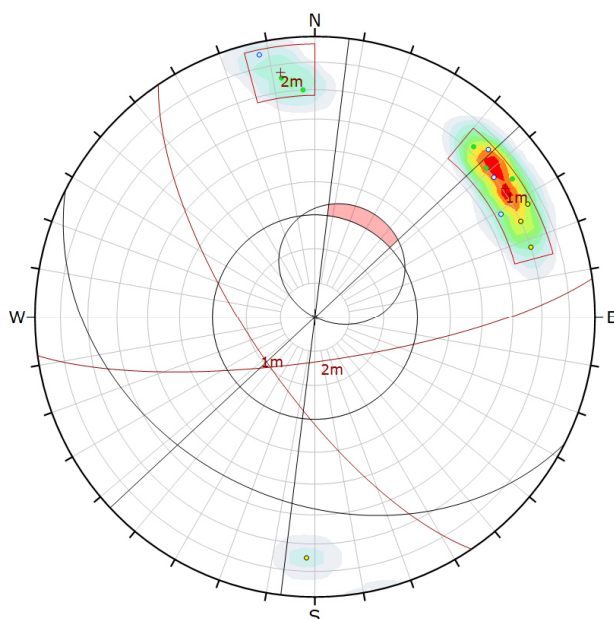


Bild D-71: Profil 4-3 mit flacherem Hangprofil an der Straße und steiler Felswand im Herrenleite-Sandstein.



Symbol	PUNKT_NAME	Quantity
○	F140	4
●	F141	4
●	F142	5

Color	Density Concentrations
	0,00 - 3,50
	3,50 - 7,00
	7,00 - 10,50
	10,50 - 14,00
	14,00 - 17,50
	17,50 - 21,00
	21,00 - 24,50
	24,50 - 28,00
	28,00 - 31,50
	31,50 - 35,00

Maximum Density	34,87%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1,0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	35
Slope Dip Direction	207
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	13	0,00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	13 (13 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

Bild D-72: Polpunktdiagramm Profil 4-3, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 35°

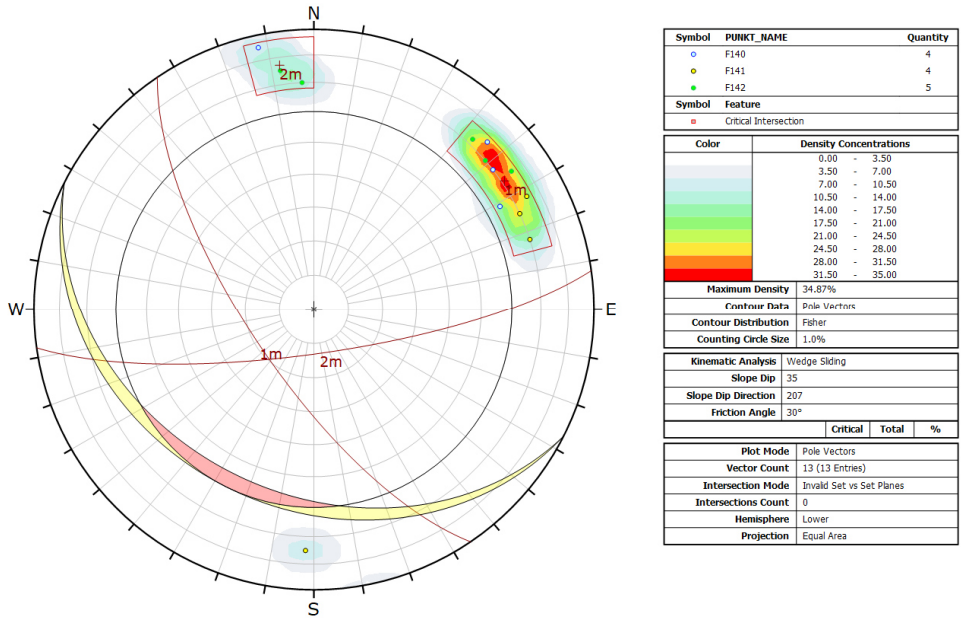
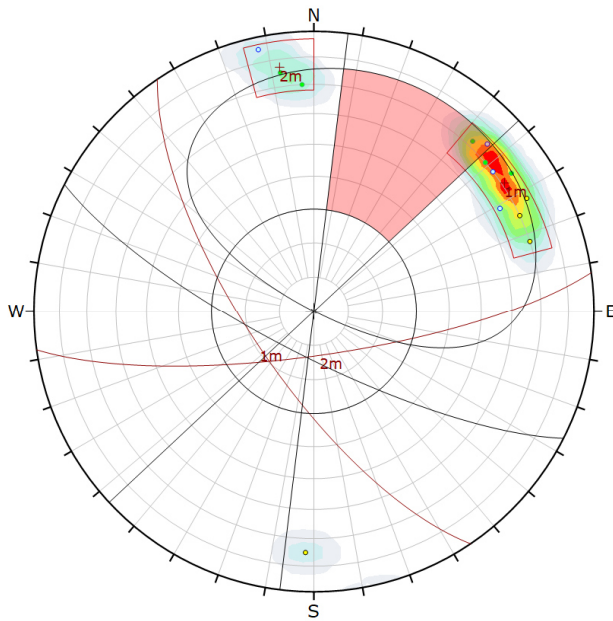


Bild D-73: Polpunktdiagramm Profil 4-3, Auswertung Keilgleiten für eine Böschungsneigung von 35°.

Die Analyse der Trennflächen für Steilwand 190 m oberhalb der Straße mit einer Neigung von 77° zeigt:

- Blockgleiten auf einzelnen Trennflächen aus Aufschlüssen F140 und F142 ist möglich, aber nicht für den durchschnittlichen Block
- Es kommt zu möglichem Keilgleiten!
- Kein Kippen

Im Gegensatz zur Böschungsneigung hat der Reibungswinkel des Sandsteins keinen relevanten Einfluss.



Symbol	PUNKT_NAME	Quantity
○	F140	4
●	F141	4
●	F142	5

Color	Density Concentrations
	0,00 - 3,50
	3,50 - 7,00
	7,00 - 10,50
	10,50 - 14,00
	14,00 - 17,50
	17,50 - 21,00
	21,00 - 24,50
	24,50 - 28,00
	28,00 - 31,50
	31,50 - 35,00

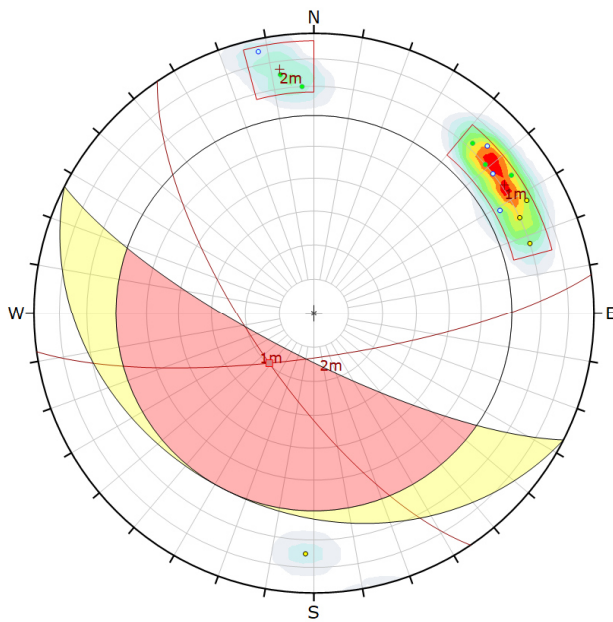
Maximum Density	34,87%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1,0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	77
Slope Dip Direction	207
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	2	13	15,38%
Planar Sliding (Set 1)	2	9	22,22%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	13 (13 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

Bild D-74: Polpunktdiagramm Profil 4-3, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 77°



Symbol	PUNKT_NAME	Quantity
○	F140	4
●	F141	4
●	F142	5

Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0,00 - 3,50
	3,50 - 7,00
	7,00 - 10,50
	10,50 - 14,00
	14,00 - 17,50
	17,50 - 21,00
	21,00 - 24,50
	24,50 - 28,00
	28,00 - 31,50
	31,50 - 35,00

Maximum Density	34,87%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1,0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	77
Slope Dip Direction	207
Friction Angle	30°

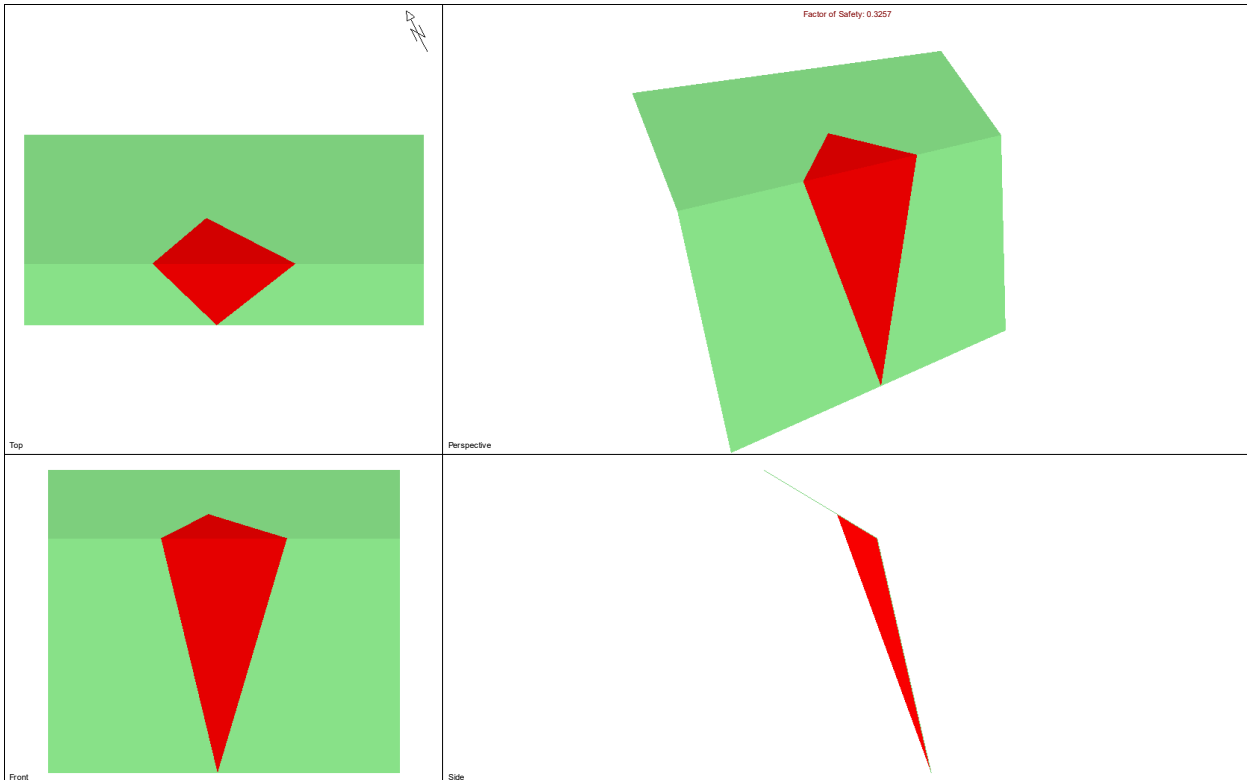
	Critical	Total	%
Wedge Sliding	1	1	100,00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	13 (13 Entries)
Intersection Mode	Mean Set Planes
Intersections Count	1
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

Bild D-75: Polpunktdiagramm Profil 4-3, Auswertung Keilgleiten für eine Böschungsneigung von 77°.

Grenzgleichgewichtsberechnungen

Da die Analyse der Trennflächen gezeigt hat, dass sich potentiell instabile Felskeile in der steilen Böschung im Herrenleite-Sandstein – unter Annahme gleicher Trennflächenorientierung wie in den Aufschlusspunkten – bilden können, wurde eine Grenzgleichgewichtsberechnung durchgeführt, um diesen Versagensfall weiter zu untersuchen. Angenommen wurde entsprechend dem Profilschnitt eine 60 m hohe steile Felswand mit 77° die darüber in einen flacheren Teil mit einer Neigung von 31° übergeht. Unter Annahme von $\varphi = 30^\circ$ und $c = 5$ kPa ergibt sich ein Sicherheitsfaktor von $FOS = 0,33$. Damit ist die Böschung mit diesen Kennwerten nicht standsicher.



Durch eine Sensitivitätsanalyse wurde untersucht, welche Parameter für die Standsicherheit von besonderer Bedeutung sind. Dabei zeigte sich, dass die Variation einzelner Trennflächenorientierungen (Einfallrichtung einer Kluft $\pm 30^\circ$, Einfallswinkel einer Kluft $\pm 10^\circ$) keinen großen Einfluss hat. Eine Sensitivitätsanalyse der Scherparameter zeigt jedoch, dass vor allem die Kohäsion auf den Klufflächen einen großen Effekt auf die Stabilität des Felskeiles hat. Eine Variation der Kohäsion zwischen 0 und 100 kPa führt zu Sicherheitsfaktoren zwischen 0,2 und 2,0 (Bild D-76). Eine Variation des Reibungswinkels im Bereich $\varphi = 26^\circ - 35^\circ$ führt dagegen zu keiner signifikanten Veränderung der Standsicherheit.

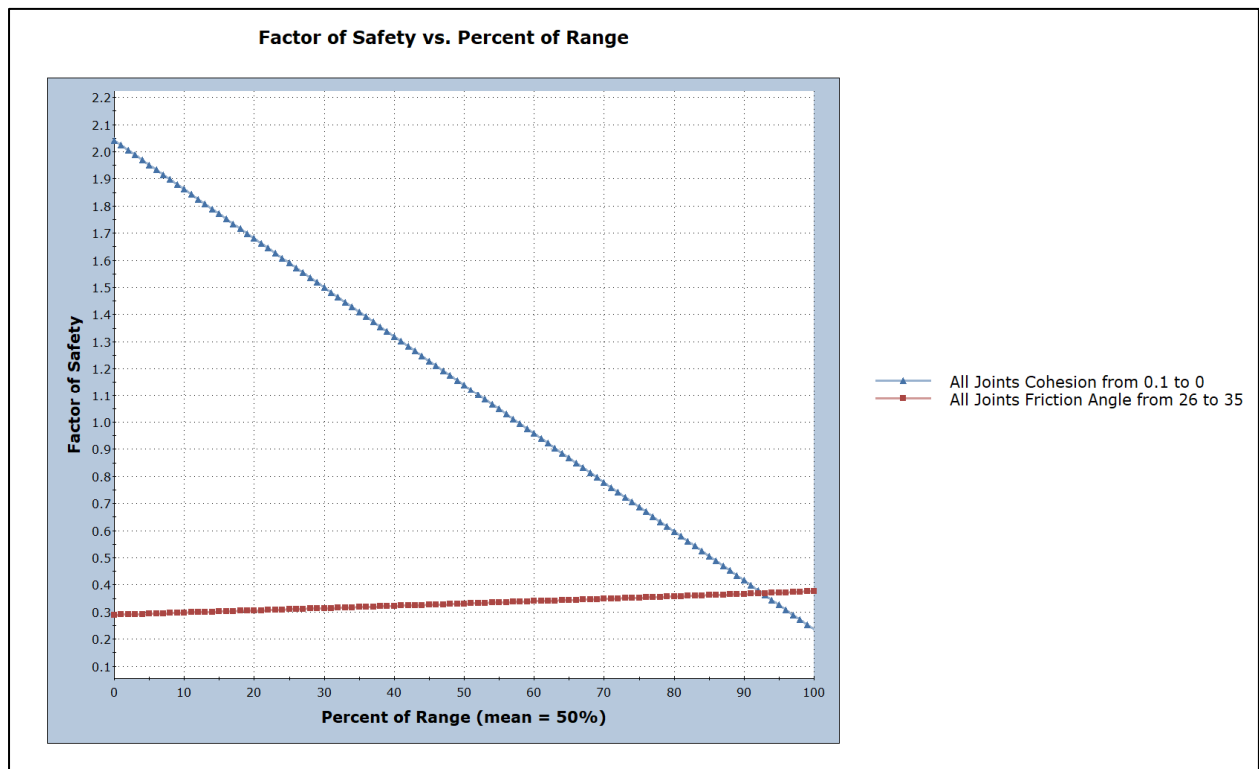


Bild D-76: Einfluss von Reibungswinkel φ (rot) und Kohäsion c der Klufflächen auf den Sicherheitsfaktor für ein potentielles Keilgleiten im Profil 4-3.

Numerisches Modell

Das Profil 4-3 weist eine etwas komplexere Geometrie auf. Das Modell erstreckt sich über eine Gesamtbreite von etwa 1.300 m und über eine Höhe von circa 300 m. Die Straße, welche mit einer zusätzlichen Last realisiert worden ist, befinden sich im Tal auf dem Übergang zwischen Auelehm und unterem Grünsandstein. Die Parameter der Lithologien sind Tab. D-5 zu entnehmen. Nachdem das System ins Gleichgewicht gerechnet und damit der Ist-Zustand erreicht wurde, wird die Sicherheitsfaktor-Analyse gestartet, bis ein SRF gefunden wurde, bei dem das System nicht mehr in ein Gleichgewicht gerechnet werden kann, da Strukturen und/oder das Gebirge versagen.

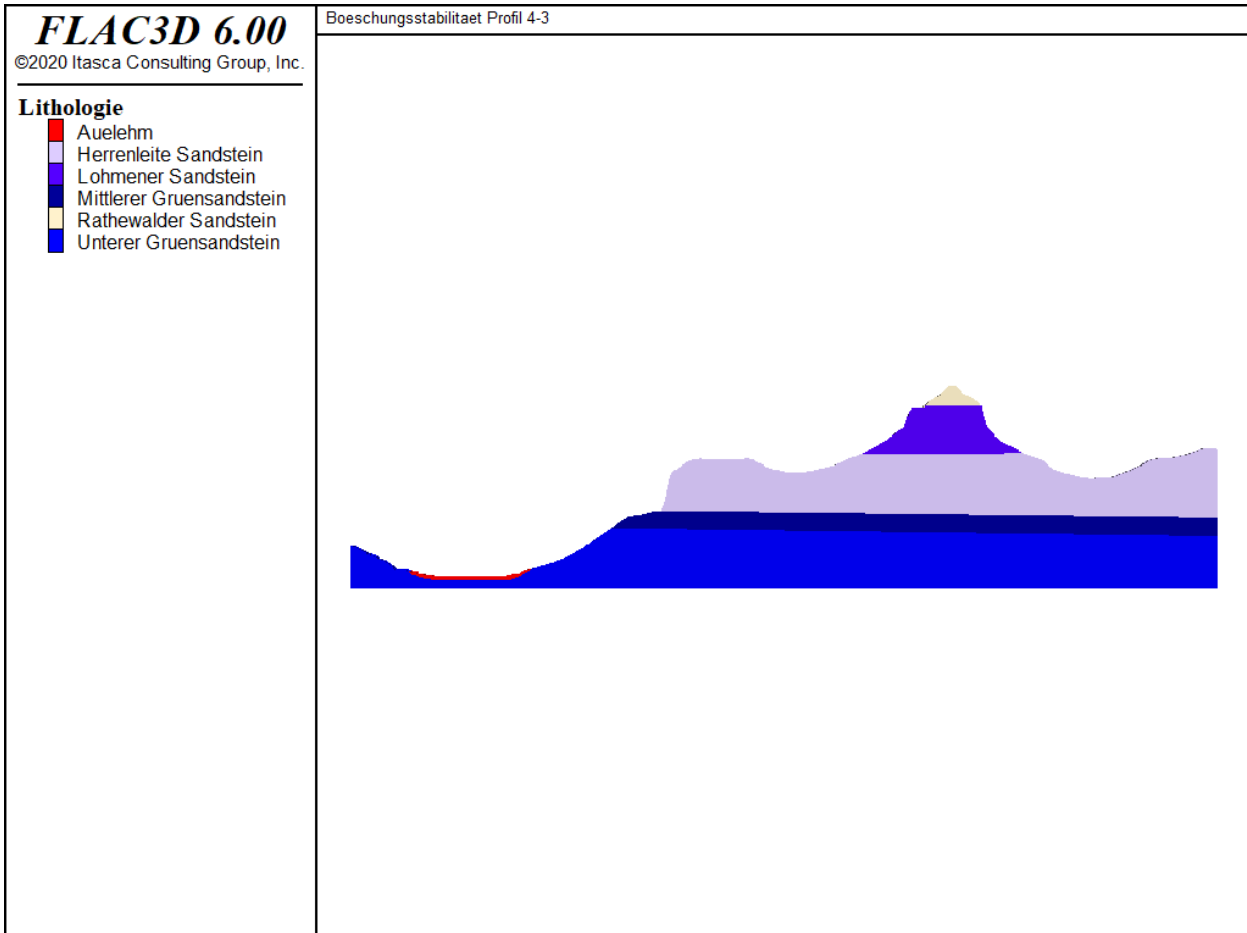


Bild D-77: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 4-3.

Für die aktuell angenommenen Parameter wurde ein Sicherheitsfaktor von 2,32 errechnet. Mit einem Sicherheitsfaktor von über 2,0 können die Böschungen als standsicher betrachtet werden. Verschiebungsabbildungen (vgl. Bild D-78) und Abbildungen zur maximalen Hauptspannung (vgl. Bild D-79) zeigen keine nennenswerten Auffälligkeiten außer, dass nicht die Böschung zum Tal hin die geringste Standsicherheit zeigt, sondern anscheinend die beiden Täler neben dem Gipfel innerhalb des Herrenleite Sandsteins. Neben den vergleichsweise festen Gesteins- und Gebirgsparametern ist ebenfalls die söhlige Lagerung der Lithologien ausschlaggebend für den hohen Sicherheitsfaktor und die damit einhergehende Standsicherheit.

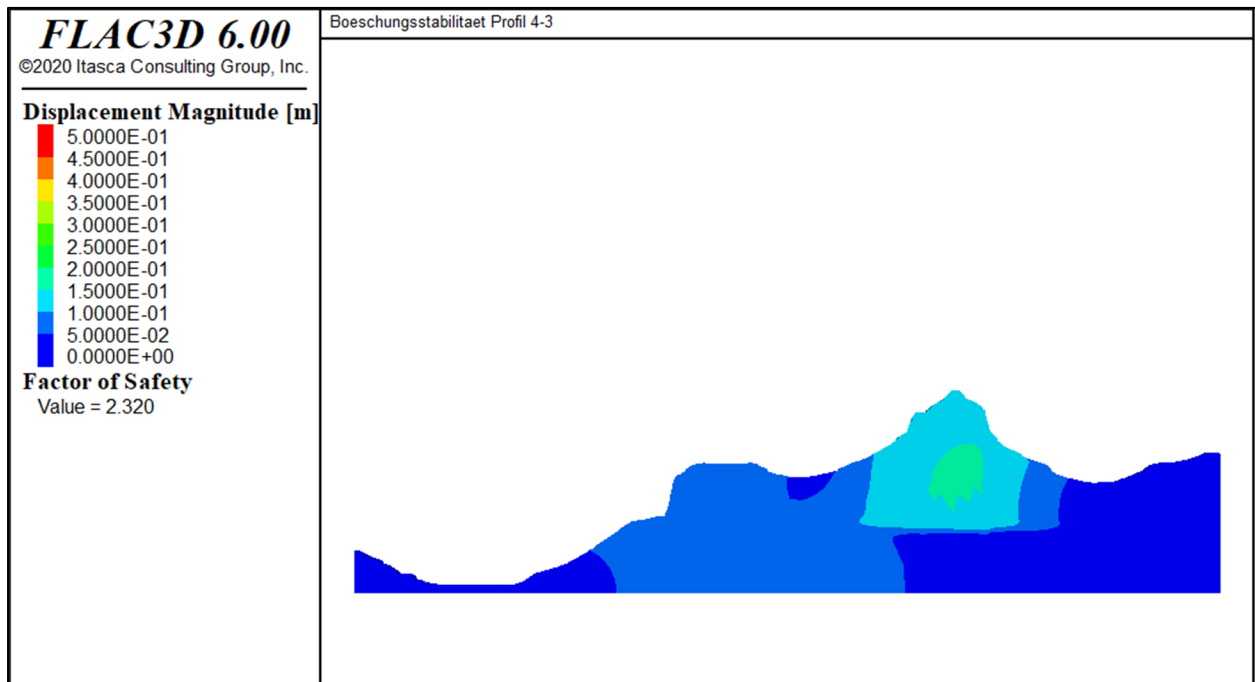


Bild D-78: Verschiebungen in Profil 4-3 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 2,32.

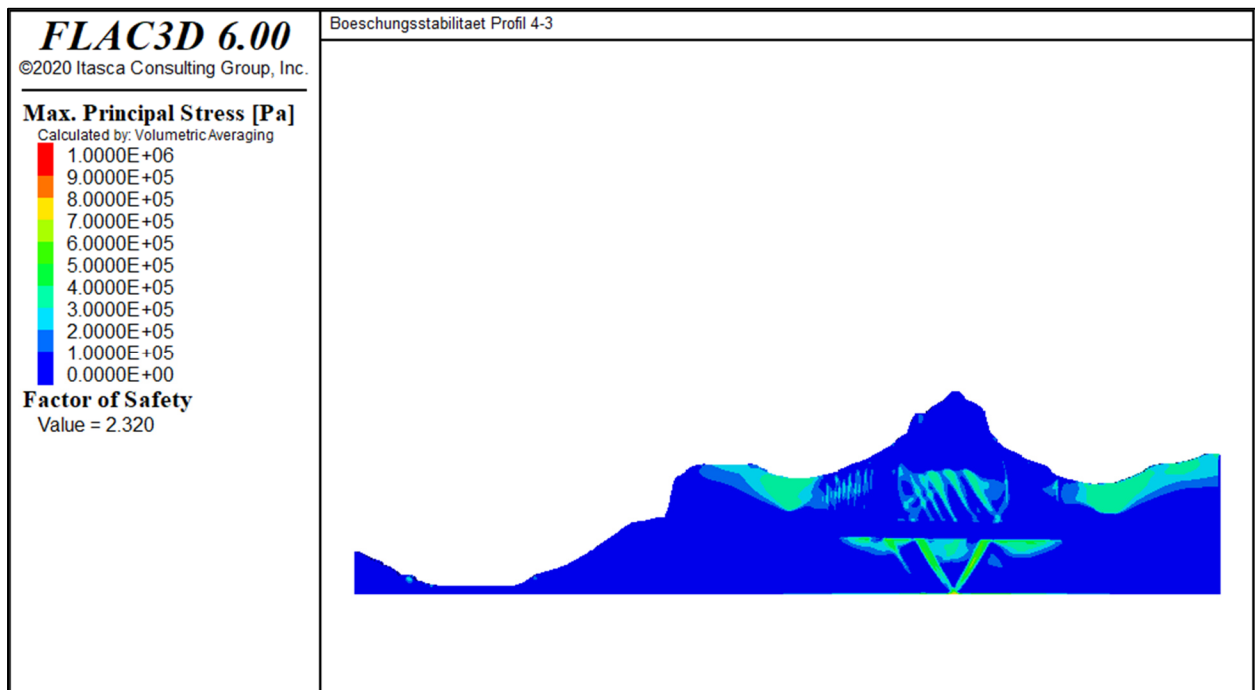


Bild D-79: Maximale Hauptspannung in Profil 4-1 nach Abminderung der Scherparameter bei einem SRF von 2,32.



D.5 Nördliches Zentrales Mittelgebirge (Hessen, Niedersachsen)

D.5.1 Profil 5-1

Der untersuchte Hang besteht gemäß vorliegender Profilinformatoren aus Schichten des Mittleren Buntsandstein. Feldpunkt F113 liegt in größerer Entfernung, aber zeigt eine ähnliche Geologie. Trennflächendaten sind nicht vorhanden, so dass keine kinematische Analyse potentieller Rutschkörper im Fels möglich ist. Im oberen Teil des Hanges verläuft eine Bahntrasse. An der Bahnstrecke ist ein Ereignis in 850 m Entfernung dokumentiert (Felssturz und Rutschung 2014 ohne weitere Erläuterungen). Für Profil 5-1 wurden zwei numerische Modelle mit unterschiedlichen Annahmen erstellt.

Numerisches Modell

In dem numerischen Modell wurden folgende Eingangsparameter angenommen:

Einheit	Farbe	Dichte	E-Modul	Poissonzahl	Kohäsion	Reibungswinkel	GSI	m_i	UCS	Zugfest.
	-	kg/m^3	GPa	-	MPa	$^\circ$	-	-	MPa	MPa
Mittlerer Buntsandstein (undifferenziert)		2.650	1	0,2	0,05	30	50	13	92	-
Flussaufschüttungen		2.000	0,015	0,3	0,005	27,5	n.a.	n.a.	n.a.	0

Tab. D-6: Boden- und Felsmechanische Kennwerte Profil 5-1

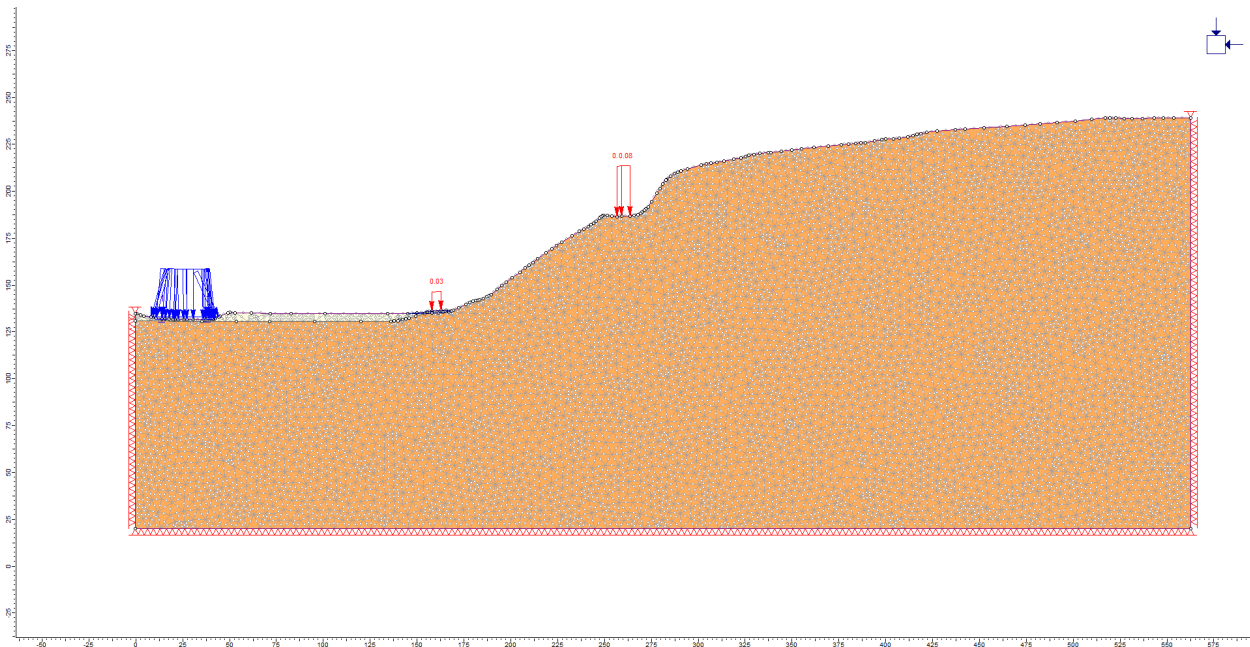


Bild D-80: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 5-1.

Modell 1

Für die Bahn wurde Streckenklasse D4 (Standard für Neu- und Ausbaustrecken) angenommen und eine Auflast von 80 kN/m^2 angesetzt. Im Modell entsteht beim Versagensfall eine gekrümmte Gleitbahn durch

den Hang. Die größten Scherverformungen treten dabei am Böschungsfuß auf. Gesamtverformungen sind zusätzlich zum Böschungsfuß auch an der Bahnböschung zu sehen. Der berechnete SRF beträgt 6,74. Damit ist der Hang standsicherheitstechnisch unter den gemachten Annahmen zunächst als rechnerisch deutlich stabil einzuschätzen.

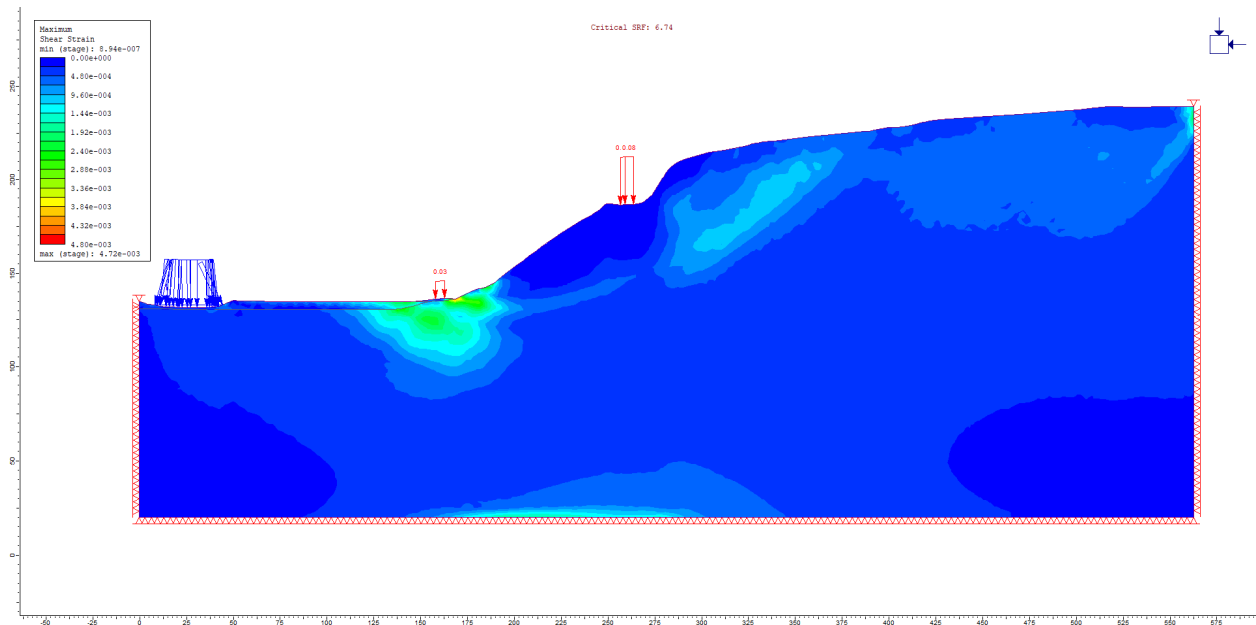


Bild D-81: Profil 5-1, Modell 1, Maximum Shear Strain.

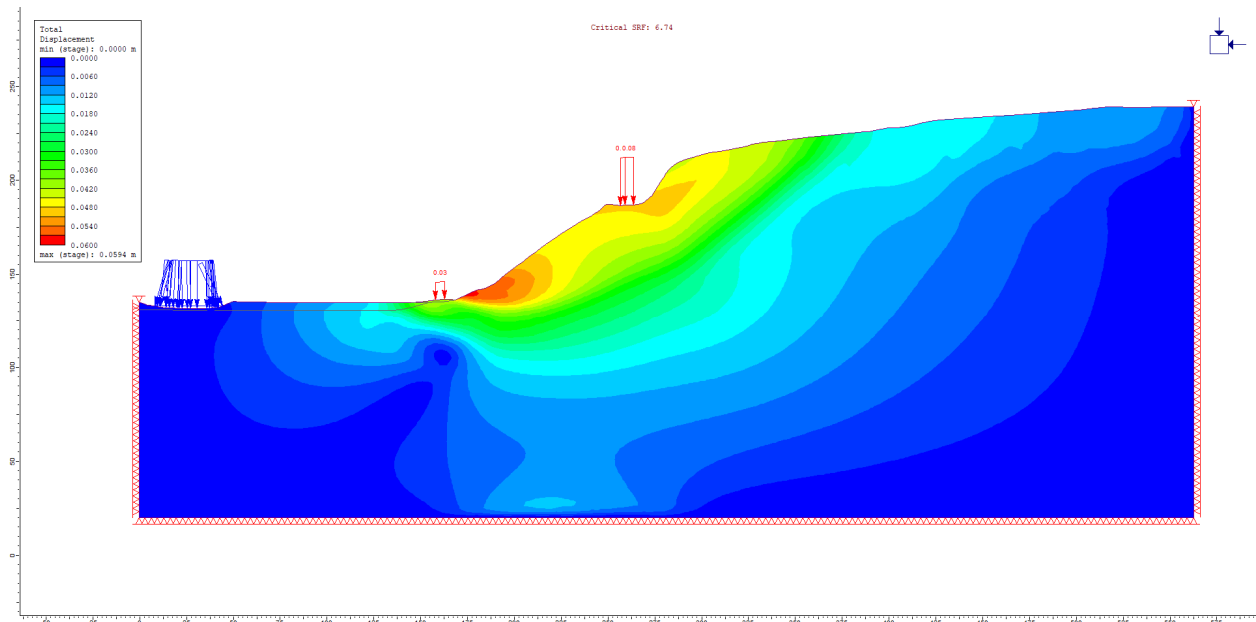


Bild D-82: Profil 5-1, Modell 1, Total Displacement.

Modell 2

In Modell 2 wurde der Einfluss der flachen Schichtung, die sich aus dem Schichtaufbau ergibt, untersucht. Hierzu wurde eine horizontale „Klüftung“ mit einem Reibungswinkel $\varphi = 30^\circ$ und einer Kohäsion von $c = 50$ kN in das Modell eingebaut. Der berechnete SRF beträgt 4,72. Damit ist der Hang

standsicherheitstechnisch unter den gemachten Annahmen zunächst als rechnerisch deutlich stabil einzuschätzen.

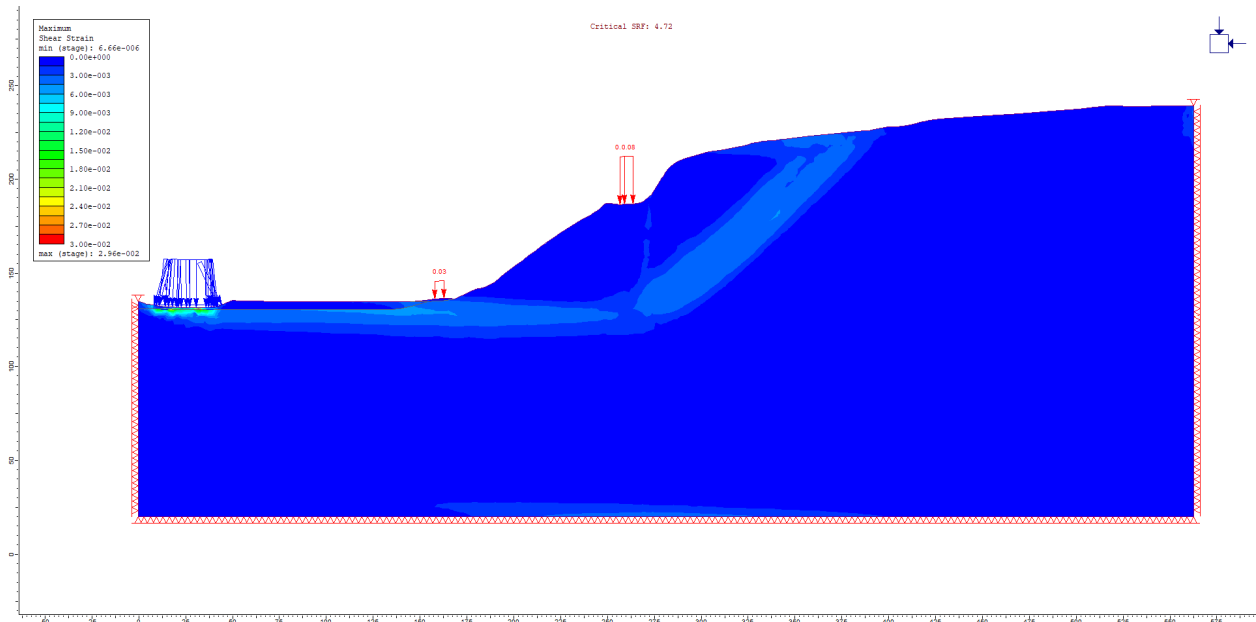


Bild D-83: Profil 5-1, Modell 2, Maximum Shear Strain.

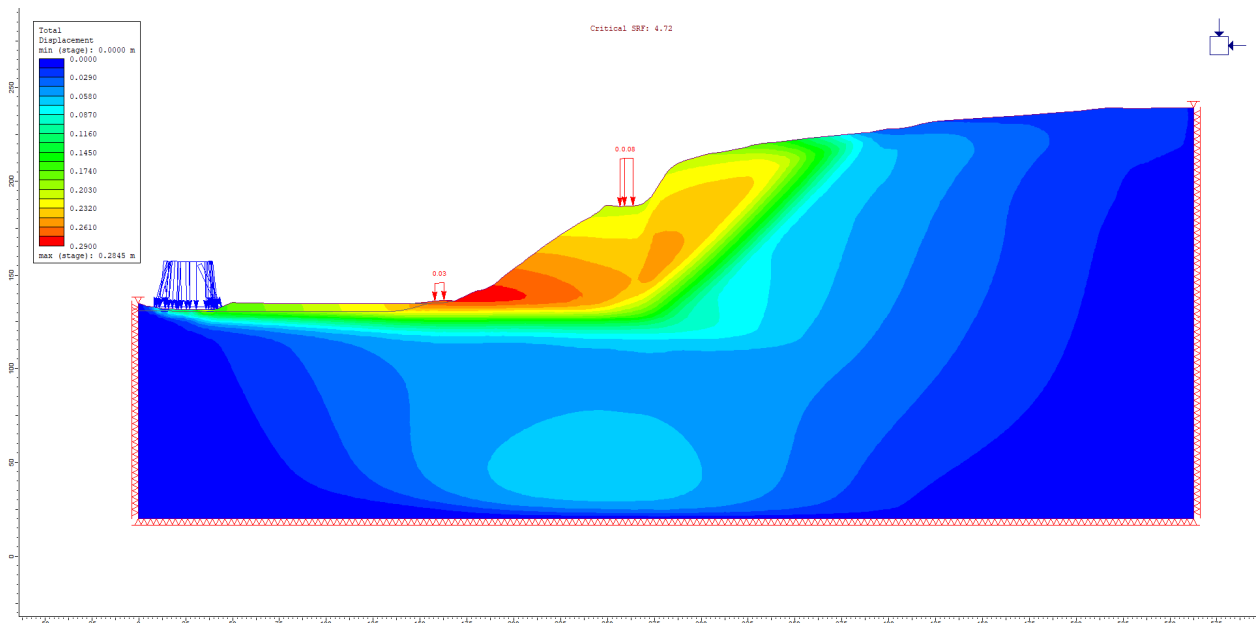


Bild D-84: Profil 5-1, Modell 2, Total Displacement.

D.5.2 Profil 5-2

Im Profil 5-2 werden die Felswände oberhalb der Straße durch Einheiten des Buntsandsteins mit Wechsellagerung rotbrauner/gelblicher Sandsteine (bankig, zwischen 0,2 m und 1 m mächtig) und rotbrauner Tonsteine (fein geschichtet) gebildet.

Kinematische Analyse

Nächstgelegener Messpunkt zum Profil ist F119. Die Böschungsneigungen wurden an den Profilschnitten ermittelt. Die durchschnittliche Neigung der Gesamtböschung beträgt 39° , wobei im Profil zwei Geländestufen existieren. Die Höhe der Felswand beträgt ca. 60 m zzgl. des weiter ansteigenden Geländes oberhalb der oberen zweiten Böschungskante. Die Höhe der Einzelböschungen ist etwa 26 m und 20 m. Über dem steilen Wandbereich, dessen Neigung lokal bis 58° beträgt, steigt die Böschung am Kopf flach mit $18^\circ - 6^\circ$ weiter an. Die Einfallsrichtung der Böschung liegt bei etwa 230° SW.

Die Annahme eines Reibungswinkels von abgerundet 30° für die nachfolgenden Analysen kann als ein relativ konservativer Wert erachtet werden.

Die Analyse der Trennflächen für einen Hang mit einer Neigung von 39° zeigt:

- Kein Blockgleiten
- Kein Keilgleiten
- Kein Kippen

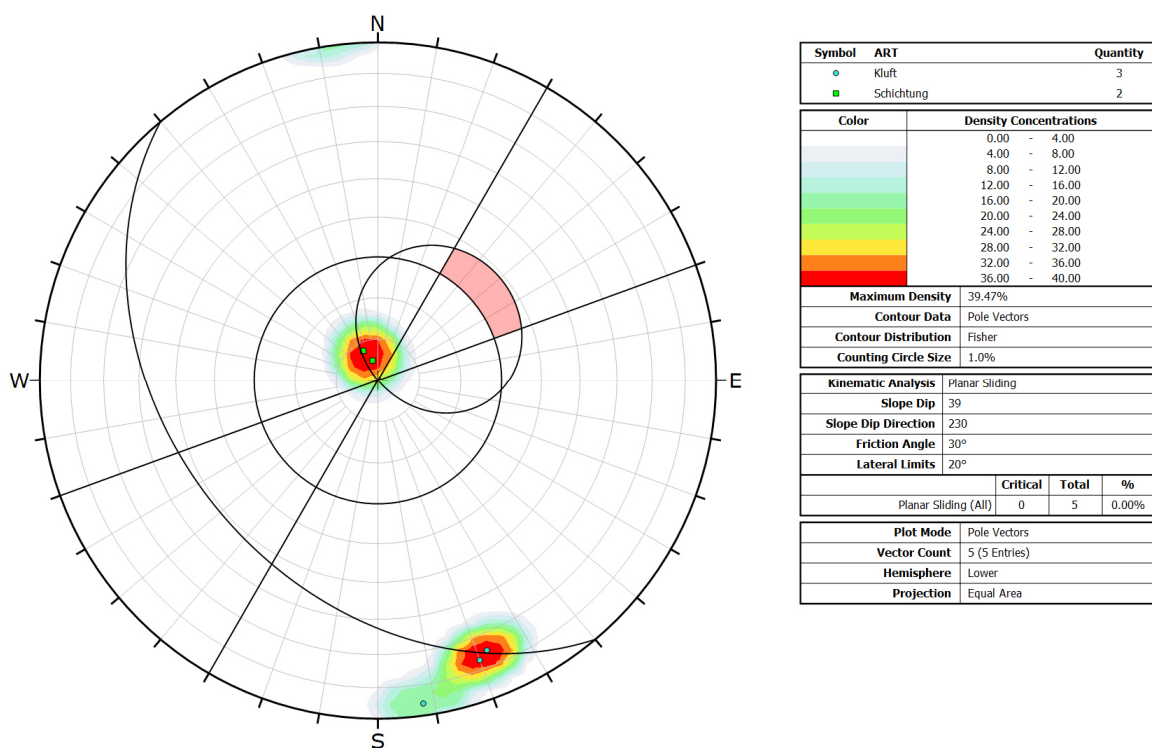


Bild D-85: Polpunktplot Profil 5-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 39° .

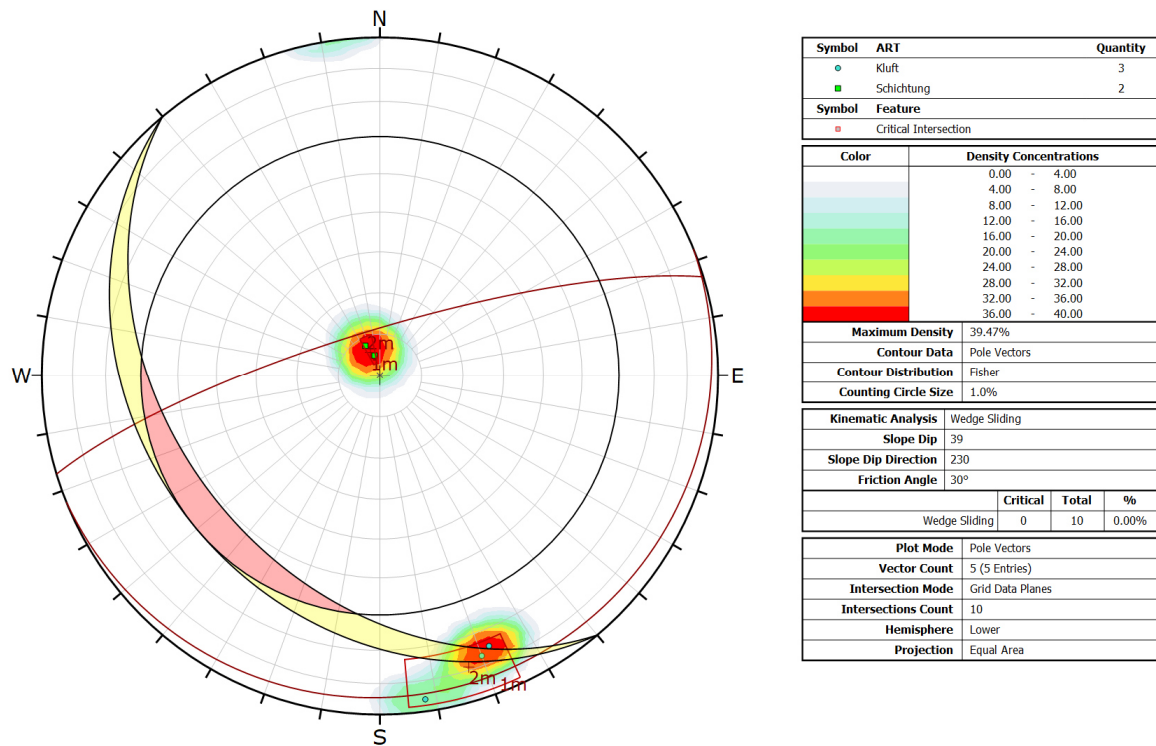






Bild D-86: Polpunktdiagramm Profil 5-2, Auswertung Blockgleiten für eine Böschungsneigung von 39°.

Eine Analyse der Trennflächen für einen Hangabschnitt mit einer Neigung von 58° zeigt ebenfalls:

- Kein Blockgleiten
- Kein Keilgleiten
- Kein Kippen

Numerisches Modell

In dem numerischen Modell von Profil 5-2 wurden folgende Eingangsparameter angenommen:

Einheit	Farbe	Dichte	E-Modul	Poisson-zahl	Kohäsion	Reibungswinkel	GSI	m _i	UCS	Zugfest.
	-	kg/m ³	GPa	-	MPa	°	-	-	MPa	MPa
Hauptbuntsandstein (sm1)		2.650	1	0,2	0,05	30			-	10
Buntsandstein Solling Fm. (sm2)		2.650	1	0,2	0,05	30			-	10
Löss und Lösslehm		1.900	0,015	0,35	0,005	27,5			-	0
Flussaufschüttungen		1.950	0,015	0,35	0,005	30			-	0

Tab. D-7: Boden- und Felsmechanische Kennwerte Profil 5-2.

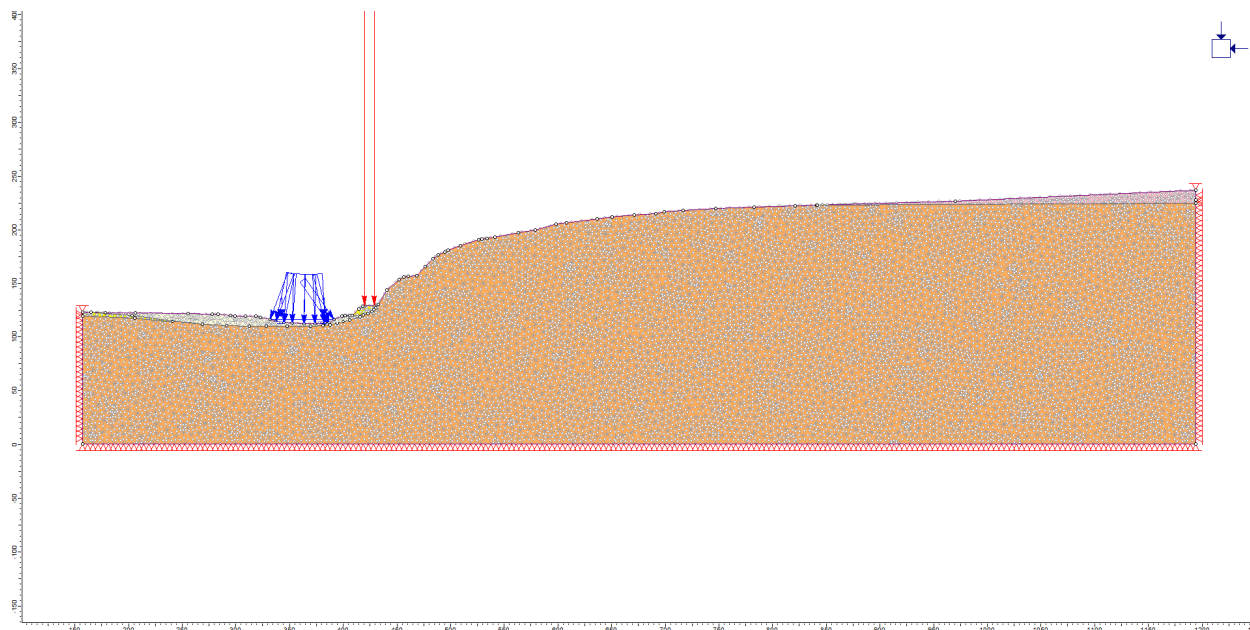


Bild D-87: Lithologisch-geotechnischer Schichtenaufbau des numerischen Modells des Profils 5-2.

Im Versagensfall bildet sich im Profil 5-2 eine gekrümmte Gleitbahn durch die Böschung, die unterhalb der Straße verläuft. Die größten Verformungen treten dabei im Straßenbett auf. Der berechnete SRF beträgt 6,69. Damit ist der Hang standsicherheitstechnisch unter den gemachten Annahmen zunächst als rechnerisch äußerst stabil einzuschätzen.

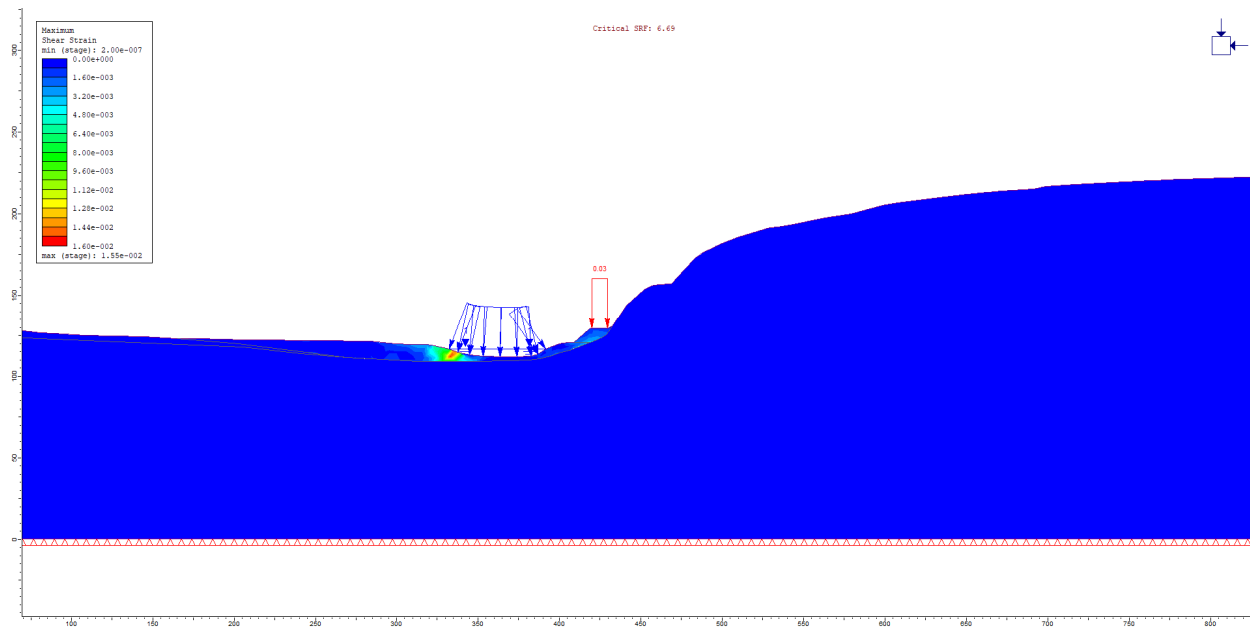


Bild D-88: Profil 5-2 Maximum Shear Strain.

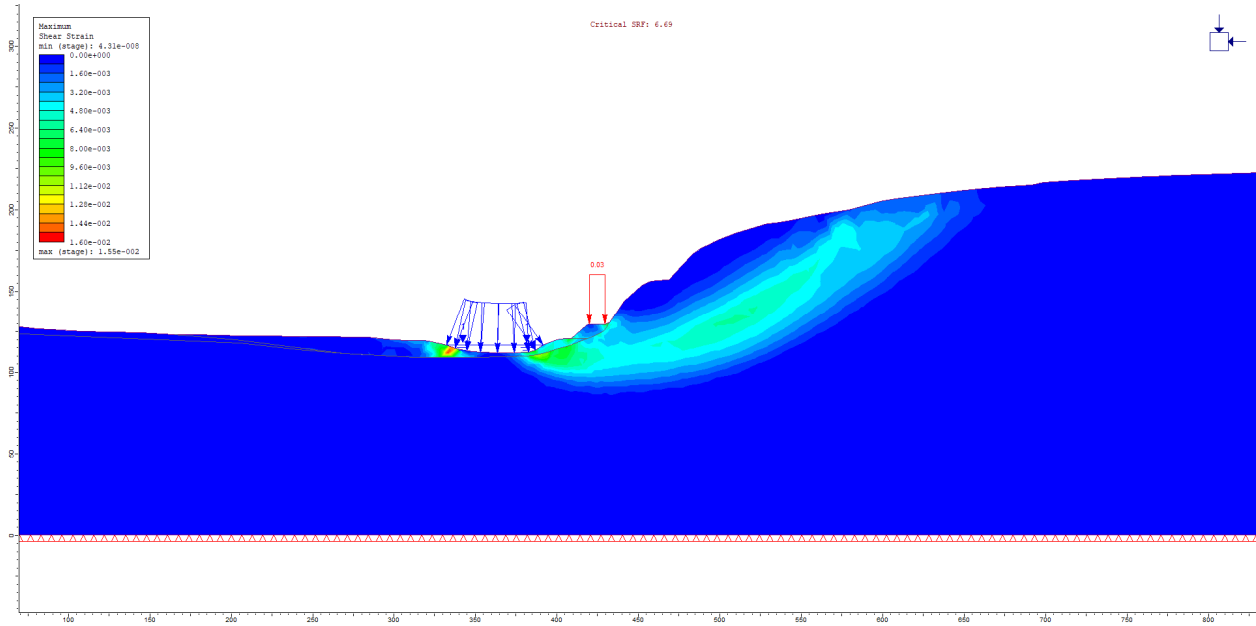


Bild D-89: Profil 5-2 Maximum Shear Strain, dargestellt für SRF = 7 zur Visualisierung der kritischen Gleitfläche.

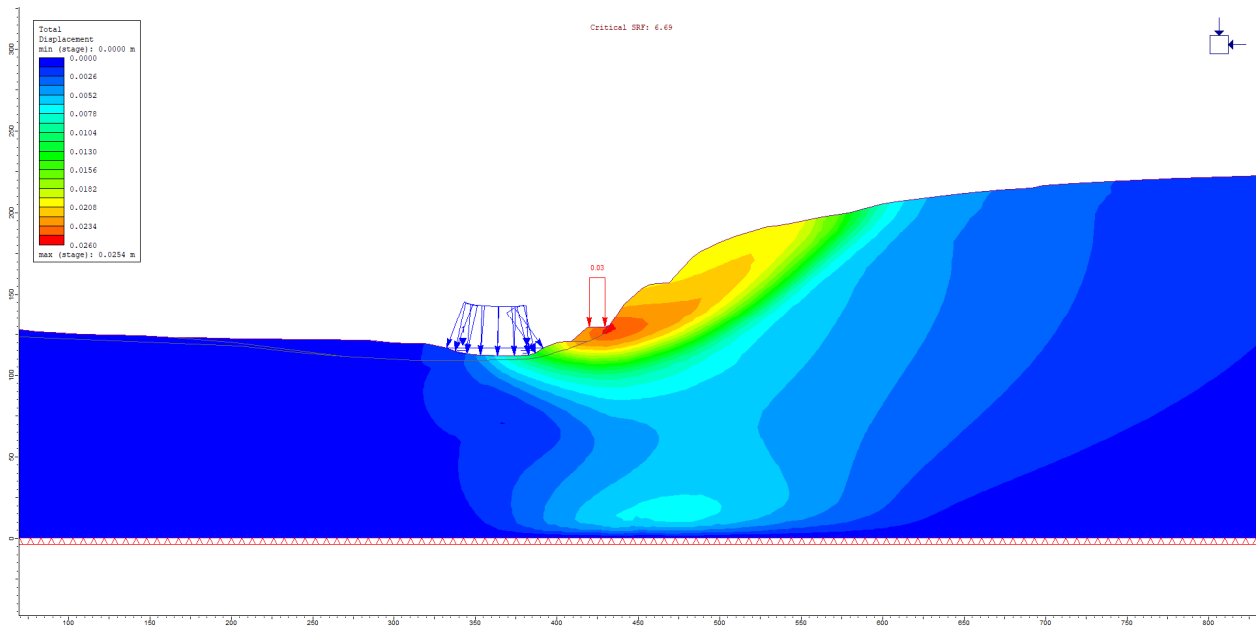


Bild D-90: Profil 5-2 Total Displacement.

Anlage E: Wirkungszzenarien

E.1 Standsicherheitsberechnungen

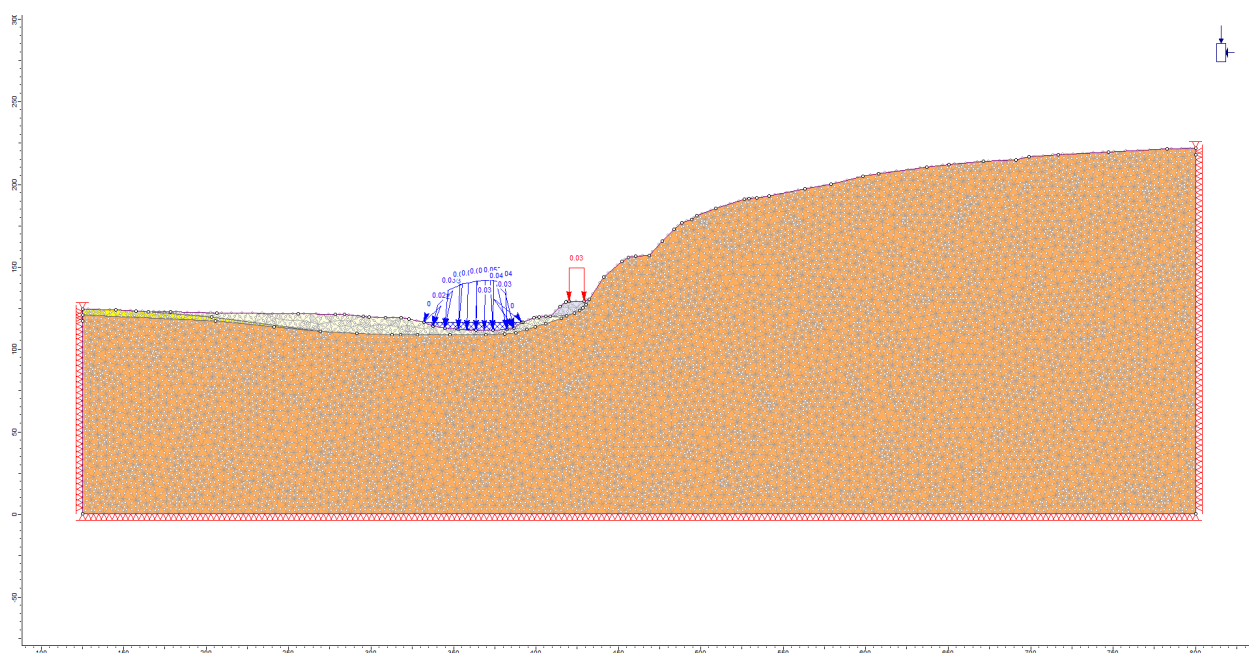


Bild E-1: Geotechnisches Basismodell Profil 5-2.

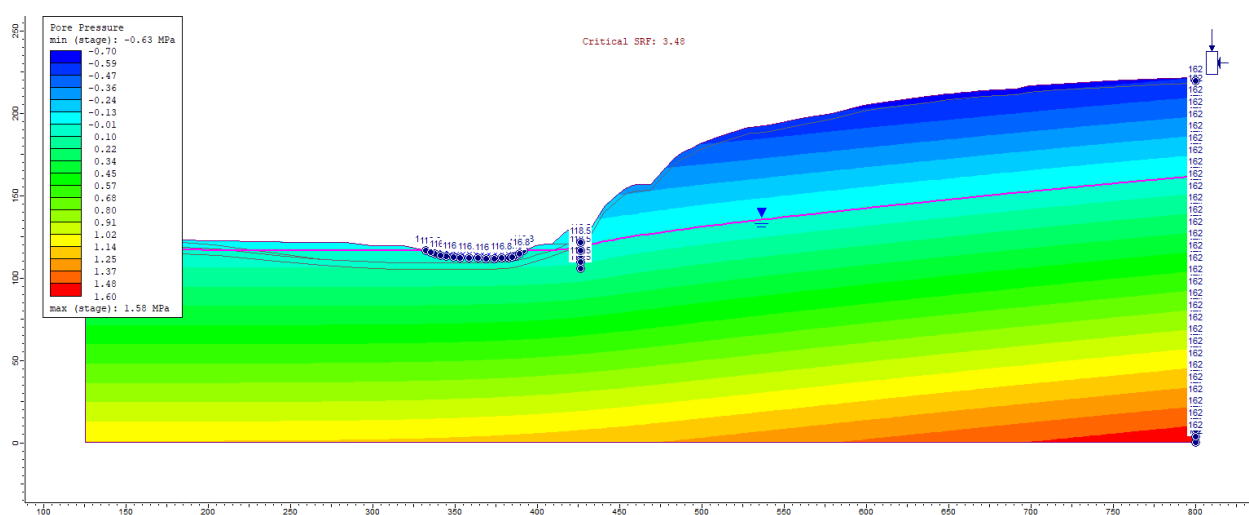


Bild E-2: FEA-Modell des Gebirgwasserstandes: Porenwasserdruckverteilung.

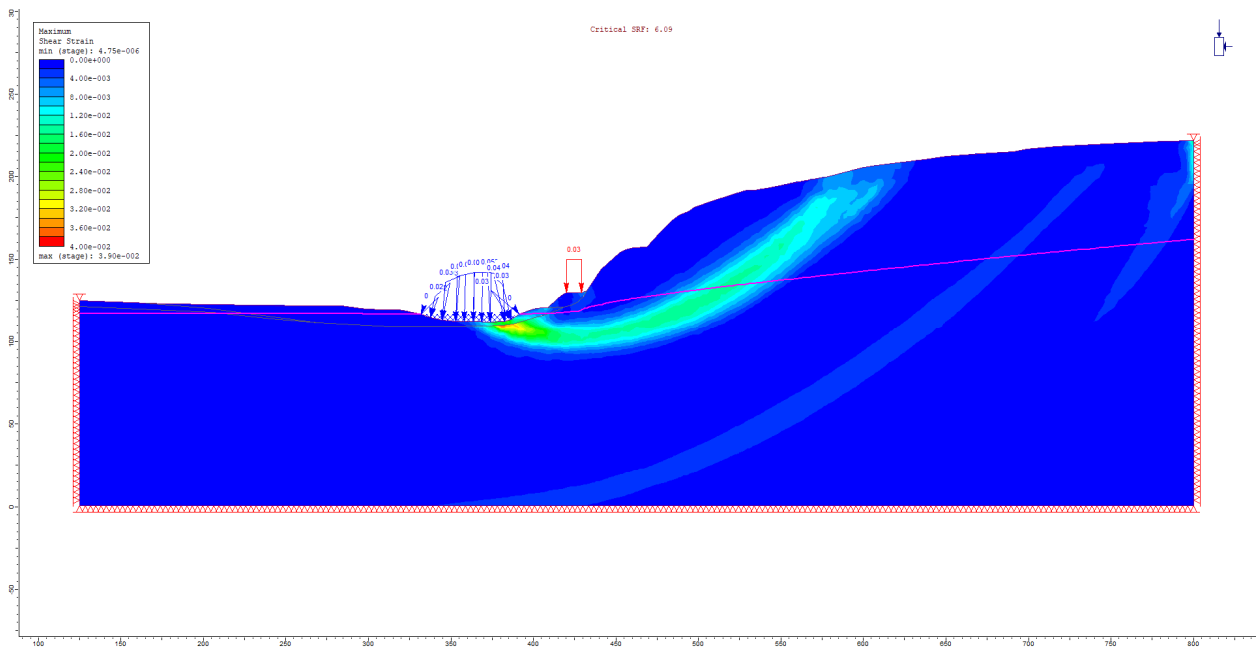


Bild E-3: Shear Strain im Basismodell III Profil 5-2 (SRF = 6,09, hier dargestellt bei SRF = 6,2).

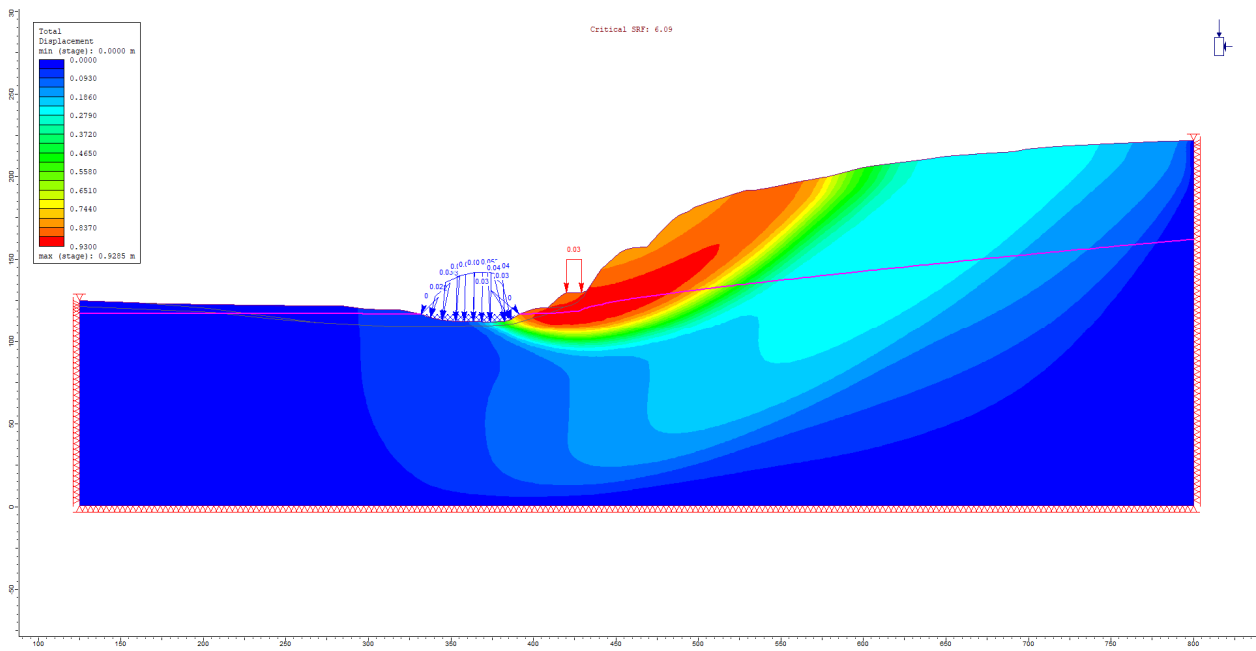


Bild E-4: Displacement im Basismodell III Profil 5-2 (SRF = 6,09, hier dargestellt bei SRF = 6,2).

E.2 Dispositionsmodelle

E.2.1 Ansatz 1A - Allgemeine Massenbewegungen und Rutschprozesse mit PR-ED

Kontaktbereich	Änderungssignal	Länge [km]	Anteil Länge [%]	Anzahl Straßenabschnitte (geringster Abstand)
Nahe Zukunft (2031-2060)				
Direkt	Unverändert	18,72	1,1	219
	Zunahme gering	10,83	0,7	155
50 m	Unverändert	260,35	15,9	946
	Zunahme gering	240,67	14,7	1.000
100 m	Unverändert	374,26	22,8	558
	Zunahme gering	389,93	23,7	555
200 m	Unverändert	190,16	11,6	1.066
	Zunahme gering	157,13	9,6	1.199
Ferne Zukunft (2071-2100)				
Direkt	Unverändert	9,10	0,6	76
	Zunahme gering	20,45	1,2	298
50 m	Unverändert	85,82	5,2	267
	Zunahme gering	415,20	25,3	1.679
100 m	Unverändert	127,32	7,8	167
	Zunahme gering	636,87	38,8	946
200 m	Unverändert	70,68	4,3	270
	Zunahme gering	276,61	16,8	1.995

Tab. E-1: Ergebnisse der Verschneidung des räumlich generalisierten Änderungssignals mit dem Bundesfernstraßennetz für Ansatz 1A und Parameter PR-ED. Zählung der Straßenabschnitte jeweils ausschließlich für den Kontaktbereich mit dem geringsten Abstand. Jeder Abschnitt wird daher lediglich 1x gezählt.

E.2.2 Ansatz 1B - Fließprozesse mit PR-E_{kum}

Klasse	Kontaktbereich	Änderungssignal	Länge [km]	Anteil Länge [%]	Anzahl Straßenabschnitte (geringster Abstand)
Nahe Zukunft (2031-2060)					
schwach	Direkt	Unverändert	115,60	27,9	1.337
	50 m	Unverändert	112,97	27,3	1.031
	100 m	Unverändert	71,86	17,4	552
	200 m	Unverändert	113,33	27,4	894
moderat	Direkt	Abnahme	9,77	2,4	121
		Unverändert	13,13	3,2	148
		Zunahme gering	73,92	17,9	814
		Zunahme moderat	18,06	4,4	243
		Zunahme stark	0,72	0,2	11
	50 m	Abnahme	10,38	2,5	109
		Unverändert	9,89	2,4	87

Klasse	Kontaktbereich	Änderungssignal	Länge [km]	Anteil Länge [%]	Anzahl Straßenabschnitte (geringster Abstand)	
		Zunahme gering	70,96	17,1	597	
		Zunahme moderat	20,39	4,9	221	
		Zunahme stark	1,36	0,3	17	
	100 m	Abnahme	5,77	1,4	47	
		Unverändert	8,51	2,1	59	
		Zunahme gering	42,85	10,4	315	
		Zunahme moderat	14,31	3,5	126	
		Zunahme stark	0,43	0,1	5	
		200 m	Abnahme	11,05	2,7	108
	Unverändert		14,27	3,4	102	
	Zunahme gering		66,15	16,0	479	
	Zunahme moderat		21,27	5,1	197	
	Zunahme stark		0,59	0,1	8	
	ergiebig	Direkt	Abnahme	71,88	17,4	970
			Unverändert	8,29	2,0	33
Zunahme gering			29,21	7,1	257	
Zunahme moderat			6,23	1,5	77	
50 m		Abnahme	80,49	19,5	782	
		Unverändert	3,79	0,9	18	
		Zunahme gering	21,62	5,2	170	
		Zunahme moderat	7,07	1,7	61	
100 m		Abnahme	49,13	11,9	408	
		Unverändert	2,42	0,6	11	
		Zunahme gering	15,33	3,7	95	
		Zunahme moderat	4,98	1,2	38	
200 m		Abnahme	75,81	18,3	678	
		Unverändert	4,76	1,1	14	
		Zunahme gering	25,71	6,2	157	
		Zunahme moderat	7,06	1,7	45	
extrem ergiebig	Direkt	Abnahme	108,40	26,2	1.305	
		Zunahme gering	7,21	1,7	32	
	50 m	Abnahme	108,11	26,1	1.007	
		Zunahme gering	4,87	1,2	24	
	100 m	Abnahme	67,46	16,3	535	
		Zunahme gering	4,41	1,1	17	
	200 m	Abnahme	106,05	25,6	872	
		Zunahme gering	7,28	1,8	22	
	Ferne Zukunft (2071-2100)					
	schwach	Direkt	Unverändert	115,60	27,9	1.337
50 m		Unverändert	112,97	27,3	1.031	

Klasse	Kontaktbereich	Änderungssignal	Länge [km]	Anteil Länge [%]	Anzahl Straßenabschnitte (geringster Abstand)
	100 m	Unverändert	71,86	17,4	552
	200 m	Unverändert	113,33	27,4	894
moderat	Direkt	Unverändert	0,86	0,2	11
		Zunahme gering	79,78	19,3	857
		Zunahme moderat	32,62	7,9	427
		Zunahme stark	2,35	0,6	42
	50 m	Unverändert	0,70	0,2	6
		Zunahme gering	72,88	17,6	630
		Zunahme moderat	36,21	8,8	352
		Zunahme stark	3,19	0,8	43
	100 m	Unverändert	0,47	0,1	2
		Zunahme gering	46,59	11,3	342
		Zunahme moderat	22,28	5,4	184
		Zunahme stark	2,53	0,6	24
	200 m	Unverändert	0,99	0,2	11
		Zunahme gering	76,93	18,6	578
		Zunahme moderat	32,09	7,8	259
		Zunahme stark	3,32	0,8	46
ergiebig	Direkt	Abnahme	30,95	7,5	389
		Unverändert	1,82	0,4	25
		Zunahme gering	63,93	15,4	713
		Zunahme moderat	18,91	4,6	210
	50 m	Abnahme	33,88	8,2	291
		Unverändert	3,11	0,8	26
		Zunahme gering	57,98	14,0	540
		Zunahme moderat	18,01	4,4	174
	100 m	Abnahme	18,58	4,5	134
		Unverändert	1,38	0,3	10
		Zunahme gering	39,69	9,6	321
		Zunahme moderat	12,22	3,0	87
	200 m	Abnahme	28,49	6,9	266
		Unverändert	1,91	0,5	14
		Zunahme gering	66,44	16,1	512
		Zunahme moderat	16,48	4,0	102
extrem ergiebig	Direkt	Abnahme	109,59	26,5	1.310
		Zunahme gering	6,02	1,5	27
	50 m	Abnahme	109,05	26,4	1.016
		Zunahme gering	3,93	0,9	15
	100 m	Abnahme	68,48	16,5	538
		Zunahme gering	3,39	0,8	14

Klasse	Kontaktbereich	Änderungssignal	Länge [km]	Anteil Länge [%]	Anzahl Straßenabschnitte (geringster Abstand)
	200 m	Abnahme	107,54	26,0	876
		Zunahme gering	5,79	1,4	18

Tab. E-2: Ergebnisse der Verschneidung des räumlich generalisierten Änderungssignals mit dem Bundesfernstraßennetz für Ansatz 1B und Parameter PR-E_{kum}. Zählung der Straßenabschnitte jeweils ausschließlich für den Kontaktbereich mit dem geringsten Abstand. Jeder Abschnitt wird daher lediglich 1x gezählt.

Anlage F: Datenübergabe - Dokumentation

F.1 Allgemeine Hinweise

Die übergebenen Daten und Ergebnisse sind in folgender Verzeichnisstruktur abgelegt:

- Bericht
- Daten
 - Projekte
 - Rasterdaten
 - Basisdaten
 - Dispositionsmodelle
 - Klimaschwellenwerte
 - Pr_ed_r_map_nls
 - Pr_ekum_df
 - Vektordaten
 - Basisdaten
 - Dispositionsmodelle
 - Interaktion_Nemo
 - Karten
 - Standsicherheit
- Präsentation

F.2 Bericht

In diesem Verzeichnis befindet sich der abgestimmte Abschlussbericht (**.docx/.pdf**) inklusive separater Abbildungen (**.png/.jpg**), Anlagen (A-F, **.docx/.pdf**) und zugehöriger Karten (3, **.pdf**).

F.3 Daten

F.3.1 Projekte

Das Verzeichnis mit den Projektdateien der Ergebnisse/Basisdaten (**ArcGIS Desktop v10.5.1, v10.8.1**) sowie den Kartenwerken (**ArcGIS Pro v2.9**).

Die ArcGIS Desktop-Projekte sind identisch, und die Version v10.5.1 ausschließlich zum Zwecke der Abwärtskompatibilität enthalten. Der Karteninhalt besteht aus den im Weiteren beschriebenen Raster- und Vektordaten. Die Karten sind **nach dieser Ordnerstruktur in Themen** gegliedert und beschriftet:

- Standsicherheit
- Wirkungsszenarien
- Klimaschwellenwerte
- Dispositionsmodelle
- Basisdaten

Zur Darstellung der Ergebnisse bezüglich der Wirkungsszenarien wird die Verwendung des **Dark Theme** (Basisdaten) empfohlen, da ansonsten die Features mit hellen Farben nur schwer vom weißen Hintergrund unterscheidbar sind.

F.3.2 Rasterdaten

In diesem Verzeichnis sind alle Rasterdaten enthalten, die auch in den Projektdateien eingebunden sind.

- Basisdaten
 - Elevation
Digitales Höhenmodell mit 5 m Zellgröße (DGM5)
 - Elevation_Copernicus_EU_resample_100m
Digitales Höhenmodells aus dem EU-Copernicus-Programm, resampled auf 100 m Zellgröße
 - Hillshade_MultiDirection
Schummerung (mehrerer Richtungen, Winkel 45°) auf Basis DGM5
 - Hillshade_Traditional
Schummerung (Richtung 315°, Winkel 45°) auf Basis DGM5
 - Hillshade_Traditional_Copernicus_EU_resample_100m
Schummerung (Richtung 315°, Winkel 45°) auf Basis des Copernicus-DGM100
 - SlopeDeg_Copernicus_EU_resample_100m
Hangneigung (in Grad, 0-90) auf Basis des Copernicus-DGM100
- Dispositionsmodelle
 - Ansatz_1A_00_DispMod_HK1_15
Ergebnis Ansatz 1A, Klassen 1-15 (Detailklassen)
 - Ansatz_1A_00_DispMod_HK1_5
Ergebnis Ansatz 1A , Klassen 1-5 (Hauptklassen)
 - Ansatz_1A_02_DispMod_HK1_5_cleaned_100px
Ergebnis Ansatz 1A, Klassen 1-5 (Hauptklassen) **bereinigt**
Finalversion
 - Ansatz_1B_01_DispMod_unclassified
Ergebnis Ansatz 1B, ohne Klassifizierung
 - Ansatz_1B_02_DispMod_HK1_6_cleaned
Ergebnis Ansatz 1B, Klassen 1-6 **bereinigt**
Finalversion
 - Ansatz_1C_01_DispMod_HK1_4
Ergebnis Ansatz 1C, Klassen 1-4
 - Ansatz_1C_02_DispMod_HK1_4_cleaned_100px
Ergebnis Ansatz 1C, Klassen 1-4 **bereinigt**
Finalversion
- Klimaschwellenwerte
Datengrundlage für die Erstellung der **Wirkungszszenarien**
 - Pr_ed_r_map_nls
Änderungssignale aus der Klimaschwellenwertermittlung für nahe (**ZN**) und ferne (**ZF**)
Zukunft, bezogen auf **Ansatz 1A**
 - Delta

- ▢ 01_Original
Eingangsdaten (Zellgröße 5x5 km)
 - ▢ 02_Generalisierung_Klassifizierung
Räumlich vereinfachte und klassifizierte Änderungssignale
 - ▢ 03_Maskierung
Ergebnisse aus **02** verschnitten mit der Verbreitung des DGM5
Finalversion
- ▢ Pr_ekum_df
Änderungssignale aus der Klimaschwellenwertermittlung für nahe (**ZN**) und ferne (**ZF**) Zukunft, bezogen auf **Ansatz 1B** für 4 Klassen (schwach bis extrem ergiebig)
 - ▢ Delta
 - ▢ 01_Original
Eingangsdaten (Zellgröße 5x5 km)
 - ▢ 02_Generalisierung_Klassifizierung
Räumlich vereinfachte und klassifizierte Änderungssignale
 - ▢ 03_Maskierung
Ergebnisse aus **02** verschnitten mit der Verbreitung des DGM5
Finalversion

F.3.3 Vektordaten

Verzeichnis enthält die in Geodatenbanken gespeicherten Ergebnisse sowie Basisdaten.

- ▢ Basisdaten
Straßennetz sowie Landesflächen und Umrisse Gemeinden sowie Landkreise (**KRS**).
- ▢ Dispositionsmodelle
Ergebnisse der Modellberechnungen im Vektorformat. Enthält zusätzlich die abgeleiteten **Pufferzonen** (direkt, 0-50 m, 50-100 m, 100-200 m) sowie die mit den Ergebnissen attribuierten Landkreise (**KRS**) für jeden Modellansatz.
- ▢ Interaktion_Nemo
Ergebnisse der Verschneidung ermittelter **Pufferzonen** (0-200 m) der Hinweisflächen mit dem **Nemo-Straßennetz (v20191031)**. Die Angaben zur Hinweisklasse (HK) beziehen sich auf die zur Auswertung des jeweiligen Ansatzes relevanten **Hauptklassen**:
 - Ansatz 1A: HK4 bis 5
 - Ansatz 1B: HK3 bis 6
 - Ansatz 1C: HK3 bis 4

Die Angaben **Abschnittsanzahl** sowie **Abschnittslänge** beziehen sich auf die Art der Auswertung.

Für die **Abschnittsanzahl** wurde für jeden Straßenabschnitt ermittelt, ob ein Kontakt zu einer oder mehreren Pufferzonen **besteht** oder nicht. Wenn **ja**, wurde dem Abschnitt diese Information übertragen. Befindet sich ein Straßenabschnitt in mehreren Pufferzonen, ggf. auch mehrerer Hinweisflächen, wurde die Information zum **geringsten Abstand** (kleinste Pufferzone) attribuiert. Ein Abschnitt wird somit nur **einfach** gezählt, unabhängig davon ob er mit einer oder mehreren Hinweisflächen/Pufferzonen überlagert. Für die **Abschnittslänge** wurde **jede** Überschneidung mit den Pufferzonen gewertet und anschließend aufsummiert. Ein Straßenabschnitt/ID kann somit durch **mehrere** Features vertreten sein.

Bezüglich Ansatz 1B wurden zusätzlich die **Anzahl der Kontakte**, d.h. wie häufig ein Straßenabschnitt mit einer Rinnenstruktur/der Pufferzone überlagert, gezählt sowie die Informationen zur minimalen und maximalen Hinweisklasse und Pufferzone für jeden Abschnitt attribuiert.

- 📁 Karten
Enthält einige Datensätze, die zur Erstellung der Karten verwendet wurden, jedoch für die Berechnung und Auswertung der **Dispositionsmoelle/Wirkungsszenarien nicht notwendig** waren.
- 📁 Standsicherheit
Enthält die zur Profilerstellung **ausgewählten Bereiche/Regionen**.

F.4 Präsentation

In diesem Verzeichnis befindet sich die Abschlusspräsentation (.pptx/.pdf).