



universität
wien

DISSERTATION

Titel der Dissertation

Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten
des Burgenlandes: Verbreitung, Vergleich natürlicher
Einflussfaktoren, Bewegungsmechanismen und Auslöser

Verfasser

Mag. rer. nat. Philip Leopold

angestrebter akademischer Grad

Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

Wien, im März 2012

| | |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Studienkennzahl lt. Studienblatt: | A 091 432 |
| Dissertationsgebiet lt. Studienblatt: | Technische Geologie |
| Betreuerin / Betreuer: | PD Mag. Dr. Erich Draganits |

Das Mysterium der Geschwindigkeit
bleibt ein Geheimnis (....).

Paul Virilio: *Ästhetik des Verschwindens*. Merve, 1986

Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten des Burgenlandes: Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren, Bewegungsmechanismen und Auslöser

Inhaltsverzeichnis:

| | |
|--|-----------|
| DANKSAGUNG | 6 |
| VORWORT | 7 |
| 1 EINLEITUNG | 8 |
| 1.1 Begriffsdefinitionen | 8 |
| 1.1.1 Massenbewegung..... | 8 |
| 1.1.2 Kriechbewegung | 9 |
| 1.2 Die Gefährdung des menschlichen Lebensraumes durch Kriechbewegungen..... | 11 |
| 1.3 Verbreitung von Kriechbewegungen in Ostösterreich und Zielsetzung der Arbeit | 12 |
| 1.4 Stand der Forschung über Kriechbewegungen im Burgenland..... | 13 |
| 2 DATENGRUNDLAGEN UND AUFNAHME DER KRIECHBEWEGUNGEN | 16 |
| 2.1 Digitale Datengrundlagen..... | 16 |
| 2.2 Aufnahme der Kriechbewegungen..... | 17 |
| 3 BECKENÜBERGREIFENDE GRUNDLAGEN | 21 |
| 3.1 Abgrenzung des Untersuchungsgebietes und Gliederung..... | 21 |
| 3.2 Geologie der präneogenen Beckenumrahmungen | 23 |
| 3.2.1 Überblick..... | 23 |
| 3.2.2 Penninikum der Rechnitzer Einheit | 24 |
| 3.2.3 Zentralalpines Permo-Mesozoikum..... | 25 |
| 3.2.4 Paläozoikum der Südburgenländischen Schwelle | 26 |
| 3.2.5 Mittel- und Unterostalpinen Kristallin | 26 |
| 3.3 Tektonik | 28 |
| 3.4 Klimatischen Verhältnisse | 29 |
| 3.4.1 Grundlagen und Auswahl von Messstationen..... | 29 |
| 3.4.2 Lufttemperatur..... | 30 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.4.3 | Niederschlagssummen..... | 32 |
| 3.4.4 | Niederschlagshäufigkeiten..... | 34 |
| 3.4.5 | Extreme Niederschlagsereignisse im Untersuchungszeitraum..... | 36 |
| 3.4.6 | Schneehöhen..... | 37 |
| 3.5 | Topografie der Beckenlandschaften..... | 38 |
| 4 | KRIECHBEWEGUNGEN IM EISENSTÄDTER BECKEN UND ANGRENZENDEN GEBIETEN..... | 42 |
| 4.1 | Grundlagen, Beilage 1 und Überblick..... | 42 |
| 4.2 | Lithostratigraphie der neogenen und quartären Ablagerungen..... | 43 |
| 4.2.1 | Gelber, rötlicher Kalk und Sandstein des Paläogens..... | 43 |
| 4.2.2 | Obere Auwaldschotter..... | 44 |
| 4.2.3 | Hochriegel-Formation..... | 45 |
| 4.2.4 | Rust-Formation..... | 46 |
| 4.2.5 | Brennberger Blockstrom..... | 48 |
| 4.2.6 | Sedimente des Badeniums in der Mattersburger Bucht..... | 49 |
| 4.2.7 | Sedimente des Badeniums außerhalb der Mattersburger Bucht..... | 54 |
| 4.2.8 | Sedimente des Sarmatiums in der Mattersburger Bucht..... | 55 |
| 4.2.9 | Sedimente des Sarmatiums außerhalb der Mattersburger Bucht..... | 59 |
| 4.2.10 | Sedimente des Pannoniums..... | 61 |
| 4.2.11 | Quartäre Ablagerungen..... | 63 |
| 4.3 | Verbreitung von Kriechbewegungen, Merkmale, Schäden und Gliederung..... | 65 |
| 4.4 | Charakteristische Eigenschaften ausgewählter Kriechbewegungen..... | 67 |
| 4.4.1 | Kriechbewegungen in den Sedimenten des Karpatiums..... | 68 |
| 4.4.2 | Kriechbewegungen in Zusammenhang mit Sedimenten der Sandschaler-Zone..... | 70 |
| 4.4.3 | Kriechbewegungen in den Sedimenten des Badeniums, Sarmatiums und Pannoniums..... | 77 |
| 4.5 | Geotechnische Untersuchungen..... | 80 |
| 4.5.1 | Aufschlussbohrungen und Inklinometermessungen durch die Raaberbahn..... | 80 |
| 4.5.2 | Interpretation der Inklinometermessungen..... | 83 |
| 4.5.3 | Profilschnitt der Bewegung N4 und Abschätzung der bewegten Masse..... | 83 |
| 4.5.4 | Probenahme und geotechnische Untersuchungen..... | 89 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.5.5 | Ergebnisse und Interpretation der geotechnischen Untersuchungen | 91 |
| 5 | KRIECHBEWEGUNGEN IM OBERPULLENDORFER BECKEN..... | 93 |
| 5.1 | Grundlagen, Beilage 2 und Überblick | 93 |
| 5.2 | Lithostratigraphie der neogenen und quartären Ablagerungen..... | 94 |
| 5.2.1 | Brennberger Süßwasserschichten | 94 |
| 5.2.2 | Untere und Obere Auwaldschotter..... | 94 |
| 5.2.3 | Hochriegel-Formation..... | 95 |
| 5.2.4 | Sinnersdorf-Formation | 97 |
| 5.2.5 | Brennberger Blockstrom | 98 |
| 5.2.6 | Ton, Sand, Kies, Kalk des Badeniums..... | 98 |
| 5.2.7 | Ton, Sand, Kies, Kalk des Sarmatiums..... | 99 |
| 5.2.8 | Basalt | 100 |
| 5.2.9 | Ton, Sand, Kies des Pannoniums..... | 100 |
| 5.2.10 | Quartäre Ablagerungen | 101 |
| 5.3 | Verbreitung von Kriechbewegungen, Merkmale, Schäden und Gliederung..... | 102 |
| 5.4 | Charakteristische Eigenschaften ausgewählter Kriechbewegungen..... | 104 |
| 5.4.1 | Kriechbewegungen in den Sedimenten des Karpatiums..... | 104 |
| 5.4.2 | Kriechbewegungen in den Sedimenten des Sarmatiums..... | 107 |
| 5.4.3 | Kriechbewegungen in den Sedimenten des Pannoniums..... | 109 |
| 5.5 | Geotechnische Untersuchungen..... | 110 |
| 5.5.1 | Probenahme und geotechnische Untersuchung | 110 |
| 5.5.2 | Ergebnisse und Interpretation der geotechnischen Untersuchungen | 113 |
| 6 | KRIECHBEWEGUNGEN IM BURGENLÄNDISCHEN TEIL DES STEIRISCHEN BECKENS | 115 |
| 6.1 | Grundlagen, Beilage 3 und Überblick | 115 |
| 6.2 | Lithostratigraphie der neogenen und quartären Ablagerungen..... | 116 |
| 6.2.1 | Sinnersdorf-Formation | 116 |
| 6.2.2 | Sedimente des Badeniums | 116 |
| 6.2.3 | Ton, Sand, Kies des Sarmatiums..... | 117 |
| 6.2.4 | Sedimente des Pannoniums | 118 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.2.5 | Basaltischer Tuff | 123 |
| 6.2.6 | Quartäre Ablagerungen | 124 |
| 6.3 | Verbreitung von Kriechbewegungen, Merkmale, Schäden und Gliederung..... | 126 |
| 6.4 | Charakteristische Eigenschaften ausgewählter Kriechbewegungen..... | 133 |
| 6.4.1 | Kriechbewegungen in den Sedimenten des Karpatiums..... | 133 |
| 6.4.2 | Kriechbewegungen in den Sedimenten des Badeniums und Sarmatiums sowie im Grenzbereich Sarmatium-Pannonium. | 134 |
| 6.4.3 | Kriechbewegungen in den Sedimenten des Pannoniums..... | 139 |
| 6.5 | Schnelle Massenbewegungen ausgelöst in den Monaten Juni und Juli 2009 | 148 |
| 6.5.1 | Aufnahme und Eigenschaften..... | 148 |
| 6.5.2 | Ausgewählte Beispiele der Ereignisse | 150 |
| 6.6 | Geometrische und geotechnische Untersuchungen an Kriechbewegungen..... | 153 |
| 6.6.1 | Bewegung S28; Abschätzung der Bewegungsgeschwindigkeit und Profilschnitt | 153 |
| 6.6.2 | Bewegung S8; geometrisch und geotechnische Untersuchungen, Profilschnitt | 158 |
| 7 | DISKUSSION UND ANALYSE..... | 165 |
| 7.1 | Verbreitung der Kriechbewegungen im Untersuchungsgebiet | 165 |
| 7.2 | Vergleich natürlicher Einflussfaktoren in den Teiluntersuchungsgebieten | 166 |
| 7.2.1 | Vergleich der geologischen Einflussfaktoren | 167 |
| 7.2.2 | Vergleich der klimatischen Einflussfaktoren..... | 170 |
| 7.2.3 | Vergleich der topografischen Einflussfaktoren..... | 171 |
| 7.2.4 | Zusammenfassende Vergleichsanalyse der natürlichen Einflussfaktoren | 174 |
| 7.3 | Bewegungsmechanismen und Klassifizierung..... | 175 |
| 7.3.1 | Grundlegende Annahmen, Beobachtungen und Messungen | 175 |
| 7.3.2 | Bewegungsmechanismus und Klassifizierung der Kriechbewegungen | 177 |
| 7.3.3 | Übergang von Kriechbewegungen zu schnellen Massenbewegungen..... | 181 |
| 7.4 | Auslöser der Massenbewegungen..... | 182 |
| 7.4.1 | Natürliche Auslöser | 183 |
| 7.4.2 | Anthropogene Auslöser..... | 185 |
| 7.4.3 | Zusammenfassende Analyse der auslösenden Faktoren | 186 |
| 8 | LITERATUR..... | 188 |

BEILAGEN:

- Beilage 1:** Kompilierte geologische Karte des Eisenstädter Beckens mit Eintrag von Kriechbewegungen 1:50.000.
- Beilage 2:** Kompilierte geologische Karte des Oberpullendorfer Beckens mit Eintrag von Kriechbewegungen 1:50.000.
- Beilage 3:** Geologische Karte des burgenländischen Anteils des Steirischen Beckens mit Eintrag von Massenbewegungen 1:50.000.
- Beilage 4:** Protokolle der Aufschlussbohrungen und Inclinometermessungen der Raaberbahn
- Beilage 5:** Protokolle der geotechnischen Untersuchung im Eisenstädter Becken
- Beilage 6:** Protokolle der geotechnischen Untersuchung im Oberpullendorfer Becken
- Beilage 7:** Protokolle der geotechnischen Untersuchung im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens

ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT

CURRICULUM VITAE

Danksagung

Meine Beschäftigung mit Massenbewegungen im Bundesland Burgenland geht bis auf den Winter des Jahres 1999/2000 zurück, und umfasst damit mehr als eine Dekade. Dementsprechend groß ist die Anzahl der Personen die in ganz unterschiedlicher Art und Weise zum Entstehen der vorliegenden Arbeit beigetragen haben. Ihnen allen bin ich zu großen Dank verpflichtet, einige Personen möchte ich jedoch besonders hervorheben.

Frau Dr. Maria Tschach hat sich in Ihrer Funktion als „Landesgeologin“ des Burgenlandes über den gesamten Zeitraum stets dafür eingesetzt, dass die Bearbeitung von Massenbewegungen auch eine entsprechende finanzielle Unterstützung des Landes Burgenland erfährt. Ohne Sie wären die Grundlagen für die vorliegende Arbeit nicht entstanden. Ebenso haben sich die Herren DI Thomas Perlaky, DI Rupert Schatovich, Mag. Erich Kummer und DI Thomas Zalka der LAD Raumordnung für eine fundierte finanzielle Unterstützung der Projekte eingesetzt. Den erwähnten Damen und Herren des Landes Burgenland bin ich auch zusätzlich zu Dank verpflichtet, da sie der Publikation der grundlegenden Daten und Erhebungen in Form einer Dissertation zugestimmt haben.

Nahezu im gesamten erwähnten Bearbeitungszeitraum war mein Arbeitgeber die AIT Austrian Institute of Technology GmbH. Dem Geschäftsfeldleiter Dr. Robert Spendlingwimmer bin ich dabei zu besonderem Dank verpflichtet, da er mir nicht nur den nötigen wissenschaftlichen Freiraum gewährt hat, sondern mich auch dazu motiviert und angehalten hat, die Dissertation berufsbegleitend umzusetzen. Dabei wurde er von den Leitern des Departments Health & Environment Univ.-Doz. DI Dr. Georg Haberhauer und DI Dr. Michaela Fritz stets unterstützt. Operativ haben mich die AIT-Kollegen Dr. Gerhard Heiss, Ede Kovacs, Mag. Martin Schneider, DI Richard Niederbrucker, Mag. Martin Jung und DI. Bernhard Klingseisen bei all meinen Vorhaben und Anliegen stets tatkräftig unterstützt. Ihnen allen sei an dieser Stelle besonders gedankt.

Meinem Betreuer PD Mag. Dr. Erich Draganits danke ich in größter Freundschaft für die vielen anregenden Diskussionen, für die hervorragenden fachlichen Hinweise und Ideen, für die Zeit, die er meinen Ausführungen gewidmet hat und für die unermüdliche Motivation, die Arbeit überhaupt erst entstehen zu lassen. Den Beurteilern der Arbeit O. Univ. Prof. Dr. Ewald Tentschert der Technischen Universität Wien und Ao. Univ. Prof. Dr. Michael Wagreich der Universität Wien danke ich besonders für die vielen Anregungen, die Sie mir in der Endphase der Arbeit gegeben haben.

Univ. Prof. Mag. Dr. Bernhard Grasemann danke ich dafür, dass er mich nach 10 Jahren Abwesenheit wieder so offen am Department of Geodynamics and Sedimentology der Universität Wien aufgenommen hat. Auch danke ich den Geologen Ao. Univ. Prof. Dr. Hermann Häusler und Mag. Dr. Ulrike Exner für Ihre fachliche Unterstützung. Bei Univ.-Prof. Dipl.-Geogr. Dr. Thomas Glade (Instituts für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien) bedanke ich mich für die vielen Anregungen, die sich aus gemeinsamen Gesprächen und Arbeiten ergeben haben.

Meine Eltern Brigitte und Helmut haben es mir nicht nur ermöglicht, eine wissenschaftliche Laufbahn einzuschlagen, sondern mir auch die dafür notwendige geistige Freiheit geschenkt. Dafür danke ich Euch von ganzen Herzen. Der größte Dank gebührt aber meiner geliebten Frau Christine und unseren Kindern Olivia und Lino. Ihr habt mich in den letzten Jahren mit all Eurer Kraft so großartig unterstützt und motiviert! Danke!

Vorwort

Wie bereits in der Danksagung erwähnt, gehen erste Ideen und Kartierungen zum Thema der vorliegenden Arbeit zurück auf den Winter des Jahres 1999/2000. Die flächenhafte Kartierung und Aufnahme von Massenbewegungen und im Besonderen von Kriechbewegungen im Bundesland Burgenland begann im Sommer des Jahres 2005. Am Ende des Jahres 2010 waren diese Arbeiten und damit die Datenerhebung weitestgehend abgeschlossen. Für die Kartierung wurden methodisch verschiedene Zugänge wie etwa die digitale Kartierung mittels Orthofotos versucht, bald zeigte sich jedoch, dass die Kartierung im Gelände unter den gegebenen Umständen die zielführendste Methodik war (Details siehe Kap. 2.2).

Die unter anderem von SCHULZ (2004) beschriebene Methodik der Kartierung von Massenbewegungen auf Basis des ALS-DGM (hochauflösendes digitales Geländemodell aus Airborne Laserscan Daten) wäre im Untersuchungsgebiet mit Sicherheit sehr praktikabel und zielführend anzuwenden. Für das Burgenland stand jedoch kein flächendeckendes ALS-DGM zur Verfügung, daher schied diese Möglichkeit aus. Erst aufgrund der Hochwasserereignisse im Sommer 2009 (Kap. 3.4.5; 6.3) beschloss die Burgenländische Landesregierung die Finanzierung der Erstellung eines flächendeckenden ALS-DGM. Die ersten Ergebnisse im Nordburgenland standen erst ab Mitte 2011 zu Verfügung, Ergebnisse für das Mittel- und Südburgenland folgen im Laufe des Jahres 2012.

Aus diesen Gründen war es dem Autor nicht möglich, diese Datenquelle mit Hilfe der erwähnten Methodik in die vorliegende Arbeit mit einzubinden. Nachfolgende Bearbeiter des Untersuchungsgebietes werden, wenn die Fragestellung das Inventar an Massenbewegungen beinhaltet, mit Sicherheit auf die Möglichkeiten der ALS-DGM-Kartierung zurückgreifen. Somit wird es möglich sein, zumindest für Teilgebiete, ein deutlich kompletteres Inventar an Massenbewegungen zu erzeugen, als es in der vorliegenden Arbeit dargestellt ist.

Wie bei allen Methoden der indirekten Erkundung, ist es aber auch bei der ALS-DGM-Kartierung unerlässlich, die Ergebnisse mit dem Geländebefund oder mit tatsächlich im Gelände kartierten Bewegungen abzugleichen. Dafür können die kartierten und beschriebenen Massenbewegungen in der vorliegenden Arbeit auch in der Zukunft einen wichtigen Beitrag leisten.

1 Einleitung

1.1 Begriffsdefinitionen

1.1.1 Massenbewegung

In der vorliegenden Arbeit wird das Phänomen der Kriechbewegung behandelt, wobei die Kriechbewegung in einem erdwissenschaftlichen Verständnis als eine spezielle Form der Massenbewegung verstanden wird. In der Diskussion einer Begriffsdefinition wird daher zuerst auf den Überbegriff der Massenbewegung eingegangen. Die Beschäftigung mit Massenbewegungen findet in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen statt (HUTCHINSON, 1988; HIGHLAND & BOBROWSKY, 2008), wobei Erdwissenschaften, Geographie, Geophysik und Ingenieurwissenschaften wie Ingenieurgeologie, Bauingenieurwesen und Geodäsie zu nennen sind. Entsprechend vielfältig und von einander abweichend sind daher Begriffsdefinitionen und Gliederungsvorschläge von und für Massenbewegungen. In der vorliegenden Arbeit wird ein erdwissenschaftlicher Zugang mit einer Fokussierung auf die Technische Geologie (Ingenieurgeologie, angewandte Geologie) gewählt.

In diesem Verständnis wird eine Massenbewegung (englisch: *landslide, mass movement*, nach BUCKSCH, 1998) nach CRUDEN (1991) als „die hangabwärts gerichtete Bewegung von Fels-, Schutt- oder Lockersedimentmassen“ („*the movement of a mass of rock, earth or debris down a slope*“) definiert. Für eine weiterführende Gliederung beziehungsweise eine Klassifikation von Massenbewegungen sind zumindest seit 1950 viele Vorschläge erarbeitet worden, wobei hier nur die im gegenständlichen Zusammenhang wichtigen Arbeiten von TERZAGHI (1950), VARNES (1958, 1978), HUTCHINSON (1968, 1988), SKEMPTON & HUTCHINSON (1969), LAATSCH & GROTTENTHALER (1972), POISEL & EPPENSTEINER (1988), BUNZA (1992), DIKAU et al. (1996), CRUDEN & VARNES (1996) und HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) erwähnt werden sollen.

In unterschiedlichen Formen greifen jedoch viele Autoren die zentrale Idee von VARNES (1958, 1978) auf, wonach eine Klassifikation der Bewegungen im wesentlichen nach dem Material der bewegten Masse einerseits, und andererseits nach dem Bewegungsprozess („*type of movement*“) erfolgt. Beim Material der bewegten Masse werden die drei, bereits in der Begriffsdefinition der Massenbewegung von CRUDEN (1991) angeführten Typen Fels, Schutt und Lockersediment unterschieden. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff Lockersediment, anstelle des in den Ingenieurwissenschaften gebräuchlichen Begriffs „Boden“ (im Sinne der Bodenmechanik), verwendet. VARNES (1958, 1978) gliedert das zweite Unterscheidungsmerkmal, den Bewegungsprozess, in die folgenden fünf Typen, die nach GLADE & DIKAU (2001) ins Deutsche übertragen sind:

- Fallen („*falls*“)
- Kippen („*topples*“)
- Rutschen / Gleiten („*slides*“)
- Driften („*spreads*“)
- Fließen („*flows*“)

Als angewandtes Beispiel für die Berücksichtigung von Material und Prozess in der Klassifikation von Massenbewegungen soll hier der Prozess Rutschen/Gleiten angeführt werden. CRUDEN & VARNES (1996) beschreiben den Prozess des Rutschen/Gleitens als die Abwärtsbewegung einer Masse, die vor allem auf Scherflächen oder auf relativ dünnen Zonen von intensiver Scherverformung erfolgt. Gemäß dem Ausgangsmaterial der bewegten Masse, kann somit eine Felsgleitung, eine Schuttgleitung oder eine Rutschungen in Lockersedimenten unterschieden werden. Da in der vorliegenden Arbeit auch Rutschung in Lockersedimenten besprochen werden, soll auch auf eine weitere Untergliederung nach CRUDEN & VARNES (1996) hingewiesen werden. Die Autoren unterscheiden Translationsrutschungen für den Fall einer ebenen beziehungsweise gewellten Gleitfläche und Rotationsrutschungen im Fall einer gebogenen beziehungsweise konkaven Gleitfläche. Dieses Klassifikationsbeispiel zeigt auch die Relevanz der richtigen Ansprache eines Massenbewegungs-Phänomens in der angewandten Geologie. Nur das Verständnis des Prozesses und des involvierten Material kann in der Folge zu richtigen Aussagen über die Gefahr, die Prognose des weiteren Verhaltens, sinnvollen technischen Gegenmaßnahmen und schließlich zur Sanierung der Rutschung führen.

LAATSCH & GROTTENTHALER (1972) haben unter Berücksichtigung der Arbeiten von VARNES (1958) eine alternative Form der Klassifikation von Massenbewegungen vorgeschlagen. Dabei erfolgt die Unterscheidung der „Massenverlagerung“ einerseits nach der „Bewegungsmechanik“ (neben dem Bewegungsprozess werden auch geotechnische Parameter und alternative Formen des Massentransportes berücksichtigt) und andererseits nach dem „Bewegungstempo“. Die Berücksichtigung der Geschwindigkeit der Bewegung bietet dabei nach Ansicht des Verfassers einen wesentlichen Vorteil, der vor allem der praktischen Anwendung zu Gute kommt. International hat sich diese Klassifikation aber gegenüber den Arbeiten von VARNES (1978) und CRUDEN & VARNES (1996) nur untergeordnet durchgesetzt (SCHNEIDER, 1999).

Alle erwähnten Autoren betonen jedoch stets, dass eine scharfe Trennung verschiedener Bewegungstypen oft nicht möglich ist. So sehen unter anderem LAATSCH & GROTTENTHALER (1972) „gleitende Übergänge zwischen zahlreichen Bewegungsformen“ und CRUDEN & VARNES (1996) definieren komplexe Massenbewegungen, die sich aus verschiedenen Prozessen und/oder Materialien zusammen setzen lassen. HUTCHINSON (1988) weist darauf hin, dass auch zwischen initialen Versagensmechanismen und run-out Mechanismen zu unterscheiden ist, was zu einer weiteren Verkomplizierung der Nomenklatur von Massenbewegungen führt.

1.1.2 Kriechbewegung

In der vorliegenden Arbeit richtet sich der Fokus auf eine spezielle Form der Massenbewegung, nämlich auf das Phänomen der Kriechbewegung. Die theoretischen Grundlagen des Kriechens von Fels, Schutt und Lockersedimenten wurden erstmals von TERZAGHI (1950) und HAEFELI (1954, 1967) erarbeitet. Schon HAEFELI (1954) betont, dass der Begriff des Kriechens insofern problematisch ist, als er ursprünglich aus der Wissenschaft der Rheologie stammt. Nach HAEFELI (1954) wird im rheologischen (physikalischen) Sinn unter Kriechen eine zeitlich fortschreitende Materialverformung verstanden, die sich nach der Entlastung wieder langsam zurückbildet. Hingegen wird im Zusammenhang mit Massenbewegungen (von Ingenieuren, Geologen und Geographen) unter Kriechen eine zeitlich fortschreitende, bleibende Verformung verstanden. Im Zusammenhang mit Hangbewegungen sieht TERZAGHI (1950) im Kriechen (englisch: *creep* nach BUCKSCH, 1998) eine ähnliche Bewegung, wie sie bei anderen Formen von Massenbewegungen auftritt, wobei Kriechbewegungen in einer unmerklichen beziehungsweise kaum wahrnehmbaren Geschwindigkeit fortschreiten („*proceeding at an imperceptible rate.*“). Da aber diese Art der Verformung typischerweise bruchlos erfolgt, sieht TERZAGHI (1950) das Kriechen auch als einen eigenen Typ von Bewegung an, der von allen anderen Formen der Massenbewegung zu unterscheiden ist. Dies wird damit begründet, dass aus geotechnischer Sicht die bruchlose Verformung des Kriechens mit völlig anderen Gesetzen zu beschreiben

ist, als die Deformation mit Bruch bei den bereits in Kapitel 1.1.1 erwähnten Typen beziehungsweise Prozessen von Massenbewegungen. Dazu kann ergänzt werden, dass HAEFELI (1954) die kritische Scherspannung in Böden (Lockersedimenten) bei welcher das Kriechen beginnt, als „einen nur sehr kleinen Bruchteil der Scherfestigkeit“ beschreibt. Erst beim Erreichen der Scherfestigkeit reagiert das Material mit Bruch. Demnach wäre Kriechen auch als eigenständiger Bewegungsprozess im Sinne der in Kapitel 1.1.1 vorgestellten Bewegungsprozesse nach VARNES (1958, 1978) zu anzusehen. Weitere spezifische Eigenschaften der Kriechbewegungen werden in Kapitel 7.3 diskutiert.

Aufgrund der dargestellten Besonderheiten der Kriechbewegung ist auch eine Begriffsdefinition beziehungsweise eine Einordnung in eine Klassifizierung von Massenbewegungen entsprechend schwierig und fällt bei verschiedenen Autoren unterschiedlich aus. VARNES (1978) sieht das Kriechen ursprünglich innerhalb des Prozesses Fließens („flows“), bei CRUDEN & VARNES (1996) wird aufgrund der Problematik des Begriffs Kriechens auf diesen gänzlich verzichtet. Es wird vorgeschlagen, derartige Bewegungen schlicht als sehr langsame (Bewegungsrate < 1,6 m/a) oder extrem langsame (Bewegungsrate < 16 mm/a) Massenbewegungen zu bezeichnen. HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) bauen eine moderne und umfangreiche Begriffsdefinition und Klassifizierung von Massenbewegungen im Wesentlichen auf die Arbeiten von CRUDEN & VARNES (1996) auf. HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) führen das Kriechen in Ihrer Klassifikation jedoch explizit an und bezeichnen es neben „creep“ auch als „slow earthflow“. Damit wird das Phänomen wiederum dem Prozess des Fließens zugeordnet. Unter Fließen verstehen HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) eine im Raum verbreitete, kontinuierliche Bewegung in welcher Scherflächen kurzlebig sind und dicht gedrängt auftreten, für gewöhnlich aber nicht erhalten bleiben. Die Geschwindigkeiten und das Verhalten der einzelnen Komponenten in der bewegten Masse sind dem einer viskosen Flüssigkeit ähnlich. Eine hohe interne Deformation der bewegten Masse ist daher typisch für Kriechbewegungen. HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) definieren daher Kriechen wie folgt:

„Kriechen (..) ist eine unmerkliche langsame, kontinuierlich hangabwärts gerichtete Bewegung von gebirgsbildenden Lockersedimenten oder Fels.“

(„Creep (..) consists of the imperceptibly slow, steady downward movement of slope-forming soil or rock.“)

In der schon erwähnten Klassifizierung von LAATSCH & GROTTENTHALER (1972) nimmt das Kriechen hingegen eine zentrale Stellung ein. Ausgehend vom (quasiviskosen) Fließen als „nichtelastische, innere Verformung einer Masse“ wird das Kriechen als eine Fließbewegung definiert, die „unmerklich langsam abläuft“. Es werden die Begriffe „Erd- und Schuttkriechen“ für das Auftreten am freien Hang und das „Blockstromkriechen“ beziehungsweise das „Erd- und Schuttstromkriechen“ für das Auftreten in Hangfurchen vorgeschlagen. Das „Bewegungstempo“ wird dabei stets als „sehr langsam, meist nicht unmittelbar wahrnehmbar“ definiert. Die Grenze zwischen „Erdkriechen“ und „Schuttkriechen“ wird bei einem überwiegenden Anteil der Korngröße von kleiner beziehungsweise größer als 2 mm (Obergrenze der Sandfraktion) angenommen.

Abgesehen von den dargestellten Problemen bei der Klassifizierung von Massenbewegungen und der damit verbundenen Zuordnung von Kriechbewegungen ist nach Ansicht und Erfahrung des Verfassers der Begriff des Kriechens im deutschen Sprachraum im Bereich der angewandten Geowissenschaften gut eingeführt. Dies zeigen unter anderem auch die Dissertationen von SCHNEIDER (1999) und KOCH (2005). Im deutschsprachigen Standardwerk für Ingenieurgeologie von PRINZ (1991, 1996) beziehungsweise PRINZ & STRAUSZ (2006, 2011) wird das Kriechen wiederum „als Sonderform des Fließens angesehen“. In der zweiten Auflage (PRINZ, 1991) wird das Kriechen in der Klassifikation von „Rutschungen“ wie folgt definiert:

„Kriechen ist eine über längere Zeiträume anhaltende, langsame, meist aber un stetige, zeitabhängige Verformung von mm- bis cm-Beträgen pro Jahr, die sowohl in Locker- als auch Festgesteinen auftreten kann.“

In der dritten Auflage (PRINZ, 1996) sowie in der vierten und fünften Auflage (PRINZ & STRAUZ 2006, 2011) wird ergänzt, dass die zeitabhängige Verformung „*bei ± gleichbleibender Spannung bzw. ohne Laständerung*“ erfolgt.

In einer Bearbeitung sämtlicher in Zeitraum von 1953 bis 1990 in Niederösterreich aufgetretenen Massenbewegungen definiert SCHWENK (1992) das Kriechen, für das auch die Begriffe „Hangkriechen“, „Schuttkriechen“ und „Schuttwandern“ anführt werden, wie folgt:

„Langsame Langzeit-Massenbewegung von Verwitterungsböden, Schuttströmen, Schuttdecken etc., ohne einheitliche ausgeprägte Gleitbahn.“

Bis zur Diskussion in Kapitel 7.3 soll in der vorliegenden Arbeit das Phänomen des Kriechens im Sinne der angeführten Definitionen HIGHLAND & BOBROWSKY (2008), PRINZ & STRAUZ (2011) sowie SCHWENK (1992) verstanden werden.

1.2 Die Gefährdung des menschlichen Lebensraumes durch Kriechbewegungen

HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) halten fest, dass Kriechprozesse die vermutlich weltweit am weitesten verbreiteten und häufigsten Typen von gravitativen Massenbewegungen darstellen. Trotzdem haben Kriechbewegungen bisher das öffentliche und wissenschaftliche Interesse kaum erweckt. Im Gegensatz dazu sind schnell ablaufende Massenbewegungen wie z. B. Fels- bzw. Bergstürze (Prozess „Fallen“ in Kapitel 1.1), oder Hangrutschungen und Felsgleitungen häufig sehr gut untersucht (SCHNEIDER, 1999). Deren hohe Bewegungsgeschwindigkeiten beziehungsweise das plötzliche Eintreten des Ereignisses führt zur entsprechenden Aufmerksamkeit. Die geringen Bewegungsraten von Kriechbewegungen von oft nur wenigen cm im Jahr werden hingegen kaum wahrgenommen.

SCHNEIDER (1999) konnte zeigen, dass von Hängen mit Kriechbewegungen jedoch eine latente Gefahr in Bezug auf die Ausbildung schnellerer Massenbewegungen ausgeht. Nach Ansicht der Autorin können Kriechbewegungen somit als ein Initialstadium für schnellere Bewegung interpretiert werden. Die Ursache liegt in der generellen Herabsetzung der Scherfestigkeit des Lockersediment/Fels Materials durch die Wirkung der Kriechbewegung. Dadurch können sich, wie schon in Kapitel 1.1 erwähnt, innerhalb der Kriechmasse verstärkt schnellere Bewegungen, meist Translations- oder Rotationsrutschungen und Fließbewegungen (Prozess Gleiten/Rutschen bzw. Fließen in Kapitel 1.1.1) ausbilden. Auch HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) und SCHWENK (1992) sehen Kriechbewegungen als einen Prozess der häufig den zuvor erwähnten schnelleren und damit gefährlicheren Prozessen vorangeht. In Kap. 7.3 wird auf diese Zusammenhänge spezifisch für das Untersuchungsgebiet und unter Berücksichtigung geotechnischer Aspekte nochmals eingegangen.

Der Lebensraum des Menschen ist damit durch Kriechbewegungen in zweierlei Hinsicht gefährdet. Einerseits durch die direkte Auswirkung von Kriechbewegungen, wobei HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) hier vor allem die langsame Verformung und Beschädigung von Linienbauwerken wie Pipelines, Straßen, Bahngleisen, Zäunen aber auch Gebäuden anführen. Andererseits wird durch Kriechbewegungen das Potential zur Ausbildung schnellerer Bewegung deutlich erhöht. Die erwähnten Translations- oder Rotationsrutschungen und auch schnelles Bodenfließen können innerhalb kurzer Zeit große Schäden an Gebäuden, Infrastrukturanlagen und landwirtschaftlichen Flächen verursachen (HIGHLAND & BOBROWSKY, 2008). Bei entsprechenden Geschwindigkeiten und ungünstigen Rahmenbedingungen gefährden diese Bewegungen auch direkt Menschenleben. Diese Zusammenhänge wurden auch durch LEOPOLD et al. (2010) speziell für das vorlie-

gende Untersuchungsgebiet zusammenfassend dargestellt. Auf den Übergang von Kriechbewegungen zu schnelleren Bewegungen wird nochmals in Kap. 7.3 eingegangen.

1.3 Verbreitung von Kriechbewegungen in Ostösterreich und Zielsetzung der Arbeit

Mit den Arbeiten von SCHWENK (1992) und ALKER et al. (1969) liegt ein Überblick über das Auftreten von Massenbewegungen in den östlichen österreichischen Bundesländern Niederösterreich und Steiermark vor. Aus diesen Arbeiten und aus der Erfahrung des Verfassers ist abzuleiten, dass Kriechbewegungen in Ostösterreich häufig auftretende Phänomene sind. SCHWENK (1992) beschreibt das Auftreten von Kriechbewegungen in Niederösterreich einerseits in Schutthalden und Verwitterungsbodendecken unabhängig von der unterlagernden Geologie beziehungsweise dem Relief und andererseits ein generell vermehrtes Auftreten innerhalb der Flysch- und Klippenzone. ALKER et al. (1969) sehen das Hauptverbreitungsgebiet von Kriechbewegungen und Rutschungen in der Steiermark innerhalb der neogenen Sedimente des Steirischen Beckens. Damit wird die Bedeutung der östlichen, inneralpinen Beckenlandschaften für das Auftreten von Kriechbewegungen deutlich hervorgehoben.

Mit Ausnahme des steirischen Anteils des Steirischen Beckens sind Verbreitung und Eigenschaften von Massenbewegungen in den inneralpinen Becken an der Ostabdachung der Ostalpen kaum erforscht. Der Gliederung von TOLLMANN (1985) folgend, sind in diesem Zusammenhang aus geographisch-geologischer Sicht, die angeführten Alpenostrandbecken auf österreichischem Staatsgebiet von Interesse (siehe auch Kap. 3.1):

- Eisenstädter Becken
- Oberpullendorfer Becken (Landseer Bucht)
- Pannonisches Becken (österreichischer Anteil)
- Steirisches Becken

Im Wiener Becken treten Kriechbewegungen und Rutschungen nur sehr untergeordnet auf (SCHWENK, 1992; GOTTSCHLING, 2006) und in der Neusiedlersee-Bucht des Pannonischen Beckens fehlt über weite Bereiche das nötige Relief, dass sich überhaupt Massenbewegungen entwickeln könnten. Das Lavanttal Becken, und das Klagenfurter Becken (TOLLMANN, 1985) befinden sich bereits an der Südgrenze der Ostalpen. Aus diesem Grund sind diese vier Becken in der Aufzählung nicht angeführt.

Für den steirischen Anteil des Steirischen Beckens liegen neben der veröffentlichten Arbeit von ALKER et al. (1969) zahlreiche, nicht publizierte, landesinterne Bearbeitungen zum Thema Massenbewegungen vor. Nach mündlicher Auskunft von Herrn DI Rudolf Hornich der Fachabteilung 19 B (Schutzwasserwirtschaft und Bodenhaushalt) des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung vom 16.12.2009 verfügt das Amt über einen größtenteils digitalisierten Rutschungskataster, der für den landesinternen Gebrauch bestimmt ist. Wenn es sich dabei auch um nicht publizierte Informationen handelt, so liegt für den steirischen Anteil des steirischen Beckens eine ausreichende Datengrundlage über Massenbewegungen vor.

Abgesehen von diesem Teilbereich des Steirischen Beckens, sind die oben aufgezählten Alpenostrandbecken politisch allesamt innerhalb des Bundeslandes Burgenland situiert. Wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden kann, treten ähnlich wie im steirischen Anteil des Steirischen Beckens in den Alpenostrandbecken des Burgenlandes häufig Massenbewegungen und im Besonderen Kriechbewegungen auf. Für das Territorium des Burgenlandes ist jedoch vor dem Jahr 2005 (siehe Kap. 1.4) keine umfassende Dokumentati-

on oder systematische Untersuchung über das Auftreten von Massenbewegungen umgesetzt worden, auch landesinterne und damit unpublizierte Arbeiten sind nicht bekannt. Es ist daher bisher zu keiner weiterführenden wissenschaftliche Bearbeitung des Themenkomplexes gekommen.

Die Feststellung der Verbreitung von Kriechbewegungen und deren Dokumentation in den neogenen Beckensedimenten im Bundesland Burgenland ist die vorrangige Zielsetzung der vorliegenden Arbeit. Damit verfolgt die Arbeit einen regionalen und auch einen stark auf Feld- und Geländearbeit bezogenen Ansatz. Gleichzeitig wird auf ausgewählte und wesentliche Bewegungen, in Form von geotechnische Untersuchungen und deren Interpretation im Sinne der Technischen Geologie, detailliert eingegangen. Dieser Zugang ermöglicht Aussagen über den Bewegungsmechanismus der Kriechbewegungen. Unterschiede in der Verbreitung der Bewegungen in den unterschiedlichen Beckenlandschaften des Burgenlandes aufgrund geologischer, klimatischer und topographischer Einflussfaktoren werden herausgearbeitet. Ebenso werden mögliche Auslöser der Kriechbewegungen und schnellerer Bewegungen dargestellt.

1.4 Stand der Forschung über Kriechbewegungen im Burgenland

In der spezifischen wissenschaftlichen Literatur finden sich nur wenige Hinweise auf Massenbewegungen in den burgenländischen Beckenlandschaften, das Phänomen des Auftretens von Kriechbewegungen nach der Definition in Kapitel 1 wird praktisch nicht behandelt. Eine erstmalige wissenschaftliche Beschreibung von Massenbewegungen in den Sedimenten des Oststeirischen Beckens erfolgt durch WINKLER (1927, a) in den Erläuterungen zur geologischen Karte Blatt Gleichenberg. Dabei werden auch einige Bewegungen im burgenländischen Gebiet erwähnt. WINKLER spricht dabei ausschließlich von Rutschungen, wobei diese Bezeichnung auf Basis einer modernen Nomenklatur (Kap. 1.1) nicht für alle beschriebenen Phänomene haltbar ist. Das gilt ebenso für die geologischen Spezialkarten der Republik Österreich 1:75.000 Blatt 5256 Gleichenberg (1926) und Blatt 5156 Fürstenfeld (1949, Manuskriptkarte), wo ebenso vereinzelt „Rutschungen“ im burgenländischen Gebiet verzeichnet sind. WINKLER (1927, a) beschreibt unter anderem eine eindrucksvolle Bewegung im burgenländischen Bezirk Jennersdorf, die er „Die wandernden Sandberge von Krottendorf“ nannte. Diese Bewegung ist auch heute noch aktiv und gut sichtbar, sie wird detailliert im Kapitel 6.5.2 der vorliegenden Arbeit beschrieben.

In weitere Folge beschreibt KÜPPER et al. (1957) in den Erläuterungen zur geologischen Karte Mattersburg-Deutschkreutz 1:50.000 in der Gegend um Sieggraben (Kap. 4.4.1) und in einem Graben östlich der Ortschaft Karl (Kap. 5.4.1) das Auftreten von großflächigen „Rutschungen“, die auf die Anwesenheit von „Tegeln“ im Untergrund zurückgeführt werden. KOLLMANN (1987) hat im Kartenwerk der Arbeit „Geohydrologischen Untersuchungen zur Beurteilung der Wasserhöffigkeit im südlichen Burgenland 1978-1984“ zahlreiche „Rutschungen“ verortet. Auf die Methoden der Kartierung wird dabei aber ebenso wenig eingegangen wie auf die Ereignisse selbst. In der geologischen Karte der Republik Österreich Blatt 167 Güssing (HERRMANN et al., 1993) sind mit der Signatur „Abrisslinie von Rutschungen“ Hinweise auf Massenbewegungen im Bereich des Kartenblatts vermerkt. Ergänzend dazu liegt mit FELLNER & HERRMANN (1993) ein kurzer Bericht der Bearbeiter über die so kartierten Massenbewegungen vor.

Abseits publizierter Arbeiten verfügen vor allem Institutionen der öffentlichen Verwaltung (Gemeinden, Bezirkshauptmannschaften, Abteilungen der Landesverwaltung, Wildbach- und Lawinverbau, etc.) über gewisse Informationen über einzelne Massenbewegungen im Burgenland. Auf die Berücksichtigung dieser Informationen in der vorliegenden Arbeit wird in Kapitel 2.2 näher eingegangen.

Erst ab dem Jahr 2005 kam es zu einer systematischen Bearbeitung von Massenbewegungen im gesamten Burgenland. Auftraggeber hierfür waren die Abteilungen Landesgeologie (Abteilung 7 – Kultur und Wissen-

schaft) und die Landesdirektion Raumordnung des Amtes der Burgenländischen Landesregierung. Umgesetzt wurden die Arbeiten von einer Arbeitsgruppe der AIT Austrian Institute of Technology GmbH (vormals ARC Austrian Research Centers GmbH) am Standort Seibersdorf unter der Leitung des Verfassers. Der Fokus dieser Projekte lag auf der Erstellung von Gefahren-Hinweiskarten für Massenbewegungen für die einzelnen Bezirke des Burgenlandes. Obwohl die Projekttitel (siehe unten) auch den Begriff „Ursachenanalyse“ umfassen, lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Modellierung der Gefährdung durch Massenbewegungen auf Bezirksebene. Eine wissenschaftliche Analyse des häufigsten Bewegungstyps der Kriechbewegung über das gesamte Bundesland, unter besonderer Berücksichtigung der lithostratigraphischen, klimatologischen und topographischen Rahmenbedingungen, wie es das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, ist daher nicht erfolgt.

Durch das AIT (vormals ARC) sind bisher die folgenden Reports mit beschränkter Verbreitung (nicht publiziert) erstellt worden:

- ARC—U-0121: „Forschungsprojekt Massenbewegungen in den Bezirken Jennersdorf und Güssing: Ursachenanalyse und Gefahren-Hinweiskarte“ vom November 2005.
- ARC—U-0280: „Forschungsprojekt Massenbewegungen im Bezirk Oberwart: Ursachenanalyse und Gefahren-Hinweiskarte sowie Empfehlungen zur Flächenwidmung im Südburgenland“ vom Jänner 2007.
- ARC—U-0381: „Forschungsprojekt Massenbewegungen im Bezirk Oberpullendorf: Ursachenanalyse und Gefahren-Hinweiskarte sowie Empfehlungen zur Flächenwidmung“ vom Jänner 2008.
- ARC—U-0487: „Forschungsprojekt Massenbewegungen im Bezirk Mattersburg: Ursachenanalyse und Gefahren-Hinweiskarte sowie Empfehlungen zur Flächenwidmung“ vom Jänner 2009.
- AIT-HE-0017: „Forschungsprojekt Massenbewegungen in den Bezirken Eisenstadt, Eisenstadt-Umgebung und Rust: Ursachenanalyse und Gefahren-Hinweiskarte sowie Empfehlungen zur Flächenwidmung“ vom Jänner 2010.
- AIT-HET-0077: „Forschungsprojekt Massenbewegungen in den Bezirken Jennersdorf und Güssing: Remodellierung der Gefahren-Hinweiskarte unter Berücksichtigung der durch die Regenereignisse im Juni/Juli 2009 ausgelösten Hangrutschungen sowie Empfehlungen zur Flächenwidmung“ vom Februar 2011.

Auszüge aus diesen Reports und der vorliegenden Arbeiten wurden wie folgt publiziert:

- KLINGSEISEN, B. & LEOPOLD, PH. (2006): Landslide Hazard Mapping in Austria. *GIM International*, Vol. 20, Nr. 12, p. 41-43, Reed Business Geo, Lemmer.
- KLINGSEISEN, B. & LEOPOLD, PH. (2006): Early Landslide Prediction in Non-Alpine Areas. *Proceedings of the 26th International ESRI User Conference, San Diego, USA, 7. – 11. 08. 2006*, CD-ROM. online: http://gis.esri.com/library/userconf/proc06/papers/papers/pap_1173.pdf.
- KLINGSEISEN, B.; LEOPOLD, PH.; TSCHACH, M. (2006): Mapping Landslide Hazards in Austria: GIS Aids Regional Planning in Non-Alpine Regions. *ArcNews*, Vol. 28, Nr. 3, p. 16, Redlands.
- LEOPOLD, Ph.; DRAGANITS, E.; HEISS, G. (2010): Creep: An underrated type of mass movement on gently dipping hill slopes - examples from the Eastern Alpine foreland. *European Geosciences Union General Assembly 2010, Vienna, 02 -07 May, Geophysical Research Abstracts*, 12, 4197-1.

- LEOPOLD, Ph.; DRAGANITS, E.; HEISS, G.; KOVACS E. (2011): A geotechnical explanation for the transition from creep to slides during heavy rain falls in the eastern alpine foreland. In: CATANI, F.; MARGOTTINI, C.; IADANZA C. (Ed): The Second World Landslide Forum-Abstract Book, 3-9 Oct. 2011, FAO, Rome, Italy, p. 19, ISPRA, Rome.

2 Datengrundlagen und Aufnahme der Kriechbewegungen

2.1 Digitale Datengrundlagen

Durch das Amt der Burgenländischen Landesregierung wurden für die Bearbeitung von Massenbewegungen zahlreiche, digitale Datengrundlagen zur Verfügung gestellt. Auf alle weiteren Datengrundlagen wird im nächsten Kapitel eingegangen. Da die Bearbeitung des gesamten Bundeslandes in einen Zeitraum von mehr als fünf Jahren erfolgte, sind auch die entsprechenden digitalen Datengrundlagen zu unterschiedlichen Zeitpunkten übergeben worden. Digitale Daten werden stets weiter entwickelt, daher ist der Übernahmezeitpunkt der Daten hier angeführt um die Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. Die angeführten Daten wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit weiterführend verwendet.

Zeitlich gegliedert nach den einzelnen Arbeitsabschnitten wurden durch das GIS-Burgenland die folgenden digitalen Datensätze zu Verfügung gestellt:

- Informationen der ÖK 50 (Situation, Wald, Straßen-Wege, Gewässer, Grenzen)
- Digitale Orthofotos
- Digitales Geländemodell im 10 x 10 m Raster
- Gewässernetz, Hydrographische Messstellen
- Straßennetz
- Geologie (Basis GK 200)

Der angeführte Datensatz GK 200 (Geologischen Karte 1:200 000) beinhaltet die digitale geologische Information welche auch im publizierten Kartenblatt „Geologische Karte des Burgenlandes 1:200 000“ (PASCHER, 1999) enthalten ist.

Das **Eisenstädter Becken** umfasst politisch die Bezirke Mattersburg, Eisenstadt-Umgebung, Eisenstadt und Rust. Für diese Bezirke sind die Daten auf Datenträger am **16.06.2008** eingelangt. Die digitalen geologischen Karten GK 50 Blatt 77 Eisenstadt (PASCHER & BRIX, 1994) und GK 50 Blatt 78 Rust (PISTOTNIK et al., 1993) sind per E-Mail am **22.04.2009** eingelangt. Zusätzlich ist das digitale Geländemodell im 1 x 1 m Raster (ALS-DGM) für den Bezirk Mattersburg am **31.01.2012** auf Datenträger übergeben worden.

Das **Oberpullendorfer Becken** und nördliche Bereiche des österreichischen Anteils des Pannonischen Becken umfassen politisch den Bezirk Oberpullendorf. Für diesen Bezirk sind die Daten auf Datenträger am **29.06.2007** eingelangt.

Der burgenländische Anteil des **Steirischen Beckens** und südliche Bereiche des österreichischen Anteils des Pannonischen Becken umfassen politisch die Bezirke Oberwart, Güssing und Jennersdorf. Für den Bezirk Oberwart sind die Daten auf Datenträger am **06.06.2006** eingelangt. Für die Bezirke Jennersdorf und Güssing sind die Daten auf Datenträger am **20.04.2005** eingelangt.

2.2 Aufnahme der Kriechbewegungen

In Kapitel 1.3 wurde als Ziel der vorliegenden Arbeit die Feststellung der Verbreitung von Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten des Burgenlands definiert. Um dies zu erreichen sind die drei betreffenden Beckenlandschaften (Kap. 3.1) geologisch-geomorphologisch in Hinblick auf die Verbreitung und Ausdehnung von Massenbewegungen im Gelände kartiert worden. Dabei zeigte sich, dass es sich bei einem Großteil der so erfassten Massenbewegungen um Kriechbewegungen im Sinne der Definitionen in Kapitel 1.1.2 bzw. Kapitel 7.3 handelt. Festzuhalten ist, dass im Zuge der Geländearbeiten mit Sicherheit kein vollständiges Inventar der tatsächlich vorhandenen Massenbewegungen, und im speziellen Kriechbewegungen, erstellt werden konnte. Der Verfasser war nicht zuletzt aufgrund der Größe des Untersuchungsgebietes einerseits auf Hinweise (siehe unten) und andererseits auf die Erkennbarkeit von Bewegungen im Gelände angewiesen (siehe auch Vorwort). Es ist daher davon auszugehen, dass vor allem in Gebieten mit Waldbedeckung viele Bewegungen nicht erfasst werden konnten. Darüber hinaus gilt es festzuhalten, dass aufgrund der tatsächlichen Bedingungen im Gelände mit Sicherheit nicht immer die vollständige Ausdehnung der kartierten Kriechbewegungen erfasst werden konnte. Dafür sind einerseits Faktoren wie Begehbarkeit des Geländes aufgrund privaten Eigentums und anthropogene Veränderungen der Geländemorphologie verantwortlich. Andererseits definiert schon TERZAGHI (1950) aufgrund der mechanischen Eigenschaften von Kriechbewegungen (Kap. 7.3), dass eine exakte Abgrenzung von Kriechbewegungen im Gelände meist nicht möglich ist. Es können nur oberflächliche, morphologische Phänomene aufgenommen werden, die tatsächliche Ausbreitung der Kriechbewegungen im Untergrund ist jedoch meist größer. Auch HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) folgen dieser Argumentation.

Trotz dieser Einschränkungen war eine möglichst umfassende Kartierung und morphologische Abgrenzung der Kriechbewegungen das Ziel der Geländearbeiten, gleichzeitig dienten die Arbeiten aber auch dem Verständnis der lokalen morphologischen *und* geologischen Verhältnisse. Außerdem wurden Lockersedimentproben für weiterführende geotechnische Untersuchungen genommen. Die Kartierung der Kriechbewegungen, und an ausgewählten Stellen auch der geologischen Verhältnisse, erfolgte generell im Maßstab 1:10 000. Stellenweise wurde zusätzlich eine Verortung mittels GPS vorgenommen, wobei ein kombiniertes GIS-GPS Gerät (Typ Trimble GeoXM) zum Einsatz kam, und die Massenbewegungen so direkt in ein GIS eingetragen wurden. Neben der geographischen Abgrenzung wurden von Kriechbewegungen typische morphologische Merkmale und relevante Schäden, die auf das Wirken der Bewegung zurückzuführen waren, systematisch erfasst. Die aufgenommenen Merkmale sind unter Berücksichtigung der Vorschläge von KEATON & DEGRAFF (1996) und HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) definiert, sie wurden jedoch auf Basis eigener Erfahrungen des Verfassers adaptiert und erweitert. Die folgenden Merkmale wurden für alle aufgenommenen Kriechbewegungen vermerkt:

- **Nackental:** Rinnenförmige Form im Streichen des Hanges, welche auf eine Massenbewegung zurückzuführen ist.
- **Hang übersteilt:** Die Aktivität der Kriechbewegung führt zu einer lokalen Übersteilung des Hanges gegenüber der ursprünglichen beziehungsweise ungestörten Hangmorphologie.
- **Nasenbildung:** Innerhalb der bewegten Masse gibt es Zonen, die sich, bezogen auf die gesamte Morphologie des Hanges, in Fallrichtung stark vorwölben und buckelartige Strukturen bilden.
- **Abrisskanten:** Innerhalb oder am Rand der bewegten Masse bilden sich meist halbmondförmige Kanten oder Nischen, an welchen das gesamte Gelände steil abgerissen ist und zumindest die Grasnarbe, fallweise auch der anstehende Untergrund, ab- bzw. aufgerissen ist.

- **Setzungen:** Verebnungen innerhalb des Hanges zeigen die Tendenz zur Setzung auf konkaven Bewegungsflächen. Häufig sind (sekundäre) Rotationsbewegungen innerhalb der bewegten Masse dafür verantwortlich, die an einer Stelle zu Setzungen und an einer anderen Stelle zu Aufwölbungen führen. Setzungen sind vor allem wenn Baumbewuchs oder Bebauung vorliegt gut feststellbar.
- **Wellige Morphologie:** Bei Kriechbewegungen tritt eine oftmals sehr regelmäßige und sich weit in der Längsrichtung erstreckende Wellenbildung innerhalb des Hanges auf. Die Wellen erreichen typischerweise eine Höhe von einem halben Meter bis zu wenigen Metern und folgen dem Streichen des Hanges.
- **Schrägwuchs:** Ist ein Hang mit Bewegungen bewaldet, so zeigen die Bäume oftmals einen deutlichen Schrägwuchs, da das Wachstum der Bäume die Schrägstellung des Untergrundes durch die Bewegung nicht immer ausgleichen kann. Häufig zeigen Bäume mehrmals abwechselnd je nach Bewegungsgeschwindigkeit des Hanges schrägen und geraden Baumwuchs.
- **Feuchtestellen:** Diese bilden sich in Verebnungen und Nackentälern und sind vor allem an einer unterschiedlichen Vegetation zu erkennen.
- **Straßenschäden:** Dabei handelt es sich meist um Setzungen und seitliche Verstellungen von Straßen, die auf das Wirken der Massenbewegung zurückzuführen sind. Sie wurden hier nur dann aufgenommen wenn ortskundige Personen Hinweise darauf gaben oder die Schäden in seltenen Fällen offenkundig waren.
- **Gebäudeschäden:** Schäden an Gebäuden die auf das Wirken von Massenbewegungen zurückzuführen sind.
- **Sanierung:** Bei aktiven Massenbewegungen kommt es meist dann zu einer Sanierung wenn das Wirken zu Schäden an Landwirtschaft, Gebäuden oder Infrastrukturanlagen geführt hat oder zumindest diese Gefahr besteht. Die Sanierung umfasst meist die Wiederherstellung des ursprünglichen Geländes, fallweise kombiniert mit Drainagierungen und Stützmaßnahmen. Sanierte Rutschungen werden nur dann angeführt, wenn ortskundige Personen oder Akten darauf Hinweise gegeben haben.

Zu allen in den Beilagen 1, 2 und 3 verzeichneten Kriechbewegungen sind die morphologischen Merkmale und Schäden tabellarisch in den Kapiteln 4.3, 5.3 und 6.4 angeführt. Auch ist dort die planimetrische Fläche der einzelnen Bewegungen aufgelistet. Diese Fläche wurde auf Basis der kartierten Abgrenzung der Bewegung mittels der Software ArcMap Vers. 9.3.1 errechnet.

Im Kapitel 1.4 sind spezifische Publikationen genannt, deren Inhalte und Ortsangaben bei der Aufnahme der Massenbewegungen berücksichtigt wurden. Weitere Grundlagen für die Aufnahme von Massenbewegungen sind Hinweise und Informationen von Grundstückseigentümern, Gemeinden, von Behörden und regionaler Verwaltung, vom Amt der Burgenländischen Landesregierung, von Bundesdienststellen und von Infrastrukturbetreibern sowie von Zivilingenieuren. Im Folgenden werden für die einzelnen Beckenlandschaften die Zeiträume der Kartierung und die einbezogenen Informationen angeführt.

Die Kartierung im Eisenstädter Becken fand innerhalb des Bezirks Mattersburg in den Monaten August und September des Jahres 2008 statt. Die Bezirke Eisenstadt, Eisenstadt-Umgebung und Rust wurden in den Monaten April bis Juli 2009 kartiert. Durch die **LAD Raumordnung** und die **Abteilung 7** (Landesgeologie) des Amtes der Burgenländischen Landesregierung gab es zahlreiche mündliche Hinweise auf Bewegungen. Weiterführend wurde die **Abteilung 8** (Straßenbau) der Landesregierung befragt, welche jedoch trotz umfangreicher Recherche keine konkreten Hinweise geben konnte. Eine Begehung des Umfeldes der Gleisanla-

gen der **Raaber Bahn** (vormals ROeEE) im Raum Draßburg-Baumgarten erfolgte am 12.08.2008 gemeinsam mit DI Herbert Mayer der GB Technik / Raaber Bahn, ebenso wie weitere telefonische Kontakte und Befragungen im Jahr 2009. In der Folge kam es zu mehreren Gesprächen und zu einem Datenaustausch mit Dr. Peter Gruber des Zivilingenieurbüros **BGG**. In Bezug auf die Bahnstrecke der **ÖBB** mit dem Verlauf Neudörfel – Bad Sauerbrunn – Mattersburg – Rohrbach – Loipersbach – Staatsgrenze wurde Herr Franz Weissenbacher von der ÖBB Betriebs AG in Wr. Neustadt im August 2008 befragt. Neben Gesprächen mit zahlreichen Grundstückseigentümern fand ein direkter Kontakt mit Vertretern der Gemeinden Mörbisch und Hornstein statt.

Im Oberpullendorfer Becken fand die Kartierung und Geländearbeiten im Zeitraum zwischen April und Oktober 2007 statt. Es lagen durch die **LAD Raumordnung** des Amtes der Burgenländischen Landesregierung telefonisch im Mai 2007 übermittelte Hinweise auf Massenbewegungen vor. Mit der **Abteilung 8** (Straßenbau) der Landesregierung kam es nach umfangreicher Recherche zum einem intensiven Informationsaustausch und einer gemeinsame Geländebegehung am 06.06.2007 mit Herrn Ing. Reiner der Abt. 8. Weiterführend fand im Mai 2007 ein Informationsaustausch mit Herrn DI Grünwald von der zuständigen Gebietsbauleitung in Wiener Neustadt des forsttechnischen Dienst für **Wildbach- und Lawinerverbauung** statt. Neben Gesprächen mit zahlreichen Grundstückseigentümern kam es zu einem direkten Kontakt mit Vertretern der Gemeinde Mannersdorf an der Rabnitz.

Die erste Kartierung im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens fand innerhalb der Bezirke Jennersdorf und Güssing im Zeitraum zwischen Mai und Oktober 2005 statt. Nacharbeiten wurden im Juli 2009 umgesetzt und eine weitere Kartierungskampagne fand in den Monaten Mai bis September des Jahres 2010 statt. Im Bezirk Oberwart erfolgten die Kartierungsarbeiten im Zeitraum zwischen Juni und Oktober 2006. Bei den Arbeiten wurden folgende Informationen berücksichtigt:

- Angaben zur Lage von dokumentierten Massenbewegungen im Bezirk Jennersdorf & Güssing, übergeben am 07.02.2005 durch die **Abteilung 7** (Landesgeologie) des Amtes der Burgenländischen Landesregierung
- Angaben zur Örtlichkeiten des Auftretens von Massenbewegungen im Bezirk Oberwart, übergeben am 27.06.2006 durch die **LAD Raumordnung** des Amtes der Burgenländischen Landesregierung
- Geländebegehung gemeinsam mit Herrn. Ing. Reiner der **Abteilung 8** (Straßenbau) des Amtes der Bgld. Landesreg. am 28.09.2006.
- Daten zur Niederschlagsstation Bonisdorf und interner Bericht „Das Hochwasserereignis an der Raab und der Lafnitz im August 2005“ per E-Mail eingelangt im Oktober 2005 sowie „Das Hochwasser in Österreich vom 22. bis 30. Juni 2009 – Beschreibung der hydrologischen- Situation Abteilung VII/3 (Wasserhaushalt) des Lebensministeriums per E-Mail eingelangt im Oktober 2009 durch den **Hydrographischen Dienst Burgenland** (Amt der Bgld. Landesreg.).
- Gespräch mit Herrn Ing. Hochwarter des **Wasserbauamts Güssing** (BH Güssing) über sanierte Hangrutschungen am 10.05.2005.
- Besprechung am **Straßenbauamt Oberwart** am 25.09.2006.
- Gespräch mit Herrn **Dr. Josef Hofer, Techn. Büro f. Geologie** in Stadt Schlaining über örtliche Erfahrungen mit Massenbewegungen am 09.05.2005 und am 11.07.2006. Gemeinsame Geländebegehungen im Juli 2006 und Juli 2009.

- Gespräche mit zahlreichen Grundstückseigentümern sowie direkter Kontakt zu Amtsvorstehern bzw. Bürgermeistern der **Gemeinden** St. Martin a. d. Raab, Minihof, Neuhaus am Klausenbach (Bezirk Jennersdorf) und Maria Bild, Kukmirn, Neustift bei Güssing, Tobaj (Bezirke Güssing) sowie Pinka-feld, Neustift an der Lafnitz, Grafenschachen, Stadtschlaining, Wiesfleck, Unterwart, Rotenturm, Oberdorf, Litzelsdorf, Allhau, Wolfau, Großpetersdorf und Oberwart (Bezirk Oberwart).

3 Beckenübergreifende Grundlagen

3.1 Abgrenzung des Untersuchungsgebietes und Gliederung

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die neogenen Beckensedimente innerhalb des Bundeslandes Burgenland. Wie bereits in Kapitel 1.3 erwähnt, treten derartige Sedimente in sechs unterschiedlich entwickelten Beckenlandschaften auf. In der Gliederung nach TOLLMANN (1985) sind dies die folgenden Alpenost-randbecken (von Norden nach Süden):

- Wiener Becken
- Neusiedlersee-Bucht des Pannonischen Beckens
- Eisenstädter Becken
- Oberpullendorfer Becken (Landseer Bucht)
- Pannonisches Becken (österreichischer Anteil)
- Steirisches Becken (burgenländischer Anteil)

Abbildung 3.1 verdeutlicht die Lage der einzelnen Becken am Alpenostrand auf österreichischem Staatsgebiet.

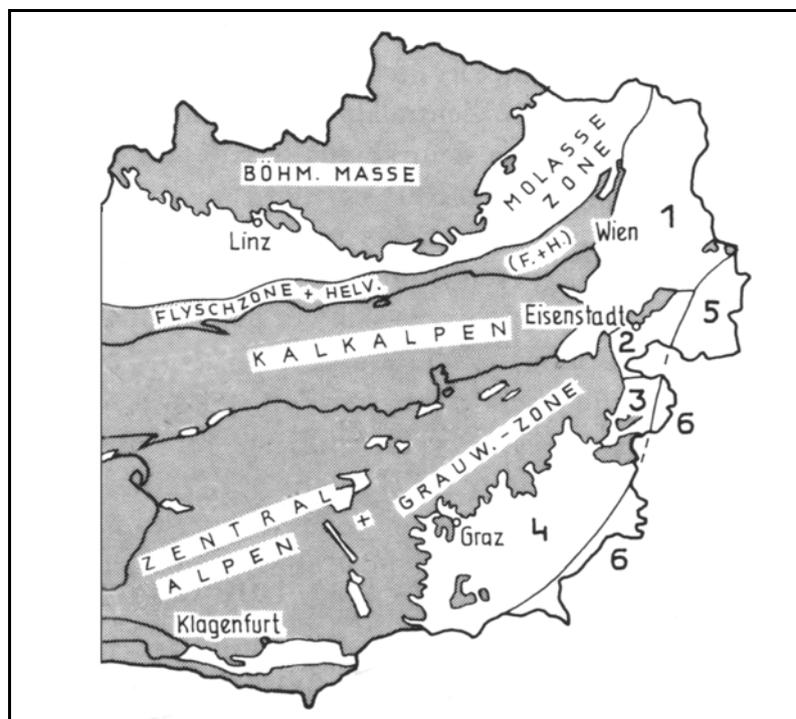


Abb. 3.1: Die Neogen-Becken am Alpenostrand nach TOLLMANN (1985), bearbeitet: 1.) Wiener Becken, 2.) Eisenstädter Becken, 3.) Oberpullendorfer Becken, 4.) Steirisches Becken, 5.) Neusiedlersee-Bucht des Pannonischen Beckens, 6.) Pannonisches Becken.

Nur geringe Anteile des Wiener Beckens sind auf burgenländischem Gebiet situiert. Soweit dies die Nahelage zum Leithagebirge betrifft, werden diese Gebiete im Rahmen dieser Arbeit behandelt. Bereits im Kapitel 1.3 wurde erwähnt, dass die Neusiedlersee-Bucht des Pannonischen Beckens nicht die morphologischen Voraussetzungen aufweist, um nennenswerte Massenbewegungen auszubilden. Daher wird dieses Becken hier nicht behandelt. Eisenstädter Becken und Oberpullendorfer Becken liegen zur Gänze innerhalb des Bundeslandes Burgenland, auf diese Becken wird daher detailliert eingegangen. Im Kapitel 1.3 wurde bereits auf die Sinnhaftigkeit einer Behandlung des burgenländischen Anteils des Steirischen Beckens hingewiesen. Auf die Ausläufer der Pannonischen Beckens in Österreich wird ebenso eingegangen.

Das nach dieser Maßgabe umgrenzte gesamte Untersuchungsgebiet wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit in drei, voneinander morphologisch, geologisch und politisch abgrenzbare Teiluntersuchungsgebiete untergliedert:

- Das Eisenstädter Becken und unmittelbar angrenzende Gebiete
- Das Oberpullendorfer Becken und der (österreichische) nördliche Anteil des Pannonischen Beckens
- Der burgenländische Teil des Steirischen Beckens und der (österreichische) südliche Anteil des Pannonischen Beckens

Die genaue geographische Abgrenzung und die entsprechenden geologischen Rahmenbedingungen der drei Teiluntersuchungsgebiete sind den drei Beilagen dieser Arbeit zu entnehmen. Die Teiluntersuchungsgebiete werden dabei nach dem jeweils maßgebenden Becken benannt:

- Beilage 1: Kompilierte geologische Karte des Eisenstädter Beckens mit Eintrag von Kriechbewegungen 1:50.000.
- Beilage 2: Kompilierte geologische Karte des Oberpullendorfer Beckens mit Eintrag von Kriechbewegungen 1:50.000.
- Beilage 3: Geologische Karte des burgenländischen Anteils des Steirischen Beckens mit Eintrag von Massenbewegungen 1:50.000.

Das Teiluntersuchungsgebiet „Eisenstädter Becken“ umfasst neben dem eigentlichen Eisenstädter Becken im Westen kleine Teilbereiche des Wiener Beckens im Raum Neudörfel und Neufeld sowie im Gebiet nördlich des Leithagebirges (Wimpassing, Leithaprodersdorf, Loretto, Stotzing). Die nördliche Begrenzung des Eisenstädter Beckens zur Neusiedlersee-Bucht des Pannonischen Beckens bildet nach TOLLMANN (1985) die Verschneidung Leithagebirge und Ruster Höhenzug, also etwa der Raum Donnerskirchen. Im Rahmen dieser Arbeit ist das Bearbeitungsgebiet hier bis zur nördlichen Bezirksgrenze von Eisenstadt-Umgebung im Raum Breitenbrunn gegen Norden ausgeweitet. Das Ufer des Neusiedler Sees am Ostabhang des Ruster Höhenzuges wird ebenso dem Teiluntersuchungsgebiet hinzugezählt. Die in manchen Arbeiten (PASCHER, 1988, HÄUSLER, 2010) als eigenes (Teil)becken abgegrenzte „Mattersburger Bucht“ wird in dieser Arbeit dem Eisenstädter Becken zugerechnet. Politisch umfaßt das Teiluntersuchungsgebiet „Eisenstädter Becken“ somit die Bezirke Eisenstadt, Eisenstadt-Umgebung und Rust zur Gänze.

Im Teiluntersuchungsgebiet „Oberpullendorfer Becken“ wird das Oberpullendorfer Becken durch den nördlichen, österreichischen Anteil des Pannonischen Beckens im Osten des Teiluntersuchungsgebietes ergänzt. Die genaue Abgrenzung dieser beiden Becken ist jedoch diffus (TOLLMANN, 1985; HERRMANN & PAHR; 1988). TOLLMANN (1985) schlägt die Sichtweise vor, dass das gesamte Oberpullendorfer Becken als eine Randbucht des Pannonischen Raums anzusehen ist, da keine genaue Abgrenzung des Beckens nach Osten hin vorliegt. Im Rahmen dieser Arbeit wird die östliche Grenze des Teiluntersuchungsgebietes mit der öster-

reichischen Staatsgrenze gezogen, das Teiluntersuchungsgebiet umfasst politisch somit den Bezirk Oberpullendorf zur Gänze. Auch der Begriff „Mittelburgenland“ ist für das Teiluntersuchungsgebiet gebräuchlich.

Im Teiluntersuchungsgebiet „Burgenländischer Anteil des Steirischen Beckens“ wird der burgenländische Anteil des Steirischen Beckens durch den südlichen, österreichischen Anteil des Pannonischen Beckens im Osten des Teiluntersuchungsgebietes ergänzt. Im Gegensatz zum Oberpullendorfer Becken ist die Grenze zwischen Steirischem und Pannonischem Becken jedoch morphologisch deutlicher ausgebildet. TOLLMANN (1985) bezeichnet die Grenze als Südburgenländische Schwelle die entlang einer Linie von Kristallin-Aufbrüchen bei Kalch im äußersten Süden des Untersuchungsgebietes über Sulz bei Güssing und Kohfidisch-Eisenberg verläuft. Politisch umfasst das Teiluntersuchungsgebiet die Bezirke Oberwart, Güssing und Jennersdorf zur Gänze. Auch der Begriff „Südburgenland“ ist für das Teiluntersuchungsgebiet gebräuchlich.

Weiterführend zur politischen Gliederung ist festzuhalten, dass somit in der vorliegenden Arbeit die Gebiete aller politischen Bezirke des Burgenlandes behandelt werden mit Ausnahme des Bezirks Neusiedl am See.

Gegenüber der bisher dargelegten, eher komplexen Gliederung in Teiluntersuchungsgebiete gemäß den Beckengrenzen ist eine morphologisch-geographische Abgrenzung deutlich einfacher. Das Teiluntersuchungsgebiet „Eisenstädter Becken“ wird im Norden durch das Leithagebirge, im Westen durch das Rosaliengebirge und nach Süden zum Teiluntersuchungsgebiet „Oberpullendorfer Becken“ durch den Höhenrücken des Ödenburger Gebirges begrenzt (TOLLMANN, 1985). Das „Oberpullendorfer Becken“ ist im Westen durch die Bucklige Welt begrenzt und die südliche Grenze zum Steirischen Becken bildet der Höhenzug des Geschriebensteins (Günser Gebirge). Es handelt sich somit also um drei Beckenlandschaften die in Ihrem Verlauf von Norden nach Süden jeweils morphologisch durch Mittelgebirgslandschaften klar voneinander abzutrennen sind.

Eine Begrenzung des Untersuchungsgebietes beziehungsweise der Teiluntersuchungsgebiete entsprechend dem exakten Verlauf der neogenen Beckensedimente erscheint dem Autor nicht sinnvoll, da das Grundgebirge der Beckenumrahmung und die randlichen Sedimente der neogenen Beckenfüllung teilweise eng miteinander verwoben sind. Somit sind Abfolgen der präneogenen Beckenumrahmung, so sie innerhalb der Teiluntersuchungsgebiete situiert sind, ebenso im Kartenwerk der Beilagen miteingefasst. Die Geologie der präneogenen Beckenumrahmung wird vereinfacht und zusammengefasst für alle Teiluntersuchungsgebiete im folgenden Kapitel 3.2 erläutert.

3.2 Geologie der präneogenen Beckenumrahmungen

3.2.1 Überblick

Dieses Kapitel gibt gemäß den in Kapitel 3.1 festgelegten Rahmenbedingungen einen Überblick über die geologischen Verhältnisse der präneogenen Beckenumrahmung, soweit diese in den Beilagen 1 bis 3 dargestellt ist. Die Bezeichnung „Präneogen“ beinhaltet dabei eine gewisse Unschärfe, da am Übergang Eisenstädter Becken – Wiener Becken (Kap. 3.1, Kap. 4.2) in den Sedimenten der Beckenfüllung auch sehr untergeordnet Ablagerungen des Paläogens vertreten sind (Gelber, rötlicher Kalk und Sandstein des Paläogens, Kap. 4.2.1). Da es sich dabei aber um ein einzelnes, kleinräumiges und isoliertes Vorkommen handelt, wird in der vorliegenden Arbeit trotzdem für das gesamte Untersuchungsgebiet die Teilung in Neogen (Beckenfüllung) und Präneogen (Beckenumrahmung) aufrecht erhalten.

Die präneogene Beckenumrahmung bildet nicht den thematischen Fokus der vorliegenden Arbeit, daher werden diese Abfolgen sowohl in den Beilagen als auch in der folgenden Beschreibung vereinfacht und zusammengefasst dargestellt. Die Gliederung beziehungsweise Abgrenzung und Zusammenfassung richtet sich dabei nach den tektonischen Einheiten und der Lithologie der anstehenden Abfolgen. Die Grundlage für die Darstellung und Beschreibung bilden die Arbeiten von PAHR (1984, 2000), HERRMANN & PAHR (1988), SCHÖNLAUB (2000), SCHUSTER et al. (2001) und HÄUSLER (2010) ergänzt durch eigene Erfahrungen des Autors aus der Geländearbeit (Kap. 2.2).

3.2.2 Penninikum der Rechnitzer Einheit

Aus tektonischer Sicht ist das Penninikum, zu welchem die Rechnitzer Einheit zu zählen ist, eine tief liegende Einheit des alpidischen Gebirgsbaus (TOLLMANN, 1977; PAHR & HERRMANN, 2000). Das Auftreten dieser Einheit ist daher auf tektonische Fenster beschränkt, wobei die Vorkommen im Burgenland die östlich gelegenen Fenster des Alpenkörpers darstellen. Nach TOLLMANN (1977) sind die burgenländischen Penninikumvorkommen von Norden nach Süden in das *Bernsteiner-, Rechnitzer-, Hannersdorfer- und Kohfidischer (Eisenberg)-Fenster* zu gliedern. Die Vorkommen sind also auf den Geschriebensteinzug und die Fenster im Steirischen Becken beschränkt. Innerhalb der Einheit ist Serpentin, Phyllit (meist als Kalkphyllit ausgebildet), Grünschiefer und Serizitkalkschiefer lithologisch dominant (HERRMANN & PAHR, 1988; PAHR, 1984). Abbildung 3.2 zeigt einen Strassenaufschluss des typischen Grünschiefers unweit nördlich von Stadtschlaining im Rechnitzer Fenster. Untergeordnet treten in der Rechnitzer Einheit auch Mettagabro, Blauschiefer, Quarzphyllit und Marmor auf. Kleine Vorkommen von reliktschen Schuppen beziehungsweise Spänen einer Permotrias mit Dolomit, Kalk, Rauhwacke und Sericitquarzit werden ebenso beschrieben (PAHR, 2000). Die epizonal metamorphen Hauptserien der Rechnitzer Einheit werden nach SCHÖNLAUB (1973) mit Hilfe von Mikrofossilien auf eine Bildung in der höheren Unter- bis Oberkreide eingestuft.



Abb. 3.2: Penninischer Grünschiefer der Rechnitzer Einheit an einem Strasseneinschnitt unweit nördlich von Stadtschlaining.

3.2.3 Zentralalpines Permo-Mesozoikum

In der Einheit „Permo-Mesozoikum zentralalpiner Prägung“ werden Metasedimente zusammengefasst, die als stark tektonisch beanspruchte Schuppen innerhalb des Unterostalpinen Kristallins auftreten (SCHUSTER et al., 2001; PAHR & HERRMANN, 2000). Diese Metasedimente bilden das Hangende der Wechseinheit innerhalb des Unterostalpins und liegen dieser Einheit wahrscheinlich mit einem sekundärem Kontakt auf (SCHUSTER et al., 2001). Darüber folgen die tektonisch überschobenen Abfolgen der Grobgnaseinheit des Unterostalpins (Kap. 3.2.5). Die Vorkommen des Permo-Mesozoikums beschränken sich im Untersuchungsgebiet auf einen Streifen nördlich von Landsee in der westlichen Umrahmung des Oberpullendorfer Beckens und auf mehrere kleinere Vorkommen rund um Forchenstein (SW-Umrahmung des Eisenstädter Beckens) sowie wie auf größere Vorkommen im Nordwesten des Leithagebirges. Innerhalb der Einheit sind drei Sedimenttypen lithologisch prägend: Semmeringquarzit, Alpiner Verucano und Karbonate, meist ausgeprägt als Dolomit (HÄUSLER, 2010; PAHR, 2000). Die Bezeichnung „Semmeringquarzit“ ist dabei ein Sammelbegriff der aus ähnlichen Vorkommen im Gebiet des Semmerings und der Buckligen Welt übernommen wurde. Das Metasediment wird dabei von PAHR (2000) in die Unter-Trias eingestuft. Auf burgenländischen Gebiet tritt der typische Quarzit mit rosa Geröllen nur reliktsch auf, häufiger ist die Ausprägung als grünlicher, quarzreicher Metasandstein, Metakonglomerat und Serizitquarzit (HÄUSLER, 2010; PAHR, 2000). Ähnliche verhält es sich mit dem Sammelbegriff „Alpiner Verucano“ der im Untersuchungsgebiet überwiegend als Metaarkose ausgeprägt ist und ins Perm datiert wird. Die angeführten Karbonate sind grünschieferfaziell metamorph und die Ausprägung als dunkler Dolomitmarmor ist dominierend (HÄUSLER, 2010; PAHR, 2000). Stratigraphisch werden die Karbonate in die Mittel-Trias eingestuft PAHR (2000). Der Dolomitmarmor wird im Bereich des Leithagebirges in zahlreichen Steinbrüchen gewonnen. Abbildung 3.3. zeigt einen weißen, feinkörnigen Quarzit (Semmeringquarzit) im Steinbruch Schraufstädter bei Wimpassing am Leithagebirge. Der Quarzit ist tektonisch in eine breite Störung des Dolomitmarmors eingeschuppt.



Abb. 3.3: Weißer, feinkörnigen Quarzit (Semmeringquarzit) im Steinbruch Schraufstädter bei Wimpassing am Leithagebirge.

3.2.4 Paläozoikum der Südburgenländischen Schwelle

Das Paläozoikum der Südburgenländischen Schwelle ist auf die Vorkommen im Steirischen Becken beschränkt (PAHR & HERRMANN, 2000). Oberflächliche Aufschlüsse des Paläozoikums finden sich entlang der Südburgenländischen Schwelle, die bereits in Kapitel 3.1 beschrieben wurde, bei Kalch, Sulz, Kirchfidisch und Hannersorf (von Süden nach Norden). Nach TOULA (1878) und POLLAK (1962) können die Abfolgen als eine äquivalente Bildung zum Grazer Paläozoikum angesehen werden. Im Hangenden dominieren Kalke und Dolomite für die ein devonisches Alter angegeben wird und im Liegenden Grünschiefer, Sandsteine, Ton- und Kalkschiefer und Chloritschiefer mit karbonatischen Einschaltungen für die ein Alter von Ordovizium bis Karbon angegeben wird (SCHÖNLAUB, 2000). Abbildung 3.4 zeigt die hangenden, devonischen Dolomite in einem Steinbruch unweit N von Sulz.



Abb. 3.4.: Devonischer Dolomit des Paläozoikums der Südburgenländischen Schwelle in einem Steinbruch bei Sulz.

3.2.5 Mittel- und Unterostalpinisches Kristallin

Unter der Bezeichnung „Mittel- und Unterostalpinisches Kristallin“ sind im Rahmen der vorliegenden Arbeit alle Vorkommen höher metamorpher Gesteine und untergeordnet auch Intrusionsgesteine im Untersuchungsgebiet zusammengefasst. Gemäß einer überregionalen, tektonischen Gliederung lassen sich nach PAHR & HERRMANN (2000) drei tektonische Einheiten unterscheiden, die hier zusammengefasst vom Liegenden zum Hangenden dargestellt werden:

- Unterostalpine Wechseleinheit
- Unterostalpine Grobgneiseinheit
- Mittelostalpine Siegrabener Einheit

Gemeinsam betrachtet bilden diese Einheiten jeweils den kristallinen Kern der Mittelgebirgslandschaften der Beckenumrahmungen sowie zahlreiche Kristallinvorkommen innerhalb des Oberpullendorfer Beckens (PAHR,

2000). Wie bereits in Kapitel 3.1 dargelegt, handelt es sich dabei um die Vorkommen im Kern der folgenden Gebirgslandschaften:

- Leithagebirge
- Rosaliengebirge
- Ostteil des Ödenburger Gebirges
- Bucklige Welt
- Rahmen der penninischen Fenster im Geschriebensteinzug

Nach PAHR (2000) dominieren lithologisch die Hüllschiefer der Grobgneiseinheit (quarzreiche Glimmerschiefer) im Norden und Osten des Untersuchungsgebietes. Abbildung 3.5 zeigt einen chloritführenden Glimmerschiefer mit Quarziten aus den Hüllschiefern unweit nördlich von Donnerskirchen am Südostabfall des Leithagebirges. Im Westen des Untersuchungsgebietes dominieren hingegen Wechselgneis (Serizit-Chlorit-Albitgneis) und Wechselschiefer (chloritführende Metabasite) der Wechseleinheit. In diese drei Abfolgen eingeschaltet tritt häufig Grobgneis (grobkörniger Granitgneis) und Strahlegger Gneis (biotitreiche Glimmerschiefer und Gneis) auf. Zahlreiche andere kristalline Gesteine sind unter anderem durch SCHUSTER et al. (2001), PAHR (2000), HERRMANN & PAHR (1988), PAHR (1984) und HÄUSLER (2010) beschrieben, die Vorkommen treten aber gegenüber den angeführten Gesteinen deutlich zurück. Das Kristallin des Ödenburger Gebirges wird umfassend von DRAGANITS (1996, 1998) beschrieben. Kleinere aber auffällige Vorkommen hochmetamorpher Paragneise (Biotitgneise) westlich von Sieggraben und südwestlich von Karl werden nach TOLLMANN (1977) und auch von PAHR (2000) der tektonischen Einheit des Mittelostalpins zugerechnet, SCHUSTER et al. (2001) führen diesbezüglich alternative Erklärungsmodelle an.



Abb. 3.5.: Chloritführende Glimmerschiefer mit Quarzlinen aus den Hüllschiefern der unterostalpinen Grobgneiseinheit unweit nördlich von Donnerskirchen am Südostabfall des Leithagebirges.

3.3 Tektonik

Bei den in Kapitel 3.1 definierten drei Beckenlandschaften beziehungsweise Teiluntersuchungsgebieten handelt es sich nach TOLLMANN (1985) in allen Fällen um tektonische Einbruchsbecken die sich in der Spätphase der alpinen Gebirgsbildung am Alpenostrand gebildet haben. In allen drei Becken setzt die Absenkung und damit die Sedimentation im Karpatium ein, die höchsten Absenkungen und Sedimentmächtigkeiten werden im Badenium und Sarmatium erreicht. Nach ROYDEN (1988), RATSCHBACHER et al. (1991) und DECKER & PERESSON (1996) wird nach dem Karpatium die Verkürzung in den Ostalpen nicht mehr durch Überschiebungen, sondern durch das seitliche Ausweichen der zentralen Ostalpen in den pannonischen Raum kompensiert. Während dieser lateralen Extrusion werden keilförmige Fluchtschollen der zentralen Ostalpen an Störungssystemen (z.B. Mur-Mürz-Störung) nach Osten bewegt, wodurch es zu beckenförmigen Absenkungen kommt. Dieser tektonische Mechanismus ist für die Öffnung und Absenkung der Alpenostrandbecken von entscheidender Bedeutung. Die Absenkung und die Sedimentation der im äußersten Osten gelegenen Beckenanteile des Pannonischen Beckens (Kap. 3.1) beginnt erst im Pannonium.

Vor allem an den Beckenrändern aller drei Beckenlandschaften beziehungsweise Teiluntersuchungsgebiete sind damit bedeutende Staffelbruch- und Störungssysteme entstanden, die aber meist in den klastischen Sedimenten der Beckenfüllung im Gelände schwer nachvollziehbar sind. In den entsprechenden geologischen Kartenwerken der Teiluntersuchungsgebiete (siehe Kap. 1.4, 4.1, 5.1, 6.1) sind daher tektonische Informationen und Linien nur sehr untergeordnet und nicht flächenhaft in Bezug auf das gesamte Untersuchungsgebiet wiedergegeben. Die tektonischen Informationen liegen damit in sehr unterschiedlicher Qualität, Genauigkeit und Sicherheit vor.

Selbst bei modernen tektonischen Bearbeitungen des Eisenstädter Beckens (SZEKELY et al., 2009) wird der flächenhafte Verlauf von nur sehr wenigen Strukturen innerhalb der neogenen Sedimente als gesichert angenommen. Unter anderem mit den Arbeiten von DRAGANITS (1996), EXNER et al. (2009) und SPAHIC et al. (2010) liegen detaillierte Bearbeitungen tektonischer Phänomene in begrenzten Untersuchungsgebieten im Eisenstädter und Oberpullendorfer Becken vor. Diese Arbeiten ermöglichen jedoch keinen Überblick über die tektonischen Verhältnisse innerhalb der gesamten Teiluntersuchungsgebiete. Moderne tektonische und flächendeckende Bearbeitungen des burgenländischen Anteils des Steirischen Beckens liegen ebenso nicht vor.

Versuche des Autors, diese fehlenden Basisdaten durch eine (Photo)lineamentkartierung nach KRONBERG (1985) zu füllen, erbrachten keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Die auf Basis des von verschiedenen Richtungen beleuchteten DGM (Kap. 2.1) umgesetzte Lineamentkartierung durch unterschiedliche Bearbeiter brachte innerhalb der Sedimentbecken derart unterschiedliche Ergebnisse, dass keine eindeutigen Trends daraus absehbar beziehungsweise statistisch zu erfassen waren.

Aufgrund fehlender und vor allem nicht flächendeckend vorliegender Datengrundlagen wird daher auf die Einbeziehung tektonischer Informationen bei der Analyse der Kriechbewegungen im Untersuchungsgebiet verzichtet. Bei dem großflächigen Untersuchungsansatz der vorliegenden Arbeit (Kap. 3.1) könnten nur flächenhaft einheitliche Informationen, vergleichbar mit jener der lithostratigraphischen Informationen, eine sinnvolle Analyse über einen Zusammenhang Tektonik und dem Auftreten von Massenbewegungen gewährleisten. Nur in dieser Form wäre die Zielsetzung der Arbeit (Kap. 1.3) zu erreichen. Aus diesem Grund ist auch auf den Eintrag der wenig vorhandenen tektonischen Informationen aus den geologischen Kartenwerken in die Beilagen 1 bis 3 der vorliegenden Arbeit verzichtet worden.

3.4 Klimatischen Verhältnisse

3.4.1 Grundlagen und Auswahl von Messstationen

Als natürlicher Einflussfaktor (Kap. 7.2) und als auslösender Faktor (Kap. 7.4) für Massenbewegungen sind neben den topografischen (Kap. 3.5) und geologischen Voraussetzungen die klimatischen Verhältnisse von entscheidender Bedeutung (HIGHLAND & BOBROWSKY, 2008). In diesem Kapitel wird daher zuerst auf die generelle Charakteristik und die geographische und zeitliche Varianz der Lufttemperatur eingegangen, da dieser Parameter am ehesten dazu geeignet ist, die klimatischen Rahmenbedingungen im Untersuchungsgebiet zu charakterisieren (AUER et al., 1996). Das gesamte Burgenland ist nach AUER et al. (1996) dem warmgemäßigten Klima zuzuordnen. In Zusammenhang mit Massenbewegungen kommt den Parametern Niederschlagssumme, Niederschlagshäufigkeit und Schneehöhe eine besondere Bedeutung zu. In der Folge wird auf diese Parameter eingegangen, um Grundlagen für die Diskussion in Kap. 7 zu schaffen.

AUER et al. (1996) haben mit der Arbeit „Klimatographie und Klimaatlas von Burgenland“ eine umfassende Datengrundlage für die folgenden Ausführungen geschaffen. Ergänzt werden diese Daten durch Auszüge aus den Hydrologischen Jahrbüchern von Österreich aus den Jahren 1992-2004. Für die Bearbeitung wurden aus den Jahrbüchern insgesamt sieben Messstationen ausgewählt, die folgende Eigenschaften aufweisen:

- Langjähriger Beobachtungszeitraum
- Gemeinsame Messstelle für Temperatur und Niederschlag
- Vorliegen einer Normalzahl (1961-1990)
- Charakteristisch für die klimatologischen Bedingungen in der jeweiligen neogenen Beckenlandschaft

Zwei der sieben ausgewählten Stationen charakterisieren die Verhältnisse im Eisenstädter Becken, zwei weitere im Oberpullendorfer Becken und 3 Stationen charakterisieren den burgenländischen Teil des Steirischen Beckens. Im Detail sind es die folgenden Stationen mit den Messtellennummern (MNR.) der ZAMG:

- Donnerskirchen – MNR. 110460 (Eisenstädter Becken)
- Draßburg – MNR. 110445 (Eisenstädter Becken)
- Kobersdorf – MNR. 110346 (Oberpullendorfer Becken)
- Oberpullendorf – MNR. 110379 (Oberpullendorfer Becken)
- Oberdorf im Burgenland – MNR. 111187 (Bgl. Anteil des Steirischen Beckens)
- Kukmirn – MNR. 111203 (Bgl. Anteil des Steirischen Beckens)
- Neumarkt a.d. Raab – MNR. 110908 (Bgl. Anteil des Steirischen Beckens)

3.4.2 Lufttemperatur

Die durchschnittliche Lufttemperatur im Jahresdurchschnitt gibt, einen guten Überblick über die klimatischen Rahmenbedingungen (Kap. 3.4.1). Abbildung 3.6 zeigt sieben für das Gesamtuntersuchungsgebiet charakteristisch ausgewählte Messstellen der Hydrologischen Jahrbücher von Österreich aus den Jahren 1992-2004 (Kap 3.4.1) von Norden nach Süden gereiht. Die Balken des Diagramms geben den Wert der durchschnittlichen Jahresmitteltemperatur an, wobei die blauen Balken Mittelwert der Periode 1961-1990 (sogen. Normalzahl) zeigen und die roten Balken den berechneten Mittelwert für die Periode 1992-2004.

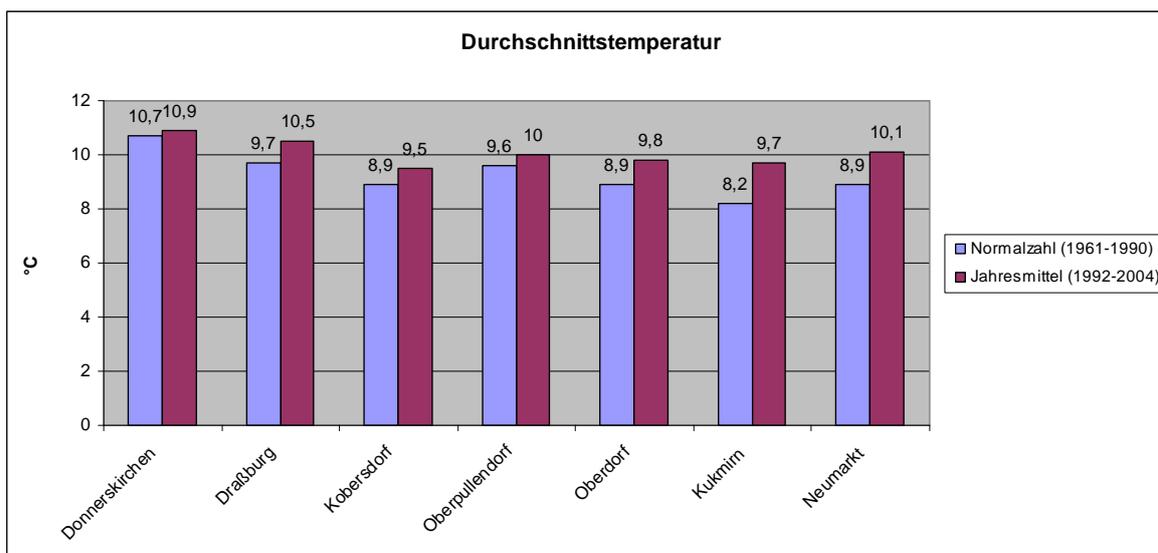


Abb. 3.6: Durchschnittliche Jahresmitteltemperaturen und entsprechende Normalzahlen von sieben ausgewählten Messstellen der Hydrologischen Jahrbücher von Österreich aus den Jahren 1992-2004 im Untersuchungsgebiet.

Die Normalzahl zeigt bei der Jahresdurchschnittstemperatur einen Abwärtstrend im Verlauf von Norden nach Süden. Der Jahresmittelwert der Periode 1992-2004 liegt generell etwas höher, wobei auch hier ein ähnliches Muster zu erkennen ist. Dies ist damit zu begründen, dass einerseits die Normalzahl aus einer weitaus längeren Zeitspanne als das Jahresmittel errechnet wurde und andererseits in den jüngsten zwei Jahrzehnten die Temperaturen gegenüber dem Normalwert offenbar angestiegen sind, ein Phänomen das österreichweit beobachtbar ist (AUER et al., 2001; AUER et al. 2002).

Im Diagramm in Abbildung 3.7 wurden die Werte der erwähnten Messstellen in den jeweiligen Beckenlandschaften beziehungsweise Teiluntersuchungsgebieten (Kap. 3.1) zusammengefasst und ein Mittelwert für die Jahresdurchschnittstemperatur für das Eisenstädter Becken, das Oberpullendorfer Becken und den burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens errechnet. Somit ist noch deutlicher der Trend eines Temperaturgefälles gegen Süden (Phänomen des wärmeren Nordens) zu erkennen. Besonders deutlich ist dies für die Periode 1961-1990 beobachtbar. Die Werte der Periode 1992-2004 zeigen zumindest noch ein deutliches Maximum im Eisenstädter Becken, die südlich davon gelegenen Gebiete weisen ähnliche Temperaturen auf.

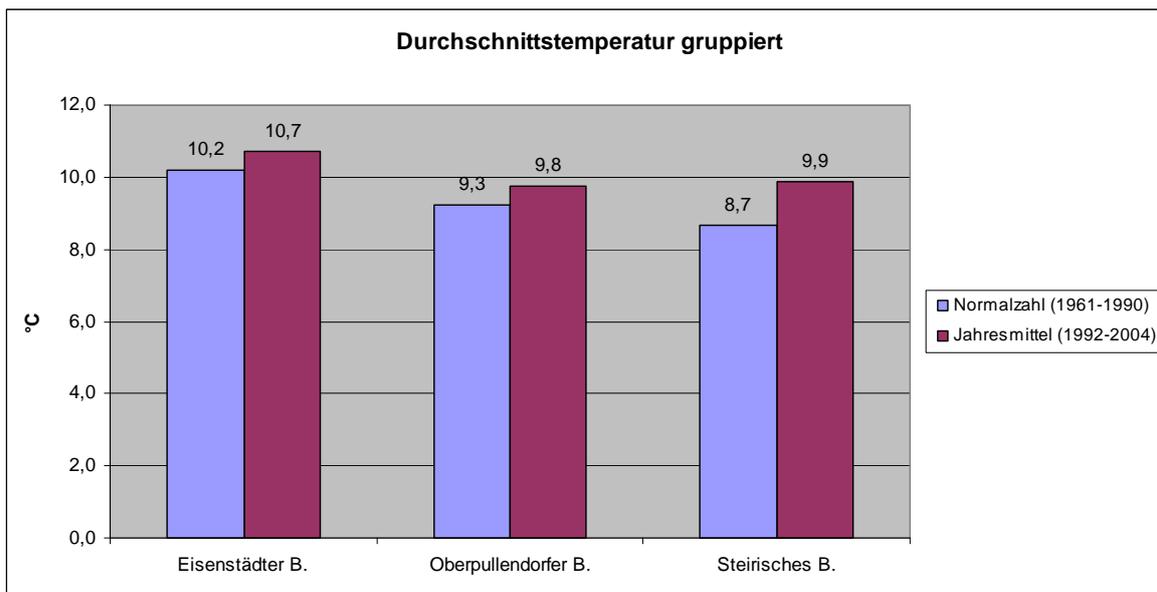


Abb. 3.7: Nach Teiluntersuchungsgebieten gruppierte Durchschnittstemperaturen in den 3 Beckenlagen (Basis sieben charakteristisch ausgewählte Messstellen der Hydrologischen Jahrbücher von Österreich aus den Jahren 1992-2004 und Normalzahlen).

Um den Jahresverlauf der mittleren Monatstemperatur zu veranschaulichen, wird auf Daten von AUER et al. (1996) zurückgegriffen, da somit ein längerer Beobachtungszeitraum zu Verfügung steht. Diese Daten liegen aber nur für die Station Eisenstadt vor, für einen Überblick ist dies jedoch ausreichend. Der Verlauf in Abbildung 3.8 zeigt den monatlichen Mittelwert von 5 täglichen Messungen über die Periode 1961-1990 (Normalwert). Der typische Jahresverlauf der Lufttemperatur für ein warmgemäßigtes Klima ist daraus ersichtlich. Nach AUER et al. (1996) ist für die geographisch tiefer gelegenen Bereiche des Burgenlandes ein Monatsmittel von 21°C im Sommer und um 0°C im Winter charakteristisch. Das Jahresmittel Lufttemperatur liegt bei 10 bis 11°C.

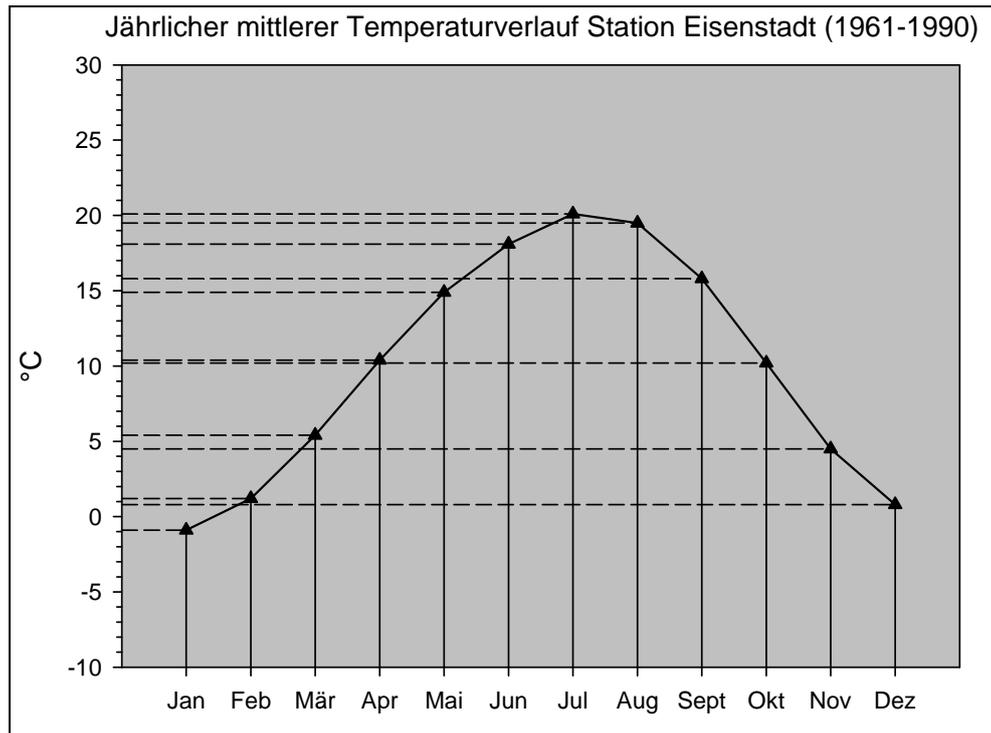


Abb. 3.8: Mittlere Monatstemperaturen der Messstation Eisenstadt (1961-1990). Nach AUER et al. (1996), bearbeitet.

3.4.3 Niederschlagssummen

Für einen Überblick der Niederschlagssummen wurden wie in Kap. 3.4.2 sieben für das Gesamtuntersuchungsgebiet charakteristisch ausgewählte Messstellen der Hydrologischen Jahrbücher von Österreich aus den Jahren 1992-2004 herangezogen. Bei den Niederschlagssummen ist ein gegenläufiger Trend wie bei den Lufttemperaturen zu erkennen. Generell zeigt der Süden höhere Niederschlagssummen als der Norden. Dies ist in Abbildung 3.9 zu erkennen. Die durchschnittlichen Jahresniederschläge der Periode 1961-1990 (Normalzahl) bewegen sich im Bereich zwischen knapp 600 und knapp 800 mm, das Jahresmittel der Periode 1992-2004 nur im Bereich zwischen 620-730 mm. Die Normalzahl (blau) ist vor allem in den beiden südlich gelegenen Messstationen Kukmirn und Neumarkt deutlich höher als im übrigen Burgenland. Entgegen dem allgemeinen Trend liegen die Werte der Normalzahl sogar über den Wert der Periode 1992-2004. Insgesamt zeigen sich das Steirische und das Oberpullendorfer Becken niederschlagsreicher als der vergleichsweise trockenere Norden.

In Abbildung 3.10 ist analog zur Temperaturverteilung in Kapitel 3.4.2 eine gruppierte Zusammenfassung der Niederschlagssummen gegliedert nach den drei Beckenlandschaften beziehungsweise Teiluntersuchungsgebieten (Kap. 3.1) dargestellt. Dabei wurde aus den jeweils berücksichtigten Stationen ein Mittelwert für die Jahresdurchschnittsniederschläge im entsprechenden Becken ermittelt. Es zeigt sich deutlich der Trend, dass die Niederschlagssummen von Norden nach Süden um ca. 100 mm zunehmen.

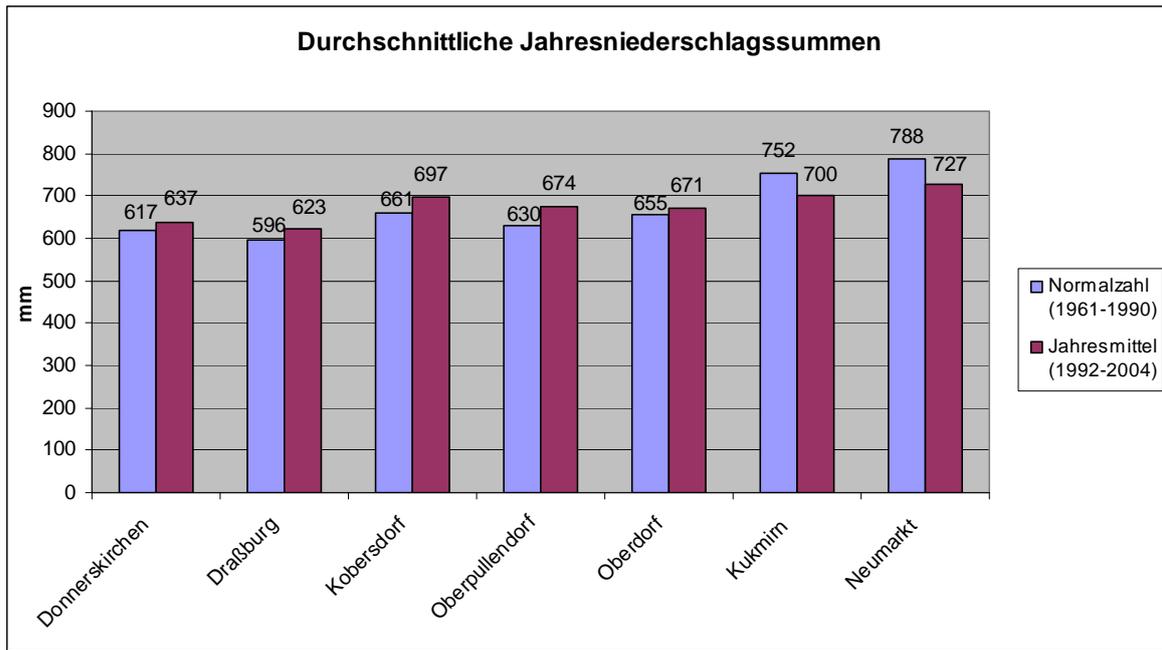


Abb. 3.9: Durchschnittliche Jahresniederschlagssummen und entsprechende Normalzahlen von sieben ausgewählten Messstellen der Hydrologischen Jahrbücher von Österreich aus den Jahren 1992-2004 im Untersuchungsgebiet.

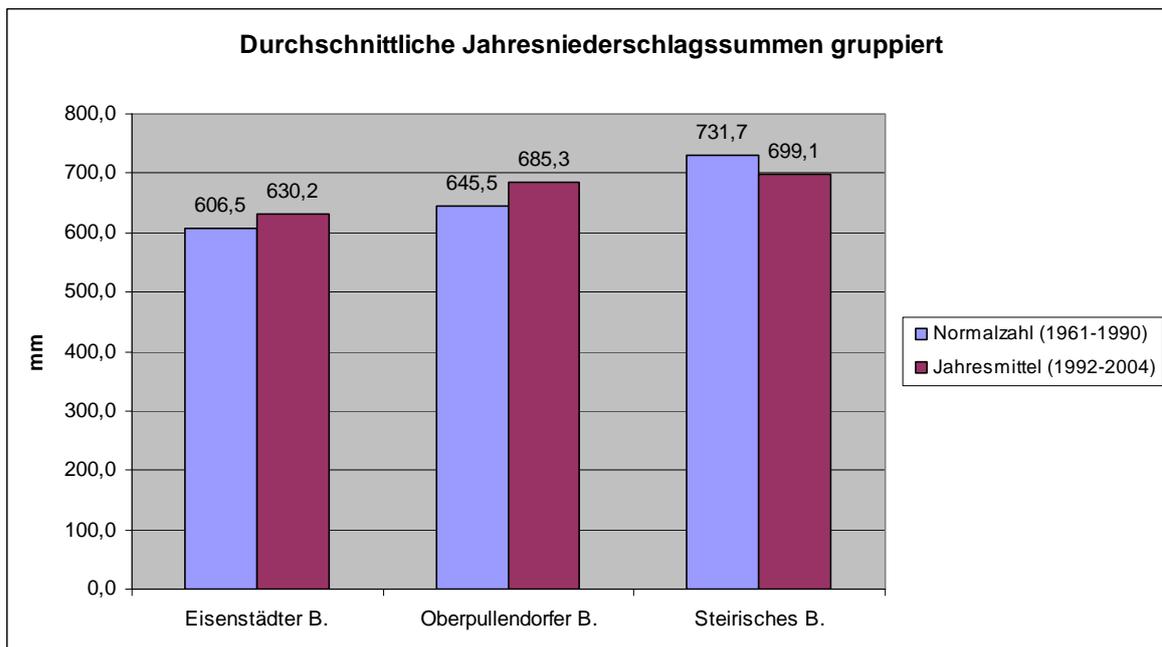


Abb. 3.10: Nach Teiluntersuchungsgebieten gruppierte Jahresniederschlagssummen in den 3 Beckenlagen (Basis sieben charakteristisch ausgewählte Messstellen der Hydrologischen Jahrbücher von Österreich aus den Jahren 1992-2004 und Normalzahlen).

Für eine Betrachtung des jährlichen Niederschlagsverlaufs in Monatssummen muss wiederum auf Daten von AUER et al. (1996) zurückgegriffen werden. Es liegen detaillierte Auswertungen für die Periode 1923 bis 1990

für die Stationen Eisenstadt (Eisenstädter Becken), Oberpullendorf (Oberpullendorfer Becken) und Gerersdorf bei Güssing (Bgl. Anteil des Steirischen Beckens) vor. In einer Darstellung der Monatssummen für die angeführte Periode in Abbildung 3.11 wird deutlich, dass die höheren Jahressummen im Süden vor allem auf höhere Monatssummen in den Monaten Juni bis August zurückzuführen sind. Die Stationen Eisenstadt und Oberpullendorf zeigen außerdem mit 46 mm und 52 mm im Jahresverlauf einen auffällig trockenen September an. In der Station Gerersdorf bei Güssing (76 mm) ist dieses Phänomen hingegen nicht zu beobachten. Nach AUER et al. (1996) verzeichnet die Station Gerersdorf auch den innerhalb der Periode höchsten gemessenen Maximalwert der Monatssumme, nämlich 308 mm im Juli des Jahres 1914.

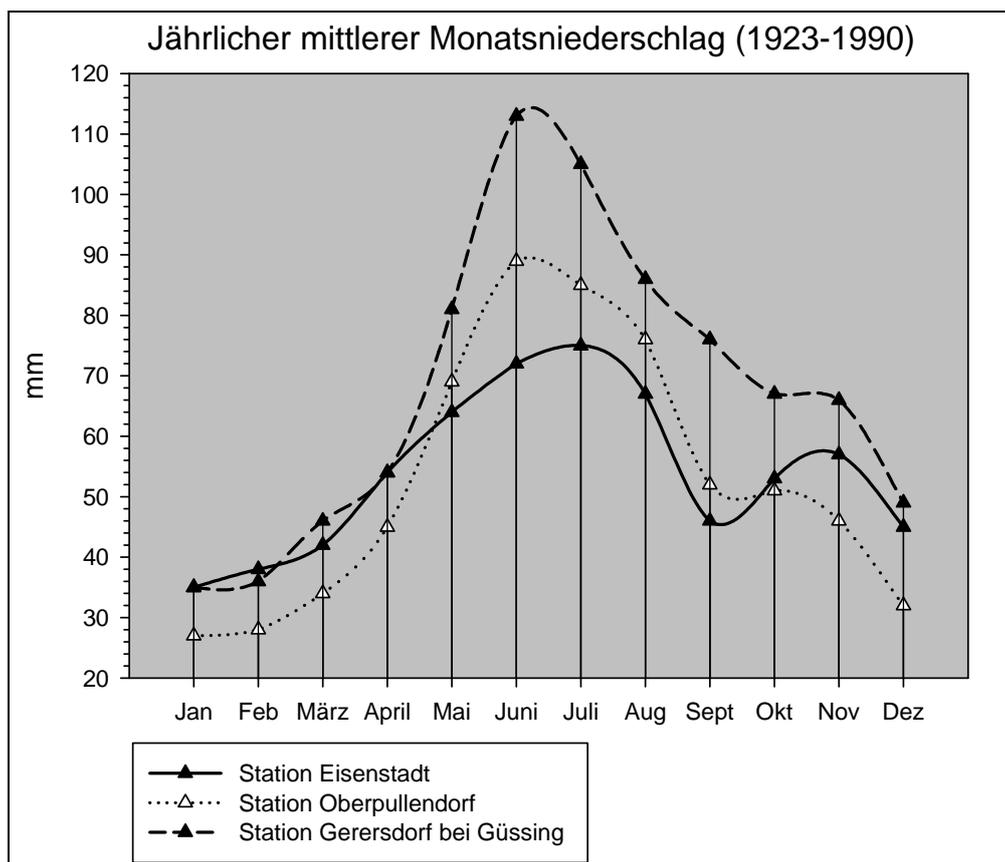


Abb. 3.11: Durchschnittliche Monatsniederschläge der Messstationen Eisenstadt, Oberpullendorf und Gerersdorf bei Güssing (1923-1990). Nach AUER et al. (1996), bearbeitet.

3.4.4 Niederschlagshäufigkeiten

Als Niederschlagstag wird jeder Tag bezeichnet, an dem während eines 24-stündigen Zeitraums eine Mindestniederschlagsmenge von 0,1 mm fällt. Die Niederschlagshäufigkeit gibt die Überschreitungshäufigkeiten von Niederschlagstagesummen an Niederschlagstagen über verschiedene Schwellenwerte an (AUER et al. 1996). Gegenständlich wird die Niederschlagshäufigkeit in Tagen pro Jahr angegeben, an welchen die Tagesniederschlagssummen einen Schwellenwert (z. B.: ≥ 20 mm Tagessumme) überschreiten.

AUER et al (1996) haben auf Basis aller im Burgenland zur Verfügung stehen Messstationen Verteilungskarten der Niederschlagshäufigkeiten für verschiedene Schwellenwerte für das gesamte Landesgebiet errechnet. Die Karten für den Schwellenwert $\geq 0,1$ mm und ≥ 20 mm sind in Abbildung 3.12 wiedergegeben.

Die Analyse dieser beiden Schwellenwerte zeigt ein bemerkenswertes Phänomen: Im Norden des Burgenlandes regnet es zwar generell häufiger (linke Karte in Abb. 3.12), starke Regenfälle mit mehr als 20 mm Tagessumme treten aber deutlich häufiger im Süden auf (rechte Karte in Abb. 3.16). AUER et al (1996) beschreiben das auch mit den folgenden Worten:

„...abgesehen von den Gebirgszügen weist das nördliche Burgenland insgesamt zwar mehr Niederschlagstage als die südlichen Landesteile auf, größere Intensitäten sind jedoch in den südlichen Regionen häufiger.Stärkere Regenfälle (sind) in Gerersdorf bei Güssing am häufigsten und in Eisenstadt am seltensten zu erwarten.“

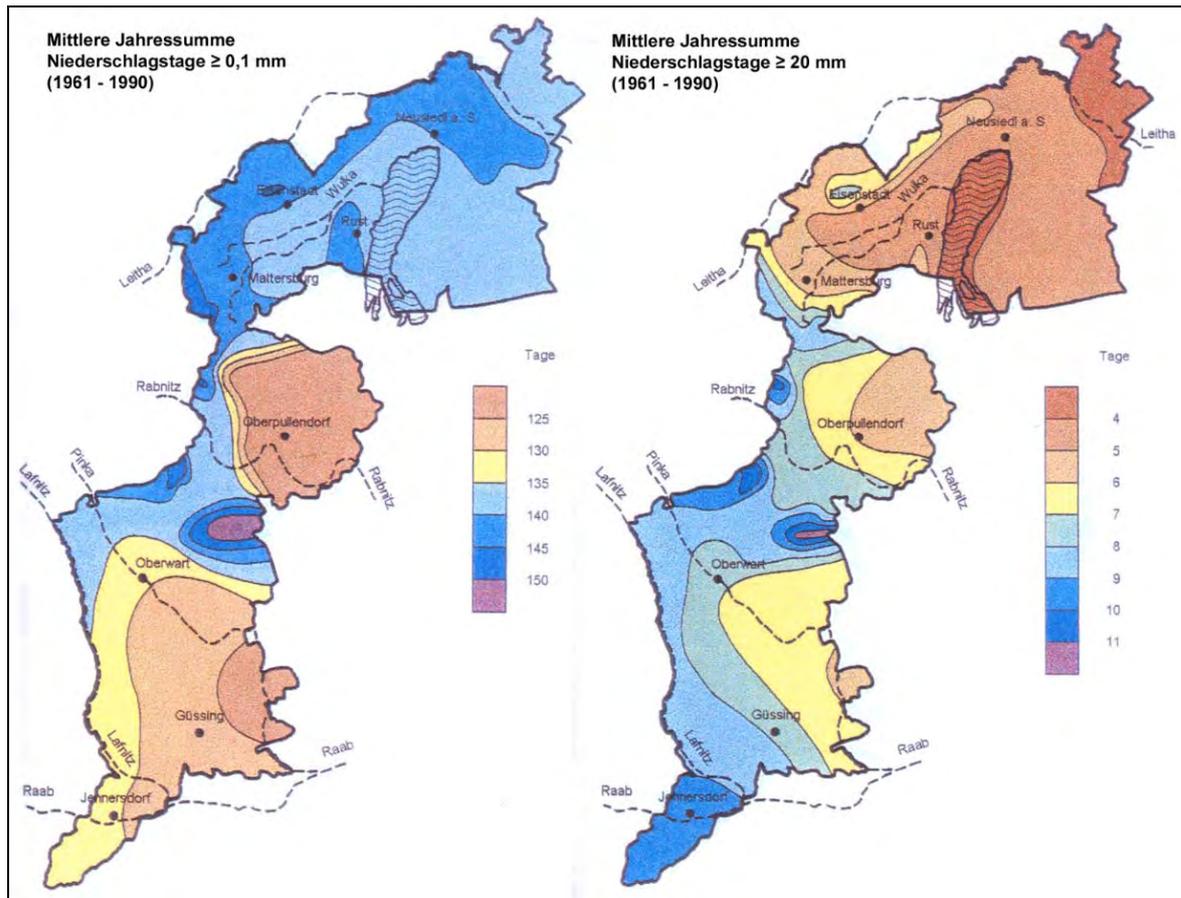


Abb. 3.12: Durchschnittliche Niederschlagshäufigkeiten (1961-1990) in Tagen für die Schwellenwerte $\geq 0,1$ mm und ≥ 20 mm in einer flächenhafte Berechnung für das gesamte Burgenland. Nach AUER et al. (1996), bearbeitet.

Für eine standortspezifische Analyse der Niederschlagshäufigkeiten mit Schwellenwerten größer als 20 mm wird auf die Daten des Hydrographischen Jahrbuchs und die in Kap. 3.4.1 angeführten Stationen sowie die Periode 1992-2004 zurückgegriffen. In Abbildung 3.13 wird der Schwellenwert im Messbereich von 20 bis 40 mm und >40 mm behandelt. Hierbei zeigt sich wieder das zuvor beschriebene Phänomen der höheren Niederschlagsintensitäten. Niederschlagshäufigkeiten >40 mm sind prinzipiell selten, der Gesamtdurchschnitt aller Stationen liegt bei 0,76 Tagen im Jahr. Nur die Stationen Oberpullendorf und Neumarkt zeigen im Periodendurchschnitt Werte von 1 oder mehr (1,1).

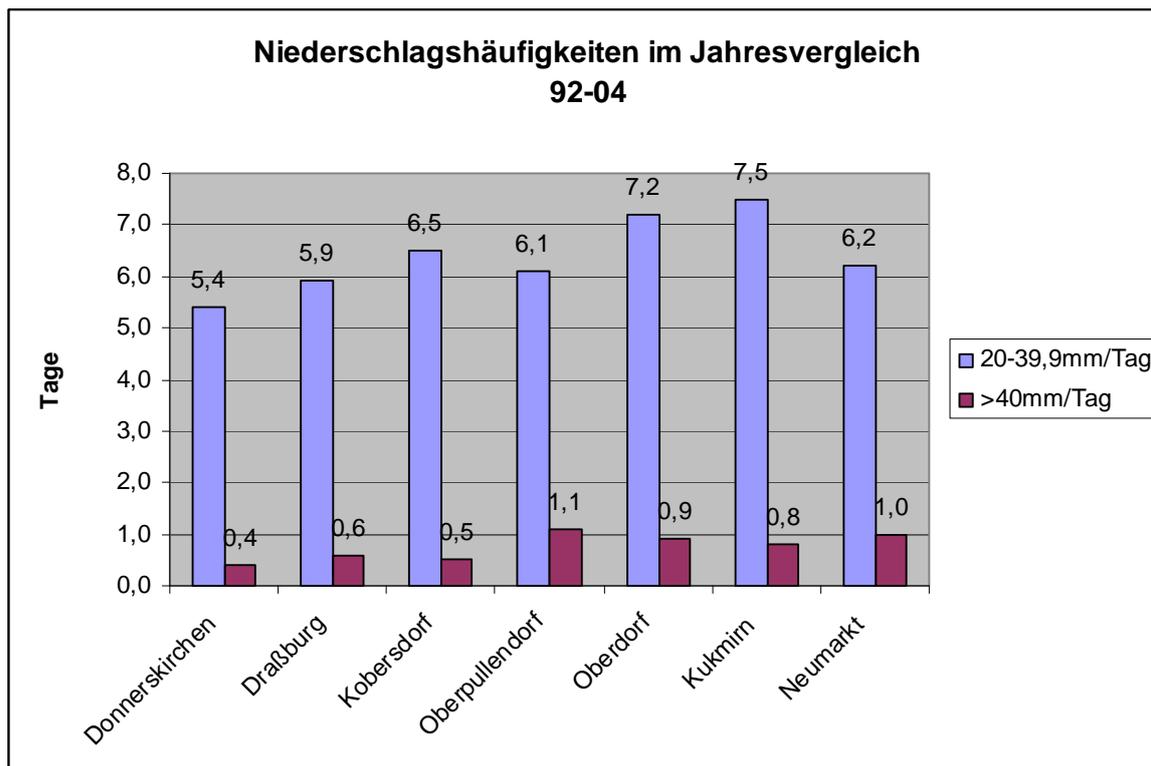


Abb 3.13: Niederschlagshäufigkeiten > 20 mm von sieben ausgewählten Messstellen der Hydrologischen Jahrbücher von Österreich aus den Jahren 1992-2004 im Untersuchungsgebiet.

3.4.5 Extreme Niederschlagsereignisse im Untersuchungszeitraum

Neben langjährigen Durchschnittswerten ist in Zusammenhang mit Massenbewegungen auch die Analyse von extremen Niederschlagsereignissen von besonderer Bedeutung. Innerhalb des Untersuchungszeitraums (2005-2010) sind im Südburgenland zwei Extremereignisse eingetreten. In beiden Fällen kam es durch starke Niederschläge innerhalb weniger Tage zu nennenswerten Überflutungen und zum Auftreten von schnellen Massenbewegungen nach dem Prozess Rutschen/Gleiten und Fließen (Definition Kap. 1.1.1). Es war dies ein Regenereignis im Bezirk Jennersdorf im Zeitraum zwischen 20. und 22. August 2005 und ein Ereignis das die Bezirke Jennersdorf und Güssing im Zeitraum zwischen 22. und 30. Juni 2009 betroffen hat.

Für das Ereignis von August 2005 liegt mit MARACEK (2005) eine detaillierte Analyse des Hydrographischen Dienstes Burgenland vor. In den erwähnten 3 Tagen sind in der Station Bonisdorf (südlich Neumarkt an der Raab) in Summe 76,9 mm Niederschlag gemessen worden. Im Vergleich zur bereits beschriebenen langjährigen durchschnittlichen Monatssumme der Station Gerersdorf bei Güssing für den Monat Juni mit 86 mm (1923-1990) fällt auf, das somit fast der gesamte durchschnittliche Monatsniederschlag in nur drei Tagen gefallen ist.

Viel auffälligere Abweichungen ergeben sich aus der Analyse des Ereignisses von 2009. Hier liegt mit GODINA & MÜLLER (2009) eine umfangreiche Analyse des Lebensministeriums vor. Im Zeitraum 22. bis 30. Juni 2009 wurden im Bereich Güssing Gesamtniederschläge von 250 mm gemessen. Hierbei handelt es sich um die mehr als zweifache Menge der durchschnittlichen Monatsniederschlagssumme für den Monat Juni, welcher in der Station Gerersdorf bei Güssing 113 mm (1923-1990) beträgt. Die Messstation Dürnbach (Höhe Oberwart) verzeichnet in diesem Zeitraum sogar einen Tagesniederschlagswert von 112,2 mm, wobei als

Referenz wiederum der monatliche Durchschnittswert von 113 mm für den Monat Juni der Station Gerersdorf bei Güssing herangezogen werden kann. Dies bedeutet, dass die Regenmenge der langjährigen Monatssumme an nur einem Tag niedergegangen ist. Auch der Oberflächenabfluss hat auf diese Regenmengen entsprechend reagiert. Für die Strem wird das HQ in diesem Zeitraum mit 100-130 m³/s angegeben, dabei handelt es sich jedoch um eine Schätzungen, da alle Messstationen ausgefallen sind. Dieser Abfluss stellt für die Strem ein 100-jährliches Hochwasser dar. Für die Raab bedeutete ein HQ von 240 m³/s, ein 30-jährliches Hochwasser (GODINA & MÜLLER 2009). Ungewöhnlich hohe Regenmengen wurden auch weiterhin zu Beginn des Monats Juli 2009 gemessen.

3.4.6 Schneehöhen

Eine rasche Schneeschmelze hat auf den Bodenwasserhaushalt einen bedeutenden Einfluss (WIECZOREK, 1996), welcher sich mit zunehmender Höhe der Schneedecke (Schneehöhe) verstärkt. In Zusammenhang mit Massenbewegungen ist daher eine Analyse der Schneehöhen zielführend.

Der Anteil des Niederschlages der im Burgenland in fester Form (Schnee) niedergeht ist generell sehr gering. Unterhalb von 400 m Seehöhe, also in den Beckenlandschaften, beträgt der Anteil fester Niederschläge im Jahresdurchschnitt nur etwa 11 bis 13 % der jährlichen Gesamtniederschlagssumme (AUER et al., 1996). Bereits in Kapitel 3.4.3 konnte gezeigt werden, dass die Wintermonate generell trockenere Monate im Vergleich zu den Sommermonaten sind (Abb. 3.11). Aus Abbildung 3.8 in Kapitel 3.4.2 ist ersichtlich, dass nur der Monat Jänner bei der Station Eisenstadt langjährig eine mittlere Monatstemperatur unter 0°C aufweist, wobei Temperaturen unter 0°C Voraussetzung für die Bildung einer dauerhaften Schneedecke sind. Nach AUER et al. (1996) bildet sich in den burgenländischen Beckenlandschaften in der Regel nur eine dünne Schneebedeckung aus, deren Ausbildung immer wieder durch milde Witterungsabschnitte unterbrochen wird. Im Eisenstädter Becken ist der Boden im Mittel an 30 bis 35 Tagen pro Wintersaison schneebedeckt, nur an 10 bis 15 Tagen beträgt die Schneehöhe mindestens 10 cm (Normalperiode 1961-1990). Im Oberpullendorfer Becken und im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens sind diese statistischen Werte nur geringfügig höher.

Verdeutlicht werden diese Beobachtungen durch eine Analyse der mittleren Monatsmaxima der täglichen Gesamtschneehöhe der Normalperiode 1960/61 bis 1989/90. Die Basisdaten sind der Arbeit von AUER et al. (1996) entnommen. Diese bilden die Grundlage für das Diagramm in Abbildung 3.14, wobei die Daten für die Stationen Eisenstadt (Eisenstädter Becken), Deutschkreutz (Oberpullendorfer Becken) und Güssing (burgenländischer Anteil des Steirischen Beckens) im Diagramm aufgetragen sind. Nach mündlicher Auskunft der Autorin Dr. Ingeborg Auer (07.11.2011) wurde dabei für jedes Monat der jeweils höchste Monatsmittelwert der Schneehöhe innerhalb des Beobachtungszeitraums 1960/61 bis 1989/90 berücksichtigt, daher die Bezeichnung mittlere Monatsmaxima. Das Diagramm zeigt deutlich, dass selbst bei Berücksichtigung der Monatsmaxima die Schneehöhen insgesamt relativ gering sind und sich Absolutwerte und Jahresverlauf in den einzelnen Beckenlandschaften nur wenig unterscheiden.

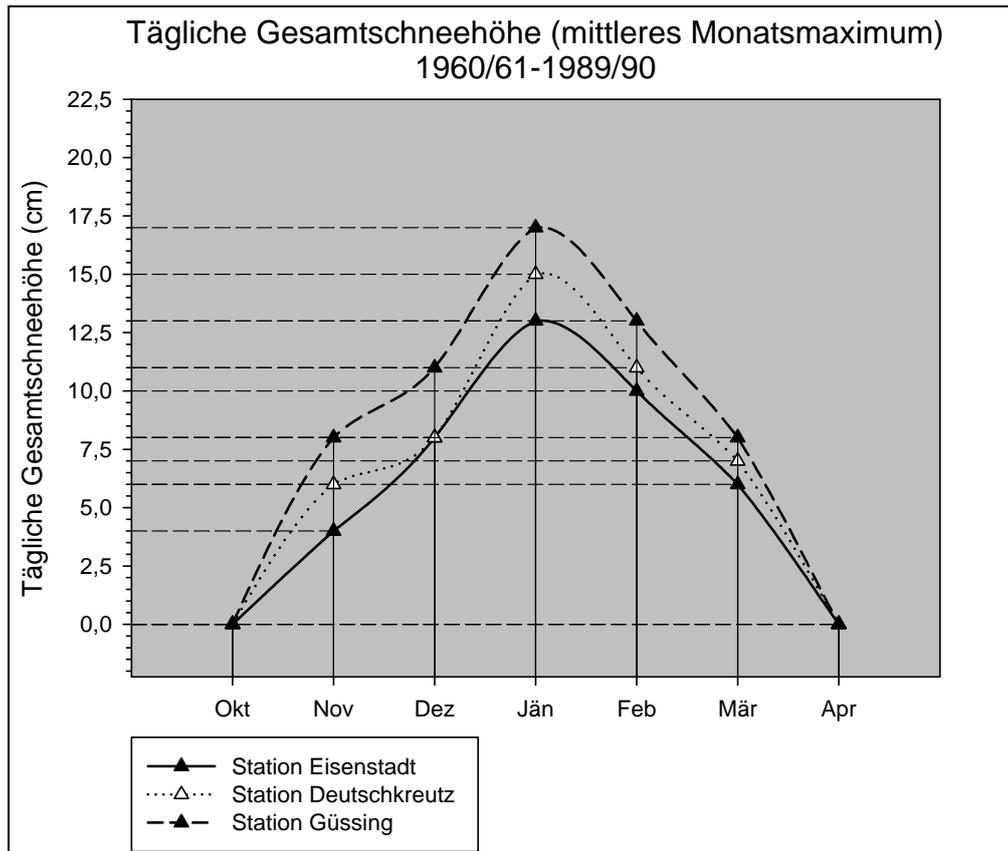


Abb. 3.14: Mittlere Monatsmaxima der täglichen Gesamtschneehöhe der Stationen Eisenstadt, Deutschkreutz und Güssing (1960/61-1989/90). Nach AUER et al. (1996), bearbeitet.

3.5 Topografie der Beckenlandschaften

Um einerseits die topografischen beziehungsweise geomorphologischen Verhältnisse in den drei Beckenlandschaften beziehungsweise Teiluntersuchungsgebieten (Kap. 3.1) darzustellen und um andererseits eine Grundlage für die Diskussion in Kapitel 7.2 zu schaffen soll auf die Topografie der drei Beckenlandschaften eingegangen werden. Nach SOETERS & VAN WESTEN (1996) ist in diesem Zusammenhang eine GIS-basierende Analyse des Digitalen Geländemodells (Kap. 2.1) der folgenden topografischen Parameter, neben der Ermittlung der horizontalen und vertikalen Krümmung, zielführend:

- Hangneigung nach Hangneigungsklassen (englisch: *Slope, Slope angle classes*)
- Exposition nach Expositionsklassen (englisch: *Slope direction, Slope direction classes* oder *Aspect, Aspect classes*)

Die entsprechenden Analysen wurden auf Basis der Digitalen Geländemodelle (DGM) mit einer Auflösung von 10 m der Teiluntersuchungsgebiete (Kap. 2.1) mit der GIS-Software ESRI ArcGIS 10 und den ESRI Extensions „Spatial Analyst“ und „3D-Analyst“ umgesetzt. Die Grundlage für die folgende Beschreibung der Methodik bildet die ESRI ArcGIS 10 Desktop Help „How Slope Works“ und „How Aspect Works“.

Die Hangneigung wird im ArcGIS errechnet, indem für jede Zelle des DGM die Veränderung des Maximalwerts der z-Koordinate in Relation zu den Nachbarzellen ausgewiesen wird. Dafür legt das Programm eine

Ebene auf die z-Werte über eine 3 x 3 Zellumgebung um die zentrale Zelle, beziehungsweise jene Zelle, deren Wert berechnet werden soll. In der Folge wird die Hangneigung in Grad dieser Ebene (bzw. die Abweichung von der Horizontalen) mithilfe der „average maximum technique“ berechnet. Die Richtung in welche diese Ebene zeigt ist gleichzeitig die Exposition für die zu berechnende Zelle. Die Exposition wird in Grad der Kompassrichtung angegeben.

Für die Darstellung der Hangneigung werden die errechneten Werte der Hangneigung für jede Zelle in Hangneigungsklassen zusammengefasst. Die sechs Hangneigungsklassen sind wie folgt gewählt:

- 0°-5°; 5°-10°; 10°-15°; 20°-30°; 30°-40°

Für die Darstellung der Exposition werden die errechneten Werte der Exposition für jede Zelle in Expositionsklassen zusammengefasst. Die acht Expositionsklassen auf Basis der Haupt- und Nebenhimmelsrichtungen und die dazugehörigen Kompassrichtungen in Grad sind wie folgt gewählt:

- N (337,5°-22,5°); NE (22,5°-67,5°); E (67,5°-112,5°); SE (112,5°-157,5°); S (157,5°-202,5°); SW (202,5°-247,5°); W (247,5°-292,5°); NW (292,5°-337,5°)

Da jede Zelle im DGM eine Fläche von 100m² repräsentiert, kann von der Anzahl der Zellen pro Hangneigungs- bzw. Expositionsklasse auf die Fläche der jeweiligen Klasse in Relation zur Gesamtfläche rückgeschlossen werden. Als berücksichtigte Untersuchungsfläche wird in der vorliegenden Analyse jene Fläche betrachtet, die durch Ablagerungen des Neogens und des Quartärs gekennzeichnet ist (siehe Kap. 4.2, 5.2 und 6.2), jedoch ohne den stets flachen Talebenen der „jüngsten Talfüllung“ (siehe Beilagen 1, 2 und 3). Die entsprechenden Werte der geographischen Gesamtfläche (Kap. 3.1, Präneogen, Neogen und Quartär) und der berücksichtigten Untersuchungsfläche (Neogen & Quartär, ohne jüngste Talfüllung) für jedes Teiluntersuchungsgebiet sind in Tabelle 3.1 angeführt. Die Werte wurden als planimetrische Fläche auf Basis der in Kapitel 2.1 beschriebenen Daten mit der GIS-Software ESRI ArcGIS 10 errechnet.

| | Eisenstädter Becken | Oberpullendorfer Becken | Steirisches Becken (Bgl.) |
|---|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Geographische Gesamtfläche (Präneogen, Neogen und Quartär) | 712,45 km ² | 750,34 km ² | 1.461,17 km ² |
| Berücksichtigte Untersuchungsfläche (nur Neogen & Quartär, ohne „jüngste Talfüllung“) | 436,19 km ² | 496,01 km ² | 1.004,13 km ² |

Tab. 3.1: Geographische und berücksichtigte Untersuchungsfläche der Teiluntersuchungsgebiete.

Die Ergebnisse der topographischen Analyse der Parameter Hangneigung und Exposition sind in Form von Säulendiagrammen in Abbildung 3.15 wiedergegeben. Als Basis für die Berechnungen dient dabei ausschließlich die zuvor beschriebene berücksichtigte Untersuchungsfläche, also die Fläche welche durch Ablagerungen des Neogens und des Quartärs jedoch ohne die Talebenen der „jüngsten Talfüllung“ gekennzeichnet ist. In den Diagrammen sind auf der Abszisse die oben angeführten Hangneigungs- bzw. Expositionsklassen aufgetragen, auf der Ordinate die entsprechende Fläche in km². Die Prozentwerte über den einzelnen Säulen beziehen sich auf den Flächenanteil pro Klasse bezogen auf die berücksichtigte Untersuchungsfläche in jedem Teiluntersuchungsgebiet.

Die durchschnittliche Hangneigung (arithmetisches Mittel aller Hangneigungswerte der Zellen) der berücksichtigten Untersuchungsfläche für jedes Teiluntersuchungsgebiet ist in Tabelle 3.2 angeführt. Die Berechnung erfolgt dabei auf Basis der Rohdaten der oben beschriebenen Analyse mit ArcGIS noch vor der Einteilung in Hangneigungsklassen.

| | Eisenstädter Becken | Oberpullendorfer Becken | Steirisches Becken (Bgl.) |
|---|---------------------|-------------------------|---------------------------|
| Durchschnittliche Hangneigung (nur Neogen & Quartär, ohne „jüngste Talfüllung“) | 3,5° | 4,5° | 6,4° |

Tab. 3.2: Durchschnittliche Hangneigung (arithmetisches Mittel aller Hangneigungswerte der Zellen) der berücksichtigten Untersuchungsfläche für die Teiluntersuchungsgebiete.

Die Topographie der drei Beckenlandschaften lässt sich auf Basis der Analyse in Abbildung 3.15 wie folgt interpretieren. Bei der Hangneigung überwiegt in allen drei Teiluntersuchungsgebieten die Klasse 0°-5°, diese stellt mit 75%, 66% und 44% stets den größten Flächenanteil der berücksichtigten Untersuchungsfläche dar. Weite Bereiche der Beckenlandschaften sind demnach auch ohne Berücksichtigung der ebenen Talflächen überwiegend flach ausgebildet. Auffällig ist jedoch, dass von Norden nach Süden, also im Verlauf Eisenstädter Becken, Oberpullendorfer Becken und Steirisches Becken (burgenländischer Anteil) der prozentuelle Anteil dieser Hangneigungsklasse abnimmt, und die Anteile der Hangneigungsklassen 5°-10° und 10°-15° gleichzeitig deutlich zunehmen. Im Steirischen Becken verdoppelt sich auch der Anteil der Klasse 15°-20° gegenüber den nördlich gelegeneren Becken. Zur Hangneigung kann demnach festgehalten werden, dass je weiter südlich die Becken situiert sind, die Hangneigung zunimmt, und höhere Hangneigungsklassen daher im Süden deutlich häufiger auftreten. Verdeutlicht wird dieser Trend auch durch die Werte der durchschnittlichen Hangneigung in Tabelle 3.2. Die durchschnittliche Hangneigung im Steirischen Becken (burgenländischer Anteil) ist mit 6,4° fast doppelt so hoch wie im Eisenstädter Becken mit 3,5°.

Bei der Exposition zeigt sich in allen drei Beckenlandschaften ein Verteilungsmaximum der Flächen in der Ostrichtung, im Eisenstädter und Oberpullendorfer Becken auch in der Nordostrichtung. Den größten Flächenanteil von Hängen bilden im berücksichtigten Untersuchungsgebiet demnach Hänge mit Ost- bzw. Nordostorientierung. Im Oberpullendorfer und Steirischen Becken ist ein zweites Maximum in Richtung Südwesten, im Steirischen Becken auch in Richtung Westen erkennbar. Im Gegensatz sind im Eisenstädter Becken diese beiden Richtungen (SW, W) stark unterrepräsentiert, die Richtung Norden ist im Verhältnis zu den südlichen Becken jedoch stärker repräsentiert.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Topografie im Untersuchungsgebiet (Neogen & Quartär, ohne „jüngste Talfüllung“) insgesamt durch eine verhältnismäßig geringe Hangneigung geprägt ist, diese nimmt jedoch gegen Süden hin deutlich zu. Bei der Exposition der Hänge bilden den größten Flächenanteil jene Hänge, die Richtung Osten orientiert sind.

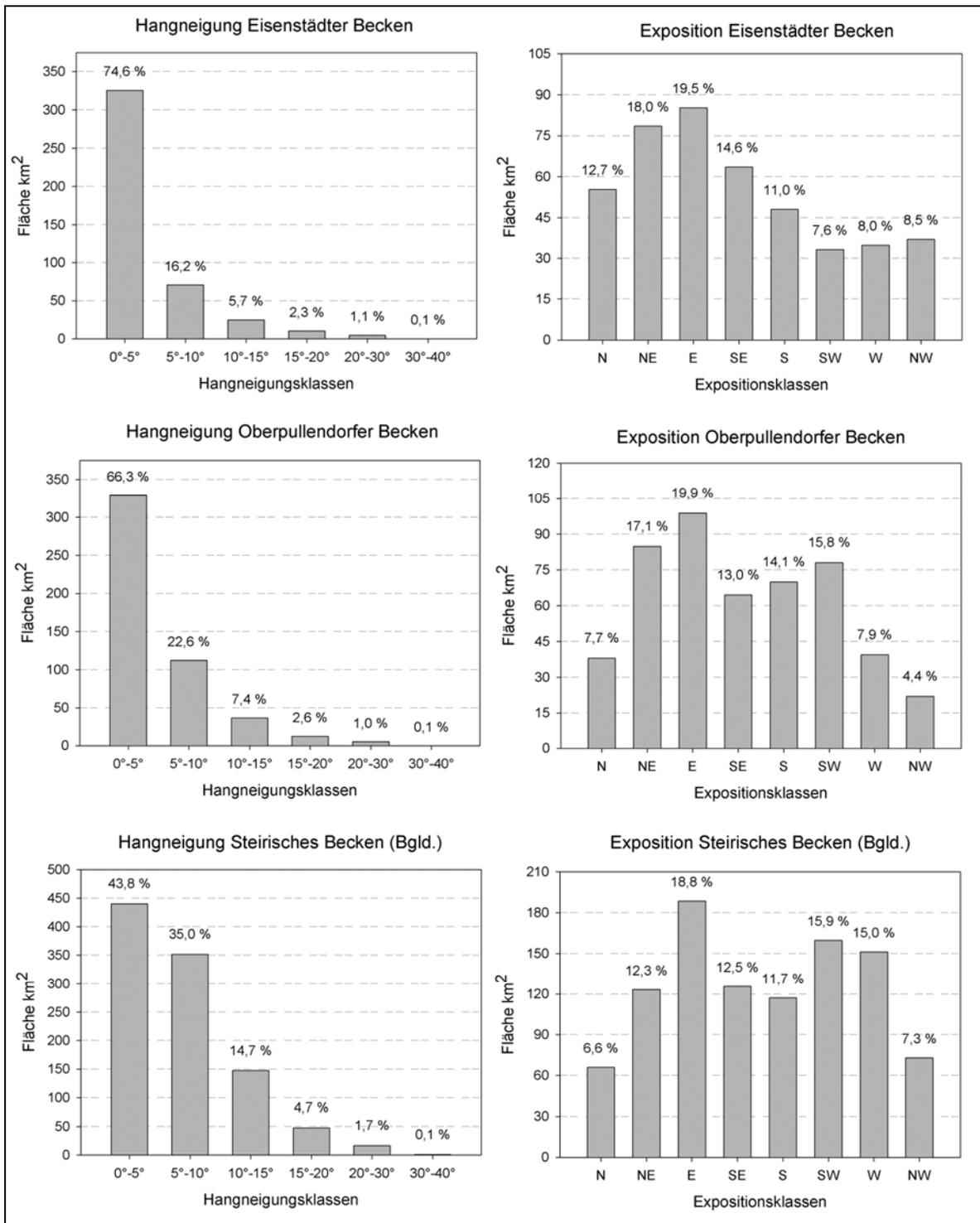


Abb 3.15: Analyse der Hangneigung und der Exposition in den drei Teiluntersuchungsgebieten (Beckenlandschaften). Es werden nur jene Flächen berücksichtigt, die durch Ablagerungen des Neogens und des Quartärs jedoch ohne die Talebenen der „jüngsten Talfüllung“ gekennzeichnet sind. Die Prozentwerte über den einzelnen Säulen beziehen sich auf den Flächenanteil pro Hangneigungs- bzw. Expositionsclassen bezogen auf die berücksichtigte Untersuchungsfläche im Teiluntersuchungsgebiet.

4 Kriechbewegungen im Eisenstädter Becken und angrenzenden Gebieten

4.1 Grundlagen, Beilage 1 und Überblick

Die Abgrenzung des Teiluntersuchungsgebietes „Eisenstädter Becken und angrenzende Gebiete“, sowie dessen geographische und tektonische Gliederung ist in Kapitel 3.1 dargestellt. Die Beilage 1 „Kompilierte geologische Karte des Eisenstädter Beckens mit Eintrag von Kriechbewegungen“ bildet die kartenmäßige Grundlage für die nachfolgenden Erläuterungen. Die in der Beilage 1 dargestellten geographischen und geologischen Informationen beruhen auf digitalen Daten, deren Akquisition und Inhalt in Kapitel 2.1 beschrieben ist. Neben des dort angeführten Datensatzes „GK200“ (PASCHER, 1999) sind Informationen aus den folgenden geologischen Kartengrundlagen in die Beilage 1 eingeflossen:

- PASCHER (1988): Geologische Karte der Mattersburger Bucht 1:25.000. Überarbeitet übernommen im Bereich des Neogens südlich der Linie Wiesen-Mattersburg-Draßburg und für die südliche Grenzziehung Kristallin-Neogen.
- PASCHER & BRIX (1994): GK 50, 77 Eisenstadt. Stellenweise übernommen zur Abgrenzung der Sedimente des Quartärs und des Neogens an den Abhängen des Leithagebirges.
- PISTOTNIK et al. (1993): GK 50, 78 Rust. Stellenweise übernommen zur Abgrenzung der Sedimente des Quartärs und des Neogens an den Abhängen des Leithagebirges.
- KÜMEL (1957): GK 50, 107/108 Mattersburg-Deutschkreutz. Stellenweise übernommen zur Abgrenzung der Sedimente des Ottnangiums und des Karpatiums im Raum Siegraben.
- Eigene geologische Kartierungen im Zeitraum August-September 2008 im Bereich der Brennberger Blockschotter im Raum Rohrbach-Loipersbach und der Hochriegel-Formation in Raum Siegraben sowie im Zeitraum März bis Juni 2009 im Bereich des Ruster Hügellandes südlich von Mörbisch.

Zur Verdeutlichung der morphologischen Situation sind die Informationen in der Beilage 1 mit einer shaded-relief Darstellung mit der Beleuchtungsrichtung aus 315° hinterlegt. Die Beschreibung der präneogenen Beckenumrahmung ist in Kapitel 3.2 wiedergegeben. Weitere Datengrundlagen und Informationen über die Aufnahme von Massenbewegungen finden sich in Kapitel 2.2..

Mit den Arbeiten von PASCHER (1988, 1989) liegt für die Mattersburger Bucht, also dem Südtteil des Eisenstädter Beckens um die Bezirkshauptstadt Mattersburg (KÜPPER, 1957; TOLLMANN, 1985), einmalig im gesamten Untersuchungsgebiet eine moderne stratigraphisch Untergliederung der Sedimente des Badeniums und des Sarmatiums vor. Diese, für die gegenständliche Fragestellung wichtigen Informationen, wurden daher in die Beilage 1 übernommen. Außerhalb der Mattersburger Bucht, im Mittelteil und im Norden des Beckens werden die im Süden untergliederten Ablagerungen teilweise mit Sammelsignatur versehen, da hier keine detaillierten Informationen vorliegen. Die folgende Beschreibung der Sedimente des Badeniums und des Sarmatiums erfolgt daher auch getrennt, einerseits innerhalb der Mattersburger Bucht (Kap. 4.2.6 und 4.2.8) und andererseits außerhalb der Mattersburger Bucht (Kap. 4.2.7 und 4.2.9).

Die Morphologie des Neogens des Eisenstädter Beckens wird einerseits durch die umgebenden Höhenzüge des Leithagebirges, des Rosaliengebirge und des Ödenburger Gebirges geprägt (Kap. 3.1) sowie im Osten durch die Erhebung des Ruster Höhenzuges (HÄUSLER, 2010). Andererseits prägt das Tal der Wulka die

Entwässerung des Beckens. Dieses Haupttal des Beckens verläuft ausschließlich in den neogenen Sedimenten und verläuft in SW-NE-Richtung. Südlich der Wulka, zwischen Ruster Höhenzug und Ödenburger Gebirge erstrecken sich auf österreichischem Staatsgebiet zwei erwähnenswerte Hochzonen neogener Sedimente. Erstens das Gebiet SW von Siegendorf, an dessen Nordflanke sich die Natur- und Landschaftsschutzgebiete „Siegendorfer Pußta und Heide“ befinden. Nach KAPOUNEK (1938) und HÄUSLER (2010) wird dieser, NW-SE verlaufende Höhenzug als Nadjezera Wald bezeichnet. Weiter im Süden, SW von Baumgarten erstreckt sich eine komplex gegliederte Hochzone mit den Erhebungen Draßburger Kogel, Krippelberg, Schreindlberg und Marzer Kogel und den Fluren Draßburger Wald und Schattendorfer Wald. Zusammenfassend soll dieses Gebiet im Rahmen der vorliegenden Arbeit als „Marzer Kogel / Draßburger Wald“ bezeichnet werden. Abbildung 4.1 zeigt den Blick von der Hochzone des Nadjezera Waldes in Richtung N in den zentralen Bereich des Eisenstädter Beckens. Im Mittelgrund links ist der Kirchturm von Siegendorf zu erkennen, dahinter folgt das Wulkatal. Im Hintergrund steigt der Höhenzug des Leithagebirges auf, mit der Hauptstadt Eisenstadt an der Basis.



Abb. 4.1: Blick vom Nadjezera Wald Richtung N in das Eisenstädter Becken. Links der Kirchturm von Siegendorf, dahinter das Wulkatal gefolgt von Eisenstadt und dem Leithagebirge im Hintergrund.

4.2 Lithostratigraphie der neogenen und quartären Ablagerungen

4.2.1 Gelber, rötlicher Kalk und Sandstein des Paläogens

Am Übergang vom Eisenstädter zum Wiener Becken (Kap. 3.1) nördlich des Leithagebirges beschreibt TAUBER (1952) ein beschränktes Vorkommen von paläogenen Sedimenten in Form von gelben und rötlichen Kalken und Sandsteinen, das sogenannte „Eozän von Wimpassing“. Wie schon in Kapitel 3.2.1 erwähnt, stellt dieses einzige Vorkommen innerhalb des gesamten Untersuchungsgebietes die Ausnahme in der Einteilung in Neogen (Beckenfüllung) und Präneogen (Beckenumrahmung) dar. Aufgrund der kleinräumigen Verbreitung dieser paläogenen Sedimente wird die Einteilung in der vorliegenden Arbeit jedoch aufrecht erhalten.

Das Vorkommen ist südlich von Wimpassing am Hirschbühel situiert. Nach ZORN (2000) handelt es sich um erosive Reste einer flachmarinen Ablagerung in Form von fossilführenden, gelben und rötlichen Kalken und untergeordnet Sandsteinen. Der Fossilinhalt besteht vor allem aus Rotalgen, Nummuliten, Korallen und Bryozoen die eine Einstufung in das Obereozän erlauben. Abbildung 4.2 zeigt ein Handstück des Obereozäns von Wimpassing aus einem Feld am Hirschbühel, eine feine sedimentäre Schichtung der Kalke ist deutlich zu erkennen.



Abb. 4.2: Handstücke aus dem Obereozän von Wimpassing am Hirschbühel. Kalke mit feiner sedimentärer Schichtung.

4.2.2 Obere Auwaldschotter

Abgesehen von der Rust-Formation (siehe Kap. 4.2.4) sind die Sedimente des Ottnangiums (Auwaldschotter) und des Karpatiums (Hochriegel-Formation und Brennberger Blockstrom, Kap. 4.2.3 und 4.2.5) nur im äußersten Süden des Teiluntersuchungsgebietes Eisenstädter Becken oberflächlich anstehend. Dadurch dass diese neogenen Ablagerungen Teile des Ödenburger Gebirges bedecken beziehungsweise dieses über weite Strecken aufbauen, stellen sie ein Verbindungsglied zur Sedimentationsgeschichte des südlich gelegenen Oberpullendorfer Beckens dar (siehe Kap. 5.2). Nach JANOSCHEK (1931) beginnt die neogene Ablagerung im heutigen Oberpullendorfer Becken und im Süden des Eisenstädter Beckens mit der Bildung der Brennberger Süßwasserschichten, die direkt dem präneogenen Grundgebirge (Kap. 3.2) aufliegen. Diese Schichten sind jedoch im Teiluntersuchungsgebiet nicht aufgeschlossen, es wird daher auf Kapitel 5.2.1 verwiesen. Im Hangenden der Brennberger Süßwasserschichten unterscheidet VENDL (1933) die Unteren und Oberen Auwaldschotter. Nach JANOSCHEK (1931) bestehen die Auwaldschotter generell aus groben, gut gerundeten Kiesen und Steinen („Schottern“) in einer kiesig-sandigen Matrix („Zwischenmittel“). Lokal sind Sand- und Tegellagen (Schluff-Ton) eingeschaltet die auch dünne Glanzkohlenflöze enthalten können. Nach VENDL (1933) und ZORN (2000) sind die basalen, Unteren Auwaldschotter durch Komponenten kristalliner Herkunft (Gneise, Glimmerschiefer, Biotitgranite) geprägt, während die Oberen Auwaldschotter durch ein vermehrtes Auftreten von schlecht gerundeten karbonatischen Komponenten aus der Grauwackenzone und den nördlichen Kalkapfen charakterisiert sind. Das Ablagerungsmilieu ist strittig, der Habitus des Sediments lässt auf einen fluviatilen Transport schließen, allerdings beschreibt schon JANOSCHEK (1931) Kalkkrusten einzelner Gerölle deren Fossilinhalt auf marine Bedingungen schließen lässt. ZORN (2000) stellt die Auwaldschotter

stratigraphisch in das Otnangium. Im Teiluntersuchungsgebiet sind in einem Streifen W von Siegraben ausschließlich Obere Auwaldschotter aufgeschlossen.

4.2.3 Hochriegel-Formation

Unter der Hochriegel-Formation werden sehr feinkörnig ausgebildete Sedimente zusammengefasst, welche die grobkörnigen Auwaldschotter (Kap. 4.2.1) im Liegenden von dem sehr grobkörnigen Brennberger Blockstrom (Kap. 4.2.3) im Hangenden trennen beziehungsweise im Bereich von Siegraben dazwischen tektonisch eingeschuppt sind (KÜPPER, 1957). Die Bezeichnung Hochriegel-Formation beziehungsweise Hochriegel Schichten geht auf TAUBER (1952) zurück, obwohl die Sedimente schon zuvor von JANOSCHEK (1931) und VENDL (1933) beschrieben wurden. KÜPPER (1957) beschreibt die Hochriegel-Formation als einen Sand-Tonmergelkomplex mit Tonlagen und einem Lignitflöz an der Basis. Auf der Basis von Blätterton stufte KÜPPER (1957) die limnischen Sedimente in das Karpatium ein (siehe Kap. 5.2.2).

Schon JANOSCHEK (1931) beschreibt, dass das oberflächennahe Auftreten der später als Hochriegel-Formation bezeichneten Sedimente vor allem durch die Ausbildung von „Rutschungen“ zu erkennen ist. KÜPPER (1957) beschreibt in der Gegend um Siegraben Vorkommen von Tegeln innerhalb der Hochriegel-Formation, die zu „Rutschungen“ neigende Hänge bilden. Da die Sedimente der Hochriegel-Formation heute im Teiluntersuchungsgebiet kaum aufgeschlossen sind, sind sie überhaupt nur morphologisch und über das Auftreten von Massenbewegungen abzugrenzen. Sie bauen nur in einen schmalen Streifen östlich von Siegraben den Untergrund auf, unmittelbar linksufrig des Siegrabenbaches. Vorkommen der Hochriegel-Formation nördlich des Siegrabener Sattels, wie sie von PASCHER (1988) und SCHÖNLAUB (2000) vermerkt wurden, konnten durch eine eigene Kartierung des Autors nicht nachvollzogen werden und sind daher in der Beilage 1 auch nicht eingezeichnet. Abbildung 4.3 zeigt einen Blick von der Ortschaft Siegraben aus, in der Nähe des Gemeindeamtes in Richtung Osten. Die typisch buckelige, wellige Morphologie einer Massenbewegung deutet auf das Auftreten der Hochriegel-Formation innerhalb der generell standfesten Ablagerungen der Auwaldschotter und des Brennberger Blockstroms hin.



Abb. 4.3: Hochriegel-Formation innerhalb der Ortschaft Sieggraben, Blick von der Hauptstraße ca. 100 m südlich der Bücherei Sieggraben, Blickrichtung Osten. Die typisch buckelige, wellige Morphologie einer Massenbewegung (Kriechbewegung N5b in Beilage 1, Kap. 4.4.1) deutet auf das Auftreten der feinkörnigen Hochriegel-Formation.

4.2.4 Rust-Formation

Der Ruster Höhenzug (Kap. 4.1) wird in seiner Nord-Süd Erstreckung außer von Leithakalk des Badeniums (Kap. 4.2.6) überwiegend durch die Rust-Formation des Karpatiums (PASCHER, 1999; ZORN, 2000; PILLER et al., 2004) aufgebaut. Bei PISTOTNIK et al. (1993) und HÄUSLER (2010) wird die Bezeichnung „Ruster Schotter und Sand“ verwendet. Dieser Begriff ist auch in der Beilage 1 angeführt (Fehler in der Daten Synchronisation). Der Begriff „Ruster Schotter“ wird von KAPOUNEK (1938) erstmals eingeführt, eine umfangreiche Bearbeitung der Ablagerungen erfolgte durch FUCHS (1965). Lithologisch beschreibt ZORN (2000) die Ablagerungen als fluviatil transportierte, feine bis grobe, meist gut gerundete Sande und Kiese die aus kristallinen Komponenten bestehen. Hauptbestandteile der Komponenten sind Quarz, Quarzite und zersetzte Gneise. Nach KAPOUNEK (1938) und FUCHS (1965) treten untergeordnet auch Granite, Glimmerschiefer und hornblendeführende Gneise auf. FUCHS (1965) beschreibt auch feinsandige-mergelige Zwischenlagen, die zusammen mit sedimentären Strukturen stellenweise auf eine spätere, marine Umlagerung der ursprünglich fluviatil abgelagerten Sedimente schließen lässt. Nach FUCHS (1965) überlagern die Sedimente direkt das Grundgebirge des Ruster Höhenzuges (Mittel- und Unterostalpines Kristallin, Kap. 3.2.5) und erreichen eine maximale Mächtigkeit von 100m. ZORN (2000) stellt die Sedimente stratigraphisch in das Karpatium. Bereits FUCHS (1965) beschreibt, dass einerseits in der flächenhaften Verbreitung die Sande gegenüber den Kiesen dominieren und das andererseits innerhalb der Schotter Gerölle bis über einem Meter Durchmesser anzutreffen sind. Beide Beobachtungen konnten durch den Autor der vorliegenden Arbeit aufgrund neuerer Aufschlüsse gut nachvollzogen werden. In einem Aufschluss in einer Sandgrube am westlichen Ende des Grundgrabens nördlich von Mörbisch ist der dominierende Sandanteil des Sedimentes zu erkennen (Abb.

4.4). In einer Baugrube am Südrand von Rust konnten hingegen Komponenten im m-Bereich (Durchmesser), eingebettet in einer sandig-kiesigen Matrix, dokumentiert werden. Abbildung 4.5 zeigt eine derartigen Block, freigelegt durch die Aushubarbeiten der Baustelle.



Abb. 4.4: Sanddominierte Sedimente der Rust-Formation in einem Aufschluss im äußersten Westen des Grundgrabens, 2,5 km NW von Mörbisch.



Abb. 4.5: Baugrube in den Rust-Formation am südlichen Ortsrand von Rust. Gut gerundete, kristalline Komponenten mit Durchmessern im m-Bereich wurden freigelegt.

4.2.5 Brennberger Blockstrom

Große Teile des Ödenburger Gebirges (Kap. 3.1) werden durch die grobkörnigen Sedimente des Brennberger Blockstroms, bedeckt. Die Bezeichnung geht auf JANOSCHEK (1931) zurück, der bereits den typischen Habitus des Sediments beschrieb: Schlecht bis kaum gerundete, schlecht sortierte Kristallinblöcke in einer Größe zwischen Kiesfraktion und mehreren Kubikmetern in einer gelben, sandigen bis schluffigen Grundmasse. Nach JANOSCHEK (1931) bestehen die Komponenten ausschließlich aus kristallinem Material des Rosaliengebirges (Kap. 3.1). KÜPPER (1957) führt folgende Gesteine in den Komponenten an: Quarz, Granitgneis, Pegmatit, Alpit, Glimmerschiefer, Schiefergneis, Amphibolit, Marmor, Semmeringkalk. ZORN (2000) beschreibt die Bildung des Sedimentes durch überwiegend terrestrische und untergeordnet auch fluviatile Blockschlammströme und stellt das Sediment in das Karpatium. Abbildung 4.6 zeigt einen kleinen Aufschluss der Blockschotter an einem Hohlweg südlich von Siegraben. Die kristallinen Komponenten weisen in diesem Fall etwa Grobkiesgröße auf und sind ungerichtet in einer festen, sandig-schluffigen Matrix eingebettet.



Abb. 4.6: Aufschluss der Sedimente des Brennberger Blockstroms in einem Hohlweg südlich von Siegraben. Schlecht gerundete, kristalline Komponenten ohne Einregelung in geblicher, sandig-schluffiger Matrix.

Stratigraphisch strittig ist die Zuordnung eines Vorkommens in Form eines schmalen Streifens entlang der Staatsgrenze rechtsufrig des Aubaches im Rohrbacher Wald. Zwar verzeichnet SCHÖNLAUB (2000) diesen Bereich dem „Badenium undifferenziert“ zugehörig und auch PASCHER (1988) stellt ihn aufgrund von Lese- steinkartierung in die „Obere Langeniden Zone des Badens“ (Kap. 4.2.6). Dem Verfasser der vorliegenden Arbeit standen neue Aufschlüsse entlang einer neu angelegten Forststraße zur Verfügung. Wie in Abbildung 4.7 ersichtlich, weisen die dort aufgeschlossenen Sedimente am ehesten Ähnlichkeiten mit der oben beschriebenen Ausformung des Brennberger Blockstroms auf. Daher wird diese Zone in der geologischen Karte (Beilage 1) dem Brennberger Blockstrom zugeordnet.



Abb. 4.7: Aufschluss an einer Forststraße rechtsufrig des Aubaches W Loipersbach. Kristalline, verschiedene große und unterschiedlich stark gerundete Komponenten befinden sich chaotisch in einer sanddominierten Matrix. Der Autor ordnet im Gegensatz zu vorhergehenden Bearbeitungen diesen Aufschluss und damit das Gebiet zwischen Staatsgrenze und Aubach den Brennberger Blockschottern zu.

4.2.6 Sedimente des Badeniums in der Mattersburger Bucht

Bereits in Kapitel 4.1 wurde aufgrund unterschiedlich detaillierter Kartengrundlagen auf die getrennte Beschreibung der Sedimente des Badeniums innerhalb und außerhalb der Mattersburger Bucht hingewiesen. Als Grundlage für die folgende Gliederung der Sedimente des Badeniums in der Mattersburger Bucht dient die Arbeit von PASCHER (1988) ergänzt durch eigene Erfahrungen aus der Geländearbeit des Autors.

Mit der Zeitstufe des Badeniums setzt die vollmarine Entwicklung im Eisenstädter Becken und damit der Mattersburger Bucht ein und es lagern sich durch Absenkung des Beckenuntergrundes weitere Sedimente der Beckenfüllung ab. Es sind im Wesentlichen gut sortierte Kiese, Sande und Tone, wobei verschiedene Transgressionsevents des Meeres mit verschiedenen Faziesbereichen, von küstennah bis küstenfern unterschieden werden können. In Abhängigkeit von der Wassertiefe und Landnähe beziehungsweise Landferne wurden die Sedimente des Badeniums teilweise als Sande beziehungsweise küstennahe Schotterkomplexe oder im tiefsten Beckeninneren als Tone abgelagert. Die weitere Differenzierung der Sedimente des Badeniums erfolgt gemäß der Gliederung in der zentralen Paratethys nach PAPP & CÍCHA, 1978 (in PASCHER, 1988) wie in Tabelle 4.1 angeführt.

| <i>Chronostratigraphische Gliederung</i> | | <i>Biostratigraphische Zonierung</i> |
|--|-----------|--------------------------------------|
| Badenium | Oberes | Rotalien- bzw. Verarmungszone |
| | | Buliminen-Bolivinen-Zone |
| | Mittleres | Sandschaler-Zone |
| | Unteres | Obere Lageniden-Zone |
| Untere Lageniden-Zone | | |

Tab. 4.1: Gliederung des Badeniums der zentralen Paratethys nach PAPP & CICHA, 1978 (in PASCHER, 1988), bearbeitet.

Eine moderne stratigraphische Gliederung des Badeniums ist unter anderem bei RÖGL et al. (2008) wiedergegeben, auch bezeichnen KROH et al. (2003) und PILLER et al. (2004) die klastischen Sedimente der Oberen und Unteren Lageniden-Zone auf der Basis von Aufschlüssen nördlich von Eisenstadt lithostratigraphisch als „Harti-Formation“. In der vorliegenden Arbeit wird jedoch im Sinne des Gesamtverständnisses für die Mattersburger Bucht die biostratigraphische Gliederung nach PASCHER (1988) beibehalten. Demnach sind sowohl die Sedimente der Rotalien- bzw. Verarmungszone des Oberen Badeniums als auch die Untere Lageniden-Zone des Unteren Badeniums in der Mattersburger Bucht nicht ausgebildet beziehungsweise obertags nicht aufgeschlossen. Erst mit der **Oberen Lageniden-Zone (OLZ)** setzt die vollmarine Entwicklung ein. Innerhalb der OLZ können in der Mattersburger Bucht zwei Faziesbereiche unterschieden werden, welche auch in Beilage 1 getrennt ausgewiesen sind:

- **Obere Lageniden-Zone, Sand-Schotter-Fazies**
- **Obere Lageniden-Zone, Ton-Sand-Fazies**

Die **OLZ Sand-Schotter-Fazies** ist küstennahe abgelagert worden, dabei wurden vielfach die älteren Sedimente des Brennberger Blockstroms (Kapitel 4.2.5) aufgearbeitet und umgelagert. Sedimentologisch dominieren daher in der Sand-Schotter-Fazies Kiese aus kristallinem Material in einer sandigen Matrix. Stellenweise ist dieses Sediment zu einem Konglomerat verfestigt. In einem Aufschluss in einem östlichen Seitental der alten Sieggrabener Bundesstraße auf der Höhe des „Gasthofs zum Forst“ (ca. 3 km N von Sieggraben) ist der typische Habitus des Konglomerats gut zu erkennen (Abb. 4.8). Die Verbreitung der OLZ Sand-Schotter-Fazies konzentriert sich überwiegend auf einen breiten Streifen unmittelbar nördlich der Vorkommen des Brennberger Blockstroms beziehungsweise des Unterostalpinen Kristallins (Kap. 3.2.5).



Abb. 4.8: Typische, stark verfestigte Sedimente mit überwiegend kristallinem Inhalt der OLZ Sand-Schotter Fazies in einem Tal östlich des „Gasthofs zum Forst“ (ca. 3 km nördlich von Sieggraben).

Weiter im Beckeninneren gelangte die **OLZ Ton-Sand-Fazies** zur Ablagerung. Diese ist heute nur in einem schmalen Streifen im nördlichen Anschluss an die OLZ Sand-Schotter-Fazies aufgeschlossen. Zwischen Forchtenstein und Wiesen grenzen die Sedimente der OLZ Ton-Sand-Fazies unmittelbar an das Unterostalpine Kristallin (Kap. 3.2.5) an. Die weitere Verbreitung innerhalb der gesamten Beckenfüllung belegt jedoch ein kleines Vorkommen bei Baumgarten. PASCHER (1988) beschreibt den Faziesbereich im Osten im Raum Baumgarten, Loipersbach, Rohrbach und Marz bis zur Wulka als überwiegend tonig ausgeprägt. Die Vorkommen werden als „schokoladenbrauner bis olivgrüner, blockig brechender, siltiger Ton beziehungsweise Tonmergel“ beschrieben. Erst bei den Vorkommen westlich der Wulka bis zum Kristallinrand überwiegt der Sand- gegenüber dem Tonanteil. Dem Autor der vorliegenden Arbeit liegt ein neuer Aufschluss vor, der zeigt, dass die Ton-Sand-Fazies zumindest lokal auch noch im Bereich Rohrbach ausschließlich sandig ausgeprägt ist. Der Aufschluss befindet sich etwa 300 m nördlich der Kirche in Rohrbach hinter einem Wohnhaus. Wie Abbildung 4.9 zeigt ist das dort anstehende Sediment der OLZ Ton-Sand-Fazies ausschließlich sandig, wobei auch etwas Kies feststellbar ist.



Abb. 4.9: Aufschluss stark sandig ausgeprägter Sedimente der OLZ Ton-Sand-Fazies (unteres Badenium) in Rohrbach (hinter einem Wohnhaus, ca. 300 m nördlich der Kirche Rohrbach).

Die vollmarine **Sandschaler-Zone (SZ)** des mittleren Badeniums ist gegenüber einer zonierten Ausbildung im Wiener Becken (WESSELY, 2006) in der Mattersbuge Bucht beziehungsweise im Eisenstädter Becken nur als feinkörnige Becken-Fazies ausgebildet. Die Sandschaler-Zone schließt im Raum Draßburg-Baumgarten, Rohrbach, Marz und Mattersburg nördlich an die OLZ an und umrahmt somit die Talzone des Draßburger Baches, des Klettenbaches und der Wulka. Die Ablagerungen werden als feste, graue, blaugraue bis dunkelbraune, siltige Tone und Tonmergel, die typischerweise häufig Feinsandlagen im max. cm-Bereich aufweisen beschrieben. Ebenso ist oftmals eine lagenförmige, parallel zur Schichtung auftretende Anreicherung von Gips aus der Verwitterung von Eisensulfiden festzustellen. Aus geotechnischer Sicht ist hinzuzufügen, dass die Sedimente in tieferen, unverwitterten Schichten meist als graublau Schluft- bzw. Tonsteine anzusprechen sind. Oberflächennahe handelt es sich um stark plastische Schluffe bzw. Tone mit organischen Beimengungen die im Bereich der Grundwasserschwankung oft eine bräunliche Farbe annehmen. Die typischen mürben Feinsandlagen und die Gipskristallnester oder -lagen machen dieses Sediment vor allem im Bereich der oberflächennahen Auflockerungszone extrem anfällig für Massenbewegungen und gravitative Ausgleichsbewegungen. Die Feinsandlagen sind oftmals wasserführend und auch in tiefen Lagen häufig gespannt oder artesisch grundwasserführend. Abbildung 4.10 zeigt sehr oberflächennah in einer Grabung aufgeschlossene Sedimente der Sandschaler-Zone NE von Baumgarten nahe der Gleisen der Raaberbahn. Deutlich sind die dominierenden braunen und grauen Schluffe bzw. Tone zu erkennen.



Abb. 4.10: In einer Grabung oberflächennah aufgeschlossene Sedimente der Sandschaler-Zone NE von Baumgarten nahe der Gleise der Raaberbahn. Deutlich sind die dominierenden braunen und grauen Schluffe bzw. Tone zu erkennen (Kap. 4.5.3: Der organische Gehalt dieses Sediments beträgt trotz der Oberflächennähe nur 6,6 Massenprozent).

In den vergangenen Jahrzehnten haben zahlreiche Bearbeiter in zwei Ziegelgruben bei Walbersdorf den Fossilreichtum der Sandschaler-Zone in der Mattersburger Bucht bearbeitet (KÜPPER, 1957), dabei hat sich auch der Begriff „Walbersdorfer Schlier“ oder „Tegel von Walbersdorf“ (FUCHS, 1884) für die Sedimente der SZ manifestiert. In den 1980er Jahren sind diese Tongruben unmittelbar südöstlich der Kirche von Walbersdorf am Fuße des Marzer Kogels zugeschoben und geböscht worden, da die Rutschanfälligkeit der Tone den Abbau zunehmend erschwerte (mündliche Auskunft des heutigen Betreibers des Geländes, Fa. WOK). Auch die beiden anderen, noch durch PASCHER (1988) bearbeiteten Aufschlüsse der SZ sind nicht mehr zugänglich. Die Ziegelgrube in Mattersburg ist heute eine verschüttete Mülldeponie und die Tongrube von Rohrbach ist einem Tennisplatz gewichen. Damit ist die Sandschaler-Zone in der Mattersburger Bucht heute nicht mehr nennenswert aufgeschlossen.

Mit der **Buliminen-Bolivinen-Zone (BBZ)** endet in den Sedimenten des Badeniums die vollmarine Fazies. Sedimentologisch handelt es sich um weiche, gelbe, bräunliche manchmal auch olivgrüne Mergel sowie tonige, gelbliche Feinsande. Im Teiluntersuchungsgebiet sind in der Beilage 1 geringmächtige Vorkommen hangend der Sandschaler Zone bei Walbersdorf, Schattendorf und Baumgarten ausgewiesen. Nach PASCHER (1988) lassen kleinere Vorkommen der BBZ rund um den Marzer Kogel (die nicht in Beilage 1 vermerkt sind) die Vermutung zu, dass die BBZ im Liegenden der Sedimente des Sarmatiums (Kap. 4.2.8) des Marzer Kogels und des Schattendorfer Waldes durchgehend vertreten ist.

4.2.7 Sedimente des Badeniums außerhalb der Mattersburger Bucht

Die ältesten Sedimente des Badeniums außerhalb der Mattersburger Bucht sind die diskordant dem unterostalpinen Kristallin (Kap. 3.2.5) des Leithagebirges auflagernden **Basiskonglomerate** (ZORN, 2000). Es handelt sich dabei um ein Grobsediment mit charakteristisch weißen Quarzkomponenten, welches an der Nordwestseite des Leithagebirges, östlich von Hornstein, mehrfach aufgeschlossen ist.

Die Randfazies der marinen Entwicklung des Badeniums bildet der **Leithakalk** (ZORN, 2000). Die Kalke mit einer großen lithologischen Variationsbreite umrahmen das Leithagebirge und bedecken weite Flächen des Ruster Höhenzuges wobei der Leithakalk hier stellenweise die älteren Rust-Formation (Kap. 4.2.4) überlagert (KÜPPER, 1957; HÄUSLER, 2010). Nach HÄUSLER (2010) dominiert im Leithakalk generell die Ausbildung als Riffschuttkalk mit dem charakteristischen Fossilreichtum, untergeordnet treten aber auch mergelige Abschnitte auf. TOLLMANN (1955), KÜPPER (1957) und HÄUSLER (2010) können zeigen, dass sich die biostratigraphischen Zonen (vergleiche Tab. 4.1) Obere Langeniden-Zone, Sandschaler-Zone und die Buliminien-Bolivinen-Zone in den Leithakalken nachweisen lässt. Damit umfassen die Kalke nahezu die gesamte marine Entwicklung des Badeniums im Eisenstädter Becken. Häufig wird und wurde Leithakalk als Baustein und Industriemineral gewonnen, zu nennen sind unter anderem die Steinbrüche von Mannersdorf (auf niederösterreichischem Gebiet), Müllendorf, St. Margarethen und Loretto, letzterer ist in Abbildung 4.11 wiedergegeben.



Abb. 4.11: Aufgelassener Steinbruch E von Loretto in vor allem aus Corallinaceae aufgebauten Leithakalk.

Neben der kalkigen und kiesigen Randfazies des Badeniums ist auch eine sandige Seichtwasserfazies ausgebildet (ZORN, 2000; HÄUSLER, 2010). Bei den **Sand und Sandsteinen** handelt sich um feine bis mittelgekörnte Quarzsande mit einem schwachen Feinkiesanteil bei Eisenstadt und Stotzing sowie um teilweise karbonatisch zementierte Sande am Ruster Höhenzug. TOLLMANN (1955) datierte die Sande nördlich von Eisenstadt in Obere Langeniden Zone (vergleiche Tab. 4.1). In jüngster Zeit wurden diese Sande nördlich von Eisenstadt durch KROH et al. (2003) neu bearbeitet und sie werden lithostratigraphisch der Hartl-Formation (Untere bis Obere Langeniden Zone) zugeordnet. Derartige Sande in einer Sandgrube NE von Eisenstadt zeigt Abbildung 4.12.



Abb. 4.12: Sande des Badeniums der Hartl-Formation (KROH et al., 2003) am Rand des Leithagebirges NE von Eisenstadt. Zu erkennen ist die sehr homogene Matrix aus kaum verfestigtem Quarzsand mit kleinen, gut gerundeten Kieskomponenten.

Die zentrale Beckenfazies des Badeniums wird vor allem von Tonmergel dominiert. Untergeordnet treten neben **Tonmergeln** auch **Sande**, **Schotter** und **Kalke** in dieser Zone auf (ZORN, 2000). Auf Grund der weiteren Subsidenz des Eisenstädter Beckens (HARZHAUSER et al., 2008) wurden die zentralen Beckensedimente des Baden von jüngeren Schichten bedeckt und die Beckenfazies ist daher nur am Rand des Leithagebirges und bei Bad Sauerbrunn aufgeschlossen. Eine lithologische Differenzierung dieser Serie ist bisher nur sehr bedingt und für den Autor nicht nachvollziehbar erfolgt. In Beilage 1 sind die Sedimente daher in einer Sammelsignatur zusammengefasst. Die Signatur umfasst ebenso die bei ZORN (2000) beschriebenen Burgstallschotter im Bereich des Stotzinger Berges.

4.2.8 Sedimente des Sarmatiums in der Mattersburger Bucht

Wie schon in Kapitel 4.2.6 und 4.2.7 wird auch für die Sedimente des Sarmatiums eine getrennte Beschreibung innerhalb und außerhalb der Mattersburger Bucht vorgenommen (Kap. 4.1). Als Grundlage für die folgende Gliederung der Sedimente des Sarmatiums in der Mattersburger Bucht dient die Arbeit von PASCHER (1988) ergänzt durch neuere Arbeiten und eigene Geländearbeit.

Nach PASCHER (1988, 1989) kann ähnlich wie im Badenium über den gesamten Ablagerungszeitraum im Sarmatium eine feinkörnig ausgebildete Beckenfazies mit dominierenden Tonen und Schluffen und eine eher grobkörnige, küstennahe Fazies unterschieden werden, welche sanddominiert ist. Die heute aufgeschlossenen Vorkommen des Sarmatiums in der Mattersburger Bucht konzentrieren sich auf die morphologische Erhebung des Marzer Kogels / Draßburger Walds (Kap. 4.1) sowie auf das Gebiet um Wiesen und Bad Sauerbrunn. Die weitere Differenzierung des Sarmats erfolgt gemäß der biostratigraphischen Gliederung des Sarmatiums nach PAPP et al., 1974 (in PASCHER, 1988) wie in Tabelle 4.2 angeführt.

| <i>Chronostratigraphische Gliederung</i> | | <i>Biostratigraphische Zonierung</i> |
|--|-----------|--------------------------------------|
| Sarmatium | Oberes | Nonium granosum-Zone |
| | Mittleres | Elphidium hauerinum-Zone |
| | Unteres | Elphidium reginum-Zone |

Tab. 4.2: Gliederung des Sarmatiums nach PAPP et al., 1974 (in PASCHER, 1988), bearbeitet

HARZHAUSER & PILLER (2004) und PILLER et al. (2004) korrelieren das untere und mittlere Sarmatium des Eisenstädter Beckens lithostratigraphisch mit der Holic-Formation des Wiener Beckens und das obere Sarmatium mit der Skalica-Formation des Wiener Beckens. In der vorliegenden Arbeit wird jedoch im Sinne des Gesamtverständnisses für die Mattersburger Bucht die biostratigraphische Gliederung nach PASCHER (1988) beibehalten.

Im unteren Sarmatium weist PASCHER (1988) in der Mattersburger Bucht die **Elphidium reginum-Zone (ERZ)** aus, obwohl deren Abgrenzung stellenweise problematisch ist. Einerseits sind die Vorkommen auf vier Bereiche, nämlich dem Südhang des Marzer Kogels beziehungsweise des Krippelberges, dem Eisenbahnschnitt NW von Mattersburg, den Raum Draßburg und einer Talmulde zwischen Draßburger Kogel und Draßburger Wald beschränkt. Andererseits haben nach PASCHER (1988) subaquatische Rutschungen bereits zum Zeitpunkt der Entstehung beziehungsweise der Konsolidierung der Sedimente die Schichtpakete verstellt. Häufig tritt dabei eine Vermengung mit den unterlagernden Sedimenten des Badeniums auf. Erschwerend kommt hinzu, dass die ERZ häufig aus aufgearbeiteten Sedimenten des Badeniums besteht und es somit zu einer Umlagerung beziehungsweise zu einer Vermischung des Mikrofossilinhalts gekommen ist. Bei den beiden erstgenannten Aufschlüssen konnte die ERZ mit Sicherheit nachgewiesen werden, die Sedimente werden als braune und teilweise grüne, feinlaminierte Mergel und Tone sowie Feinsande und Tone beschrieben. Häufig sind kaolinitische Lagen zu beobachten. Im Bereich Draßburg-Baumgarten weisen die Sedimente der ERZ eine eher feinsandige und sandige Ausprägung auf, aber auch Mergel wurden bei den Gleisanalgen der ROeEE angetroffen. Eine völlig andere sedimentologische Ausprägung zeigt die ERZ in der Talmulde zwischen Draßburger Kogel und Draßburger Wald. In einer ehemaligen Sandgrube im Westen des Vorkommens sind weiße und ockerfarbene, meist schrägschichtete kiesige Sande anstehend, wobei der Kiesanteil lagig zunimmt. Durch Mikrofossilien konnte PASCHER (1988) die Sedimente aber eindeutig der ERZ zuordnen. Abbildung 4.13 zeigt die anstehenden mittel- und grobklastischen Sedimente an dieser Position.



Abb. 4.13: Kiesige Sande der *Elphidium reginum*-Zone des unteren Sarmatiums die teilweise Schrägschichtung aufweisen in einer ehemaligen Sandgrube in der Talmulde zwischen Draßburger Kogel und Draßburger Wald.

Die obertags aufgeschlossene Verbreitung der ***Elphidium hauerinum*-Zone** des mittleren Sarmatiums beschränkt sich ausschließlich auf ein Vorkommen östlich von Walbersdorf im Hangenden der ERZ. Es handelt sich um einen grünlich bis ockerfarbenen Tonmergel, der mm- bis cm-Bankung aufweist. Vereinzelt konnten Sandlagen festgestellt werden.

Die ***Nonium granusom*-Zone (NGZ)** des Oberen Sarmatiums umfasst den am weitesten verbreiteten Bereich der oberflächlich aufgeschlossenen Sedimente des Sarmatiums. Insgesamt repräsentiert die NGZ einen küstennahen Ablagerungsbereich mit mittel- bis grobkörnigen und nur untergeordnet feinkörnigen Sedimenten. In der Mattersburger Bucht sind zwei Faziesbereiche zu unterscheiden, die in Beilage 1 getrennt dargestellt sind:

- ***Nonium granusom*-Zone, Sand-Schluff-Fazies**
- ***Nonium granusom*-Zone, Grobklastische-Fazies**

PASCHER (1988) bezeichnet die NGZ Sand-Schluff Fazies als Sand-Ton-Fazies, durch den Autor der vorliegenden Arbeit konnten jedoch an keinem Aufschluss tonige Sedimente beobachtet werden, hingegen wurden häufig schluffige Sande angetroffen und daher wird im gegenständlichen Zusammenhang die Bezeichnung „Sand-Schluff-Fazies“ angewendet. Das Verbreitungsgebiet der **NGZ Sand-Schluff-Fazies** umfasst das Gebiet um Bad Sauerbrunn und Wiesen sowie das Gebiet um das Autobahnkreuz der S31. Weiters werden nach allen Seiten die Flanken der Hochzone des Marzer Kogels / Draßburger Walds (Kap. 4.1) durch Sedimente der Sand-Schluff-Fazies aufgebaut. Im Bereich der Nahelage zum Beckenrand, also im Raum Wiesen und Bad Sauerbrunn ist die Sand-Schluff-Fazies dabei überwiegend sandig und untergeordnet auch kiesig ausgeprägt. Die Sande sind über weite Bereiche schwach bis stark verfestigt, und können daher senkrechte Hänge beziehungsweise sehr steile Landschaftsformen ausbilden. Als typisches Beispiel dafür zeigt Abbil-

Abbildung 4.14 die nördliche Ortseinfahrt von Wiesen in Blickrichtung Norden. Es handelt es sich dabei überwiegend um weiße, hellgelbe bis orangefarbene Fein- bis Mittelsande, die lagig kiesig und schluffig ausgebildet sein können. In zunehmender Entfernung vom Beckenrand nimmt aber der mergelige bzw. schluffige Charakter der Sedimente zu. Einen derartigen, typisch weißen Fein- bis Mittelsand mit wechselndem Schluffanteil zeigt Abbildung 4.15, aufgeschlossen ebenso bei der nördlichen Ortseinfahrt von Wiesen



Abb. 4.14: Fast senkrecht stehende, natürliche Böschungen aus Sanden der Sand-Schluff-Fazies der NGZ bei der nördlichen Ortseinfahrt von Wiesen mit Blickrichtung N.



Abb. 4.15: Typischer weißer, schwach schluffiger Fein- bis Mittelsand der Sand-Schluff-Fazies der NGZ bei der nördlichen Ortseinfahrt von Wiesen.

Die Umrahmung des Marzer Kogels / Draßburger Walds aus Sedimenten der Sand-Schluff-Fazies weist im Hangenden kiesige Sande mit geringem Schluffanteil auf und wird zum Liegenden hin deutlich Feinkörniger. Im Liegenden stehen mergelige Sande und braune Mergel sowie Sandsteine an.

Die **Grobklastische Fazies der NGZ** bildet die morphologisch höchste Zone des „Marzer Kogels“ sowie im Raum Wiesen die Gipfel der höchsten Erhebungen. Es handelt sich um über weite Bereiche zu einem Konglomerat verfestigte, gut gerundete Schotter der Kies- und Steinfraktion. Die Schotter haben Deltacharakter und sind in der Längsachse eingeregelt (PASCHER, 1988). Da der Hauptteil der Komponenten aus Karbonaten aufgebaut ist und nur untergeordnet kristalline Gerölle und Sandsteine vorliegen, nimmt PASCHER (1988) als Herkunft des Sedimentes die Oberen Auwaldschotter (Kap. 4.2.2) und untergeordnet auch den Brennberger Blockstrom (Kap. 4.2.5) an. Diese älteren grobklastischen Sedimente wurden demnach im mittleren Sarmatiums im Zuge der Erosion am Beckenrand nochmals mobilisiert und neu abgelagert. Abbildung 4.16 zeigt die stark verfestigten Sedimente der Grobklastischen Fazies der NGZ am Gipfel des Marzer Kogels, die karbonatischen Gerölle sind gut zu erkennen.



Abb. 4.16: Stark verfestigten Sedimente der Grobklastischen Fazies der NGZ am Marzer Kogel, unmittelbar unterhalb des Gipfelsteins des Kogels. Die karbonatischen Gerölle sind gut zu erkennen.

4.2.9 Sedimente des Sarmatiums außerhalb der Mattersburger Bucht

An den Beckenrändern kam es im Sarmatium zur marinen Aufarbeitung und Umlagerung der Leithakalke des Badeniums (Kap. 4.2.7) aber teilweise auch zu Neubildungen (HARZHAUSER, 2008). Die daraus entstandenen Sedimente werden als **Kalke und detritärer Leithakalke** bezeichnet (ZORN, 2000; HÄUSLER, 2010). Aufgeschlossen sind diese Kalke unter anderem im Gebiet nordöstlich von Hornstein, zwischen St. Georgen bei Eisenstadt und Donnerskirchen, und zwischen Wimpassing und Loretto. Das Sediment ist geprägt durch seine sehr helle, fast weiße Farbe auf und stellt sich meist als brecciöser Kalksandstein dar (Abb. 4.17). Die Kalke enthalten sowohl umgelagerte Fossilien des Baden als auch zahlreiche sarmatische Gastropodenabdrücke (TOLLMANN, 1955).



Abb. 4.17: Aufschluss im detritären Leithakalk des Sarmatiams W von Breitenbrunn (nicht in Beilage 1 verzeichnet). Gut zu erkennen sind kalkige Komponenten in einer Kalksandsteinmatrix.

Schotter des Sarmatiams sind, außer einem kleinem, isolierten Vorkommen bei Zagersdorf in der Schottergrube im St. Margarether Gemeindewald beim Zollhaus aufgeschlossen (HÄUSLER, 2010). Dabei handelt es sich überwiegend um Deltaschüttungen fluvial transportierter Kiese und Sande, wie aus Abbildung 4.18 ersichtlich ist. FUCHS (1965) gibt die Zusammensetzung der Schotter pauschal mit 80% kalkalpinen Material, 5 % Kristallin und 15 % Sandsteingeröllen an, was eine Interpretation als sekundär umgelagerte, obere Auwaldschotter (Kap. 4.2.2) erlaubt.



Abb. 4.18: Schotter des Sarmatiams in der Schottergrube südlich von St. Margarethen. Lithologisch handelt es sich um gut gerundete sandige Kiese mit lagig unterschiedlichen Sandgehalten

Sande und Sandsteine des Sarmatiums finden sich in kleineren Vorkommen nördlich von St. Georgen und in einem größeren Gebiet bei der Esterhazy'schen Waldrandsiedlung nördlich von Loretto sowie untergeordnet auch östlich von Klingebach. Nach ZORN (2000) sind die Sedimente als Kalksandsteine, Sande und Tegel ausgebildet und der Zeitraum der Bildung erstreckt sich über die gesamte Zeitstufe des Sarmatiums.

Die zentrale Beckenfazies des Sarmatiums wird, ähnlich wie zuvor im Badenium (Kap. 4.2.7) vor allem von Tonmergel dominiert. Untergeordnet treten neben **Tonmergeln** auch **Sande, Schotter** und **Kalke** auf (ZORN, 2000; HÄUSLER 2010). Auf Grund der weiteren Subsidenz des Eisenstädter Beckens (HARZHAUSER et al., 2008) sind die Sedimente heute vermehrt im Randbereich des Beckens aufgeschlossen, so am Rande des Leithagebirges (oftmals anschließend an die Sedimente des Badeniums) und nördlich von Bad Sauerbrunn. In eher zentraler Lage sind die Vorkommen bei Klingebach und Zillingtal zu erwähnen. Eine nähere lithologische Differenzierung dieser Serie ist bisher nur sehr bedingt und für den Autor nicht nachvollziehbar erfolgt. In Beilage 1 sind die Sedimente daher in einer Sammelsignatur zusammengefasst.

4.2.10 Sedimente des Pannoniums

Nach PISTOTNIK et al. (1993) und HÄUSLER (2010) sind an der Grenze zu Ungarn im Nadjezera Wald (Kap. 4.1) Schotter des Pannoniums anstehend. ZORN (2000) beschreibt ähnliche **Schotter und Konglomerate** am Fölligberg im Südwesten von Großhöflein und bei Loretto und deutet diese als umgelagerte, ältere Kiesschichten (Burstallschotter, Rust-Formation). Abbildung 4.19 zeigt einen Aufschluss in den Konglomeraten am Fölligberg.



Abb. 4.19: Konglomerate des Pannoniums in einem Aufschluss am Fölligberg, unmittelbar E der Deponie.

Weiter nördlich im Nadjezera Wald (Kap. 4.1) bei Müllendorf und bei Loretto sind **Sande und Sandsteine** des Pannoniums dokumentiert, die gemäß HÄUSLER (2010) einem extremen Flachwasserbereich zugeordnet werden können. Wie auch in Abbildung 4.20 (Nadjezera Wald) ersichtlich, handelt es dabei überwiegend um Fein- bis Mittelsande.



Abb. 4.20: Sande des Pannoniums im Gebiet des Nadjezera Walds etwa 2 km E von Siegendorf in der Ausprägung als Fein- bis Mittelsand.

Entlang des Wulkatals und deren Zubringer sowie in der weiteren Umrahmung des Leithagebirges sind die dominierende Sedimente des anstehenden Untergrundes **Tonmergel** mit untergeordneten Vorkommen von **Ton, Sand und Schotter** des Pannoniums (ZORN, 2000). Es handelt sich dabei um die eigentliche Beckenfazies des Pannoniums. Ähnlich wie schon zuvor in den Kapitel 4.2.7 und 4.2.9 beschrieben, liegt eine lithologische Differenzierung dieser Abfolgen nicht nachvollziehbar vor, es gelangt in Beilage 1 eine Sammelsignatur zur Anwendung.

Am Übergang zum Wiener Becken grenzen BRIX & PLÖCHINGER (1988) die **Neufelder Schichten** ab. Diese werden nach PILLER et al. (2004) und GRUNDTNER (2009) lithostratigraphisch auch als Cary-Formation bezeichnet. Nach BRIX & PLÖCHINGER (1988) handelt es sich dabei um einen limnischen Kies-Sand- Tonkomplex, der im Liegenden eine bis zu 90m mächtige Lignitentwicklung beinhaltet. Die Lignite wurde ober- und untertags an mehreren Stellen abgebaut, wobei das Revier von Neufeld das bedeutendste und ergiebigste war. Es wurde in den 1950er Jahren geschlossen (BRIX & PLÖCHINGER, 1988). Abbildung 4.21 zeigt einen sanddominierten Ausschnitt aus dem Profil des hangenden Abschnitts der Neufelder Schichten in einem Aufschluss etwa 2 km W von Hornstein.



Abb. 4.19: Sandige Schichten der Oberen Neufelder Schichten (Cary-Formation) in einem Aufschluss ca. 2 km W von Hornstein.

4.2.11 Quartäre Ablagerungen

Die Gliederung der Sedimente des Quartärs im Eisenstädter Becken und der angrenzenden Gebiete (Kap. 4.1) ist von verschiedenen Autoren (unter anderem KÜMEL, 1957; KÜPER, 1957; FUCHS, 1965; PASCHER, 1988, 1989, 1999; BRIX & PLÖCHINGER, 1988; PISTOTNIK et al., 1993; PASCHER & BRIX, 1994; HERRMANN, 2000; HÄUSLER, 2010) umfangreich bearbeitet worden und stellt sich bei Betrachtung des gesamten Teiluntersuchungsgebietes sehr komplex dar. Für die gegenständliche Fragestellung sind vor allem die grobklastischen Sedimente des Quartärs und deren stratigraphische Zuordnung sowie die quartäre Bedeckung des Leithagebirges von untergeordneter Bedeutung, daher werden die Signaturen in Beilage 1 gegenüber den oben erwähnten Originalarbeiten teilweise zusammengefasst. In der folgenden Beschreibung wird auf diese Zusammenfassungen eingegangen.

Mit der Signatur **Verwitterungslehme und Schutt im Leithagebirge** sind mehrere Phänomene der Aufarbeitung beziehungsweise Verwitterung im späten Neogen und im Pleistozän zusammengefasst. Dabei handelt es sich einerseits im Kammbereich des Leithagebirges um mehrere große Areale die mit Verwitterungslehm bedeckt sind (HÄUSLER, 2010). Diese stellen sekundäre Aufarbeitungs- bzw. Verwitterungsprodukte des unterostalpinen Kristallins (Kap. 3.2.5) dar. Auch Hangschutt tritt in Vorkommen mit geringer räumlicher Ausdehnung im Leithagebirge auf. Als periglazialer Solifluktionsschutt wird hingegen der Schuttkomplex des Mitterriegels zwischen Donnerskirchen und St. Georgen gedeutet (HÄUSLER, 2010). Es handelt sich um eine überwiegend aus Quarz- und Quarzitzeröllen zusammengesetzte Schuttbedeckung.

Terrassenschotter die im Zeitraum des oberen Pliozäns und des unterem Pleistozäns abgelagert wurden, werden in der Beilage 1 als **Ältere Terrassenschotter** zusammengefasst. Darunter fallen die „Höheren Terrassenschotter“ im Nadjezera Wald (Kap. 4.1) (HÄUSLER, 2010) und die Steinbrunner- bzw. Zillingdorfer Schotter am Übergang zum Wiener Becken (BRIX & PLÖCHINGER, 1988). Kleinere, isolierte Schottervorkommen rund um Rohrbach und Loipersbach werden gemäß der Gliederung in PASCHER (1988) als „Terrassenschotter, höheres Niveau“ ebenso hinzugezählt. Lithologisch handelt es sich dabei um sandige Kiese

und Steine, mit stellenweise erhöhtem Sandanteil sowie lagigen Konglomeratbildungen. Die Mächtigkeit der Ablagerungen liegt maximal im m-Bereich, meist jedoch deutlich darunter.

Eine großflächige Ausdehnung im Teiluntersuchungsgebiet erreichen die **Jüngeren Terrassenschotter**, wobei damit in der Beilage 1 all jene Terrassenschotter zusammengefasst werden, deren Bildung ausschließlich in das Pleistozän fällt. Im Eisenstädter Becken sind das nach HÄUSLER (2010) im Wulkatal die „tieferen Terrassenschotter“ und nach PASCHER (1988) in der Mattersburger Bucht all jene Terrassenschotter, die tiefer liegen als die zuvor beschriebenen „Terrassenschotter, höheres Niveau“. Auch die von PASCHER (1988) ausgeschiedenen „Terrassenschotter im Talniveau“ werden den jüngeren Terrassenschottern hinzugezählt. Schließlich werden auch die von BRIX & PLÖCHINGER (1988) abgegrenzten „Oeynhausener Schotter“ im Wiener Becken der Signatur hinzugezählt, damit eine einfache Gliederung des Quartärs gewährleistet bleibt. Die „Oeynhausener Schotter“ werden von BRIX & PLÖCHINGER (1988) in das Würm datiert. Lithologisch handelt es sich bei den Jüngeren Terrassenschotter fast ausschließlich um sandige Kiese mit stellenweise dominierendem Sandanteil. Gegenüber der Älteren Terrassenschottern ist die Korngröße meist geringer und der Rundungsgrad ist erhöht (PASCHER, 1988). Die Mächtigkeit der Ablagerungen im Eisenstädter Becken ist wiederum gering, die Ausbildung in einer Mächtigkeit von mehreren Metern ist selten (HÄUSLER, 2010). Einzig die „Oeynhausener Schotter“ erreichen lokal Mächtigkeiten von mehreren 10er-Metern (BRIX & PLÖCHINGER, 1988).

Die Sedimente im Eisenstädter Becken sind über weite Bereiche mit **Löß bzw. Lößlehm** in kartierbarer Mächtigkeit bedeckt. Besonders großflächig ist der Löß am linken Ufer der Wulka und zwischen Neusiedlersee und Leithagebirge verbreitet. Ein Großteil der Stadt Mattersburg sowie die Siedlungen Neudörfel und Schattendorf sind auf Lößlehm gegründet. Die Lößbedeckung erreicht zum Teil beträchtliche Mächtigkeiten, in der Stadt Mattersburg sind es etwa 2 m (PASCHER, 1988). Beim Löß handelt es sich um schlecht sortierte, teils verlehnte gelbe Schluffe und Feinsande die sehr kalkreich sind und daher zu kalzitischen Ausfällungen neigen (PASCHER, 1988; HERRMANN, 2000).

Das Ufer des Neusiedlersees ist durch die Ablagerung von **Seetonen** gekennzeichnet. Nach DRAGANITS et al. (2007) und HÄUSLER (2010) wurden diese geringmächtigen, feinkörnigen Sedimente durch den Neusiedlersee bei Hochständen gebildet. HERRMANN (2000) beschreibt das Sediment als reich an organischen Substanzen und stellenweise auch karbonatführend. Ostracodenvorkommen erlauben die Einstufung ins Spät- bis Postglazial. Die Abgrenzung der Sulzbreiten nördlich des Nadjezera Walds (Kap. 4.1) als Seeton geht auf FUCHS (1965) zurück, ist jedoch gemäß HÄUSLER (2010) strittig.

Die Talböden im Eisenstädter Becken sind mit den typischen rezenten Flusssedimenten (Kies, überwiegend Sand und Ton) bedeckt (HÄUSLER, 2010), und sind in Beilage 1 als **jüngste Talfüllung** bezeichnet. Der Sedimentinhalt der **Schwemmfächer** ist ähnlich, jedoch sind diese Formen durch Hochwasserereignisse am Rand des Leithagebirges entstanden (HÄUSLER, 2010). **Moore, anmoorige Flächen und Sümpfe** finden sich einerseits am Übergang vom Schilfgürtel des Neusiedlersees zum Festland und andererseits vermehrt im Bereich der Mattersburger Bucht. Erwähnenswert ist dabei das Naturschutzgebiet „Rohrbach Teichwiesen“ NE von Rohrbach. Einen Blick auf diesen Sumpf vom Marzer Kogel aus mit Blickrichtung SE zeigt Abbildung 4.22. Im Hintergrund sind die morphologisch steilaufragenden Sedimente des Badeniums (Kapitel 4.2.6) und des Karpatiums (Kapitel 4.2.5) zu erkennen.

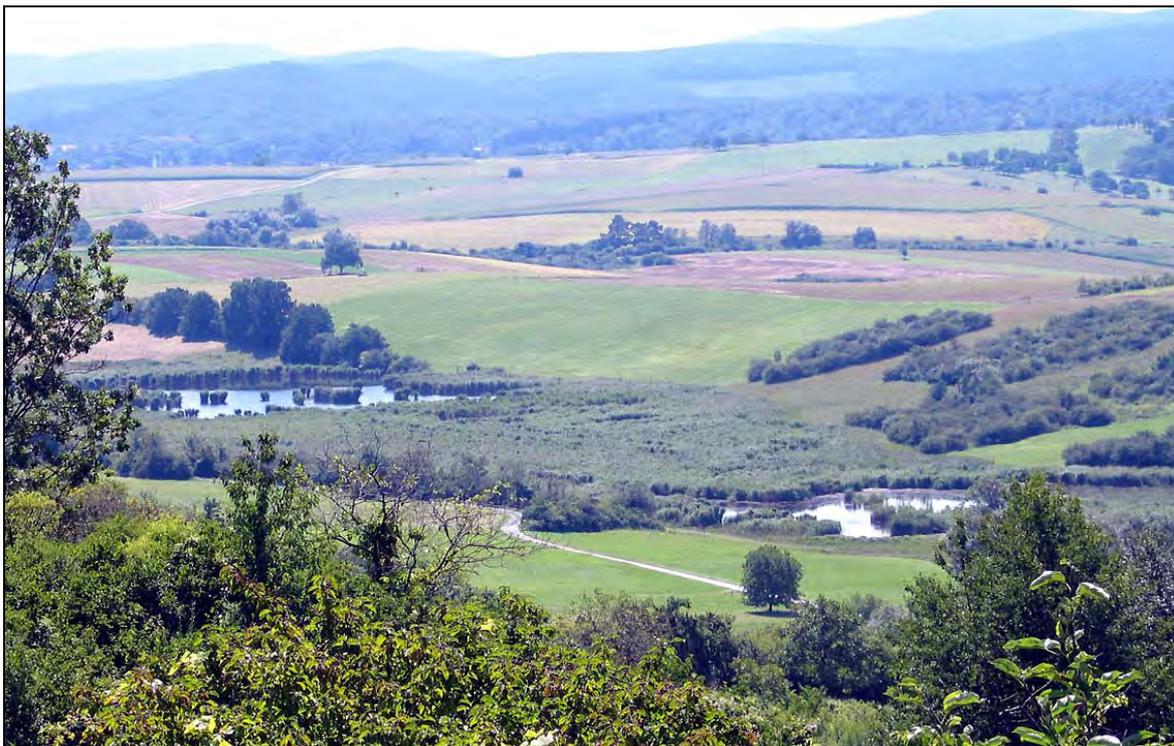


Abb. 4.22: Der Sumpf des Naturschutzgebietes „Rohrbach Teichwiesen“ SE von Rohrbach. Blick vom Marzer Kogel mit Blickrichtung SE, im Hintergrund sind die morphologisch vergleichsweise steil aufragenden Sedimente des Badeniums und des Karpatiums zu erkennen.

4.3 Verbreitung von Kriechbewegungen, Merkmale, Schäden und Gliederung

Im Eisenstädter Becken und den angrenzenden Gebieten konnten 24 Kriechbewegungen dokumentiert werden. Die Lage und die Ausdehnung der aufgenommenen Kriechbewegungen sind in der Beilage 1 verzeichnet. In Tabelle 4.3 sind morphologische Merkmale und Angaben zu verursachten Schäden gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.2 sowie die planimetrische Fläche der einzelnen Bewegungen gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.2 tabellarisch angeführt. Ergänzend sind in Tabelle 4.3 jene morphologischen Merkmale und Schäden mit roter und unterstrichener Signatur vermerkt, die maßgeblich für die Abgrenzung der Kriechbewegungen zum Zeitpunkt der Kartierung waren. Die Kriechbewegungen N1 und N4 umfassen dabei eine Fläche von mehr als 1 km² und sind damit die flächenhaft größten im gesamten Burgenland erfassten Massenbewegungen.

| Kriechbewegungen im Eisenstädter Becken | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Bewegung Nr. | Morphologische Merkmale | | | | | | | | Schäden | | | Fläche Planimetrische Fläche 1000 m ² |
| | Nackental | Hang übersteilt | Nasenbildung | Abrisskante | Setzungen | Wellige Morphologie | Schrägwuchs | Feuchtstellen | Straßenschäden | Gebäudeschäden | Sanierung | |
| N1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 1.134,4 |
| N2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 94,4 |
| N3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 2,9 |
| N4 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.048,0 |
| N5a | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 5,6 |
| N5b | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 10,2 |
| N6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 13,7 |
| N7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 8,4 |
| N8 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 80,9 |
| N9 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 23,3 |
| N10 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 7,4 |
| N11 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 22,5 |
| N12 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 17,1 |
| N13 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 147,7 |
| N14 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 64,4 |
| N15 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 9,6 |
| N16 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 32,0 |
| N17 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 32,5 |
| N18 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 383,4 |
| N19 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 28,2 |
| N20 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 61,0 |
| N21 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 18,1 |
| N22 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 23,9 |
| N23 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 10,5 |
| N24 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 55,0 |

Tab 4.3: Morphologische Merkmale, Schäden und Flächen der Kriechbewegungen im Eisenstädter Becken. Mit roter und unterstrichener Signatur sind jene morphologischen Merkmale und Schäden vermerkt, die maßgeblich für die Abgrenzung der Kriechbewegungen zum Zeitpunkt der Kartierung waren.

Für die weitere Betrachtung ist eine Gliederung der kartierten Kriechbewegungen gemäß der für die Bewegung verantwortlichen lithostratigraphischen Einheiten (Kap. 4.2) zielführend und wird daher wie folgt für das Eisenstädter Becken umgesetzt:

- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Karpatiums**
- Kriechbewegungen in Zusammenhang mit Sedimenten der **Sandschaler-Zone (Badenium)**
- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Badeniums** (exkl. Sandschaler-Zone), **Sarmatiums und Pannoniums**

Die Gliederung nach lithostratigraphischen Einheiten spiegelt einerseits eine gemeinsame Position der Bewegungen im Bezug auf die Entfernung vom Beckenrand wieder und beschreibt damit auch gewisse morphologische Verhältnisse. Die zentralen Bereiche des Beckens sind generell morphologisch flacher ausgebildet als die Beckenränder (Kap. 4.1). Andererseits weisen die unterschiedlichen lithostratigraphischen Einheiten auch typische sedimentologische Eigenschaften auf. Die Sedimente des Karpatiums sind dabei am äußersten Rand des Beckens bzw. bereits in den angrenzenden Hochzonen situiert. Mit Ausnahme der feinkörnigen Hochriegel-Formation (Kap. 4.2.3) sind die Sedimente des Karpatiums auch jene Abfolgen, welche den geringsten Anteil an feinkörnigen Material (Ton, Schluff) aufweisen (Kap. 4.2). Sedimente der Sandschaler-Zone (Kap. 4.2.6) sind am Beckenrand situiert (Beilage 1) und fast ausschließlich aus feinkörnigem Material aufgebaut. Sedimente des Badeniums (exkl. Sandschaler-Zone), Sarmatiums und Pannoniums treten überwiegend am Übergang vom Beckenrand zum zentralen Becken bzw. im zentralen Bereich des Beckens auf und sind gemischtkörnig aufgebaut.

In der geographischen Verteilung ist eine Häufung von Bewegungen in der Mattersburger Bucht (Kap. 4.1), im Raum Marzer Kogel / Draßburger Wald (Kap. 4.1), im südwestlichen Nadjezera Wald (Kap. 4.1) und an den Abhängen des Leithagebirges zu beobachten. Die Bewegungen sind damit ausschließlich in Nahelage zum Beckenrand situiert, der zentrale Bereich des Beckens (Wulkatal) ist frei von Bewegungen. Diese Verteilung kann als charakteristisch für das Eisenstädter Becken angesehen werden (Vergleiche auch Kapitel 5.3).

Neben den 24 ausgewiesenen Bewegungen konnten auch zahlreiche Areale mit einer Tendenz zu Kriechbewegungen aufgenommen werden. Es war aber nicht möglich, diese Areale morphologisch exakt abzugrenzen, oft waren die morphologischen Merkmale (Kap.2.2) nicht eindeutig. In diesen Fällen wurde auf einen Eintrag der Areale in die Karte der Beilage 1 verzichtet. Derartige Areale sind überwiegend in der Mattersburger Bucht und an der Ostflanke des Ruster Höhenzuges situiert.

4.4 Charakteristische Eigenschaften ausgewählter Kriechbewegungen

Eine Gliederung der aufgenommenen Bewegungen gemäß der für die Bewegung verantwortlichen lithostratigraphischen Einheiten, wie sie bereits in Kapitel 4.3 vorgestellt wurde, soll auch für die Angabe charakteristischer Eigenschaften ausgewählter Kriechbewegungen beibehalten werden. Typische morphologische Merkmale und Angaben zu verursachten Schäden sowie die planimetrische Fläche der einzelnen Bewegungen sind gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.2 in der Tabelle 4.3 (Kap. 4.3) angeführt. Die Lage und die Ausdehnung der aufgenommenen Kriechbewegungen sind in der Beilage 1 verzeichnet.

4.4.1 Kriechbewegungen in den Sedimenten des Karpatiums

Gegliedert nach den lithostratigraphischen Einheiten im Karpatium fallen darunter die Bewegungen N5 (a,b), und N6 im Grenzbereich der Hochriegel-Formation (Kap. 4.2.3) und des Brennberger Blockstroms (Kap. 4.2.5) sowie die Bewegungen N16 und N17 in der Rust-Formation (Kap. 4.2.4). Bereits in Kapitel 4.2.3 wird die hohe Anfälligkeit der Sedimente der Hochriegel-Formation für Massenbewegungen beschrieben, die auf den feinkörnigen Charakter der Ablagerungen zurückzuführen ist. Die dadurch ausgelösten Kriechbewegungen im Raum Sieggraben werden bereits von KÜPPER (1957) und später von PASCHER (1988) erwähnt. Ein derartige Kriechbewegung linksufrig des Auwiesenbaches im Ortsgebiet von Sieggraben mit der Bezeichnung N5b ist in Abb. 4.3 in Kapitel 4.2.3 wiedergegeben. Morphologisch typische Merkmale sind die wellige Morphologie (wie in Kap. 2.2 beschrieben) sowie oberflächliche Bodenabplatzungen und Aufbrüche. Die Bewegung setzt sich zum Teil in den überlagernden Sedimenten des Brennberger Blockstroms fort; Ursache für die Bewegung sind aber stets die Sedimente der Hochriegel-Formation. Abbildung 4.23 zeigt einen extremen Schrägwuchs von Obstbäumen (Kap. 2.2) innerhalb der Kriechbewegung N5a, ebenso im Ortsgebiet von Sieggraben.



Abb. 4.23: Starke Übersteilung und extreme Schrägstellung bzw. Schrägwuchs an Obstbäumen in der Teilbewegung N5a in Sieggraben. Lage etwa 300 m südlich der Bücherei Sieggraben, Blickrichtung N.

Eine ähnliche Situation wiederholt sich im Süden von Sieggraben mit der Bewegung N6. Durch das Wirken der Bewegung ist es zu erheblichen Straßenschäden an einem Güterweg gekommen. Einige Tage vor der Geländeaufnahme am 19. 08. 2008 hat ein Starkregenereignis die Beschleunigung von kleinen, oberflächennahen Sekundärbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten (Kap. 1.1.1) innerhalb der durch den Kriechprozess bewegten Masse ausgelöst. Es konnten starke Setzungen an der Straße sowie lokale Rutschungen der Grasnarbe und des Untergrundes an den Straßenböschungen kartiert werden. An der Rutschung war das Material der bewegten Masse ersichtlich, das dem Brennberger Blockstrom zuzurechnen ist, wie Abbildung 4.24 zeigt. Im Liegenden sind aber vermutlich feinkörnige Sedimente der Hochriegel-Formation für die Bewegung verantwortlich, die hangenden Schichten des Brennberger Blockstroms werden nur mit bewegt. Wie Abbildung 4.25 zeigt sind Schrägwuchs und Abrisskanten auch oberhalb der betroffenen Straße

gut erkennbar, die eigentliche Kriechbewegung umfasst also ein weit größeres Areal als die lokalen Rutschereignisse anzeigen.



Abb. 4.24: Lokale Rutschungen an einer Böschung eines Güterweges ca. 1 km südlich des Zentrums von Sieggraben verursacht durch die Kriechbewegung N6. Obwohl das anstehende, grobkörnige Material als Brennberger Blockstrom anzusprechen ist (Foto rechts), scheint die Ursache der Bewegung auf Instabilitäten in der Hochriegel-Formation im Liegenden zurückzuführen zu sein.



Abb. 4.25: Die genaue Kartierung der Umgebung zeigt Schrägwuchs, Abrisskanten und Feuchtstellen (alles in der Bildmitte) oberhalb der betroffenen Straße und es lässt sich somit die Kriechbewegung N6 abgrenzen.

Die Bewegungen N16 und N17 in der Rust-Formation (Kap. 4.2.4) sind vermutlich auf feinsandige und mergelige Lagen innerhalb dieser Sedimentserie zurückzuführen, wie sie auch von FUCHS (1965) beschrieben

werden. Am gesamten Ostabhang des Ruster Höhenzuges und besonders in den besiedelten Gebieten konnten durch den Autor der vorliegenden Arbeit in den Sedimenten der Rust-Formation immer wieder Hinweise auf langsame Hangbewegungen gefunden werden. Meist war jedoch eine exakte Abgrenzung nicht möglich (Kap. 4.3). Nur am Südhang des Grundgrabens bei Mörbisch gelang die Abgrenzung der Kriechbewegungen N16 und N17 die durch eine flachere und stabilisierende Rinne voneinander getrennt sind. Der Grundgraben ist eine markante und steilwandige Erosionsfurche, die in Ost-Westrichtung in die Ruster Sande und Schotter des Ruster Höhenzuges einschneidet. Eine konstante Entwässerung des Grabens ist erstaunlicherweise nicht nachweisbar. Wie Abbildung 4.26 zeigt, sind am bewaldeten Südhang des Grabens schrägwachsende und verformte Bäume, übersteilte Hänge und Verebnungen, sowie Abrisskanten und eine wellige Morphologie kartierbar (Kap. 2.2).



Abb. 4.26: Kriechbewegung N16 im Grundgraben westlich von Mörbisch. Am übersteilten Südhang sind Anzeichen einer Kriechbewegung wie Schrägwuchs und Verformungen der Bäume, stark übersteilte Hangabschnitte (im Bild am Böschungsfuß) und Verebnungen (im Bildvordergrund) sowie Abrisskanten und eine wellige Morphologie kartierbar.

4.4.2 Kriechbewegungen in Zusammenhang mit Sedimenten der Sandschaler-Zone

Ähnlich wie bereits im vorherigen Kapitel 4.4.1 beschrieben, werden auch in diesem Abschnitt Bewegungen zusammengefasst, die nicht zwingend ausschließlich in den Sedimenten der Sandschaler-Zone (Kap. 4.2.6) des mittleren Badeniums situiert sind. Vielmehr erfassen die Bewegungen auch oftmals überlagernde, stratigraphisch jüngere Sedimentserien mit. Den initialen Bewegungshorizont bilden aber stets die sehr feinkörnigen und hoch mobilen Sedimente der Sandschaler-Zone. Die ebenso feinkörnigen Sedimente der Buliminen-Bolivinen-Zone (Kap. 4.2.6) im Hangenden der Sandschaler-Zone sind lithologisch der Sandschaler-Zone sehr ähnlich, und sind stellenweise gemeinsam mit den Sedimenten der Sandschaler-Zone für Bewegungen verantwortlich. Die Buliminen-Bolivinen-Zone des oberen Badeniums ist aber nur stellenweise und dabei sehr geringmächtig ausgebildet.

Zur derartigen Bewegungen werden insgesamt 7 Kriechbewegungen gezählt, es sind die Bewegungen N1 bis N4 und N 13 bis N15. Diese sind allesamt am morphologisch südlichen Rand, im Anschluss an die Tiefzone des Eisenstädter Beckens (Kap. 4.1), situiert. Die Bewegungen N1 und N4 sind mit jeweils knapp über 1 km² Ausdehnung (siehe Tab 4.3 in Kap. 4.3) die flächenhaft größten bisher kartierten Massenbewegungen im gesamten Burgenland. Es handelt sich in beiden Fällen um morphologisch sehr komplexe Bewegungen,

erkennbare Bewegungsrichtungen folgen nicht immer der Falllinie der Hänge. Der lithologisch inhomogene Untergrund (siehe oben) führt auch, je nach unterlagernder Geologie, zu unterschiedlichen morphologischen Ausprägungen der Bewegungen in verschiedenen geographischen Positionen. Es muss daher auch eine lokal unterschiedliche Tiefenerstreckung der Bewegungen angenommen werden. Innerhalb der abgegrenzten Bewegung sind immer wieder morphologisch unauffällige Zonen kartierbar. Aufgrund des Geländebefundes und den in der Folge beschriebenen Erhebungen und Messungen (Kap. 4.5) werden die Bewegungen als komplexe, großflächige und tiefgreifende Kriechbewegungen interpretiert, wobei sich in der bewegten Masse häufig lokale Sekundärbewegungen gebildet haben und bilden. Diese Sekundärbewegungen sind dem Prozess der Rotations- und Translationsrutschung (Kap. 1.1.1) zuzuordnen.

Die Bewegung N1 ist zum Großteil innerhalb der Sandschaler-Zone situiert, die benachbarten kleineren Bewegungen N2 und N3 sind dies zur Gänze. Die drei Bewegungen umfassen ausschließlich unbesiedeltes, meist landwirtschaftlich genutztes Gebiet am Südwestabfall des Marzer Kogel / Draßburger Walds (Kap. 4.1). Im Falle der Bewegung N1 sind die morphologischen Merkmale der Bewegung auch in den zum Teil grobkörnig ausgebildeten Sedimenten des Sarmatiums nachweisbar, die im Hangenden des Badeniums folgen. Abbildung 4.27 zeigt einen Blick auch den zentralen Bereich der Bewegung N1 mit Blickrichtung NE. Die unruhige, stark wellige Morphologie ist deutlich zu erkennen, die Detailkartierung zeigt die im Kapitel 2.2 beschriebenen morphologischen Merkmale Schrägwuchs, Feuchtstellen sowie lokale Abrisskanten und Setzungen.



Abb. 4.27: Nordöstlich gerichteter Blick auf den zentralen Bereich der Kriechbewegung N1 ca. 1,2 km S von Walbersdorf mit unruhiger, stark welliger Morphologie.

Das Wirken derart großflächiger Massenbewegungen stellt sich in einem besiedelten Gebiet jedoch gänzlich anders dar. Die Bewegung N4 ist im zentralen Ortsgebiet von Draßburg und in den peripheren Wohngebieten von Baumgarten im Burgenland am Nordostabfall des Marzer Kogel / Draßburger Walds (Kap. 4.1) situiert. Zusätzlich verläuft die eingleisige Bahntrasse der Raaberbahn auf einer Länge von ca. 1,5 km innerhalb der Bewegung. Der Raaberbahn ist auch eine zeitlich weit zurückreichende Dokumentation der Bewegung zu verdanken. Die entsprechenden Informationen und Unterlagen wurden bedankenswerterweise von Herrn DI Herbert Mayer, GB Technik der Raaberbahn (vormals ROeEE), zur Verfügung gestellt. Demnach sind bereits beim Bau der Gleisanlage um das Jahr 1876 im betroffenen Gebiet erhebliche Stabilitätsprobleme aufgetre-

ten. Zu den bisher bedeutendsten Schäden an den Gleisanlagen kam es im Jahr 1964. Teil- und Sekundärbewegung hatte sich aufgrund intensiver Niederschläge erheblich beschleunigt. Am Gleiskörper war über einen Zeitraum von 2-3 Monaten eine Hebung um etwa 12 cm pro Tag feststellbar. Teilweise kam der Zugverkehr zum Erliegen, über viele Monate war die Strecke nur stark eingeschränkt befahrbar. Umfangreiche Sanierungen waren die Folge, wobei ca. 15.000 m³ Material der bewegten Masse aus dem Gleisbereich abtransportiert wurden. Die Abbildungen 4.28 und 4.29 zeigen die Situation im Jahr 1964, einerseits die Arbeiten zum Abtransport des Materials und andererseits die Hebung der Gleisanlage durch die Bewegungen. In den folgenden Jahrzehnten kam es zu weiteren umfangreichen Sanierungen, die Bewegungen sind aber bis zum Zeitpunkt der gegenständlichen Kartierung noch immer nicht vollständig beherrschbar. Abbildung 4.30 zeigt die Situation der Lokalität von 1964 am 12.08.2008. Zu erkennen sind sehr junge Hebungen und Verstellungen der Gleise hinter dem Mast im Bildvordergrund sowie die mehrfache Verstellung des ursprünglich gerade ausgeführten Drainagegrabens in der Bildmitte und im Bildvordergrund. Durch die Raaberbahn ist eine weitere Erkundung, Sanierung und Stützung des Gleiskörpers und umgebender Bereiche geplant (siehe Kap. 4.5).



Abb. 4.28: Situation an der Raaberbahn im Jahr 1964, dem Streckenverlauf nach Ungarn folgend unmittelbar nach der 180° Schleife in Draßburg, Blickrichtung W. Ein Teilbereich der Bewegung N4 hat sich beschleunigt und es mussten insgesamt 15.000 m³ Bodenmaterial aus dem Bereich der Gleiskörper entfernt werden. Hinter den Personen ist die bewegte Masse deutlich zu erkennen. Foto mit freundlicher Genehmigung der Raaberbahn.



Abb. 4.29: Situation an der Raaberbahn im Jahr 1964, Position wie Abbildung 4.28, Blickrichtung W. Das Wirken der Kriechbewegung N4 und den entsprechenden Sekundärbewegungen hat in einen Zeitraum von 2-3 Monaten zu einer Hebung des Gleiskörpers um etwa 12cm pro Tag geführt. Nur durch ständiges Abgraben des Materials konnte ein eingeschränkter Zugsverkehr aufrecht erhalten werden. Foto mit freundlicher Genehmigung der Raaberbahn.



Abb. 4.30: Situation an der Raaberbahn im Jahr 2008, Position wie Abbildung 4.28, Blickrichtung E. Trotz fortlaufender, umfangreicher Sanierungen sind die Bewegungen des Gleiskörpers, verursacht durch die Kriechbewegung N4, nicht vollständig beherrschbar. Zu erkennen sind sehr junge Hebungen und Verstellungen der Gleise hinter dem Mast im Bildvordergrund sowie die mehrfache Verstellung des ursprünglich gerade ausgeführten Drainagegrabens in der Bildmitte und im Bildvordergrund.

Unverbaute Flächen innerhalb der Bewegung N4 zeigen eine zum Teil extrem verformte Morphologie (wellige Morphologie, Nackentäler, Setzungen, Feuchtstellen, Schrägwuchs, Definitionen in Kap. 2.2), wie z.B. ein Obstgarten in Ortsgebiet von Baumgarten orographisch oberhalb der Gleise der Raaberbahn in Abbildung 4.31.



Abb. 4.31: Hang zwischen den Gleisen der ROeEE und dem Ortsgebiet von Draßburg. Die unbewaldeten Bereiche weisen markante Nackentäler mit schräg wachsenden Nussbäumen auf. In den Sohlen der Nackentäler bilden sich vielfach Feuchtstellen aus.

Im Ortsgebiet von Baumgarten und Draßburg sind an Gebäuden sehr häufig Schäden zu beobachten, die auf das Wirken der Kriechbewegung N4 zurückzuführen sind. Aufgrund der Ausdehnung und Tiefgründigkeit der Bewegung bleiben Sanierungen meist erfolglos. Nach mündlicher Auskunft einer Anrainerin in der Baumgartnerstraße in Draßburg erfolgte nach zahlreichen Mauerrissen die Sanierung Ihres Hauses mittels vom Keller aus vorgetriebenen 10 m tiefen Piloten, welche eine kiesige, tragfähige Schicht erreichten. Trotz dieser Maßnahme konnten die Ausbreitung von Rissen im Mauerwerk mit Öffnungsweiten bis zu mehreren Zentimetern nicht eingeschränkt werden. Beispielhaft soll hier auf ein Betriebsgebäude der Telekom Austria am Birkenweg Nr. 7 (Grenzbereich der Gemeinden Draßburg und Baumgarten) eingegangen werden. Das 1981 errichtete und gut fundamentierte Gebäude wurde seit den 1990er-Jahren durch das Wirken der Massenbewegung derart beschädigt, dass es teilweise rückgebaut werden musste. Im Sommer 2008 waren am verbleibenden Gebäude Setzungen von Gebäudeteilen und Risse mit mehr als 10 cm Öffnungsweiten beobachtbar, nahezu alle Bauteile des Gebäudes sind von Mauerrissen durchzogen. Die Situation zeigt die Abbildung 4.32.



Abb. 4.32: Schäden am Haus Birkenweg Nr. 7 (Gemeinde Draßburg), die auf das Wirken der Bewegung N4 zurückzuführen sind.

Eine mehrjährige Dokumentation durch den Autor liegt für ein Wohnhaus in der Dr. Karl Rennerstraße 20 in Baumgarten vor. Die Erstbegehung fand im Winter des Jahre 1999/2000 statt, wobei schwere Schäden an den Außenmauern dokumentiert wurden. Im März 2002 wurde das Haus in einem Zustand angetroffen, wie er in Abbildung 4.33 ersichtlich ist. Etwa ein Drittel des Hauses wurde durch Bewegungen und starke Setzungen erfasst und dementsprechend verstellt. Im Sommer 2008 wurde das Haus zum Teil abgetragen und im Mai 2009 generalsaniert vorgefunden. Die Häuser in der unmittelbaren Nachbarschaft weisen ebenfalls Schäden auf, wenngleich diese nicht so deutlich ausgebildet sind. Auch die Asphaltdecke der Dr. Karl Rennerstraße weist Risse und Setzungen auf.



Abb. 4.33: Haus in Baumgarten in der Dr. Karl Rennerstraße im März 2002: Etwa ein Drittel des Hauses wurde durch Bewegungen und starke Setzungen erfasst und verstellt. Im Sommer 2008 wurde das Haus zum Teil abgetragen vorgefunden.

Für die Bewegungen N13 bis N15 zwischen Klingebach und Siegendorf ist die Bewegung N14 beispielhaft. Der tiefere, talnahe Bereich der Bewegung ist in Abbildung 4.34 wiedergegeben, Feuchtstellen und die typische wellige Morphologie sind gut zu erkennen. Die Bewegung setzt sich weit hangaufwärts fort, wie Abbildung 4.35 zeigt. Obwohl gemäß der geologischen Information in der Beilage 1 in der unmittelbaren Umgebung keine Sedimente der Sandschaler-Zone mehr aufgeschlossen sind, werden die Bewegungen N14 und N15 trotzdem dieser zugerechnet. Grund dafür ist das durch den Autor dokumentierte Vorkommen von sehr feinkörnigen Sedimenten an den Erosionsufern des Nodbaches, geographisch unmittelbar anschließend an die Bewegung N14. Im Kapitel 4.5.4 kann gezeigt werden, dass diese feinkörnigen Sedimente eine hohe Ähnlichkeit mit den Sedimenten der Sandschaler-Zone aufweisen. Daraus lässt sich ableiten, dass sich im Liegenden der Sedimente des Sarmatiums und Pannoniums die Sandschaler-Zone vermutlich in oberflächennähe weiter nach NE hin vorsetzt und als ursächlich verantwortlich für Bewegungen N14 und N15 angenommen werden kann.



Abb. 4.34: Die Basis der Bewegung N14, südlich von Siegendorf, Blickrichtung NW. Gut zu erkennen sind die wellige Morphologie sowie mehrere Feuchtstellen (Foto April 2009).



Abb. 4.35: Die Ausdehnung der Bewegung N14 hangaufwärts, Blickrichtung SE (Foto August 2010).

4.4.3 Kriechbewegungen in den Sedimenten des Badeniums, Sarmatiums und Pannoniens

Abgesehen von Bewegungen in den Sedimenten des Karpatiums (Kap. 4.4.1) und der Sandschaler-Zone des mittleren Badeniums (Kap. 4.4.2) werden alle anderen Bewegungen in den Sedimenten der neogenen Beckenfüllung in diesem Kapitel zusammengefasst. Dies ist einerseits durch eine relativ einheitliche morphologische Ausprägung und andererseits durch die meist geringe geographische Ausdehnung der Bewegungen zu begründen.

Beispielhaft soll auf die Bewegungen N18 bis N21 an der SE-Abdachung des Leithagebirges eingegangen werden. Diese sind in den undifferenzierten Sedimenten des Sarmatiums und Pannoniums, untergeordnet auch in Lößlehmen situiert. Der südlich und hangabwärts gerichtete Blick auf die Kriechbewegung N20 bei Breitenbrunn in Abbildung 4.36 zeigt die typische Morphologie bei einer vergleichsweise geringen Hangneigung. Bezeichnend ist die sehr grob gewellte Morphologie die stellenweise bereits in Nackentäler übergeht (Kap. 2.2), Feuchtstellen sind ebenso großflächig ausgebildet. Dieses morphologische Muster setzt sich in weiteren Bewegungen bis Schützen am Gebirge (Bewegung N18) fort.



Abb. 4.36: Die stark gewellte Morphologie der Bewegung N20 an der SE-Abdachung des Leithagebirges 1 km südlich von Breitenbrunn.

Anders stellt sich die Situation an der N-Flanke des Leithagebirges dar. Die Bewegung N24 ist in komplexen geologischen Untergrundverhältnissen im Ortsgebiet von Hornstein situiert. Den Untergrund der Bewegung bilden sowohl sandige Sedimente des Badeniums und Sarmatiums als auch undifferenzierte Abfolgen des Pannoniums. Bemerkenswert ist die Position der Bewegung in mitten des ältesten Ortsteils von Hornstein, dem Ortsteil „Graben“. Die erste urkundliche Erwähnung der Besiedlung dieses Ortsteils ist mit dem Jahr 1271 datiert (mündliche und schriftliche Auskunft der Gemeinde Hornstein). Unabhängig vom Alter der Bebauung in diesem Ortsteil finden sich an nahezu allen Gebäuden zum Teil massive Schäden durch Setzungen und Mauerrisse. Neben Schrägwuchs der Bäume sind viele geneigte Strom- und Telefonmasten auffällig. Aufgrund der geologischen und morphologischen Situation ist davon auszugehen, dass diese Kriechbewegung schon seit langer Zeit aktiv ist, umso bemerkenswerter ist im diesen Zusammenhang die lange Dauer der Besiedlung. Abbildung 4.37 zeigt ein älteres Wirtschaftsgebäude im Ortsteil, dass typische Mauerrisse aufweist.



Abb. 4.37: Fortschreitende Rissbildung an einem Wirtschaftsgebäude in Hornstein, Ortsteil Graben (Bewegung N24).

Beispielhaft für eine Bewegung in Nahelage zum Beckenrand in der Mattersburger Bucht (Kap. 4.1) ist die Bewegung N8. Diese ist im Übergangsbereich der Oberen Lageniden Zone (unteres Badenium, Kap. 4.2.6) und der Sand-Schluff Fazies der Nonium granosum-Zone (oberes Sarmatium, Kap. 4.2.8) situiert, wobei die Schichtgrenze lokal morphologisch nicht nachvollziehbar ist. Die Bewegung ist südlich der Ortschaft Wiesen jedoch schon in der Gemeinde Forchenstein situiert. Die Morphologie im umgebenden Gelände ist auffallend steil, Obstplantagen und Wiesen dominieren die Bepflanzung. Der gesamte Hang und auch der südöstliche Gegenhang zeigen immer wieder morphologische Hinweise auf Bewegungstendenzen (Kap. 2.2), allerdings ist nur in der Ausbreitung der Bewegung N8 eine zusammenhängende Kriechbewegung abgrenzbar. Abbildung 4.38 zeigt einen Blick auf die Bewegung mit Blickrichtung Süden. Die stark wellige Morphologie an einem übersteilten Hang ist auffällig. In weiteren Bewegungsbereich können so gut wie alle typischen morphologischen Eigenschaften eines Kriechhanges festgestellt werden (Kap. 2.2).



Abb. 4.38: Wellige Morphologie der Kriechbewegung N8 ca. 1 km südlich von Wiesen. Die Bewegung ist in der Mattersburger Bucht in der Nähe des Beckenrandes innerhalb der Oberen Langeniden Zone und der Sand-Schluff Fazies der Nonium granosum-Zone situiert.

4.5 Geotechnische Untersuchungen

4.5.1 Aufschlussbohrungen und Inklinometermessungen durch die Raaberbahn

Innerhalb der Kriechbewegung N4 (Kap. 4.2.2) wurden im Auftrag der Raaberbahn im Oktober/November 2007 Aufschlussbohrungen abgeteuft, die teilweise zu Inklinometern ausgebaut wurden. Ziel war und ist die geotechnische Untergrunderkundung zur Planung einer umfangreichen Sanierung der Bahnstrecke im betreffenden Abschnitt sowie zur Stabilisierung der Massenbewegung. Die entsprechenden Erkundungs- und Planungsarbeiten sowie die Inklinometermessungen wurden und werden durch das Büro BGG Consult, Dr. Peter Waibel ZT-GmbH, 1070 Wien ausgeführt. Dem Autor wurden bedankenswerterweise die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen und der Inklinometermessungen (bis Stichtag 20.01.2010) durch Herrn DI Herbert Mayer, GB Technik der Raaberbahn, und Dr. Peter Gruber, BGG Consult, für die vorliegende Arbeit zur Verfügung gestellt. Insgesamt wurden drei Aufschlussbohrungen zu Inklinometern ausgebaut. Abbildung 4.39 zeigt die Position dieser Bohrungen innerhalb der Kriechbewegung N4. Die Bohrprofile der Aufschlussbohrungen und die Ergebnisse der Inklinometermessungen (Nullmessung 20.11.2007 bzw. 7.12.2007, letzte erfasste Messung 20.01.2010) sind der Arbeit in Beilage 4 beigelegt. In der oberen Teilabbildung der Abbildung 4.39 sind die Grenze der morphologisch kartierten Kriechbewegung (gemäß Beilage 1) und die Position der Bohrungen auf Basis des von NW beleuchteten ALS-Geländemodells (1m-Auflösung, Kap. 2.1) dargestellt. Der Trassenverlauf der Raaberbahn durch den nördlichen Teil der Bewegung ist ebenso deutlich zu erkennen wie die unruhige Morphologie in diesem Bereich, wie sie bereits in Kapitel 4.4.2 beschrieben wurde. Genauso ist aber auch ein morphologisch unauffälliger Bereich im Süden und Südosten der Bewegung ersichtlich. Die Ausscheidung dieses morphologisch unauffälligen Bereiches als Bewegungszone wurde vor allem aufgrund der hier häufig auftretenden Gebäudeschäden (Kap. 4.4.2) vorgenommen.

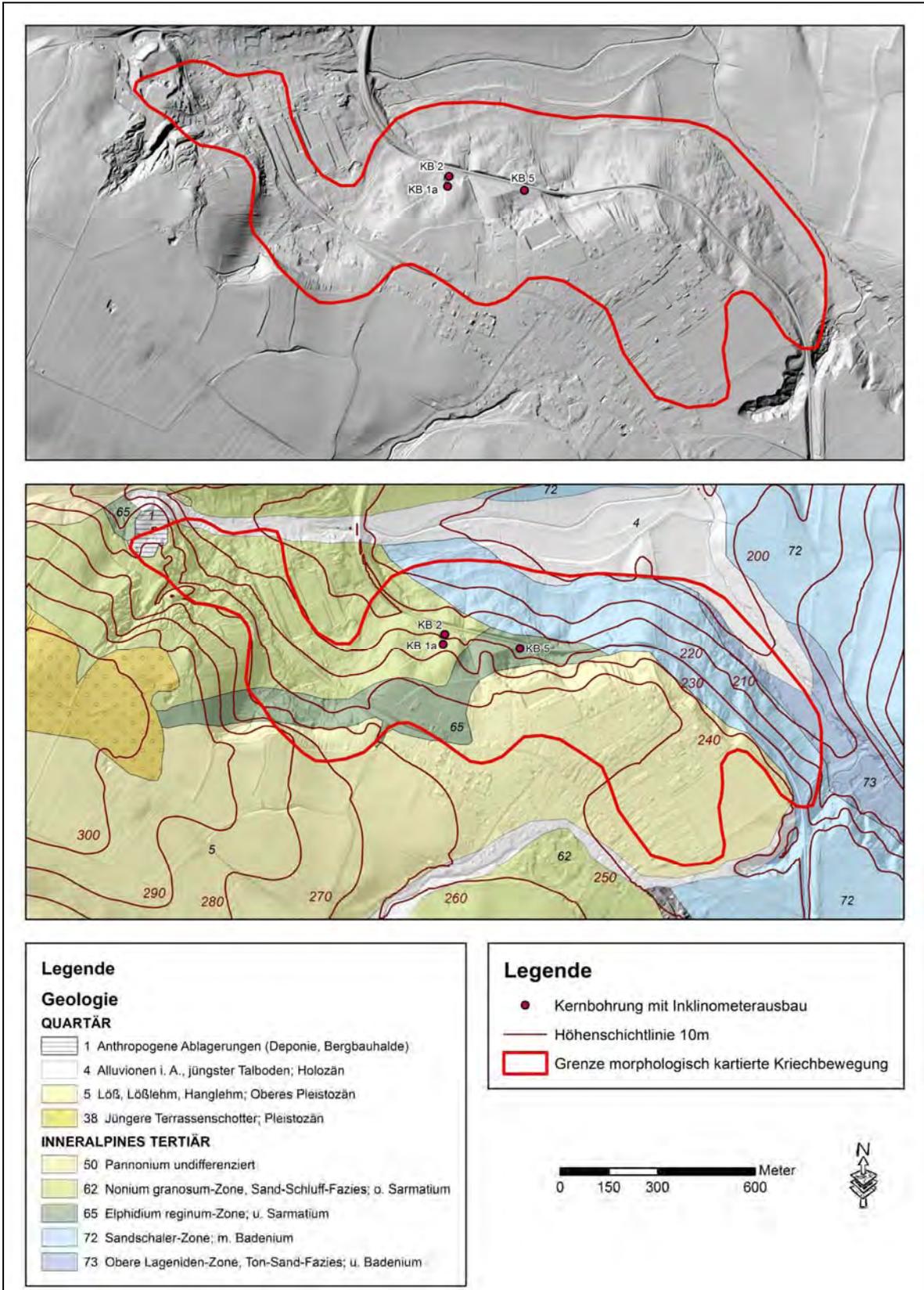


Abb. 4.39: Position der durch die Raaberbahn abgeteufte und zu Inclinometern ausgebauten Aufschlussbohrungen innerhalb der Kriechbewegung N4. Darstellung auf Basis des aus NW beleuchteten ALS-Geländemodells (1m-Auflösung) und auf Basis der geologischen Informationen gemäß Beilage 1 und Kapitel 4.2.

In der unteren Teilabbildung der Abbildung 4.39 ist die Situation ergänzt durch die geologische Information gemäß Beilage 1 und Kapitel 4.2 sowie durch Höhenschichtlinien (10m-Geländemodell) dargestellt.

Der Abbildung 4.39 ist zu entnehmen, dass die Bohrungen KB 1a und KB 2 innerhalb der Sand-Schluff-Fazies der Nonium granusum-Zone und die Bohrung KB 5 innerhalb der Elphidium reginum-Zone situiert sind (Kap. 4.2.8). Diese Sedimente werden im Liegenden von den Sedimenten der Sandschaler-Zone (Kap. 4.2.6, Kap. 4.4.2) unterlagert. Erwartungsgemäß lassen sich diese stratigraphischen Grenzen in der lithologischen Bohrkernbeschreibung (Beilage 4) schlecht nachvollziehen, da alle angefahrenen lithologischen Einheiten eine ähnliche, feinkorndominierte Zusammensetzung aufweisen und keine mikropaläontologischen Untersuchungen vorliegen. Es lässt sich jedoch in allen drei Bohrungen eine aufgelockerte schluff- und feinsanddominierte Zone mit Gipsvorkommen im Hangenden von einer schluff- und tonsteindominierten Zone im Liegenden unterscheiden. In der aufgelockerten Zone wird das Vorkommen von chaotischen Strukturen, organischen Beimengungen und Einschlüssen, schräg zur sedimentären Schichtung verlaufenden Klüften mit Gipsfüllungen, Harnischen und oftmals eine mürbe Struktur beschrieben.

In den Bohrungen KB 1a und KB 2 wurden insgesamt nur unergiebig Grundwasserzutritte dokumentiert. Beim Abteufen der Bohrung KB 5 kam es zu zahlreichen Wasserzutritten in der aufgelockerten Zone und zu einem zweifachen starken Wasserzutritt in artesischer Form. Gemäß den Bohrprotokollen (nicht Bestandteil der Beilage 4, handschriftliche Bohrdokumentation im Archiv der Raaberbahn) wurde die erste dafür verantwortliche wasserführende Schicht in einer Teufe von 14,80 m angefahren. Dies entspricht bei dieser Bohrung exakt dem Übergang von der aufgelockerten Zone in den Ton- bzw. Schluffstein. Der artesischer Wasseraustritt wird mit 5 l/s angegeben, er konnte jedoch bohrtechnisch abgesperrt werden. Der zweite artesischer Horizont wurde bei 22,20 m angefahren, hier wird der Ton- bzw. Schluffstein durch eine 30 cm mächtige Sandlage unterbrochen. Für diesen zweiten Horizont wird der artesischer Wasseraustritt mit 8-10 l/s angegeben wobei sich der Austritt innerhalb von 24 Stunden auf 2-3 l/s reduzierte.

Die Ergebnisse der Inklinometermessungen mit dem System Sinco Slope in der +A Richtung (in Richtung der Falllinie des Hanges) zeigen in der Bohrung KB 1a eine zum Hangenden hin fortschreitende Bewegung an, die bis zu einer Teufe von ca. 4 m reicht. Die Bewegung ist dort aber gegenüber dem Liegenden scharf abgegrenzt. Der maximal gemessene Versatz (dabei wird die mögliche Bewegung der gesamten Bohrung nicht berücksichtigt) an der Oberfläche beträgt 5 cm in einem Zeitraum von 26 Monaten, das entspricht ca. 2,3 cm pro Jahr. Bis zu einer Teufe von etwa 15 m lässt sich weiterführend eine sehr undeutlich ausgebildete Bewegungstendenz in Fallrichtung des Hanges interpretieren. Die Ergebnisse der Messungen in der +B Richtung (normal zur Falllinie des Hanges) alternieren in der Richtung und sind daher nicht eindeutig interpretierbar. Die Absolutbeträge der Bewegungen sind jedoch um ein vielfaches geringer als in der +A Richtung. Die Messergebnisse der +B Richtung geben jedoch einen Hinweis darauf, dass es sich bei den Bewegungen um dreidimensional komplexe Vorgänge handelt.

Die Messergebnisse in der +A Richtung in der Bohrung KB 2 zeigen einen sprunghaften Versatz in der Teufe zwischen 7 m und 6 m. Dieser Versatz beträgt 8 cm in einem Zeitraum von 26 Monaten, das entspricht ca. 3,7 cm pro Jahr. Dabei ist auffällig, dass nahezu die Hälfte des Gesamtversatzes im Zeitraum zwischen den Messungen am 23.02.2009 und am 29.04.2009 aufgetreten ist. Nach mündlicher Auskunft von Dr. Peter Gruber, BGG Consult (siehe oben), war dieser Zeitraum durch eine rasche Schneeschmelze und gleichzeitig starke Niederschläge charakterisiert. Die Ergebnisse der Messungen in der +B Richtung zeigen zumindest oberhalb einer Teufe von 5 m ebenso eindeutig Bewegungen an. Dies erlaubt den Rückschluss auf eine entweder dreidimensional komplexe Bewegung oder eine unexakte Ausrichtung der +A Richtung des Inklinometers zur Hauptbewegungsrichtung der Bewegung.

Die Messergebnisse in der +A Richtung in der Bohrung KB 5 zeigen eine Bewegung, die bis zu einer Teufe von mindestens 12 m reicht. Die Bewegung ist zwischen 12 m und 4 m Teufe kontinuierlich mit relativ höhe-

ren Bewegungsraten zwischen der Teufe 7 m und 4 m. Der maximal gemessene Versatz an der Oberfläche beträgt ca. 2 cm in einem Zeitraum von 26 Monaten, das entspricht ca. 0,9 cm pro Jahr. Auch bei den Messungen an diesem Inklinometer ist auffällig, dass eine leichte Beschleunigung der Bewegung im gleichen Zeitraum zwischen 23.02.2009 und am 29.04.2009 beobachtbar ist. Die Ergebnisse der Messungen in der +B Richtung alternieren in der Richtung und sind daher nicht eindeutig interpretierbar.

4.5.2 Interpretation der Inklinometermessungen

Die Ergebnisse der Inklinometermessungen lassen sich in Bezug auf die Bewegungsmechanismen innerhalb der kartierten Kriechbewegung N4 wie folgt interpretieren. Die Inklinometer KB 1a und KB 2 geben gegenüber dem Inklinometer KB 5 unterschiedliche Bewegungsmechanismen wieder. KB 1a und KB 2 zeigen relativ seichte Bewegungen, die gegenüber dem Liegenden scharf abgegrenzt sind. Vor allem die Bewegung die im Messergebnis von KB 2 abgebildet wird, ist eindeutig dem Prozess Rutschen/Gleiten (Kap. 1.1.1) zuzuordnen. Dabei ereignet sich die gesamte Bewegung auf einer "relativ dünnen Zonen von intensiver Scherverformung" (CRUDEN & VARNES, 1996) die auch als Gleitbahn oder Gleitfläche (PRINZ & STRAUSS, 2011) bezeichnet wird. Auch das rasche Ansprechen auf Niederschlagsereignisse, wie es in den Messungen der Bohrung KB 2 dokumentiert ist, ist charakteristisch für den Prozess Rutschen/Gleiten, genauso wie die in Relation zu KB 5 relativ höheren Bewegungsgeschwindigkeiten. Bei KB 1a sind diese Eigenschaften weniger deutlich ausgebildet, vielmehr wird eine zum Hangenden hin fortschreitende Bewegung angezeigt, die eine hohe interne Deformation der bewegten Masse bedingt.

Ein unterschiedlicher Bewegungsmechanismus wird hingegen im Messergebnis von KB 5 wiedergegeben. Charakteristisch für diese Bewegung sind einerseits die geringe Bewegungsgeschwindigkeit (knapp unter 1 cm/a) und andererseits die Abwesenheit einer ausgeprägten Gleitbahn. Vielmehr wird der Bewegungsvektor ab einer Teufe von 4 m mit zunehmender Teufe immer kleiner und die Linie der maximalen Auslenkung nähert sich mit zunehmender Teufe asymptotisch der Nulllinie. Trotz eines Beobachtungszeitraumes von mehr als 2 Jahren ist die Messreihe zu kurz, um eine exakte Teufenerstreckung der Kriechbewegung zu beurteilen. Auf Basis der vorliegenden Daten kann aber die Untergrenze der bewegten Masse mit einer Teufe von mindestens 12 m angegeben werden. Eine derartige Bewegung wird im Sinne von Kapitel 1.1.2 als typische Kriechbewegung bezeichnet. Auch aus dem Messprotokoll des Inklinometers KB 1a ist ein Hinweis interpretierbar, dass sich die Teufenerstreckung der abgebildeten Bewegung bis zu einer Teufe von 15 m erstreckt.

Damit wird insgesamt der bereits in Kapitel 4.4.2 angesprochene komplexe und inhomogene Charakter der Bewegung N4 unterstrichen. Einerseits unterstützen die Messergebnisse von KB 1a und KB 2 die Beobachtung im Gelände von häufigen und lokalen Sekundärbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten innerhalb der gesamten bewegten Kriechmasse. Andererseits weisen die Messergebnisse von KB 5 (und untergeordnet auch von KB 1a) auf eine tiefgreifende Kriechbewegung ohne ausgeprägter Gleitfläche hin.

4.5.3 Profilschnitt der Bewegung N4 und Abschätzung der bewegten Masse

Die detaillierte geologische Aufnahme der Sedimente der Mattersburger Bucht durch PASCHER (1988, 1989) einerseits (Kap. 4.1; 4.2 und Beilage 1) und andererseits das Vorliegen von Aufschlussbohrungen und Inklinometermessungen durch die Raaberbahn (Kap. 4.5.1; 4.5.2) ermöglichen im Bereich der Bewegung N4 die Erstellung eines geologisch-geotechnischen Profilschnitts. Damit sollen die Untergrundsituation und die verschiedenen Bewegungsmechanismen im Bereich der Bewegung N4 verdeutlicht werden. Schließlich ermöglicht ein Profilschnitt auch die Abschätzung des Volumens der gesamten bewegten Masse.

Auf Basis der der unteren Teilabbildung in Abbildung 4.39 ist der mittlere Abschnitt der Bewegung N4 vergrößert in Abbildung 4.40 wiedergegeben. Somit ergibt sich ein Lageplan, der neben der lokalen geologischen Information gemäß Beilage 1 auch die Lage des Profilschnittes wiedergibt. Die Basis für den Lageplan in Abbildung 4.40 bildet das von NW beleuchtete ALS-Geländemodell (1m-Auflösung, Kap. 2.1).

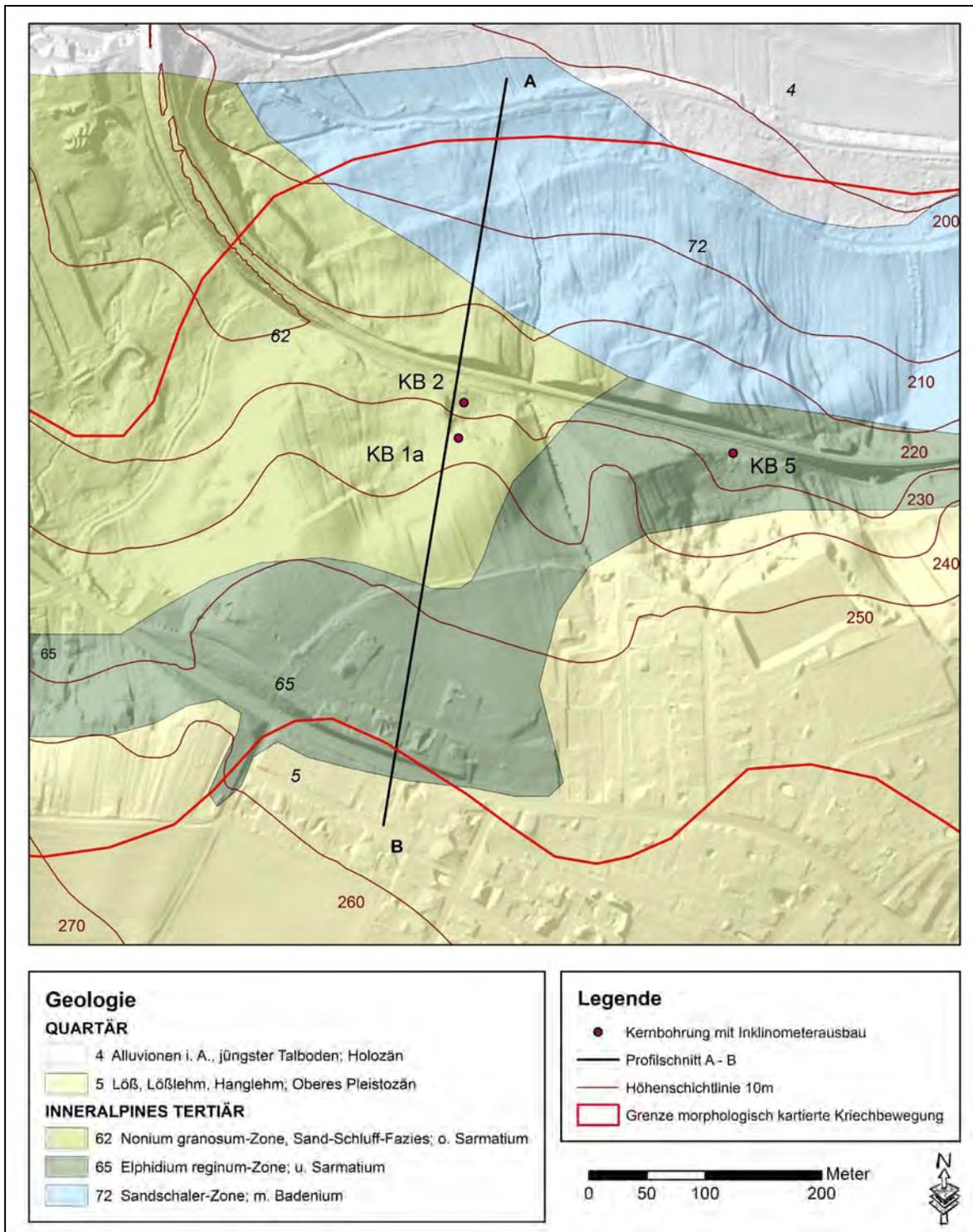


Abb. 4.40: Lageplan des Profilschnittes im mittleren Bereich der Bewegung N4 (Ausschnitt aus Abb. 4.39).

Die Lage des Profilschnitts ist parallel zur vermuteten Hauptbewegungsrichtung der Kriechbewegung N4 situiert. Die Positionierung des Profilschnitts erfolgt möglichst nahe den Inklinometern KB 1a und KB 2, da die entsprechenden Messergebnisse der Inklinometer eine seichte Sekundärbewegung anzeigen und die Ergebnisse daher nur zur unmittelbar lokalen Morphologie in Bezug gestellt werden können. Um auch die Aussagen aus den Messungen im Inklinometer KB 5 berücksichtigen zu können, muss diese Bohrung in das Profil normal projiziert werden. Bei der Auswahl der Lage des Profilschnitts wurde auch dies berücksichtigt, um eine Projektion von KB 5 zu ermöglichen, die einen möglichst geringen Höhenversatz gegenüber der Oberfläche im Profil aufweist. Die Oberfläche des Profilschnitts wurde auf Basis des ALS-Geländemodells mit 1 m Auflösung mit der GIS-Software ESRI ArcGIS 10 sowie den ESRI Extensions „Spatial Analyst“ und „3D-Analyst“ berechnet. Aufgrund der generell geringen Hangneigung der Profildarstellung ist die Höhenachse (y-Achse) gegenüber der Längsachse (x-Achse) 3-fach überhöht dargestellt. Der entsprechende geologisch-geotechnische Profilschnitt ist in Abbildung 4.41 wiedergegeben.

Im Profilschnitt in Abbildung 4.41 sind die Protokolle der Inklinometermessungen der +A-Richtung in Beilage 4 maßstabsgerecht und gespiegelt eingetragen. Zur besseren Erkennbarkeit sind auch Vergrößerungen der Ergebnisprotokolle in der Abbildung des Profilschnitts wiedergegeben. Als geologische Datengrundlage dient einerseits die Übertragung der oberflächlichen Schichtgrenzen gemäß Abbildung 4.40 in das Profil. Andererseits ist, trotz der in Kapitel 4.5.1 beschriebenen Schwierigkeiten, eine lithostratigraphische Interpretation der Bohrkernaufnahmen von KB 1a und KB 2 vorgenommen worden. Die Ergebnisse sind in Form eines schematischen Balkendiagramms mit Höhenangaben in der Abbildung des Profilschnitts vermerkt. Die lithostratigraphische Information der Bohrung KB 5 ist aufgrund des Auskeilens der Nonium granosum-Zone nicht sinnvoll in das Profil übertragbar.

Dem Profilschnitt ist zu entnehmen, dass sich durch die Geländemorphologie und die Ergebnisprotokolle der Inklinometer KB 1a und KB 2 (Kap. 4.5.1) deutlich eine mögliche Lage der Gleitfläche einer Sekundärbewegung gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten (Kap. 4.5.2) abgrenzen lässt. Auch die in Kapitel 4.4.2 dokumentierten Verstellungen und Hebungen an den Gleisen der Raaberbahn passen gut in dieses Bild. Gemäß der lithostratigraphischen Interpretation der Bohrkernaufnahmen ist davon auszugehen, dass diese Sekundärbewegung im Wesentlichen die Sedimente der Nonium granosum-Zone (Sand-Schluff-Fazies, oberes Sarmatium) umfasst. Nur der basale Teil der bewegten Masse der Sekundärbewegung wird vermutlich durch die Sedimente der Sandschaler-Zone gebildet. Demnach handelt es sich bei der Gleitfläche im Wesentlichen um ein Grenzschichtphänomen.

Mit der ausgewiesenen Gleitfläche sind aber nicht alle morphologischen Auffälligkeiten der Oberfläche des Profilschnitts erklärbar. Sowohl die Form der Basis der kartierten Bewegung (Böschungsfuß) als die häufigen Gebäudeschäden durch Setzungen im südlichen Bereich der kartierten Bewegung deuten auf weitere Bewegungsmechanismen hin. Wird zusätzlich die Basis der Kriechbewegung bei 12 m in der projizierten Inklinometerbohrung KB 5 und auch der Bewegungshinweis im Inklinometer KB 1a bei 15,0 m (Kap. 4.5.2) berücksichtigt, so ergibt sich auch morphologisch eine geometrisch schlüssige basale Grenzfläche der Kriechbewegung bzw. der gesamten bewegten Masse. Gemäß den Ausführungen in Kap. 4.5.2 muss diese Grenzfläche nicht zwingend als durchgehende, aktive Gleitfläche ausgebildet sein. Auch ist die basale Grenze der Kriechbewegung nicht in jedem Abschnitt der gesamten bewegten Masse in Bezug auf Bewegungen gleich stark aktiv. Dies ist als Begründung dafür anzusehen, warum sich die tiefgreifende Kriechbewegung in den Inklinometermessungen KB 1a und KB 2 weniger deutlich zeigt als bei KB 5.

Die Sandschaler Zone des mittleren Badeniums (Kap. 4.2.6) bildet, wie im Profilschnitt gut ersichtlich, die Basis für die Bewegungen. Der unterirdische Verlauf ist im Profil gegen Süden leicht ansteigend eingezeichnet, da die Sandschaler-Zone SE der Kriechbewegung bis zur Kote 250 m.ü.A. ansteigt (Beilage 1, Abb. 4.39). Durch das vermutlich hohe Alter der Kriechbewegung (Kap. 7.4.3) weist die Oberfläche der Sandscha-

ler Zone mit Sicherheit Verstellungen auf, die auch im Profil schematisch dargestellt sind. Diese Verstellungen haben auch die Position der hangenden Schichten beeinflusst. Im südlichen Teil der Bewegung ist, morphologisch bedingt, die basale Grenzzone der Kriechbewegung in den Sedimenten der Elphidium reginum Zone des unteren Sarmatiums situiert. Auf den Zusammenhang zwischen Sekundärbewegungen und Kriechbewegung wird in Kapitel 7.3.2 detailliert eingegangen.

Der Profilschnitt in Abbildung 4.41 ermöglicht eine Abschätzung des Volumens der gesamten bewegten Masse durch die Bewegung N4. Bereits in Kapitel 4.4.2 wurde erwähnt, dass die Bewegung N4 zusammen mit der Bewegung N1 die flächenhaft größten Massenbewegungen im Bundesland Burgenland darstellen. Die im Gelände kartierte zusammenhängende Ausdehnung der Bewegung N4 beträgt 1.048.050 m², also etwas über 1 km². Die Interpretation der Inklinometermessungen (Kap. 4.5.2) und die in diesem Kapitel dargestellte Geometrie der Bewegung ermöglichen die Annahme einer durchschnittlichen Teufenerstreckung der gesamten Bewegung von mindestens 10 m. Das Volumen der gesamten bewegten Masse der Bewegung N4 wird daher mit mindestens 10 Millionen m³ abgeschätzt.

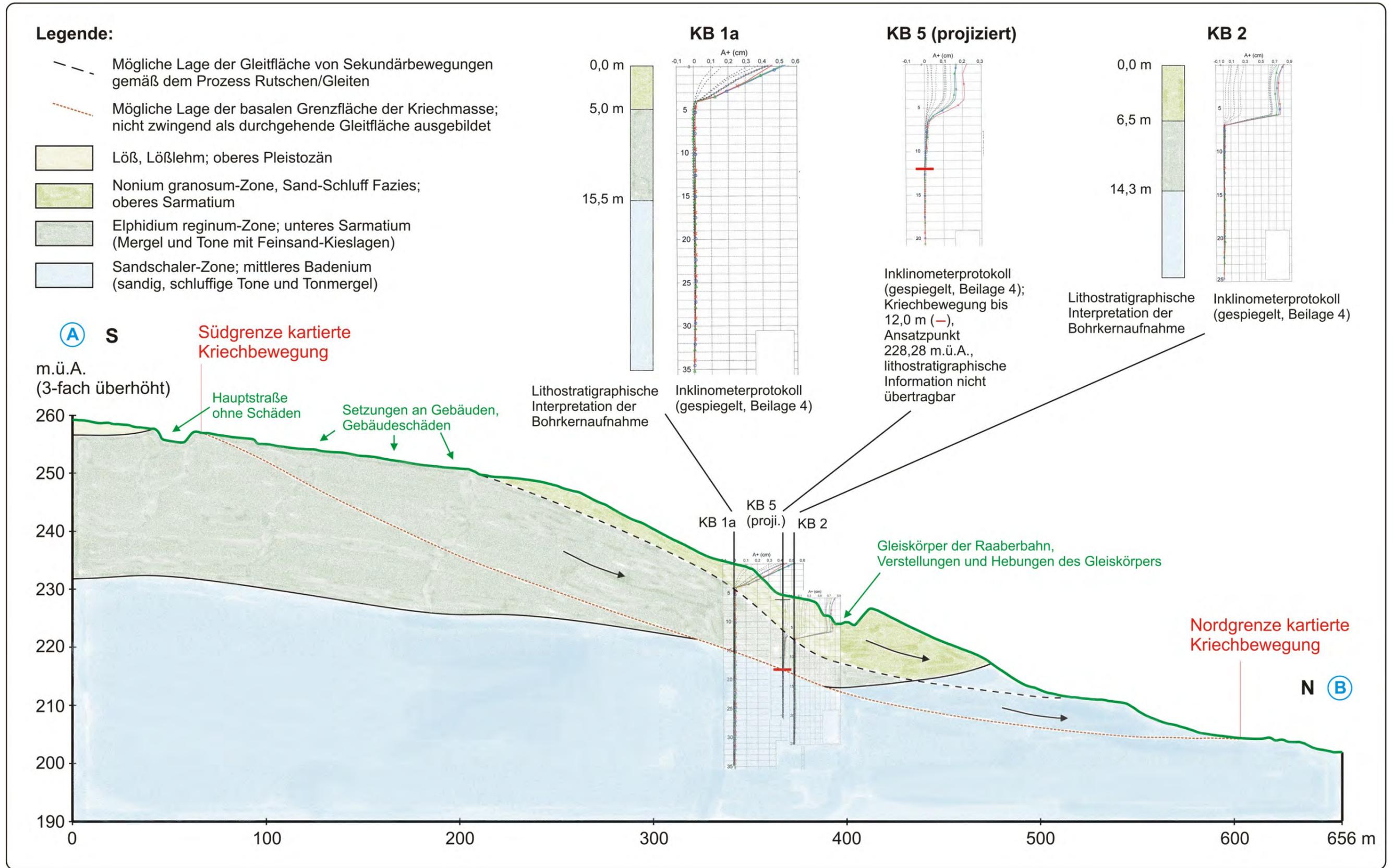


Abb. 4.41: Geologisch-geotechnischer Profilschnitt der Bewegung N4 auf Basis des ALS-DGM mit 1m Auflösung. Schnittverlauf siehe Abb. 4.40.

4.5.4 Probenahme und geotechnische Untersuchungen

Um die geotechnischen Eigenschaften und die Verbreitung der Sandschaler-Zone (Kap. 4.2.6, 4.4.2) zu untersuchen, wurden insgesamt 3 Sedimentproben (Bezeichnung P1-P3) an verschiedenen Positionen aus den entsprechenden Sedimenten entnommen. Außerdem wurde eine Probe in den Sedimenten der Rust-Formation (Kap. 4.2.4) gezogen (Bezeichnung P4). Die Position dieser Probenahmepunkte ist in Beilage 1 verzeichnet. Die Protokolle zu den angeführten geotechnischen Untersuchungen sind in Beilage 5 beigefügt. Die geotechnischen Untersuchungen sind im staatlich akkreditierten geotechnischen Labor der AIT-Gruppe am Standort Seibersdorf ausgeführt worden. In Tabelle 4.4 sind die Koordinaten im Bezugssystem WGS84 der vier Probenahmepunkte wiedergegeben, die Koordinaten sind mittels mit der GIS-Software ESRI ArcGIS 10 ermittelt.

| Probenahmepunkte | WGS84 / E | WGS84 / N |
|------------------|------------|------------|
| P1 | 16,509003° | 47,739841° |
| P2 | 16,421733° | 47,737834° |
| P3 | 16,536774° | 47,773852° |
| P4 | 16,665752° | 47,769874° |

Tab. 4.4: GIS-Koordinaten der Probenahmepunkte im Eisenstädter Becken im Bezugssystem WGS84.

Die Probe P1 aus den Sedimenten der Sandschaler-Zone wurde in unmittelbarer Nähe der Gleise der Raab-erbahn in der Gemeinde Baumgarten entnommen. Dabei wurde die oberflächennahe, aufgelockerte Schicht der Sandschaler-Zone des mittleren Badeniums erfasst. Abbildung 4.42 zeigt den Probenahmepunkt, wobei im Hintergrund gut die typische, gestörte Morphologie des Kriechhanges N4 zu erkennen ist. Um sicher zu gehen, bei dieser Probe nicht übermäßig organisches Material erfasst zu haben, wurde der Glühverlust der Probe bestimmt. Dieser zeigt aber nur einen organischen Gehalt von 6,6 Massenprozent an. An der Probe wurde eine Korngrößenverteilung nach ÖNORM B 4412 und weiterführend ein Kleinrahmen-Scherversuche (Scherboxgröße Durchm. 70 mm) nach ÖNORM B4416 durchgeführt (gestörte Probe).



Abb. 4.42: Probenahmestelle der Probe P1 unweit der Gleise der ROeEE im Ortsgebiet von Baumgarten.

Bei der Probe P2 wurde im Gegensatz zu P1 versucht, möglichst anstehendes und weniger aufgelockertes Material zu erfassen. Eine Möglichkeit dazu bot sich in der ehemaligen Tongrube eines Ziegelwerkes der Firma WOK bei Walbersdorf (siehe Kapitel 4.2.6). Obwohl der Abbau in den 1980er Jahren zugeschoben worden ist, sind heute aufgrund des ursprünglichen Abbaues auf verschiedenen Niveaus einzelne Passagen mit natürlich anstehender Lithologie noch zugänglich. Dabei ist das anstehende Material stellenweise nur von einer dünnen Grasnarbe überwachsen. Abbildung 4.43 zeigt die Probenahmestelle des schluffigen bzw. tonigen Materials. Trotzdem ist davon auszugehen, dass auch mit dieser Probe bereits durch Massenbewegungen bewegtes Material erfasst wurde. Im geotechnischen Labor wurde eine Korngrößenverteilung nach ÖNORM B 4412 ermittelt sowie die Zustandsgrenzen nach ÖNORM B4411 bestimmt und ein Scherversuche an der gestörten Proben nach ÖNORM B4416 durchgeführt.



Abb. 4.43: Probenahmestelle der Probe P2 in der ehemaligen Ziegelgrube von Walbersdorf (Fa. WOK).

Der Probepunkt P3 liegt an einer Erosionsflanke des Nodbaches bei Siegendorf unweit der Basis der Kriechbewegung N14. An dieser Stelle sind tonige Schichten aufgeschlossen, die in der geologischen Karte (Beilage 1) nicht verzeichnet sind, jedoch vermutlich der Sandschaler-Zone zuzurechnen sind. Die Sedimente waren hier noch in Ihrem ursprünglichen Ablagerungsverband anstehend, von einer bewegten Masse ist nicht auszugehen. Im geotechnischen Labor wurden an dieser Probe eine Korngrößenverteilung nach ÖNORM B 4412 ermittelt sowie die Zustandsgrenzen nach ÖNORM B4411 bestimmt und ein Scherversuch nach ÖNORM B4416 durchgeführt. Der Scherversuch wurde nach Bruchpunkt und Gleitpunkt ausgewertet.

Mit der Probe P4 wurden am südöstlichen Ende des Grundgrabens bei Mörbisch Sedimente der Rust-Formation beprobt. Der Probenahmepunkt liegt am Hang orographisch oberhalb der Kriechbewegungen N16 und N17 (Kap. 4.4.1). Die Sedimente der Rust-Formation liegen hier in Form von verwittertem, sandigem Material mit schluffigen und kiesigen Lagen vor. Das untersuchte Material ist eine Mischprobe von zwei verschiedenen Stellen innerhalb des Aufschlusses. Abbildung 4.44 zeigt den Aufschluss wobei der geschichtete Aufbau aus sandigen Lagen gut zu erkennen ist. An der Probe wurde eine Korngrößenverteilung nach ÖNORM B 4412 ausgeführt.



Abb. 4.44: Probenahmepunkt P4 am östlichen Ausgang des Grundgrabens bei Mörbisch oberhalb eines Weingartens in den Sedimenten der Rust-Formation.

4.5.5 Ergebnisse und Interpretation der geotechnischen Untersuchungen

Die Ergebnisprotokolle der geotechnischen Laboruntersuchungen sind in Beilage 5 beigelegt. In der Korngrößenverteilung der Probe P1 (Einschnitt der Raaberbahn) ist ein Feinkornanteil (Schluff+Ton) von 75 % bei einem Tongehalt von 20 % ersichtlich. Im Scherversuch steht einer noch relativ hohen Kohäsion von 10,7 kN/m² ein geringer Reibungswinkel von 27,3° gegenüber. Ein Abfall der Scherfestigkeit zu einer Restscherfestigkeit konnte nicht ermittelt werden. Derart feinkörnige Materialien sind prinzipiell in Ihrer Standfestigkeit eingeschränkt (WALTHAM, 2009), im Besonderen dann, wenn das Material nur einen geringen Reibungswinkel aufweist.

Bei der Probe P2 (ehemalige Tongrube Walbersdorf) zeigt sich der extrem feinkörnige Charakter noch deutlicher. Aus der Korngrößenverteilung ist ersichtlich, dass es sich bei dem Material der Probe fast ausschließlich um Schluff und Ton handelt, wobei der Tongehalt fast 30 % beträgt. Bei der Ermittlung der Zustandsgrenzen fällt bei einer weichen bis steifen Zustandsform ein ausgesprochen weiter Plastizitätsbereich auf. Dies lässt

einerseits auf die Fähigkeit einer hohen Wasseraufnahme und andererseits auf eine beträchtliche Anwesenheit von aktiven Tonmineralen rückschließen. Das Material wird als ausgeprägt plastischer Ton klassifiziert. Ähnlich wie bei der Probe P1 zeigt der Scherversuch bei P2 wieder einen geringen Scherwinkel ($24,7^\circ$) bei einer höheren Kohäsion von $10,7 \text{ kN/m}^2$ an, ein Abfall zur Restscherfestigkeit war nicht erfassbar. Sind natürliche oder künstliche Böschungen aus einem derartigen Material aufgebaut, so muss aufgrund der feinkörnigen Beschaffenheit und aufgrund des hohen Gehalts von aktiven Tonmaterialien eine derartige Böschung als hochgradig anfällig für Massenbewegungen angesehen werden (WALTHAM, 2009; PRINZ & STRAUSZ 2011).

Bei der Probe P3 aus der Erosionsflanke des Nodbaches zeigen alle untersuchten geotechnischen Parameter eine deutliche Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Proben P1 und P2. In der Korngrößenverteilung von P2 ist eine dominierende Schluff-Fraktion feststellbar bei einem Tonanteil von 40 %. Die Probe weist einen ungewöhnlich weiten Plastizitätsbereich bei einer weichen Zustandsform auf und der Scherversuch weist einen Reibungswinkel beim Bruch von $28,2^\circ$ sowie eine Kohäsion von $20,1 \text{ kN/m}^2$ auf. Die Parameter der Restscherfestigkeit wurden mit $27,6^\circ$ und $14,7 \text{ kN/m}^2$ ermittelt. Im gegenständlichen Zusammenhang wird daraus abgeleitet, dass es sich beim Material der Probe P3 ebenso um Sedimente der Sandschaler-Zone handelt. In Kapitel 4.4.2 führt diese Erkenntnis zu dem Rückschluss, dass sich im Liegenden der Sedimente des Sarmatiums und Pannoniums die Sandschaler-Zone vermutlich in oberflächennähe weiter nach NE hin vorsetzt als in der Beilage 1 verzeichnet. Damit sind die extrem feinkörnigen Sedimente der Sandschaler-Zone auch ursächlich verantwortlich für die Bewegungen N14 und N15 (Kap. 4.4.2).

Im Scherversuch der Probe P3 konnte trotz ähnlicher Kornverteilung im Gegensatz zu den Scherversuchen der Proben P1 und P2 eine Restscherfestigkeit ermittelt werden. Die Proben P1 und P2 wurden innerhalb der aufgelockerten und oberflächennahen Zone der Sandschaler-Zone gezogen und repräsentieren möglicherweise auch bewegte Masse einer Massenbewegung. Die Probe P3 wurde hingegen aus einer Zone entnommen, die noch den ursprünglichen Sedimentverband aufwies. Dies erlaubt den Rückschluss, dass die Ergebnisse der Scherparameter der Proben P1 und P2 bereits den Wert der Restscherfestigkeit widerspiegeln. Auch die absoluten Werte der ermittelten Parameter der Scherfestigkeit und Restscherfestigkeit bei allen drei Proben sprechen für diesen Rückschluss.

Die Probe P4 widerspiegelt ein Sand-Schluff Gemisch aus den feinkörnigen Bereichen der Rust-Formation. In der Korngrößenverteilung zeigt sich ein Anteil von über 40 % an Schluff- und sehr untergeordnet auch Tonfraktion. Damit wird aufgezeigt und die Beobachtung von FUCHS (1965) bestätigt, dass die Rust-Formation zumindest stellenweise aus erheblichen Anteilen von feinkörnigen Materialien aufgebaut ist. Demnach ist die Ausbildung von Kriechbewegungen in den Sedimenten der Rust-Formation aus geotechnischer Sicht aufgrund des hohen Feinkornanteils möglich.

5 Kriechbewegungen im Oberpullendorfer Becken

5.1 Grundlagen, Beilage 2 und Überblick

Die Abgrenzung des Teiluntersuchungsgebietes „Oberpullendorfer Becken“, sowie dessen geographische und tektonische Gliederung ist in Kapitel 3.1 dargestellt. Die Beilage 2 „Kompilierte geologische Karte des Oberpullendorfer Beckens mit Eintrag von Kriechbewegungen“ bildet die kartenmäßige Grundlage für die nachfolgenden Erläuterungen. Die in der Beilage 2 dargestellten geographischen und geologischen Informationen beruhen auf digitalen Daten, deren Akquisition und Inhalt in Kapitel 2.1 beschrieben ist. Neben des dort angeführten Datensatzes „GK200“ (PASCHER, 1999) sind Informationen aus den folgenden geologischen Kartengrundlagen in die Beilage 2 eingeflossen:

- FERENCZ et al. (1987): GK 50, 138 Rechnitz. Stellenweise übernommen zur Abgrenzung der Sedimente des Quartärs.
- KÜMEL (1957): GK 50, 107/108 Mattersburg-Deutschkreutz. Stellenweise übernommen zur Abgrenzung der Sedimente des Ottang und Karpat.
- Eigene geologische Kartierungen im Zeitraum April bis Oktober 2007 im Raum Siegraben-Kalkgruben, Oberpetersdorf und Karl.

Zur Verdeutlichung der morphologischen Situation sind die Informationen in der Beilage 2 mit einer shaded-relief Darstellung mit der Beleuchtungsrichtung aus 315° hinterlegt. Die Beschreibung der präneogenen Beckenumrahmung ist in Kapitel 3.2 wiedergegeben. Weitere Datengrundlagen und Informationen über die Aufnahme von Massenbewegungen finden sich in Kapitel 2.2..

Das Oberpullendorfer Becken wird ursprünglich von SUESS (1885) aufgrund des guten Überblicks über das Becken von der Burgruine Landsee aus, als Landseer Bucht bezeichnet. WINKLER-HERMADEN (1962) bezeichnet es als Pullendorfer Becken und in jüngeren Arbeiten, wie z. B. HERRMANN & PAHR (1988), hat sich die Bezeichnung Oberpullendorfer Becken durchgesetzt. Abbildung 5.1 zeigt den östlich gerichteten Blick von der Burgruine Landsee auf den Nordteil des Oberpullendorfer Beckens. Im Vordergrund sind Mauern der Ruine im Bild, deren Untergrund die Gesteine der Buckligen Welt bilden. Im Mittelgrund sind die Kirchtürme der Orte Markt St. Martin und Lackenbach zu erkennen, die innerhalb des Oberpullendorfer Beckens situiert sind. Die Erhebung dahinter bildet das Ödenburger Gebirge und am Horizont ist der ungarische Anteil des Neusiedler Sees sichtbar.



Abb. 5.1: Blick von der Burgruine Landsee gegen Osten auf den Nordteil des Oberpullendorfer Beckens. Im Hintergrund sind das Ödenburger Gebirge und der ungarische Teil des Neusiedler Sees zu erkennen.

5.2 Lithostratigraphie der neogenen und quartären Ablagerungen

5.2.1 Brennberger Süßwasserschichten

Die Brennberger Süßwasserschichten sind im Untersuchungsgebiet oberflächlich nicht nennenswert aufgeschlossen, daher fehlt ein entsprechender Eintrag in der Beilage 2. Die Sedimentation der neogenen Ablagerungen im Oberpullendorfer Becken beginnt nach JANOSCHEK (1931) mit der Bildung der Brennberger Süßwasserschichten die direkt dem präneogenen Grundgebirge (Kap. 3.2) aufliegen. KÜPPER (1957) datiert diese Sedimente in das Otnangium. Nach ZORN (2000) handelt es sich um bis zu 50 m mächtige sandige Tegel und Sande mit basalen Glanzkohleflözen. Diese Flöze sind im Bereich von Brennberg (Ungarn) und untergeordnet auch Ritzing abgebaut worden. Der Kohlenbergbau begann im Jahr 1793 und wurde nach 1950 eingestellt. Die höchste Fördermenge erreichte der Bergbau in den 1940er Jahren mit bis zu 500 t täglich (KÜPPER, 1957; SCHERMANN, 2000; TOLLMANN, 1985).

5.2.2 Untere und Obere Auwaldschotter

Die Auwaldschotter wurde bereits in Kapitel 4.2.2 beschrieben, wesentliche Eigenschaften so wie die spezifischen Vorkommen im Oberpullendorfer Becken werden hier nochmals zusammengefasst. Im Hangenden der Brennberger Süßwasserschichten unterscheidet VENDL (1933) die Unteren und Oberen Auwaldschotter. Nach JANOSCHEK (1931) bestehen die Auwaldschotter generell aus groben, gut gerundeten Kiesen und Steinen („Schottern“) in einer kiesig-sandigen Matrix („Zwischenmittel“). Lokal sind Sand- und Tegellagen (Schluff-Ton) eingeschaltet die auch dünne Glanzkohlenflöze enthalten können. Nach VENDL (1933) und ZORN (2000) sind die basalen, Unteren Auwaldschotter durch Komponenten kristalliner Herkunft (Gneise, Glimmerschiefer, Biotitgranite) geprägt, während die Oberen Auwaldschotter durch ein vermehrtes Auftreten

von karbonatischen Komponenten aus der Grauwackenzone und den nördlichen Kalkapfen charakterisiert sind. Das Ablagerungsmilieu ist strittig, der Habitus des Sediments lässt auf einen fluviatilen Transport schließen, allerdings beschreibt schon JANOSCHEK (1931) Kalkkrusten einzelner Gerölle deren Fossilinhalt auf marine Bedingungen schließen lässt. ZORN (2000) stellt die Auwaldschotter stratigraphisch in das Ottnangium. Die Unteren und Oberen Auwaldschotter bauen den Südrand des Ödenburger Gebirges nördlich von Ritzing und Neckenmarkt auf (DRAGANITS, 1996). Weiters sind die Oberen Auwaldschotter in einem schmalen Streifen zwischen Kaisersdorf und Karl aufgeschlossen.

5.2.3 Hochriegel-Formation

Die Hochriegel-Formation wurde bereits in Kapitel 4.2.3 beschrieben, wesentliche Eigenschaften so wie die spezifischen Vorkommen im Oberpullendorfer Becken werden aufgrund der Bedeutung der Hochriegel-Formation für die Entwicklung von Massenbewegungen hier nochmals zusammengefasst. Die Hochriegel-Formation ist eine sehr feinkörnig ausgebildete Sedimentlage, welche die grobkörnigen Auwaldschotter (Kap. 5.2.2) im Liegenden von der ebenso grobkörnigen Sinnersdorf-Formation (Kap. 5.2.4) beziehungsweise dem Brennberger Blockstrom (Kap. 5.2.5) im Hangenden trennt beziehungsweise im Bereich von Siegraben dazwischen tektonisch eingeschuppt ist (KÜPPER, 1957). Die Bezeichnung Hochriegel-Formation beziehungsweise Hochriegel Schichten geht auf TAUBER (1952) zurück, obwohl die Sedimente schon zuvor von JANOSCHEK (1931) und VENDL (1933) beschrieben wurden. KÜPPER (1957) beschreibt die Hochriegel-Formation als einen Sand-Tonmergelkomplex mit Tonlagen und einem Lignitflöz an der Basis. Besondere Aufmerksamkeit widmet KÜPPER (1957) den zu dieser Formation zählenden Blättertonen von Weingraben, die um die Ortschaften Karl und Weingraben aufgeschlossen sind. Dabei handelt es sich um fossilreiche, besonders feinrhythmisch geschichtete Tone die eine Einstufung als Seesediment des Karpatium ermöglichen. Nach KÜPPER (1957) wurden die tonigen Sedimente bei Weingraben auch zur Ziegelproduktion gewonnen und auch das basale Lignitflöz wurde bei Karl am Ende des 19. Jahrhunderts abgebaut. Abbildung 5.2 zeigt den Blätterton in einem Aufschluss beim Dorfaubaches nördlich des Ortes Weingraben. Die „papierartige“ Struktur der Wechsellagerung aus Feinsanden und Tonen ist gut erkennbar. Abbildung 5.3 zeigt blaugraue Tonlagen mit Ligniteinschlüssen der Hochriegel-Formation, aufgeschlossen in einem Bachbett westlich der Ortschaft Karl. Außer bei Karl und Weingraben ist die Hochriegel-Formation im Oberpullendorfer Becken auch nördlich von Oberpetersdorf und nördlich von Ritzing anstehend.



Abb. 5.2: Blättertongestein von Weingraben (KÜPPER, 1957) der Hochriegel-Formation in einem Aufschluss am Dorfauchbach nördlich des Ortes Weingraben.



Abb. 5.3: Blaugraue Tonlagen mit Ligniteinschlüssen der Hochriegel-Formation, aufgeschlossen in einem Bachbett westlich der Ortschaft Karl, orographisch unterhalb der Kriechbewegung M20.

5.2.4 Sinnersdorf-Formation

Nach ZORN (2000) ist die Sinnersdorf-Formation das weiter im Süden, im Oberpullendorfer und Steirischen Becken abgelagerte Äquivalent des Brennberger Blockstroms (Kap. 5.2.5). Gemäß ZORN (2000) handelt es sich bei der Sinnersdorf-Formation um Blockschutt in feinsandiger bis schluffiger, bräunlich-gelber bis rötlicher Grundmasse. Einzelne Komponenten können eine Größe des Durchmessers im Meterbereich erlangen (HERRMANN, 1984). Kristallines Material (Quarzit, Gneis, Quarz und Granit) dominiert in den Komponenten, die aus der unterostalpinen Grobgneis- und Wechseleinheit (Kapitel 3.2.5) stammen (ZORN, 2000). NEBERT et al. (1980) interpretiert aufgrund der schlechten Rundung der Komponenten das Material als über nur kurze Distanzen transportierter Wildbachschutt und Murensediment, GEUTEBRÜCK (1978) nimmt aber zumindest zum Teil auch einen marinen Transport an, dieser Ansatz wird von HERRMANN (1984) bestätigt. Bereits NEBERT et al. (1980) beschreibt das lagige Vorkommen von ausschließlich feinkörnigen Sedimenten, diese Beobachtung konnte vom Autor der vorliegenden Arbeit an mehrfachen Aufschlüssen bestätigt werden. Vor allem im Hangenden der Formation scheinen die Feinkornanteile zu dominieren. Die zeitliche Zuordnung der Sinnersdorf-Formation war lange unklar (WINKLER., 1927, b), bis GEUTEBRÜCK (1978) am Südabhang des Geschriebensteinzuges zeigen konnte, dass die Formation das Liegende der Sedimente des Badeniums bildet. Auch auf Basis neuerer Arbeiten wird die Formation von HERRMANN (1984) und ZORN (2000) daher in das Karpatium gestellt.

Neben den Vorkommen im nordöstlichen Beckenrand des Oberpullendorfer Beckens bildet die Sinnersdorf-Formation einen Großteil des Südabhanges des Geschriebensteinzuges (Burgenländischer Teil des Steirischen Beckens, siehe Kap. 3.1, 6.1 und 6.2.1). Die typischen schlecht sortierten und wenig gerundeten Komponenten sowie die rötlich, sandige und örtlich schluffig-tonige Matrix sind in Abbildung 5.4 gut zu erkennen. Das Bild zeigt einen Aufschluss der Sinnersdorf-Formation am Ufer des Lembaches, südlich der Ortschaft Karl.



Abb. 5.4: Sinnersdorf-Formation am Ufer des Lembaches, südlich der Ortschaft Karl. Die schlecht sortierten und mäßig gerundeten Komponenten sind im linken Teilbild gut zu erkennen, die sandige, rötliche Matrix mit Einschaltungen von schluffig-tonigen Lagen im rechten Bild.

5.2.5 Brennberger Blockstrom

Große Teile des Ödenburger Gebirges (Kap. 3.1) werden durch die grobkörnigen Sedimente des Brennberger Blockstroms, welcher das nördliche Äquivalent zur Sinnersdorf-Formation (Kap. 5.2.4) darstellt, bedeckt (JANOSCHEK, 1931). Die detaillierte Beschreibung der Ablagerungen des Brennberger Blockstrom erfolgte bereits in Kapitel 4.2.5.

5.2.6 Ton, Sand, Kies, Kalk des Badeniums

Sedimente des Badeniums sind im Oberpullendorfer Becken ausschließlich in einem West-Ost orientierten Streifen nördlich der Linie Kalkgruben, Ritzing, Neckenmarkt anstehend. Diese Sedimente wurden bereits von JANOSCHEK (1931) umfangreich bearbeitet, der auch bereits eine Zuordnung ins Badenum (Torton) vorschlug. Auf Basis dieser Arbeiten beschreibt zusammenfassend KÜPPER (1957) die Schichtfolge lithologisch wie folgt: Die Basisgruppe ist durch glimmerreiche Sande gekennzeichnet, welche durch Einschaltungen von geringmächtigen Lignitflözen- und linsen sowie Kleinschotterlagen und Kalkbänken geprägt sind. Über dieser Gruppe folgen die mächtigen und oberflächlich weit verbreiteten Ritzinger Sande (JANOSCHEK, 1931), gelbe bis weiße Feinsande mit vielfachen Einschaltungen von gut gerundeten Quarzgeröllen (Kiesgröße) und seltener Kalkgeröllen. Marine Schichten im Hangenden der Ritzinger Sande bestehen aus einer Serie von ineinander übergehenden Sand- und Tonlinsen, Konglomerate, sandigen Kalken und Kalken. Im Gegensatz zu den zahlreichen Aufschlüssen, welche die genannten Autoren in den vergangenen Jahrzehnten vorgefunden

haben, ist die derzeitige Aufschlussituation sehr dürftig, die Angaben konnten daher kaum nachvollzogen werden. In der Beilage 2 sind die Sedimente des Baden in einer Sammelsignatur (Ton, Sand, Kies) dargestellt. Die Übernahme der Detailkartierungen von JANOSCHEK (1931) und KÜMEL (1957) in die Beilage 2 hätte neben stratigraphischen Problemen auch eine für den Kartenmaßstab zu kleinräumige Untergliederung bedeutet.

5.2.7 Ton, Sand, Kies, Kalk des Sarmatiums

Die Sedimente des Sarmatiums bauen den Großteil der oberflächlich anstehenden Beckenfüllung des Oberpullendorfer Beckens auf. Neben einem schmalen Streifen im Norden, südlich anschließend an die Sedimente des Badeniums (Kap. 5.2.6), bilden sie die neogene Basis im gesamten Westen und Süden des Beckens. Nach ZORN (2000) erreichen die Sedimente eine maximale Mächtigkeit von 60 m im Süden des Beckens. Lithologisch setzen sich die Ablagerungen im Norden nach JANOSCHEK (1931) sehr unterschiedlich zusammen. Im Nordwesten dominieren weiße und gelbliche Sande mit untergeordnet Kies- und Schluff-Toneinschaltungen (Tegel). Im Mittelteil des nördlichen Ablagerungsraumes werden die Sedimente generell feinkörniger aber es treten auch Einschaltungen von Kalkbänken auf. Im Osten treten die feinkörnigen Einschaltungen zurück und es dominiert bei Neckenmarkt ein weißer, sandiger Kalk. Das Sarmatium im Westen und Süden des Beckens ist weniger detailliert untersucht. ZORN (2000) beschreibt in dieser Position ein überwiegendes Auftreten gelben bis weißen Sanden und feinsandigen Tegeln (Schluff-Ton). Abbildung 5.5 zeigt einen Aufschluss von Sedimenten des Sarmatiums auf welche diese Beschreibung zutrifft in einer Sandgrube am Gaberingbach auf der Höhe der Ortschaft Neutal. Es handelt sich um relativ grobe Sande gelber Färbung, die von dünnen schluffreichen Lagen durchzogen werden.



Abb. 5.5: Sande des Sarmatiums, aufgeschlossen in einer Sandgrube im Gaberlingtal auf der Höhe Neutal. Die gelben, fossiliferen Sande weisen eine sehr einheitliche Körnung auf, zwischengeschaltet sind dünne, schluffreiche Lagen.

5.2.8 Basalt

An der Grenze Oberes Sarmatium und Unteres Pannonium sind im Bereich Oberpullendorf, Stob und am Pauliberg basische Vulkanite entstanden (ZORN, 2000). Diese sind an einem NW-SE verlaufenden Spaltensystem aufgedrungen und es handelt sich um Alkalibasalt beziehungsweise olivinholeritischen Basalt. BALOGH et al. (1994) geben für die Basalte ein Alter zwischen 11,1 (Oberpullendorf) und 10,5 Millionen Jahren (Pauliberg) an, die oberflächennahen Aufschlüsse sind daher in das Untere Pannonium zu stellen. Eine neuere Bearbeitung der Vulkanite erfolgte durch EPPENSTEINER (2006).

5.2.9 Ton, Sand, Kies des Pannoniums

Die Sedimente des Pannoniums bauen den zentralen und östlichen Teil des Oberpullendorfer Beckens auf (siehe auch Kap. 3.1). Nach JANOSCHEK (1931) und ZORN (2000) ist die dominierende Ausprägung ein feiner bis grober Quarzsand, dessen Korngröße zur Beckenmitte hin abnimmt. Abbildung 5.6 zeigt eine Sandgrube südöstlich von Ritzing nahe dem Zusammenfluss von Talbach und Kuchelbach. Es dominiert auffällig weißer Quarzsand in der Fraktion Fein- bis Mittelsand. Selten und vor allem in den Randbereichen werden die Sande durch geringmächtige Einschaltungen von Kies und Schluff-Ton (Tegel) unterbrochen (JANOSCHEK, 1931). Örtlich wurden und werden feinkörnige Schichten abgebaut und zur Ziegelerzeugung verwendet. Die Tonvorkommen von Stob und Großwarasdorf sind nach SCHERMANN (2000) kaolinitische Tone die aus Verwitterung primärer Gesteine entstanden sind und örtlich sowie lagig in die Sande des Sarmatiums und Pannoniums eingeschwemmt wurden.



Abb. 5.6: Sande des Pannon in einer Sandgrube südöstlich von Ritzing nahe dem Zusammenfluss von Talbach und Kuchelbach. Es dominiert auffällig weißer Quarzsand in der Fraktion Fein- bis Mittelsand.

5.2.10 Quartäre Ablagerungen

Quartäre Kiese („Schotter“) liegen innerhalb des Oberpullendorfer Beckens diskordant über den Ablagerungen des Neogens (JANOSCHEK, 1931). Generell handelt es sich um schlecht gerundete Steine („Gerölle“) und Kiese in einer Matrix aus meist groben Sanden mit untergeordnetem Feinkornanteil. Typisch ist die meist rotbraune bis gelbe Farbe des Sedimentes. Teilweise überlagern die quartären Kiese auch kiesige Sedimente des Neogens, eine exakte Abgrenzung quartärer und neogener Sedimente ist daher mancherorts im Gelände nicht möglich. Charakteristisch ist auch stellenweise die Überdeckung der maximal 2 bis 3 m mächtigen quartären Schotter mit Schluffen, die von KÜPPER et. al. (1957) als „Auenlehme“ bezeichnet werden. Nach HERRMANN (2000) können im Oberpullendorfer Becken zwei Ablagerungsniveaus der quartären Terrassenschotter gemäß Ihrer Höhenlage und Ihrer Lithologie unterschieden werden.

Eine weite Verbreitung weist der ältere und höher liegende Komplex von quartären Kiesen auf, diese werden in Beilage 2 als **Ältere Terrassenschotter** bezeichnet. Bei den Steinen und Kiesen dominiert eine Materialzusammensetzung aus Quarz und Quarzit und untergeordnet Gneis und Glimmerschiefer. Die Entstehung wird auf mehrere Ereignisse im oberen Pliozän und unteren Pleistozän zurückgeführt. Zwischen Klostermarienberg und Frankenau ist ein deutlich tiefer liegendes und damit jüngeres Terrassenniveau erhalten, deren Sedimente werden in Beilage 2 als **Frankenauer Schotter** bezeichnet. Die Komponenten sind hier besser gerundet und weisen einen höheren Kristallinanteil auf, HERRMANN (2000) hält eine Einstufung in das Mindel für wahrscheinlich. Es sei aber angemerkt, dass ebenso tektonische Bewegungen für die unterschiedliche Höhenlage der Terrassensedimente verantwortlich gemacht werden können, diesbezügliche Untersuchungen liegen jedoch nicht vor. Abbildung 5.7 zeigt einen Aufschluss typischer, rot-gelb gefärbter Sedimente der „Älteren Terrassenschotter“ ca. 1 km SE von St. Martin.



Abb. 5.7: Ältere Terrassenschotter 1 km SE von Markt St. Martin. Die Komponenten sind quarz-dominiert sowie schlecht gerundet und zeigen die typische gelb-rote Färbung.

Am Ostrand sowie an einigen zentralen Stellen des Oberpullendorfer Beckens ist **Löß und Lößlehm** des oberen Pleistozäns in kartierbarer Mächtigkeit oberflächlich anstehend. Nach KÜPPER (1957) ist der Löß des Oberpullendorfer Beckens neben der typischen Löß-Textur charakterisiert durch einerseits einen geringeren Kalkgehalt und andererseits einen deutlich höheren Anteil an gröberen Beimischungen (Grobsand, Grus und Kies) als der Löß im Eisenstädter Becken. HERRMANN (2000) beschreibt auch das Vorkommen von lößähnlichen Sedimenten und Lößlehmen, die als würmzeitlich aquatisch umgelagerte Löße aufgefasst wurden.

Südwestlich von Steinberg sowie östlich von Oberpullendorf sind lokale, holozäne Schuttfächer anstehend, die in der Beilage 2 als **Hangschutt** bezeichnet wurden. Nach HERRMANN (2000) handelt es sich dabei um Umlagerungsprodukte pleistozäner Terrassensedimente. Die Talböden im Oberpullendorfer Becken sind mit den typischen rezenten, gemischtkörnigen Flusssedimenten bedeckt, welche in der in Beilage 2 als **jüngste Talfüllung** bezeichnet werden.

5.3 Verbreitung von Kriechbewegungen, Merkmale, Schäden und Gliederung

Im Oberpullendorfer Becken konnten 20 Kriechbewegungen dokumentiert werden. Die Lage und Ausdehnung der aufgenommenen Kriechbewegungen sind in der Beilage 2 verzeichnet. In Tabelle 5.1 sind morphologische Merkmale und Angaben zu verursachten Schäden gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.2, sowie die planimetrische Fläche der einzelnen Bewegungen gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.2 tabellarisch angeführt. Ergänzend sind in Tabelle 5.1 jene morphologischen Merkmale und Schäden mit roter und unterstrichener Signatur vermerkt, die maßgeblich für die Abgrenzung der Kriechbewegungen zum Zeitpunkt der Kartierung waren.

Neben Kriechbewegungen konnten ebenso schnelle Massenbewegungen an definierten Gleitbahnen (Kap 1.1.1) beobachtet werden, diese wurden jedoch ausschließlich durch die Herstellung künstlicher Einschnitten (Böschungen) ausgelöst, und werden daher in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Bei den kartierten Kriechbewegungen besteht zwar oftmals ein Zusammenhang mit anthropogenen Tätigkeiten wie Leitungsbau oder Rodung, diese Tätigkeiten können jedoch nicht als Auslöser für die Bewegung angesehen werden. Viel mehr waren die Kriechbewegungen bereits zuvor latent vorhanden, durch anthropogene Tätigkeiten sind die Bewegungen aber erst auffällig geworden.

| Kriechbewegungen im Oberpullendorfer Becken | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Bewegung Nr. | Morphologische Merkmale | | | | | | | | Schäden | | | Fläche Planimetrische Fläche 1000 m ² |
| | Nackental | Hang übersteilt | Nasenbildung | Abrisskante | Setzungen | Wellige Morphologie | Schrägwuchs | Feuchtstellen | Straßen-schäden | Gebäude-schäden | Sanierung | |
| M1 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 20,7 |
| M2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 22,2 |
| M3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 12,7 |
| M4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 25,4 |
| M5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 58,6 |
| M6 | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 29,9 |
| M7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 18,6 |
| M8 | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 14,8 |
| M9 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 121,0 |
| M10 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 24,8 |
| M11 | | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 98,7 |
| M12 | | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 99,8 |
| M13 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 5,3 |
| M14 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 12,9 |
| M16 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 25,8 |
| M17 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 7,9 |
| M18 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 3,2 |
| M19 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 29,0 |
| M20 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 21,0 |
| M21 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 13,8 |

Tab 5.1: Morphologische Merkmale, Schäden und Flächen der Kriechbewegungen im Oberpullendorfer Becken. Mit roter und unterstrichener Signatur sind jene morphologischen Merkmale und Schäden vermerkt, die maßgeblich für die Abgrenzung der Kriechbewegungen zum Zeitpunkt der Kartierung waren.

Für die weitere Betrachtung ist eine Gliederung der kartierten Kriechbewegungen gemäß der für die Bewegung verantwortlichen lithostratigraphischen Einheiten (Kap. 5.2) zielführend. Ähnlich wie bereits in Kapitel 4.3 wird die Gliederung daher wie folgt für das Oberpullendorfer Becken umgesetzt:

- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Karpatiums**
- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Sarmatiums**
- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Pannoniums**

Wie bereits in Kapitel 4.3 beschrieben, spiegelt die Gliederung nach lithostratigraphischen Einheiten einerseits eine gemeinsame Position der Bewegungen im Bezug auf die Entfernung vom Beckenrand wieder und beschreibt damit auch gewisse morphologische Verhältnisse. Die zentralen Bereiche des Beckens sind generell morphologisch flacher ausgebildet als die Beckenränder (Kap. 5.1). Andererseits weisen die unterschiedlichen lithostratigraphischen Einheiten auch typische sedimentologische Eigenschaften auf. Die Sedimente des Karpatiums sind dabei am äußersten Rand des Beckens bzw. bereits in den angrenzenden Hochzonen situiert. Mit Ausnahme der feinkörnigen Hochriegel-Formation (Kap. 5.2.3) sind die Sedimente des Karpatiums auch jene Abfolgen, welche den geringsten Anteil an feinkörnigen Material (Ton, Schluff) aufweisen (Kap. 5.2). Die Sedimente des Sarmatiums (Kap. 5.2.7) sind in Nahelage zum Beckenrand situiert (Beilage 2) und sind gemischtkörnig aufgebaut. Die Sedimente des Pannoniums (Kap. 5.2.9) treten im zentralen Bereich des Beckens auf und sind ebenso gemischtkörnig aufgebaut.

In der geographischen Verteilung ist eine von Bewegungen im Raum Karl (Sinersdorf-Formation) und Mannersdorf an der Rabnitz (Sedimente des Sarmatiums) ist zu beobachten. Weitere Bewegungen sind an die Talverläufe von Schwarzenbach bzw. Stobber Bach, Gaberlingbach, Talbach und Raidingbach gebunden. 15 der 20 Kriechbewegungen sind in den neogenen Sedimenten in Nahelage zum Beckenrand situiert, nur 5 Bewegungen treten im zentralen Bereich des Beckens auf. Damit ergibt sich ein ähnliches Phänomen wie es schon zuvor im Eisenstädter Becken beschrieben wurde (Kap. 4.3). Diese Verteilung kann daher als charakteristisch für das Eisenstädter und das Oberpullendorfer Becken angesehen werden.

5.4 Charakteristische Eigenschaften ausgewählter Kriechbewegungen

Eine Gliederung der aufgenommenen Bewegungen gemäß der für die Bewegung verantwortlichen lithostratigraphischen Einheiten, wie sie bereits in Kapitel 5.3 vorgestellt wurde, soll auch für die Angabe charakteristischer Eigenschaften ausgewählter Kriechbewegungen beibehalten werden. Typische morphologischen Merkmale und Angaben zu verursachten Schäden sowie die planimetrische Fläche der einzelnen Bewegungen sind gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.2 in der Tabelle 5.1 (Kap. 5.3) angeführt. Die Lage und die Ausdehnung der aufgenommenen Kriechbewegungen sind in der Beilage 2 verzeichnet.

5.4.1 Kriechbewegungen in den Sedimenten des Karpatiums

Darunter fallen die Bewegungen M2, M4, M16 bis M18 sowie M20 und M21. Anders als bei den Bewegungen in den Sedimenten des Karpatiums im Eisenstädter Becken (Kap. 4.4.1, ausgenommen Rust-Formation) stehen die Bewegungen in den Sedimenten des Karpatiums im Oberpullendorfer Becken nicht immer in Zusammenhang mit dem Auftreten der Sedimente der Hochriegel-Formation. Wie bereits in Kapitel 5.2.4 und 5.2.5 beschrieben, handelt es sich bei den Sedimenten der Sinnersdorf-Formation und des Brennberger Blockstroms um schlecht sortiertes Grobkorn in einer feinkörnigen Matrix. Der schlechte Rundungsgrad des

Grobkorns führt in den meisten Bereichen zu einer guten Verzahnung innerhalb der Sedimente und damit zu einer hohen Stabilität. Lokal kann aber der Feinkornanteil stark ansteigen (Kap. 5.2.4) und dadurch wird die Ausbildung von Kriechbewegungen ermöglicht. In Vergleich zu Abbildung 5.4 (Kap. 5.2.5) zeigt Abbildung 5.8 das anstehende Material innerhalb der Bewegung M20, das frei von groben Komponenten ist und von Sand und Schluff dominiert wird. Eine charakteristische Morphologie der Kriechbewegung in derartigen Materialien weist die Bewegung M17 auf. Gemäß der Definitionen in Kapitel 2.2. sind Feuchtstellen, großflächige Setzungen, Schrägwuchs der Bäume, wellige Morphologie und überstellte Hangabschnitte zu beobachten (Tabelle 5.1). Die Situation der Bewegung M16 zeigt Abbildung 5.9.



Abb. 5.8: Aufgeschlossenes Material innerhalb der Kriechbewegung M20 SW von Oberrabnitz. Obwohl der Sinnersdorf-Formation zugehörig ist dieses Material frei von grobkörnigen Komponenten, Schluff und Sand dominieren.



Abb. 5.9: Situation der Kriechbewegung M17 unmittelbar N von Oberrabnitz, Blickrichtung E. Feuchtestellen, großflächige Setzungen, Schrägwuchs der Bäume, wellige Morphologie und übersteilte Hangabschnitte sind zu beobachten.

Eine zusätzliche Dynamik entsteht, wenn die Sedimente der Sinnersdorf-Formation bzw. des Brennberger Blockstroms in Oberflächennähe durch die sehr feinkörnigen Ablagerungen der Hochriegel-Formation (Kap. 5.2.3) des Karpatiums unterlagert werden (siehe auch Kap. 4.4.1). Dies ist bei den Bewegungen M2, M4 und M21 der Fall. In Nahelage zu diesen Bewegungen ist das oberflächliche Auftreten der Hochriegel-Formation dokumentiert (Beilage 2), eine Unterlagerung der Sinnersdorf-Formation bzw. des Brennberger Blockstroms durch die Hochriegel-Formation im Bereich der Bewegungen ist daher sehr wahrscheinlich. Im Falle der Bewegung M21 ist dies auch nachweisbar, da Schluffe und Tone der Hochriegel-Formation am Fuß der Bewegung im Bachbett (unbenannter Bach) durch den Autor kartiert werden konnten (siehe Kapitel 5.2.3). Auch KÜPPER (1957) hat diese Lokalität bereits beschrieben, und weist darauf hin, dass die bewegte Masse aus feinkörnigen Sedimenten der Sinnersdorf-Formation von Tonen der Hochriegel-Formation unterlagert werden. Die betreffenden Bewegungen M4 und die etwas hangabwärts situierte Bewegung M21 sind der Abteilung 8 (Straßenbau) des Amtes der Burgenländischen Landesregierung (Kapitel 2.2) auch seit mehreren Jahrzehnten bekannt, da das Wirken der Bewegung zu umfangreichen Straßenschäden geführt hat. Bereits mehrmals wurden Stützmaßnahmen am Hang und umfangreiche Sanierungen der Straße ausgeführt, zuletzt im Jahr 2003. Abbildung 5.11 zeigt eine derartige Stabilisierung in Form einer Steinschüttung aus dem Jahr 2003. Diese Steinschüttung wies im Jahr 2007 (Zeitpunkt der Begehung gemeinsam mit der Abteilung 8) bereits wieder umfangreiche Schäden auf, die erkennbare Entwässerungsrinne ist stellenweise verdrückt und stark beschädigt, ebenso haben sich bereits 4 Jahre nach der Sanierung Risse in der gebundenen Tragschicht der Straße und dem Unterbau gebildet. Im Hintergrund von Abbildung 5.10 ist die stark wellige Morphologie sowie auch Schrägwuchs in der eigentlichen Kriechmasse zu erkennen. Ob die unterlagernden Tone der Hochriegel-Formationen hier echte Bewegungs- bzw. Gleithorizonte ausbilden und die gesamte Bewegung daher dem Prozess Rutschen/Gleiten (Kapitel 1.1.1) zuzuordnen ist, kann nicht eindeutig entschieden werden. Die gesamte Morphologie der Bewegung deutet eher auf eine Kriechbewegung ohne genau definierte Gleitbahn hin. Den unterlagernden sehr feinkörnigen Sedimenten der Hochriegel-Formation kommt dabei vor allem eine grundwasserstauende Funktion zu und die überlagernde kriechende Masse wird dadurch nur ungenügend

entwässert. In Oberflächennähe treten aber innerhalb der bewegten Masse mit Sicherheit Sekundärbewegungen auf, die dem Prozess Rutschen/Gleiten zuzuordnen sind.

Im Jahre 1999 wurden durch die Abteilung 8 des Amtes der Burgenländischen Landesregierung innerhalb der Bewegungen geotechnische Erkundungsmaßnahmen mittels Ramm- und Rillensondierungen umgesetzt. Die entsprechenden Protokolle können auf Wunsch bei der Abteilung 8 der Burgenländischen Landesregierung eingesehen werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen einen überwiegend wassergesättigten, feinkörnigen Untergrund an, dessen Gefüge bis zu einer Tiefe von 2 m bis 3 m vollkommen aufgelockert vorliegt (geringe bis keine Schlagzahlen bei der Rammsondierung). Diese starke Auflockerung ist auf die konstante Bewegung der Kriechmasse beziehungsweise den dadurch verursachten Sekundärbewegungen zurückzuführen.



Abb. 5.10: Nach Osten gerichteter Blick auf die Rutschung M4, W von Karl. Im Vordergrund ist eine bereits wieder beschädigte Sanierung in Form eines Steinwurfs aus dem Jahre 2003 erkennbar, im Hintergrund die stark wellige Morphologie der Kriech- bzw. Rutschmasse.

5.4.2 Kriechbewegungen in den Sedimenten des Sarmatiums

Der Großteil der Bewegungen im Oberpullendorfer Becken ist in den Sedimenten des Sarmatiums (Kap. 5.2.7) situiert, dazu zählen die Bewegungen M1, M3, M5 bis M11 und M13 (Beilage 2). Auffällig ist die Häufung von Bewegungen SE von Mannersdorf an der Rabnitz. Als mögliche Ursache hierfür kann das vermehrte Auftreten von besonders feinkörnigen Lagen innerhalb der Sedimente des Sarmatiums angenommen werden, da keine morphologische Differenzierbarkeit zu anderen Bereichen des Sarmatiums vorliegt. Das typische morphologische Erscheinungsbild der Bewegungen in den Sedimenten des Sarmatiums und besonders im Raum Mannersdorf zeigt Abbildung 5.11 für die Bewegung M7. Bei geringer Hangneigung bilden sich langgestreckte Wellen mit Amplituden im m-Bereich aus. Da die Bewegungen M3 und M7 jeweils auch eine Landstraße betreffen, weist diese Straße wiederkehrend Schäden auf. Bei einer gemeinsamen Begehung mit der Abteilung 8 (Straßenbau) des Amtes der Burgenländischen Landesregierung (Kapitel 2.2) im Juni 2007 konn-

ten zum Teil gravierende Straßenschäden dokumentiert werden, die tief in den Unterbau der Straßen reichen (Abbildung 5.12).



Abb. 5.11: Westlicher Abschnitt der Bewegung M7 SW von Mannersdorf, Blickrichtung NW. Bei geringer Hangneigung bilden sich langgestreckte Wellen mit Amplituden im m-Bereich aus.



Abb. 5.12: Straßenschäden die durch die Bewegungen M3 (links, Querrisse die tief in den Unterbau der Straße reichen) und M7 (rechts, Setzungen) verursacht wurden. Beide Bewegungen SW von Mannersdorf an der Rabnitz.

Die Bewegung M1 (Gemeinde Weppersdorf im N des Teiluntersuchungsgebietes) ist ein typisches Beispiel dafür, dass eine Kriechbewegung über viele Jahre zwar latent vorhanden war, jedoch erst durch eine Baumaßnahme auffällig geworden ist (Kap. 5.4). Innerhalb der Kriechbewegung wurde erstmals 1996 durch die Gemeinde eine Park & Ride Anlage errichtet die mehrmals, zuletzt 2006/2007, erweitert wurde (85 Stellplätze im Jahr 2007). Im Zuge der Baumaßnahmen der letzten Erweiterung ist es zu massiven Setzungen und Hangbewegungen gekommen, die nur sehr aufwendig durch großflächige Drainagen und Steinschüttungen saniert werden konnten (mündliche Auskunft Abteilung 8, Amt d. Bgld. Landesreg.). Bei der Begehung des Areals durch den Autor im Juni 2007 gemeinsam mit einem Vertreter der Abteilung 8 (Straßenbau) der Burgenländischen Landesregierung konnten immer noch aktive Setzungen im Bereich der gebundenen Trag-schicht des Parkplatzes festgestellt werden. Abseits des Parkplatzes orographisch hangaufwärts beziehungsweise Richtung NE ist der nicht durch Baumaßnahmen betroffene Teil der Kriechbewegung durch eine deutliche wellige Morphologie gut zu kartieren. Es folgt ein stabiler Abschnitt des Hanges jedoch finden sich im weiteren Verlauf Richtung NE bald wieder Hinweise auf eine großflächige Kriechbewegung, die in der Beilage 2 als Bewegung M9 verzeichnet ist. Abbildung 15.13 zeigt den nordwärts gerichteten Blick auf die sanierte Park & Ride Anlage innerhalb der Bewegung M1, die großflächige ausgeführte Steinschüttung ist deutlich zu erkennen.



Abb. 5.13: Nordwärts gerichteten Blick auf die sanierte Park & Ride Anlage innerhalb der Bewegung M1 im N von Weppersdorf, die großflächige ausgeführte Steinschüttung ist deutlich zu erkennen..

5.4.3 Kriechbewegungen in den Sedimenten des Pannoniums

Die nur untergeordnet auftretenden Bewegungen in den Sedimenten des Pannoniums (Kap. 5.2.9) umfassen die Bewegungen M12, M14 und M19. Die Bewegungen M14 und M19 sind geprägt durch überdurchschnittlich steile Hangeinschnitte. Die so entstandene Hangneigung ist offenbar höher als jene Neigung, die durch die innere Festigkeit der Sedimente des Pannoniums erreicht werden kann. Ein lokales Versagen der Hänge in Form von Kriechbewegungen ist die Folge.

Anders ist die Situation bei der Bewegung M12, da an dieser Position die Untergrundverhältnisse wesentlich komplexer sind. Den Arbeiten von JANOSCHEK (1931) und KÜPPER et al. (1957) ist zu entnehmen, dass in dieser Position am Südabfall des Ödenburger Gebirges eine eng gegliedert Abfolge von Tonen, Sanden und Kalken des Badeniums, Sarmatiums und Pannoniums vorliegt. Auch durch mehrmalige Geländebegehung des Autors konnte die komplexe Situation nicht aufgelöst werden. Da es sich um den Beckenrand handelt, sind die Sedimente zusätzlich noch tektonisch stark beansprucht und verstellt. Eine eindeutige geologische Zuordnung der Bewegung M12 ist daher ebenso problematisch wie eine sichere Abgrenzung der Bewegung oder eine Aussage über den Mechanismus der Bewegung. Aufgrund des morphologischen Befundes einer stark welligen Morphologie ist jedoch eine aktive Kriechbewegung sehr wahrscheinlich, wie der Abbildung 5.14 zu entnehmen ist. Da gemäß den geologischen Grundlagen in der Beilage 2 ein Großteil der Bewegung in den Sedimenten des Pannoniums situiert ist, wird die Bewegung auch gemäß der Gliederung in Kapitel 5.4 zu dieser Gruppe gezählt.



Abb. 5.14: Stark wellige Morphologie der Bewegung M12, SE von Ritzing mit Blickrichtung NE.

5.5 Geotechnische Untersuchungen

5.5.1 Probenahme und geotechnische Untersuchung

Um ein besseres Verständnis über die Wirkungsweise der auftretenden Kriechbewegungen zu erlangen, wurden an zwei der kartierten Bewegungen (M15, M21) Sedimentproben entnommen und diese wurden geotechnisch untersucht. Zusätzlich wurden an einer anthropogen ausgelösten Rutschung (nicht als Kriechbewegung erfasst entsprechend der Definition in Kap. 5.3) zwei Sedimentproben entnommen, da die Charakteristik dieser Rutschung eine Rückrechnung des Versagensmechanismus erlaubt. Die Position des Probenahmeortes ist in Beilage 2 mit der Bezeichnung RR verzeichnet. Die Protokolle zu den angeführten geotechnischen Untersuchungen sind in Beilage 6 beigefügt. Die geotechnischen Untersuchungen sind im staatlich akkreditierten Geotechnischen Labor der AIT-Gruppe am Standort Seibersdorf ausgeführt worden. In Tabelle

5.2 sind die Koordinaten im Bezugssystem WGS84 der vier Probenahmepunkte wiedergegeben, die Koordinaten sind mittels mit der GIS-Software ESRI ArcGIS 10 ermittelt.

| Probenahmepunkte | WGS84 / E | WGS84 / N |
|---------------------|------------|------------|
| M15 | 16,354736° | 47,500112° |
| M21 (M20 Beilage 6) | 16,337878° | 47,506826° |
| RR1, RR2 | 16,413993° | 47,567589° |

Tab. 4.4: GIS-Koordinaten der Probenahmepunkte im Eisenstädter Becken im Bezugssystem WGS84.

Innerhalb der kartierten Kriechbewegungen wurde eine Sedimentprobe aus der bewegten Masse der Bewegung M15 entnommen. Es wurde eine feinkörnige Lage innerhalb der Sedimente der Sinnersdorf-Formation (Kap. 5.2.4 und 5.4.1) unmittelbar an der Basis der bewegten Masse erfasst. An dieser Probe (Bezeichnung M15 in Beilage 6) wurde eine Korngrößenverteilung nach ÖNORM B 4412 ausgeführt. Eine zweite Sedimentprobe wurde an einem Aufschluss der Hochriegel-Formation in einem unbenannten Bach an der Basis der Bewegung M21 entnommen (Kap. 5.2.3 und 5.4.1). Es handelt sich um sehr kompakte, schluffig-tonige Ablagerungen mit lokaler Lignit-Führung, Abbildung 5.15 zeigt das beprobte Sediment. An dieser Probe mit der Bezeichnung M20 in der Beilage 6 wurde eine Korngrößenverteilung nach ÖNORM B 4412 und eine Bestimmung der Zustandsgrenzen nach ÖNORM B4411 ausgeführt.



Abb. 5.15: Beprobte, feinkörnige Schichten der Hochriegel-Formation an der Basis der Rutschung M21.

Die zwei Probenahmepunkte mit der Bezeichnung RR1 und RR2 (Position RR in Beilage 2) erfassen das Material einer anthropogen ausgelösten Rutschung in einem Straßeneinschnitt einer Unterführung der S31 westlich von Markt St. Martin. Die geologische Situation lässt sich wie folgt beschreiben. Das Hangende ist mit einer Mächtigkeit im dm-Bereich aus quartären Kiesen und Sanden aufgebaut (Kap. 5.2.10 „Ältere Terrassenschotter“), Abbildung 5.7 (Kap. 5.2.10) zeigt das Sediment in dieser Position. Das Liegende bilden fein-

körnige Sedimente des Sarmatiums (Kap. 5.2.7), wobei schluffreiche Lagen dominieren, gröbere sandige Lagen mit Kieseinstreu aber ebenso auftreten. An den Hangeinschnitten haben sich zahlreiche Rutschungen in Lockersedimenten in Form von Rotations- und Translationsrutschung gemäß der Definition in Kapitel 1.1.1 ereignet. Auslöser dafür waren Starkregen im Sommer 2007. Die Rutschungen haben Ihren Ursprung in den Sedimenten des Sarmatiums, die Terrassenschotter wurden dabei aber mit erfasst. Da die Kiese der Terrassenschotter aber auch in der bereits bewegten Masse an der Oberfläche zu liegen kommen, wird fälschlicherweise der Eindruck ein kiesdominierten bewegten Masse erzeugt. Abbildung 5.16 zeigt die Situation des Strasseneinschnittes mit der scheinbar kiesdominierten Rutschmasse am 11.10.2007. Die Proben RR1 und RR2 wurden daher nicht der bewegten Masse entnommen, sondern den unbewegten, anstehenden Sedimenten des Sarmatiums. Mit RR1 wurde eine eher grobkörnige Lage des Sarmatiums und mit RR 2 eine feinkörnige Lage beprobt. Abbildung 5.17 zeigt anstehend das beprobte Material der Probe RR2 umgeben von quartären Schutt. Bei beiden Proben wurde eine Korngrößenverteilung nach ÖNORM B 4412 ausgeführt und die Zustandsgrenzen nach ÖNORM B4411 ermittelt. Weiterführend wurde an beiden Proben ein Kleinrahmenscherversuche (Scherboxgröße Durchm. 70 mm) nach ÖNORM B4416 durchgeführt. Die Scherversuche wurden nach Bruchpunkt und Gleitpunkt ausgewertet. Dabei wurde das Material der Probe RR2 mit einem Wassergehalt an der Fließgrenze eingebaut, während die Probe RR1 im natürlichen Zustand eingebaut wurde.



Abb. 5.16: Strasseneinschnitt NW von Markt St. Martin, Blickrichtung S. Rutschung in Lockersedimenten in Form einer Rotationsrutschung.



Abb. 5.17: Position wie in Abb. 5.16, aus anstehende feinkörnige Material der Probe RR2 ist eingebettet in quartären Schutt.

5.5.2 Ergebnisse und Interpretation der geotechnischen Untersuchungen

Die Ergebnisprotokolle der geotechnischen Laboruntersuchungen sind in Beilage 6 beigelegt, die Beschreibung der Probenahme erfolgte in Kapitel 5.5.1.. Die Probe M15 aus der bewegten Masse einer Kriechbewegung in der Sinnersdorf-Formation weist gemäß der ermittelten Korngrößenverteilung ca. 10 % Ton, 40 % Schluff, 30 % Feinsand und fast 20 % Mittelsand auf. Vor allem die Kombination aus 40 % Schluff und 30 % Feinsand ist in Bezug auf die Standfestigkeit eines feinkörnigen Materials besonders ungünstig (WALTHAM 2009). Hinzu kommt, dass der Hang der Bewegung M15 an der Basis mit ca. 45° sehr steil geneigt ist und die gesamte Hanghöhe ca. 60 m beträgt. Nach WALTHAM (2009) wirken sich diese beiden Faktoren generell ungünstig auf die Hangstabilität eines Hanges aus Lockersedimenten aus, das feinkorndominierte Material versagt daher und reagiert in Form einer Kriechbewegung.

Das Plastizitätsdiagramm (im Blatt Zustandsgrenzen) weist das Material der Probe M20 aus der Hochriegel-Formation als leicht plastischen Ton aus, der Plastizitätsbereich ist sehr gering. Gemäß der Korngrößenverteilung ist der Hauptanteil des Materials mit ca. 60 Massenprozent Schluff und ca. 30 % fallen in die Tonfraktion. In der Tonfraktion scheinen aber wenige aktive Tonminerale vorhanden zu sein, dafür spricht der geringe Plastizitätsbereich. Die geringe Fähigkeit zur Wasseraufnahme des Materials lässt in den hangenden, grobkörnigeren Schichtgliedern der Sinnersdorf-Formation (Kap. 5.2.3) den Porenwasserdruck anschwellen. Die Ergebnisse unterstützen die Ausführungen in Kapitel 5.4.1, wonach der grundwasserstauenden Hochriegel-Formation eine entscheidende Rolle in der Funktion der Bewegung M21 (Probe M20) zukommt.

Die Proben der Rutschung RR lassen einen Rückschluss auf den generellen Versagensmechanismus der feinkörnigen Sedimente des Sarmatiums zu. Zuerst kann festgehalten werden, dass obwohl sich die beiden beprobten Materialien im Geländebefund unterschiedlich zeigten, die Korngrößenanalyse und die Analyse der Zustandsgrenzen sowohl der feinkörnigeren Lage (Probe RR2) als auch bei der grobkörnigeren Lage (Probe

RR1) sehr ähnliche Werte anzeigen. Bei etwa gleichen Gehalten an Ton und Schluff zeigt die grobkörnigeren Lage einen geringeren aber dafür größeren Sandanteil und auch einen sehr geringen Kiesanteil an. Die ähnlichen geotechnischen Eigenschaften zeigen sich aber vor allem bei den Zustandsgrenzen. Beide Materialien weisen einen weiten Plastizitätsbereich auf und sind im Plastizitätsdiagramm dementsprechend als ausgeprägt plastische Tone ausgewiesen. Für den Scherversuch wurde Material der Probe RR2 mit einem Wassergehalt entsprechend der Fließgrenze des Materials (54,7 %) in die Scherbox eingebaut. Damit wird das Materialverhalten im maximal durchfeuchteten Zustand simuliert. Ein derartiger Zustand kann natürlich im Lockersediment bei Starkregen oder lang anhaltenden Dauerregen auftreten. Der Scherversuch des maximal durchfeuchteten Materials erbrachte folgende Kennwerte (Bruch / Gleiten):

- Reibungswinkel $23,2^\circ / 21,8^\circ$; Kohäsion $6,4 \text{ KN/m}^2 / 5,9 \text{ KN/m}^2$ (Wassergehalt 54,7 %)

Das relativ ähnliche Material von RR1 wurde mit einem natürlichen Wassergehalt von 27 % in die Scherbox eingebaut, somit werden normale beziehungsweise trockene Witterungsverhältnisse simuliert. Folgende Ergebnisse wurden erzielt (Bruch / Gleiten), wobei eine ausgeprägter Abfall zur Restscherfestigkeit (Gleitscherfestigkeit) beim Reibungswinkel feststellbar ist:

- Reibungswinkel $26,8^\circ / 17,3^\circ$; Kohäsion $7,2 \text{ KN/m}^2 / 14,0 \text{ KN/m}^2$ (Wassergehalt 27 %)

Die Analyse der Kennwerte zeigt, dass in beiden Fällen die ermittelten Werte sehr gering sind und dass die Erhöhung des Wassergehaltes zu keiner wesentlichen Verschlechterung der Kennwerte führt. Material mit einem natürlichen Wassergehalt ist in der vorliegenden Böschungssituation ebenso gefährdet zu versagen, wie wassergesättigtes Material. Wird zumindest in einzelnen Lagen des Sedimentes ein noch geringerer Sandanteil angenommen, so ist für die Beurteilung der Standsicherheit der Böschung die Kohäsion nicht zu berücksichtigen. In sehr feinkörnigen Sedimenten kann näherungsweise der maximal zulässige Böschungswinkel mit dem Reibungswinkel beim Bruch gleichgesetzt werden (PRINZ & STRAUZ, 2011; WALTHAM, 2009). Der angelegte Böschungswinkel von ca. 40° übersteigt dabei den ermittelten Reibungswinkel von ca. 27° beziehungsweise 23° bei weitem. Ein Versagen der Böschung in Form einer Massenbewegung ist die zwingende Folge, welche auch tatsächlich eingetreten ist (siehe Kapitel 5.5.1). Eine Böschung in einem Untergrund das die ermittelten Kennwerte aufweist, dürfte demnach mit nicht mehr als 20° Neigung ausgeführt werden.

6 Kriechbewegungen im burgenländischen Teil des Steirischen Beckens

6.1 Grundlagen, Beilage 3 und Überblick

Die Abgrenzung des Teiluntersuchungsgebietes „Burgenländischer Teil des Steirischen Beckens“, sowie dessen geographische und tektonische Gliederung sind in Kapitel 3.1 dargestellt. Die Beilage 3 „Geologische des burgenländischen Anteils des Steirischen Beckens mit Eintrag von Massenbewegungen 1:50.000“ bildet die kartenmäßige Grundlage für die nachfolgenden Erläuterungen. Die in der Beilage 3 dargestellten geographischen und geologischen Informationen beruhen auf digitalen Daten, deren Akquisition und Inhalt in Kapitel 2.1 beschrieben ist. Die geologische Kartengrundlage der Beilage 3 bildet der Datensatz „GK200“ (Kap. 2.1), der im Wesentlichen der publizierten Karte von PASCHER (1999) entspricht. Zur Verdeutlichung der morphologischen Situation sind die Informationen in der Beilage 3 mit einer shaded-relief Darstellung mit der Beleuchtungsrichtung aus 315° hinterlegt. Die Beschreibung der präneogenen Beckenumrahmung ist in Kapitel 3.2 wiedergegeben. Weitere Datengrundlagen und Informationen über die Aufnahme von Massenbewegungen finden sich in Kapitel 2.2.

Morphologisch ist der burgenländische Anteil des Steirischen Beckens neben der Hochzone des Geschriebensteins (Günser Gebirge, Kap. 3.1) im Norden des Beckens vor allem durch die NW-SE bzw. W-E verlaufende Entwässerung der Fließgewässer Pinka, Strem und Zickenbach sowie Lafnitz und Raab geprägt. Entlang dieser Flüsse sind breite und ebene Talzonen ausgebildet, die sich morphologisch deutlich von der sonst meist hügeligen Landschaft unterscheiden. Vor allem südlich der Strem ist abseits der Talzonen eine stark gegliederte Tal- und Kuppenlandschaft mit Höhendifferenzen zwischen 100 m und maximal 150 m ausgebildet. Diese Tal- und Kuppenlandschaft stellt im südlichen Teil des Steirischen Beckens die typische Landschaftsform dar (WINKLER, 1927, a). Abbildung 6.1 zeigt diese typische hügelige Morphologie, aufgenommen im Gemeindegebiet von Kukmirn mit Blickrichtung Süden.



Abb. 6.1: Die typische hügelige Landschaftsform des südlichen steirischen Beckens, aufgenommen im Gemeindegebiet von Kukmirn mit Blickrichtung Süden.

6.2 Lithostratigraphie der neogenen und quartären Ablagerungen

6.2.1 Sinnersdorf-Formation

Die Sedimente der Sinnersdorf-Formation bauen große Teile des Südabhanges des Geschriebenstein-Zuges auf (Kap. 3.1) und bilden damit die nördliche neogene Beckenumrahmung des burgenländischen Teils des Steirischen Beckens. Die detaillierte Beschreibung der Sinnersdorf-Formation erfolgte bereits in Kapitel 5.2.4, wobei die Sedimente dem Karpatium zugeordnet werden. Die grobblockigen Sedimente bilden teilweise stark übersteilte Hänge aus, wie z. B. im Gebiet Oberweinberg oder im Süden der Willersdorfer Schlucht. Abbildung 6.2 zeigt einen entsprechenden Aufschluss am nördlichen Ortsende von Tauchen.



Abb. 6.2: Aufschluss in den Sedimenten der Sinnersdorf-Formation (Karpatium) am nördlichen Ortsende von Tauchen. Charakteristisch sind die in Form, Material und Größe sehr unterschiedlichen Komponenten, die in einer sandig-schluffigen Matrix eingebettet sind.

6.2.2 Sedimente des Badeniums

Sedimente des Badeniums bilden einen schmalen Streifen des nördlichen Beckenrandes im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens, situiert südlich der Vorkommen der Sinnersdorf-Formation. Wirtschaftlich bedeutend sind diese Sedimente in Bezug auf die von GEUTEBRÜCK (1978) umfassend beschriebenen Lignit-Braunkohlevorkommen an der Basis der Schichten. Die Kohle wurde in mehreren Bergwerken in Tauchen, Schreibersdorf und Mariasdorf bis in 60er Jahre des 20. Jahrhunderts abgebaut. Die Kohlenflözfolge im Liegenden der Sedimente unmittelbar hangend der Sinnersdorf-Formation ist bis zu 25 m mächtig und aus drei Kohlebänken mit Zwischenmitteln aus rhyolithischen Tuffen und Tonen aufgebaut und wird als Tauchen-Formation bezeichnet (NEBERT et al., 1980). Im Hangenden folgen Sande, Sandsteine, Kiese sowie Tegel, tonige Sande und Kiese. NEBERT et al. (1980) beschreibt eine biostratigraphische Einstufung der Tauchen-Formation in die Lageniden-Zone des Unteren Badeniums (siehe auch Kap. 4.2.6, Tab. 4.1). Die kohleführende Basis der Sedimente der Tauchen-Formation ist heute oberflächlich nicht mehr aufgeschlossen, die Schichten des Badeniums werden daher in Beilage 3 mit der Sammelsignatur „Ton, Sand, Kies“ zusammengefasst. Eine Ausnahme bildet dabei eine Kalkplatte mit maximal m-Mächtigkeit nördlich von Wiesfleck, die Ähnlichkeiten zum **Leithakalk** des Eisenstädter Beckens (Kap. 4.2.7) aufweist und daher auch als solcher bezeichnet wird. BUDA (1981) beschreibt das Vorkommen und stuft die Kalke in die Obere Lageniden-Zone

ein (siehe auch Kap. 4.2.6, Tab. 4.1). HERRMANN (1984) geht davon aus, dass die meisten jüngeren Ablagerungen des Badeniums erodiert wurden, da häufig umgelagerte Foraminiferen der Buliminen-Bolivinen-Zone (siehe auch Kap. 4.2.6, Tab. 4.1) in den Sedimenten des Sarmatiums (Kap. 6.2.3) zu finden sind. HERRMANN (1984) beschreibt auch, dass die erwähnten Leithakalke von meist fossilereen, quarzdominierten Sanden über- und unterlagert werden, wie Abbildung 6.3 zeigt.

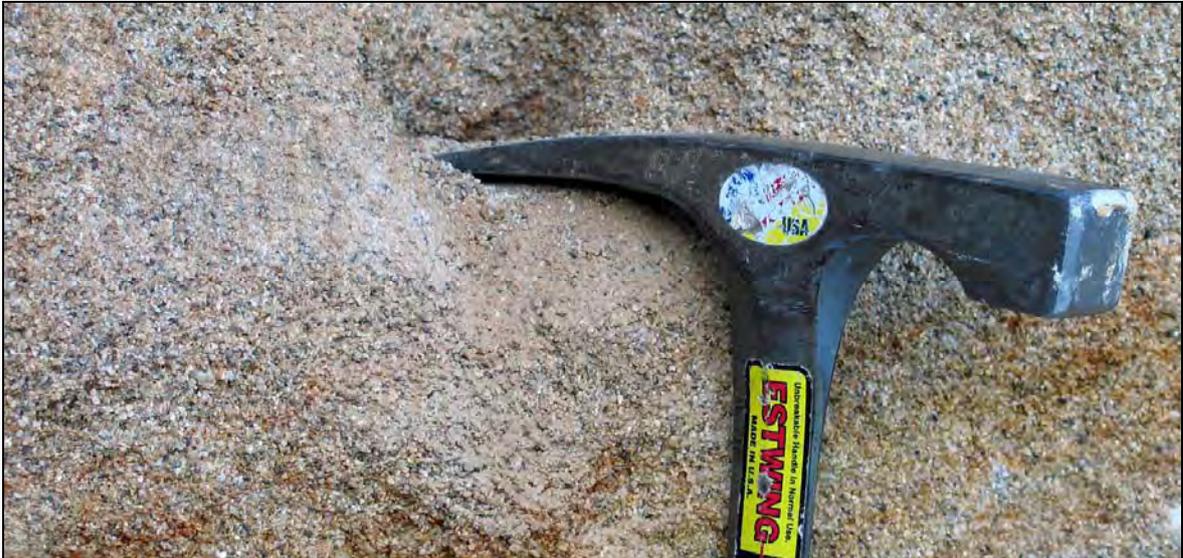


Abb. 6.3: Grob- und Mittelsande des Badeniums, in einem Straßenaufschluss etwa 500 m nördlich des Ortsrands von Pinkafeld.

6.2.3 Ton, Sand, Kies des Sarmatiums

In der Beilage 3 sind drei geographische Vorkommen von Sedimenten des Sarmatiums verzeichnet: Am nördlichen Beckenrand, südlich der anstehenden Sedimente des Badeniums, in einer N-S verlaufenden Hochzone linksufrig der Lafnitz und rechtsufrig des Stögersbachs zwischen Kroisegg und Allhau und im äußersten Süden des Teiluntersuchungsgebietes bei Kalch, direkt nördlich anschließend an das Paläozoikum der südburgenländischen Schwelle (Kap. 3.2.4). Generell sind nach ZORN (2000), HERRMANN (1984) und GEUTEBRÜCK (1978) die Sedimente des Sarmatiums überwiegend grobkörnig ausgebildet, es dominieren fossilere Sande und Kiese, E von Pinkafeld werden aber auch schluffig-feinsandige Ablagerungen beschrieben. Einen derartigen Feinsand zeigt Abbildung 6.4 in einer Sandgrube ca. 1 km E des Ortszentrums von Pinkafeld. Die weitgehende Fossilarmut erschwert über weite Strecken eine detaillierte stratigraphische Einstufung. Die südlichen Vorkommen bei Kalch gehen auf WINKLER (1927, a) zurück und sind ebenso sanddominiert.



Abb. 6.4: Feinsande des Sarmatium in einer Sandgrube etwa 1 km E des Ortszentrums von Pinkafeld.

6.2.4 Sedimente des Pannoniums

Die Sedimente des Pannoniums bedecken den größten Bereich des Teiluntersuchungsgebietes. Dabei muss festgehalten werden, dass im Gegensatz zum steirischen Anteil des Steirischen Beckens moderne, flächen-deckende sedimentologische und stratigraphische Untersuchungen des Pannoniums im Burgenland nicht vorliegen. Die Arbeiten von GROSS (2003, 2004) geben zwar ein modernes Bild der Stratigraphie des Oststeirischen Beckens wieder, das Burgenland ist davon jedoch ausgenommen. Auch in älteren Arbeiten, z.B. bei KOLLMANN (1965) wird das Burgenland nur sehr untergeordnet behandelt. Einzig die Arbeiten von WINKLER (1927 a, c) und die Dissertation von SAUERZOPF (1950) behandeln den südburgenländischen Raum, wobei auch hier nur bedingt ein stratigraphisch-geologischer Überblick gegeben wird. In den neueren Kartenwerken von HERRMANN et al. (1993) und PASCHER (1999), letztere bildet ja auch die Grundlage für die gegenständliche Beilage 3 (Kap. 6.1), werden daher die Sedimente des Pannoniums stratigraphisch nicht unterschieden und mit der Sammelsignatur „Ton, Sand, Kies“ zusammengefasst. Schon wenige Geländeta-ge des Autors der vorliegenden Arbeit zeigten aber die vielfältige lithologische Ausprägung der Sedimente des Pannoniums. Es soll daher auf Basis der Fachliteratur und eigener Erfahrungen einen kurzen Abriss über die generelle Situation des Pannoniums im Südburgenland geben werden. Dabei wird, wie auch in der spezi-fischen Literatur, die von PAPP (1951) für das Wiener Becken entwickelte Gliederung („Papp-Zonen“ A bis H) für die Gliederung des Pannoniums im Oststeirischen Becken angewandt. Bei diesen faziesgebundenen Biozonen entsprechen die Zonen A, B und C dem Unteren Pannonium, die Zonen D und E dem Mittleren Pannonium und die Zonen F, G und H dem Oberen Pannonium.

Nach SAUERZOPF (1950, 1952) stellt das Oststeirische Becken im Pannonium eine relativ seichte Meer-esmulde dar, wodurch neben Tonen, Schluffen und Sanden auf rhythmisch wiederkehrend Schotter abgelagert wurden. Im Pannonium zeigt der umgebende Bereich der Südburgenländischen Schwelle (entspricht im We-sentlichen dem Teiluntersuchungsgebiet) eine verstärkte Absenkungstendenz. Bezogen auf die gesamte Füllung des Oststeirischen Beckens sind dadurch gegen Osten hin immer jünger werdende Sedimente des

Pannoniums an der Oberfläche anstehend. So kommt es, dass im (noch steirischen) Raum Fürstenfeld und im äußersten Westen des Teiluntersuchungsgebietes vorwiegend Sedimente der PAPP-Zonen B und C anstehend sind, während im östlichen beziehungsweise burgenländischen Anteil des Beckens vermutlich überwiegend Pannonium der Zone D bis G anstehend ist. GROSS (2003) zeigt dies in einem schematischen NW-SE Schnitt durch das Steirische Becken, welcher in Abbildung 6.5 wiedergegeben ist. Die in der Abbildung genannte Feldbach-Formation umfasst Pannonium der Zone C, die Paldau-Formation umfasst Pannonium der Zone C. Es ist zu erkennen, dass im südöstlichen Teil des Beckens (Südburgenland) an der Oberfläche Sedimente anstehend sind, welche die Paldau-Formation überlagern. In der schematischen Darstellung in Abbildung 6.5 sind die überlagernden Sedimente die „Schichten von Loipersdorf und Unterlamm“ („L/U“ in Abbildung 6.5) und die „Kohle von Schiefer und Henndorf“ („Sc“ in Abbildung 6.5) sowie die „Taborer Schotter“ („Ta“ in Abbildung 6.5) und die Kapfenstein-Subformation („Ka“ in Abbildung 6.5).

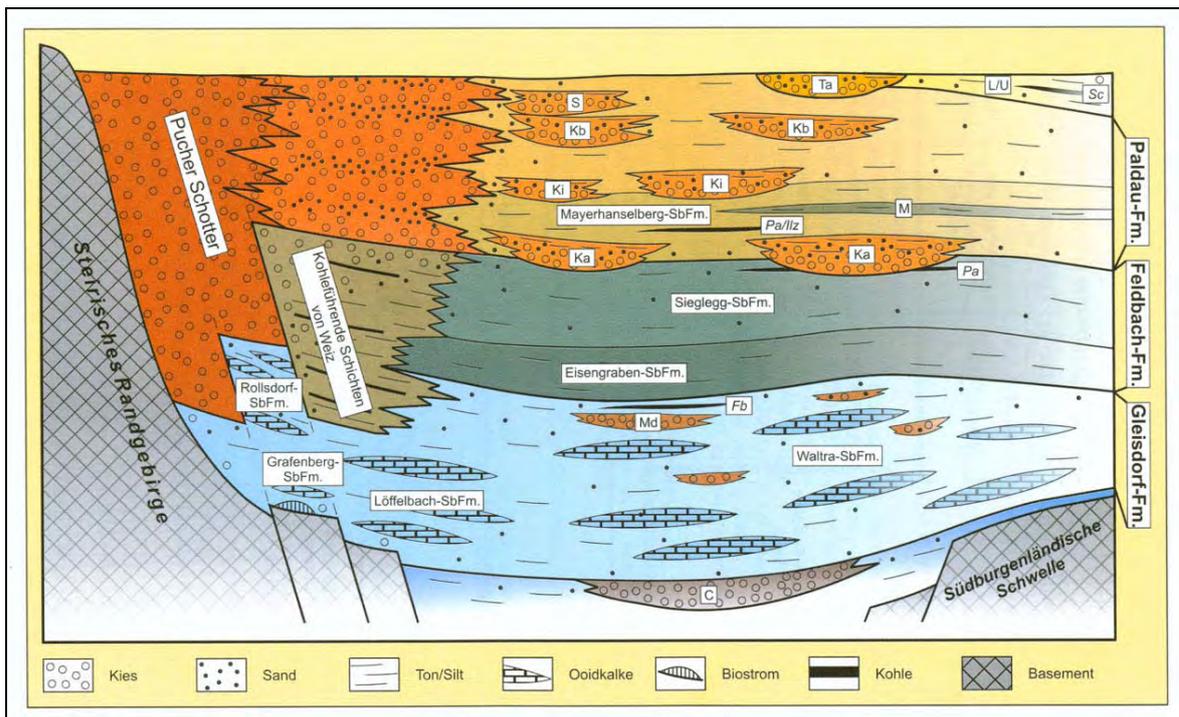


Abb. 6.5: Schematische NW-SE Profil durch das Steirische Becken mit Eintrag wichtiger stratigraphischer Formationen nach GROSS (2003). Relevant ist die Überdeckung der Paldau-Formation (Pannon Zone C) durch jüngere Pannonische Sedimente im südöstlichen (burgenländischen) Beckenabschnitt. „Ta“ Taborer Schotter; „L/U“ Schichten von Loipersdorf und Unterlamm; „Sc“ Kohle von Schiefer und Henndorf; „Ka“ Kapfenstein-Subformation.

Die oben angeführten Schichtglieder im Hangenden der Paldau-Formation sind mit hoher Wahrscheinlichkeit die überwiegend im zentralen Bereich des Teiluntersuchungsgebietes anstehenden Serien. Unter Berücksichtigung der Arbeiten von WINKLER (1927 a, c), SAUERZOPF (1950, 1952), KOLLMANN (1965), GROSS (2003) und PILLER et al. (2004) können Aussagen zur Lithologie und zur Stratigraphie dieser Serien wiedergegeben werden. In Tabelle 6.1 sind diese Aussagen in tabellarischer Form zusammengefasst, gegliedert nach PAPP (1951). Die Basis bilden die Sedimente der „Paldau-Formation“ der Papp-Zone C, welche durch Einschaltungen von großflächigen fluviatilen Kies-Schüttungen geprägt sind. Darüber folgen die zentral abgelagerten „Schichten von Loipersdorf und Unterlamm“ welche den Papp-Zonen D und E (Mittleres Pannonium) zugerechnet werden. Es handelt sich um eine Wechsellagerung von Sanden und bunten Tonen / Schluffen mit untergeordneten Kieslagen. Die Fossilfunde in diesen Schichten deuten auf eine enge Beziehung zu den

von SAUERZOPF (1950, 1952) beschriebenen „Schichten von Stegersbach“ hin, welche im Großraum Stegersbach und dem südlichen Stremtal beschrieben sind. Typisch für diese beiden Schichten ist die Ausbildung von Braunkohlenflözen im Hangenden des Schichtpaketes (Zone E), welche als „Kohle von Schiefer und Henndorf“ bezeichnet werden. Abbildung 6.6 zeigt typische Ausprägungen der Schichten von Loipersdorf und Unterlamm bzw. der Schichten von Stegersbach: Auf der rechten Bildseite ist eine sandige Ausprägung am Ranzelberg S Rauchwart im Stremtal wiedergegeben und auf der linken Bildseite sind blaue tonig/schluffige Lagen bei Harterberg N von Jennersdorf wiedergegeben.

| Abschnitt | PAPP-Zone | Schichtname | Lithologie |
|---------------------|-----------|---|--|
| Oberes Pannonium | G | Schichten von Jennersdorf | Blaugrüne Schluffe und Tone |
| | | Taborer Schotter | Fein- Mittelkiese (Quarz), Sande, untergeordnet Schluff- u. Tonlagen |
| | F | <i>Schichtlücke</i> | <i>Erosionsniveau</i> |
| Mittleres Pannonium | E | Kohle von Schiefer u. Henndorf | Lignit |
| | D | Schichten von Loipersdorf und Unterlamm / Schichten von Stegersbach | Sande und bunte Schluff/Tone, untergeordnet Kieslagen |
| Unteres Pannonium | C | Paldau-Formation | Sande, Schluffe/Tone, großflächige Kies-Schüttungen |

Tab. 6.1: Gliederung des Pannoniums und Lithologie im zentralen Bereich des Teiluntersuchungsgebietes nach WINKLER (1927 a, c), PAPP (1951), SAUERZOPF (1950, 1952), KOLLMANN (1965), GROSS (2003) und PILLER et al. (2004).



Abb. 6.6: Die „Schichten von Loipersdorf und Unterlamm“ bzw. die „Schichten von Stegersbach“; sandige Ausprägung am Ranzelberg S Rauchwart rechts und blaue tonig/schluffige Lagen bei Harterberg N Jennersdorf links.

Die Schichten von Loipersdorf und Unterlamm bzw. der Schichten von Stegersbach werden diskordant nach einer Erosionsgrenze von den „Taborer Schottern“ überlagert, welche in Zone G (Oberes Pannonium) gestellt werden. Es handelt sich um schräggeschichtete Fein- und Mittelkiese mit überwiegenden Quarz- und Gneisanteilen sowie Sanden. Untergeordnet treten Schluff und Tonlagen auf. Es wird ein fluviatiles Ablagerungsmilieu (im Gegensatz zu einem marinen bis brackischen Milieu bei den vorhergehenden, älteren Serien) angenommen. Abbildung 6.7 zeigt anstehende Taborer Schotter in einer ehemaligen Kiesgrube unmittelbar westlich von Mühlgraben, etwa 1 km NE des namensgebenden Schlosses Tabor. Die teilweise schräg geschichteten sandigen Kiese (fein- mittelsandiger Fein- Mittelkies) mit Zwischenlagen von sanddominierten Lagen im dm-Bereich bilden im Aufschluss eine bis zu 8 m hohe senkrechte Wand. Die „Taborer Schotter“ werden noch innerhalb der Zone G von den „Schichten von Jennersdorf“ überlagert. Dies sind vermutlich limnisch gebildete Schluffe und Tone mit einer auffälligen blaugrünen Färbung.



Abb. 6.7: Sandige Kiese der Taborer Schotter in einer Kiesgrube bei Mühlgraben 1 km NE von Schloss Tabor.

Gemäß den oben angeführten Autoren kann über die Verbreitung der Serien des Pannoniums im Teiluntersuchungsgebiet folgendes ausgesagt werden: Sowohl im Norden in Beckenrandnähe als auch im äußersten Süden bei Neuhaus und Krottendorf stehen vermutlich Sedimente der Paldau-Formation an. Der gesamte zentrale Bereich des burgenländischen Anteils des Beckens wird überwiegend von den Schichten von Loipersdorf und Unterlamm bzw. den Schichten von Stegersbach aufgebaut. Dabei ist anzumerken, dass die stratigraphische Zuordnung der anstehenden Sedimente östlich der Südburgenländischen Schwelle, also im eigentlichen Pannonischen Becken (Kap. 3.1), nicht gemäß der PAPP-Gliederung erfolgen kann. Dies ist bedingt durch unterschiedliche Leitfossilien im Pannonischen Becken. Die stratigraphische Position der Schichten im äußersten Osten des Untersuchungsgebietes ist daher ungewiss. Südlich der Lafnitz und vor allem südlich der Raab werden die Schichten von Loipersdorf und Unterlamm bzw. die Schichten von Stegersbach und teilweise auch der Paldau-Formation stellenweise von den „Taborer Schottern“ überlagert (WINKLER, 1927 a; SAUERZOPF, 1950). Je nach Bearbeiter sind auch noch vereinzelte Vorkommen nördlich der Lafnitz ausgewiesen. Die „Schichten von Jennersdorf“ scheinen nur eine sehr lokale Bedeutung in Talnähe bei Jennersdorf und Grieselstein aufzuweisen.

In ihrem Auftreten ebenso lokal sehr beschränkt sind die „Süßwasserkalke“ des Pannoniums. In der Beilage 3 sind sie auflagernd bzw. angrenzend an die Gesteine des Paläozoikums der südburgenländischen Schwelle (Kap. 3.2.4) im Raum Henndorf und Kohfidisch verzeichnet. Diese meist geringmächtigen Kalke werden von KOLLMANN (1965) in die Papp-Zonen „G oder H“ jedenfalls aber in das Obere Pannonium gestellt.

6.2.5 Basaltischer Tuff

Die Schichtfolge des Pannoniums wird an einigen Stellen durch einen im Pliozän und vermutlich auch im Pleistozän aktiven Vulkanismus durchschlagen (ZORN, 2000). Es handelt sich um Laven und Tuffe, welche schlotartig aus dem Beckenuntergrund die gesamte neogene Schichtfolge durchdringen. Die Vulkanite wurden umfangreich beschrieben und untersucht, unter anderem von JUGOVICS (1916), KOLLMANN (1965), SAUERZOPF (1986), KRÖLL et al. (1988) und BALOGH et al. (1994). Demnach liegen die Schloten als verhältnismäßig dünne Kanäle im Untergrund vor, die sich erst in unmittelbarer Oberflächennähe erweitern. Durch Erosion werden die im Vergleich zu den Sedimenten des Pannoniums und des Quartärs härten vulkanischen Abfolgen stellenweise freigelegt. Dadurch entstehen eindrucksvolle Landschaftskullisen, wie etwa der Schlossberg von Güssing, welcher zur Gänze aus Tuffen besteht. Abbildung 6.8 zeigt den Schlossberg in Blickrichtung SE. Weitere Vorkommen der Tuffe im Teiluntersuchungsgebiet finden sich am Kalvarienberg von Tobaj, in der Gemeinde Kukmirn (Gründelsberg NE von Limbach), NW von Jennersdorf und im äußersten Süden des Untersuchungsgebietes bei Neuhaus am Klausenbach, wobei hier neben den Tuffen auch Laven anzutreffen sind.



Abb. 6.8: Der Schlossberg von Güssing in Blickrichtung SE. Er ist überwiegend aus Tuffen aufgebaut, welche durch Erosion freigelegt wurden.

Der pliozäne/pleistozäne Vulkanismus ist als basaltisch einzustufen, wobei z.B. der Basalttuff von Tobaj als ungeschichtete lockere Masse beschrieben wird, die große Stücke basaltischen Amphibols, Olivinbomben und untergeordnet schlackige Lavastücke und Fremdeinschlüsse enthält (JUGOVICS, 1916). Den Aufbau des Güssinger Schlossberges beschreibt JUGOVICS (1916) als geschichtet wobei die unteren Lagen aus Asche und Sand sowie Basaltlapilli und kiesigen Fremdeinschlüssen bestehen. In den hangenden Lagen wird der Tuff brekziöser, Basaltlapilli und Amphibol wird häufiger, Fremdeinschlüsse werden seltener. An Mineralien treten überwiegend Augit, Plagioklas und Nephelin auf. Abbildung 6.9 zeigt den Tuff knapp unterhalb des Schlosses Güssing in der Ausbildung als Basaltbrekzie.



Abb. 6.9: Der hangende Tuff des Güssinger Schlossberges in der Ausbildung als Basaltbrekzie.

6.2.6 Quartäre Ablagerungen

WINKLER-HERMADEN (1955) hat die quartären Sedimente des Teiluntersuchungsgebietes umfangreich bearbeitet und unterscheidet dabei bis zu sieben unterschiedliche Terrassenniveaus. Diese Ergebnisse wurden von PASCHER (1999) größtenteils übernommen. Die Terrassensedimente der verschiedenen Niveaus des Pleistozäns sind dabei aber lithologisch sehr ähnlich, in der Geländearbeit des Autors der vorliegenden Arbeit konnten keine markanten lithologischen Unterschiede festgestellt werden und auch die Abgrenzung der verschiedenen Niveaus war in den seltensten Fällen nachvollziehbar. Da für die gegenständliche Fragestellung (Kap. 1.3) lithologische Merkmale von höherer Relevanz sind als die Zuordnung zu verschiedenen Terrassenniveaus, werden die Terrassensedimente wie bereits auch in Kapiteln 4.2.11 und 5.2.10 zusammengefasst dargestellt. In der Beilage 3 werden die Terrassensedimente daher nur in zwei Gruppen gegliedert. **Ältere Terrassenschotter** befinden sich in Nahelage zum nördlichen Beckenrand im Raum Pinkafeld-Oberschützen und Zuberbach-Dürnbach sowie S von Rechnitz. Diese Sedimente werden von WINKLER-HERMADEN (1955) und PASCHER (1999) in den Zeitraum zwischen Oberes Pliozän und Unteres Pleistozän gestellt und sind neben dem höherem Ablagerungsniveau nach HERRMANN (2000) durch das Fehlen einer Schluffbedeckung nennenswerter Mächtigkeit geprägt. Die verbleibende neogene Beckenfüllung ist häufig von **Jüngeren Terrassenschottern mit Schluffbedeckung** überlagert, wobei im Besonderen die Vorkommen an den linksufrigen Flanken der Flusstäler der Strem, Lafnitz und Raab (hier auch rechtsufrig) zu nennen sind. Bei diesen Sedimenten, welche zeitlich das Untere und Mittlere Pleistozän (WINKLER-HERMADEN, 1955; PASCHER, 1999) umfassen, ist die Bedeckung mit Schluff bzw. Lößlehm deutlicher ausgeprägt (HERRMANN, 1984; 2000), wobei die Mächtigkeit der Bedeckung stark schwankt. Die Komponenten aller Terrassensedimente werden von ZORN (2000) als schlecht gerundete, vorwiegend Quarze und Quarzite beschrieben. Der Korndurchmesser beträgt max. 10cm, von HERRMANN (1984) werden nur W von Pinkafeld vorkommen mit einem Durchmesser von 25 cm beschrieben. Es dominieren Komponenten aus Quarz und Quarzit, durch eingelagerte Sande weisen die Sedimente häufig eine gelbe und rötliche Färbung auf (HERRMANN, 2000). Abbildung 6.10 zeigt typische Jüngere Terrassenschotter linksufrig des Hoppachbachs

am nördlichen Ortsende von Eltendorf (Lafnitztal). Es dominieren grobe, schlecht gerundete Quarzkomponenten in grobsandiger Matrix, eine Rotfärbung ist erkennbar.

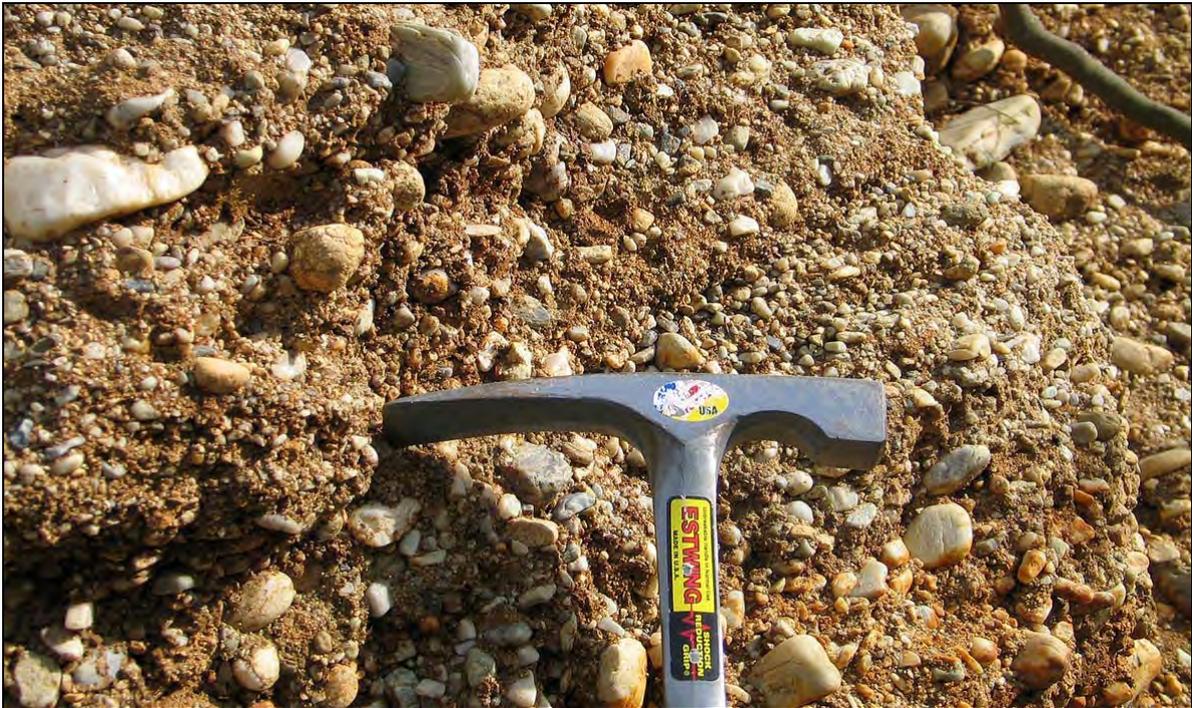


Abb. 6.10: Jüngere Terrassenschotter linksufrig des Hoppachbachs am nördlichen Ortsende von Eltendorf (Lafnitztal): Grobe, schlecht gerundete Quarzkomponenten in rötlicher, grobsandiger Matrix.

Aufgrund des Sedimentinhaltes ist der **Rechnitzer Schuttfächer** südlich von Rechnitz und Markt Neuhodis klar von den Terrassensedimenten zu unterscheiden. Nach HERRMANN & PAHR (1988) handelt es sich um grobe und eckige bis kaum gerundete Kristallinkomponenten die keine Spuren eines fluviatilen Transportes aufweisen. Die Autoren leiten daraus einen unter glazialen Bedingungen trocken transportierten Schutt ab, dessen Bildung in mehreren Phasen spätestens im Mindel begonnen hat.

Untergeordnet treten im Teiluntersuchungsgebiet **Ältere Talfüllungen** auf, die nicht mehr mit dem heutigen Entwässerungsnetz in Zusammenhang stehen, so z.B. SE von Miedlingsdorf. Dabei handelt es sich um Kiese und Auelehme (PASCHER, 1999). **Vernässungen und Moore** sind in der Beilage 3 großflächig im Lafnitztal SW von Wolfau ausgeschieden. In den ebenen und teilweise sehr breiten Tälern der Lafnitz, Pinka, Strem und Raab sowie in unzählige Zubringer und Seitentäler bilden **Jüngste Talfüllungen** den anstehenden Untergrund. Diese sind aus fluviatil abgelagerten Kiesen, Sanden und Tonen aufgebaut, wobei die Sande meist dominieren (HERRMANN, 1984).

6.3 Verbreitung von Kriechbewegungen, Merkmale, Schäden und Gliederung

Im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens konnten in drei Kartierungskampagnen (in den Jahren 2005, 2006 und 2010, siehe Kapitel 2.2) insgesamt 193 Kriechbewegungen dokumentiert werden. Die Lage und Ausdehnung der aufgenommenen Kriechbewegungen sind in der Beilage 3 verzeichnet. In Tabelle 6.2 sind morphologische Merkmale und Angaben zu verursachten Schäden sowie die planimetrische Fläche der einzelnen Bewegungen gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.2 tabellarisch angeführt. Ergänzend sind in Tabelle 6.2 jene morphologischen Merkmale und Schäden mit roter und unterstrichener Signatur vermerkt, die maßgeblich für die Abgrenzung der Kriechbewegungen zum Zeitpunkt der Kartierung waren.

Im Gegensatz zu den Ausführungen in Kapitel 2.2 und den Tabellen in den Kapiteln 4.3 und 5.3, wird der Begriff „Sanierung“ in Tabelle 6.2 etwas abgeändert angewendet. Durch die Kriechbewegungen im Steirischen Becken konnten sehr häufig Schäden an Straßen dokumentiert werden, die auch oftmals bereits (teilweise wiederholt) saniert wurden. Der Begriff „Sanierung“ in Tabelle 6.2 umfasst neben der Sanierung der Bewegung auch umfangreiche Straßensanierungen. Die Sanierung einer Straße wird in Tabelle 6.2 dann vermerkt, wenn diese entweder von kundigen Personen mitgeteilt wurde, oder wenn diese durch markante Straßenbelagsänderungen deutlich ersichtlich war. Straßenschäden sind nur dann angeführt, wenn tatsächlich auch aktuelle Schäden sichtbar waren.

Neben Kriechbewegungen konnten ebenso schnelle Massenbewegungen (Prozess Gleiten und Fließen, siehe Kap 1.1.1) beobachtet werden, diese werden in Kapitel 6.5 behandelt.

| Kriechbewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Bewegung Nr. | Morphologische Merkmale | | | | | | | | Schäden | | | Fläche Planimetrische Fläche 1000 m ² |
| | Nackental | Hang übersteilt | Nasenbildung | Abrisskante | Setzungen | Wellige Morphologie | Schrägwuchs | Feuchtstellen | Straßen-schäden | Gebäude-schäden | Sanierung | |
| S1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 3,4 |
| S3 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | 15,6 |
| S4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 0,8 |
| S5 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 26,0 |
| S8 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 3,3 |
| S11a | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 4,4 |
| S11b | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | 0,9 |
| S12 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | 1,5 |
| S14 | | <input checked="" type="checkbox"/> | 4,2 |
| S15a | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 16,4 |
| S15b | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 14,8 |
| S16 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 1,0 |
| S17 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 2,1 |
| S18 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 0,05 |
| S19 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 9,1 |
| S20 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 12,2 |
| S21 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 5,7 |
| S22 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 14,4 |
| S23 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 4,7 |
| S24a | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 19,5 |
| S24b | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 6,3 |
| S25 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 2,5 |
| S27 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | 3,4 |
| S28 | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 6,0 |
| S29 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 23,2 |
| S30a | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 1,4 |
| S30b | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 1,4 |
| S31a | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 7,5 |
| S31b | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 10,0 |
| S32 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 0,4 |
| S33 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 0,6 |
| S34 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 6,2 |
| S35 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | 2,7 |

| Kriechbewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Bewegung Nr. | Morphologische Merkmale | | | | | | | | Schäden | | | Fläche Planimetrische Fläche 1000 m ² |
| | Nackental | Hang übersteilt | Nasenbildung | Abrisskante | Setzungen | Wellige Morphologie | Schrägwuchs | Feuchtestellen | Straßen-schäden | Gebäude-schäden | Sanierung | |
| S36 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 1,7 |
| S37 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 0,1 |
| S38 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 4,9 |
| S39 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | 0,7 |
| S40 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 6,0 |
| S41 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 4,3 |
| S42 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 2,5 |
| S43 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 269,8 |
| S44 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 17,0 |
| S45a | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 17,1 |
| S45b | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 55,9 |
| S46 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 18,5 |
| S47 | | <input checked="" type="checkbox"/> | 206,3 |
| S48 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 100,5 |
| S49 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 33,4 |
| S51a | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 13,0 |
| S51b | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 1,9 |
| S52a | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 61,3 |
| S52b | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 29,1 |
| S53 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 66,5 |
| S54a | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 12,4 |
| S54b | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 34,7 |
| S55 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 37,9 |
| S56 | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 8,8 |
| S57 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 12,7 |
| S58 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 24,8 |
| S61 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 5,3 |
| S63 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 27,4 |
| S64 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 10,8 |
| S65 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 5,2 |
| S66 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 1,4 |
| S67 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 4,0 |
| S68 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 12,4 |
| S69 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 22,9 |

| Kriechbewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Bewegung Nr. | Morphologische Merkmale | | | | | | | | Schäden | | | Fläche Planimetrische Fläche 1000 m ² |
| | Nackental | Hang übersteilt | Nasenbildung | Abrisskante | Setzungen | Wellige Morphologie | Schrägwuchs | Feuchtstellen | Straßen-schäden | Gebäude-schäden | Sanierung | |
| S70 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 10,3 |
| S71a | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 0,6 |
| S71b | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 1,2 |
| S72 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 12,9 |
| S73 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 93,1 |
| S74 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 7,8 |
| S75 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | 10,7 |
| S76 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 1,6 |
| S77 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 24,0 |
| S78 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | 5,3 |
| S79 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 42,4 |
| S80 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 7,9 |
| S81 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | 25,8 |
| S82 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 2,8 |
| S83 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | 5,9 |
| S84 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 24,3 |
| S85 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 11,5 |
| S86 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 5,0 |
| S87 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 97,4 |
| S88 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 20,5 |
| S89 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 163,0 |
| S90 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 21,7 |
| S91 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 7,9 |
| S92 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 7,0 |
| S93 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 12,5 |
| S94 | <input checked="" type="checkbox"/> | | 34,6 |
| S95 | | <input checked="" type="checkbox"/> | 52,0 |
| S96 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 81,7 |
| S97 | | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 18,9 |
| S98 | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 4,1 |
| S99 | <input checked="" type="checkbox"/> | | 326,4 |
| S100 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 45,4 |
| S101 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 224,0 |
| S102 | | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 16,0 |

| Kriechbewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Bewegung Nr. | Morphologische Merkmale | | | | | | | | Schäden | | | Fläche Planimetrische Fläche 1000 m ² |
| | Nackental | Hang übersteilt | Nasenbildung | Abrisskante | Setzungen | Wellige Morphologie | Schrägwuchs | Feuchtestellen | Straßen-schäden | Gebäude-schäden | Sanierung | |
| S103 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 46,1 |
| S104 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 52,5 |
| S105 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 72,6 |
| S106 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 9,6 |
| S107 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 4,8 |
| S108 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 1,7 |
| S109 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 13,5 |
| S110 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 13,9 |
| S111 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 18,0 |
| S112 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 53,9 |
| S113 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 70,4 |
| S114 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 3,8 |
| S115 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 5,5 |
| S116 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 61,0 |
| S117 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 9,2 |
| S118 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 5,8 |
| S119 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 6,5 |
| S120 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 4,7 |
| S121 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | 13,4 |
| S122 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 29,8 |
| S123 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 10,8 |
| S124 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 43,3 |
| S125 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 42,8 |
| S126 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 2,4 |
| S127 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 58,0 |
| S128 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 3,6 |
| S129 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 10,7 |
| S130 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 100,1 |
| S131 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 32,1 |
| S132 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 37,2 |
| S133 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 144,6 |
| S134 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 84,4 |
| S135 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | 52,7 |
| S136 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 19,1 |

| Kriechbewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Bewegung Nr. | Morphologische Merkmale | | | | | | | | Schäden | | | Fläche Planimetrische Fläche 1000 m ² |
| | Nackental | Hang übersteilt | Nasenbildung | Abrisskante | Setzungen | Wellige Morphologie | Schrägwuchs | Feuchtestellen | Straßen-schäden | Gebäude-schäden | Sanierung | |
| S137 | <input checked="" type="checkbox"/> | | 129,6 |
| S138 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 49,6 |
| S139 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 87,4 |
| S140 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 44,7 |
| S141 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 63,9 |
| S142 | | <input checked="" type="checkbox"/> | 36,8 |
| S143 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 30,8 |
| S144 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 7,5 |
| S145 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 18,9 |
| S146 | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 3,5 |
| S147 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | 7,5 |
| S148 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 6,1 |
| S149 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 10,3 |
| S150 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 7,9 |
| S151 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 4,5 |
| S152 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 21,8 |
| S153 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 45,2 |
| S154 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | 8,2 |
| S155 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 13,2 |
| S156 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 3,4 |
| S157 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 36,3 |
| S158 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 6,8 |
| S159 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 1,8 |
| S160 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 9,8 |
| S161 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | 1,7 |
| S162 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 1,1 |
| S163 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 3,5 |
| S164 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 0,7 |
| S165 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | 47,1 |
| S166 | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | 4,5 |
| S167 | | <input checked="" type="checkbox"/> | 220,3 |
| S168 | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 26,4 |
| S169 | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 7,1 |
| S170 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | 155,5 |

| Kriechbewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------------|--------------|-------------|-----------|---------------------|-------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|---|
| Bewegung Nr. | Morphologische Merkmale | | | | | | | | Schäden | | | Fläche Planimetrische Fläche 1000 m ² |
| | Nackental | Hang übersteilt | Nasenbildung | Abrisskante | Setzungen | Wellige Morphologie | Schrägwuchs | Feuchtstellen | Straßen-schäden | Gebäude-schäden | Sanierung | |
| S171 | <u>☑</u> | ☑ | | | <u>☑</u> | ☑ | <u>☑</u> | | | | | 18,9 |
| S172 | | ☑ | | | ☑ | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | | | | 12,8 |
| S173 | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | ☑ | | <u>☑</u> | | 81,8 |
| S174 | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | ☑ | <u>☑</u> | ☑ | <u>☑</u> | ☑ | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | 84,5 |
| S175 | | ☑ | | | ☑ | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | 18,6 |
| S176 | | ☑ | | <u>☑</u> | | ☑ | | | | | | 1,0 |
| S177 | | | | | ☑ | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | | <u>☑</u> | | 188,4 |
| S178 | | ☑ | | | <u>☑</u> | ☑ | <u>☑</u> | | | <u>☑</u> | | 9,8 |
| S179 | | ☑ | | | ☑ | <u>☑</u> | <u>☑</u> | | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | 51,4 |
| S180 | | | | ☑ | ☑ | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | <u>☑</u> | | ☑ | 108,3 |
| S181 | | ☑ | | <u>☑</u> | | ☑ | | | | | | 3,5 |
| S182 | | ☑ | | <u>☑</u> | ☑ | <u>☑</u> | | | | | | 1,1 |
| S183 | | <u>☑</u> | | | | | <u>☑</u> | | | | | 24,7 |
| S184 | | <u>☑</u> | | | | | <u>☑</u> | | | | | 1,7 |
| S185 | | ☑ | | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | | | | | 0,9 |
| S186 | | ☑ | | ☑ | ☑ | <u>☑</u> | <u>☑</u> | | | | | 3,6 |
| S187 | <u>☑</u> | ☑ | | | ☑ | <u>☑</u> | ☑ | | | | | 5,9 |
| S188 | | ☑ | | | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | 17,7 |
| S189 | | ☑ | | <u>☑</u> | ☑ | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | <u>☑</u> | | ☑ | 7,6 |
| S190 | | ☑ | | | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | <u>☑</u> | | | 87,4 |
| S191 | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | | | | 35,5 |
| S192 | | ☑ | | | <u>☑</u> | ☑ | ☑ | | ☑ | <u>☑</u> | ☑ | 54,6 |
| S193 | | | | | <u>☑</u> | <u>☑</u> | ☑ | | | | | 144,5 |

Tab 6.2: Morphologische Merkmale, Schäden und Flächen der Kriechbewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens. Mit roter und unterstrichener Signatur sind jene morphologischen Merkmale und Schäden vermerkt, die maßgeblich für die Abgrenzung der Kriechbewegungen zum Zeitpunkt der Kartierung waren.

Für die weitere Betrachtung ist eine Gliederung der kartierten Kriechbewegungen gemäß der für die Bewegung verantwortlichen lithostratigraphischen Einheiten (Kap. 6.2) zielführend und wird daher wie folgt für den burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens umgesetzt:

- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Karpatiums**
- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Badeniums** und **Sarmatiums** sowie im Grenzbereich **Sarmatium-Pannonium**.
- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Pannoniums**

Wie bereits in Kap. 4.3 und 5.3 beschrieben, spiegelt die Gliederung nach lithostratigraphischen Einheiten einerseits eine gemeinsame Position der Bewegungen im Bezug auf die Entfernung vom Beckenrand wieder und beschreibt damit auch gewisse morphologische Verhältnisse. Die zentralen Bereiche des Beckens sind generell morphologisch flacher ausgebildet als die Beckenränder (Kap. 6.1). Andererseits weisen die unterschiedlichen lithostratigraphischen Einheiten auch typische sedimentologische Eigenschaften auf. Die Sedimente des Karpatiums sind dabei am äußersten Rand des Beckens bzw. bereits in den angrenzenden Hochzonen situiert und sind auch jene Abfolgen, welche den geringsten Anteil an feinkörnigen Material (Ton, Schluff) aufweisen (Kap. 6.2.1). Die Sedimente des Badeniums und Sarmatiums sowie die Sedimente im Grenzbereich Sarmatium-Pannonium. (Kap. 6.2.2, 6.2.3) sind in Nahelage zum Beckenrand situiert (Beilage 3) und sind gemischtkörnig aufgebaut. Die Sedimente des Pannoniums (Kap. 6.2.4) treten im zentralen Bereich des Beckens auf und sind ebenso gemischtkörnig aufgebaut.

Im Gegensatz zur geographischen Verteilung der Bewegungen im Eisenstädter und Oberpullendorfer Becken (Kap. 4.3 und 5.3), wo die Bewegungen überwiegend in Nahelage zum Beckenrand situiert sind, treten im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens die Bewegungen im gesamten Becken auf. Damit unterscheidet sich die Verteilung der Bewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens deutlich von jener der weiter nördlich gelegenen Beckenlandschaften und diese Verteilung ist für das Steirische Becken als charakteristisch anzusehen.

6.4 Charakteristische Eigenschaften ausgewählter Kriechbewegungen

Eine Gliederung der aufgenommenen Kriechbewegungen gemäß der für die Bewegung verantwortlichen lithostratigraphischen Einheiten, wie sie bereits in Kapitel 6.3 vorgestellt wurde, soll auch für die Angabe charakteristischer Eigenschaften ausgewählter Kriechbewegungen beibehalten werden. Typische morphologischen Merkmale und Angaben zu verursachten Schäden sowie die planimetrische Fläche der einzelnen Bewegungen sind gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.2 in der Tabelle 6.2 (Kap. 6.3) angeführt. Die Lage und die Ausdehnung der aufgenommenen Kriechbewegungen sind in der Beilage 3 verzeichnet.

6.4.1 Kriechbewegungen in den Sedimenten des Karpatiums

Darunter fallen 5 Bewegungen, nämlich S81 und S83 bis S86, welche allesamt innerhalb der Sinnersdorf-Formation des Karpatiums (Kap. 6.2.1) situiert sind. Als charakteristisch und besonders ausgeprägt kann die Bewegung S81 N von Wiesfleck betrachtet werden, wobei diese Bewegung schon im oberen Grenzbereich der typischen Geschwindigkeit von Kriechbewegungen agiert, aufgrund der morphologischen Ausprägung aber als solche anzusprechen ist. Abbildung 6.11 zeigt einen Blick auf die Bewegung in Fallrichtung, also mit Blickrichtung Süden. Gemäß den Angaben des Grundstücksbesitzers war dieser Hang bis in die 30er Jahre

des vorigen Jahrhunderts ein überwiegend eben zu bewirtschaftender Hang. In einem sehr schneereichen Winter mit häufigen Wärmeeinbrüchen (wiederholte Schneeschmelze) und starken Regenereignissen, bildet sich dann die Bewegung aus. Dabei ist mit den Jahren ein mehr oder weniger parallel zu den Höhenschichtlinien orientierter Riegel entstanden (Bildmittelgrund in Abb. 6.11, heute mit Obstbäumen bepflanzt). Der Riegel weist eine Höhe von ca. 2 m auf. In der Verebnung vor dem Riegel ist ursprünglich ein Bauernhaus situiert gewesen, welches aufgrund der starken Schäden durch das Wirken der Massenbewegung abgetragen werden musste. Der Hang im Bildvordergrund weist heute noch eine starke Übersteilung auf und ist schwierig zu bewirtschaften. Die ebenso in Abbildung 6.11 ersichtlichen Strommasten müssen bis heute in regelmäßigen Abständen umgesetzt und ausgerichtet werden. Die Bewegung wurde in den 60er Jahren durch tiefgreifende Drainagierungen bis zu einer Tiefe von 7 m saniert. Seitdem sind die Bewegungen des Hanges zwar geringer geworden, jedoch nicht vollständig zum Stillstand gekommen. Wie bereits in Kapitel 5.4.1 beschrieben, sind derartige Bewegungen innerhalb der Sinnersdorf-Formation auf lokal stark erhöhte Anteile der Feinkornfraktion zurückzuführen.



Abb. 6.11: Blick in Fallrichtung mit Blickrichtung Süden auf die Bewegung S81.

6.4.2 Kriechbewegungen in den Sedimenten des Badeniums und Sarmatiums sowie im Grenzbereich Sarmatium-Pannonium.

Zu dieser Kategorie zählen 16 Kriechbewegungen mit den Bezeichnungen S74, S75, S79, S82, S87, S89 bis S91, und S 137 bis S141 im Norden des Teiluntersuchungsgebietes sowie S73, S161 und S170 im äußersten Süden des Teiluntersuchungsgebietes. Die Bewegungen im Norden sind insgesamt durch eine verhältnismäßig steile Morphologie geprägt, da die Nahelage zum Beckenrand noch gegeben ist. Als exemplarisch dafür kann die Bewegung S137 bei Bad Tatzmannsdorf bezeichnet werden. In Ihrer gesamten Ausdehnung zeigt die Bewegung alle morphologischen Merkmale einer großflächigen und tiefgreifenden Kriechbewegung (siehe Tab. 6.2, Kap. 6.3). Die Hauptverkehrsroute B50 (Burgenlandstraße) zeigte im Bereich der Bewegung im Jahr 2006 massive Schäden im Unterbau der Straße (welche zu diesem Zeitpunkt saniert wurden), die nach An-

sicht des Autors auf das Wirken der Kriechbewegung zurückzuführen sind. Abbildung 6.12 zeigt einen Blick im zentralen Bereich der Bewegung von der Baustelle auf der B50 Richtung NW. Die Bewegung ist im Grenzbereich der Sedimente des Sarmatiums und Pannoniums situiert.



Abb. 6.12: Blick Richtung NW auf die Bewegung S137 von der in Sanierung befindlichen B50 aus.

Als Beispiel für eine Bewegung im Grenzbereich zwischen den Sedimenten des Badeniums und des Sarmatiums kann die Bewegung S87 gelten. Es handelt sich ebenso um eine großflächige Bewegung E von Pinkafeld am Gerichtsberg, die zu einer massiven Veränderung der lokalen Morphologie geführt hat. Im Besonderen sind steile Abrisskanten (siehe Tab. 6.2, Kap. 6.3) mit frischen Bodenrissen auffällig, welche die Bewirtschaftung der Wiese erheblich erschweren. Bei dieser Bewegung können die eher gestreckten Abrisskanten als eine extreme Form der welligen Morphologie interpretiert werden (vergleiche Kap. 2.2). Abbildung 6.13 zeigt die lokale Situation mit neu gebildeten Abrisskanten.



Abb. 6.13: Zentraler Bereich der Bewegung S87. Das morphologische Phänomen der welligen Morphologie geht hier in jenes der Abrisskante über.

Im Süden des Teiluntersuchungsgebietes stellen die beiden Bewegungen S73 und S170 ein besonders Phänomen dar. Die Kinematik dieser beiden Bewegungen ist außergewöhnlich, und im Rahmen der vorliegenden Arbeit kann nur die Morphologie beschrieben werden, der tatsächliche Bewegungsmechanismus bleibt offen. Im Umfeld der beiden Kriechbewegungen haben sich im Sommer 2009 auch zahlreiche schnellere Bewegungen ereignet (Kap. 6.5, Beilage 3). Die Lage der beiden Kriechbewegungen sowie der schnellen Bewegungen (ausgelöst 2009) ist in Abbildung 6.14 als Detailkarte der Beilage 3 dargestellt. Als Basis dafür dienen das digitale Geländemodell mit 10 m Auflösung (Kap. 2.1) sowie die geographische Information.

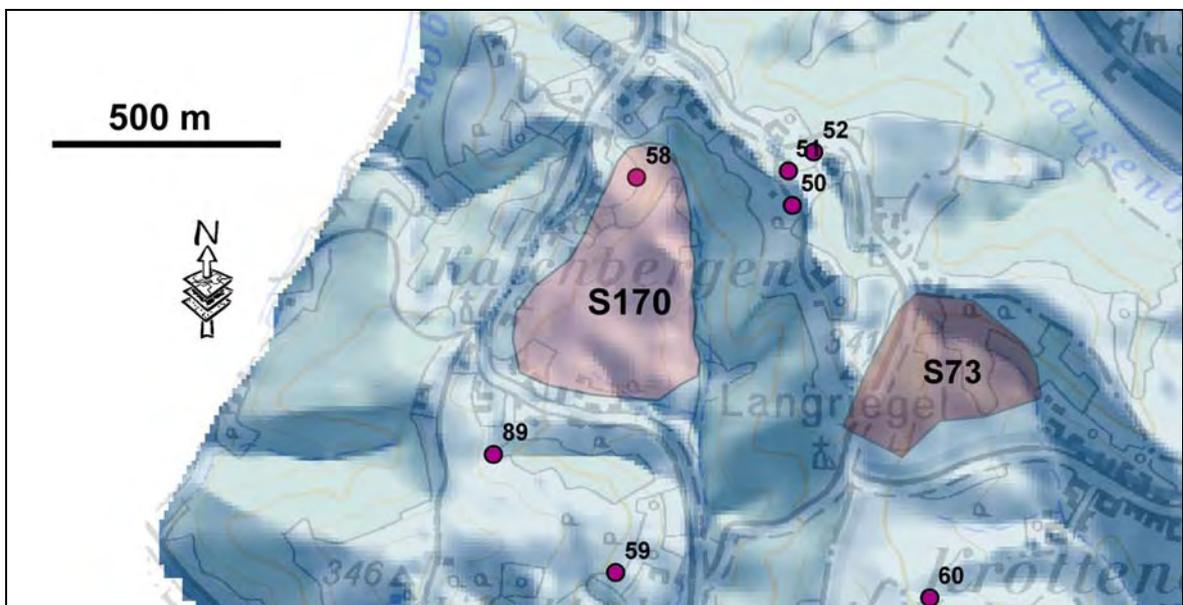


Abb. 6.14: Detaillageplan gemäß Beilage 3 der Kriechbewegungen S170 und S73 und schnelleren Bewegungen ausgelöst im Sommer 2009 (Punktsignaturen) auf Basis des verstärkten 10m-Geländemodells.

Sandig-schluffige Sedimente am Übergang Sarmatium-Pannonium bilden den Untergrund bei der Bewegung S170 bei Kalchbergen. Unregelmäßige Wellen mit bis zu mehreren Metern Höhe beherrschen die Morphologie, wobei die Wellen meist nicht parallel zur Fallrichtung der Hänge ausgebildet sind. Die Wellen können aber ebenso wenig auf Erosion durch Oberflächenentwässerung zurückgeführt werden, da die Gräben keine Entwässerungsstruktur zeigen. Daher ist als Ursache für diese Morphologie eine Massenbewegung anzunehmen. Abbildung 6.15 zeigt die Situation im zentralen Bereich der Bewegung mit Blickrichtung S.



Abb. 6.15: Der zentrale Bereich der Bewegung S170 bei Kalchbergen mit Blickrichtung S.

Die Bewegung S73 westlich des Ortes Krottendorf in der Gemeinde Neuhaus am Klausenbach ist weniger als 500 m östlich der Bewegung S170 situiert. Diese Massenbewegung wurde bereits von WINKLER (1927, a) beschrieben. WINKLER (1927, a) bezeichnet die Bewegung als „Die wandernden Sandberge von Krottendorf“, wörtlich:

„ . . Weiters gehören demselben Gleitniveau [Kongerientegel des Unterpont, entspricht nicht der heutigen Stratigraphie; Anmerkung des Verfassers] die Rutschungen von Krottendorf bei Neuhaus (im südlichen Burgenlande) an, die wahrhaftig abgleitenden Hügeln entsprechen. Die wandernden „Sandberge“ lassen hier eine Seitenbewegung bis zum Ausmaße von über 150 m erkennen.“

Tatsächlich bricht die östliche Flanke des Hügels Langriegel mehr oder weniger in Richtung Osten ab. Bei der Begehung war zum Teil eine fast vollständige Auflösung und Umwälzung der Hangflanke zu beobachten, wie Abbildung 6.16 zeigt. Die Bewegung scheint aber trotzdem mit geringer Geschwindigkeit (kriechend) zu erfolgen, da einerseits Baumwuchs noch stattfindet und andererseits kaum offene Risse im Gelände beobachtet werden konnten. Gegen Osten hin wiederholt sich diese Morphologie an insgesamt drei voneinander abgegrenzten Hügeln beziehungsweise morphologischen Erhebungen. Alle drei Hügeln zeigen ähnliche morphologische Phänomene wie die Flanke des Hangriegels und es liegt der Schluss nahe, dass es sich dabei tatsächlich um abgeglittene Schollen des Langriegels handelt, die auch rezent noch in Bewegung sind. So wären die von WINKLER (1927, a) erwähnten 150 m Seitenbewegung erklärbar. Abbildung 6.17 zeigt die Situation in Blickrichtung N, also in einem W – E Profil.



Abb. 6.16: Die Morphologie der Auflösung des Hangefüges an der Ostflanke des Langriegels bei der Bewegung S73.



Abb. 6.17: Die „wandernden Sandberge von Krottendorf“ (WINKLER, 1927, a) der Bewegung S73 in Blickrichtung N, d.h. im W-E-Profil. Am linken Bildrand ist der steile Abbruch der Ostflanke des Langriegels zu erkennen. Die zwei bewaldeten Hügel mit starkem Schrägwuchs der Bäume stellen vermutlich abgeglittene Schollen des Langriegels dar, wobei die Bewegungsaktivität anhält.

6.4.3 Kriechbewegungen in den Sedimenten des Pannoniums

Dazu werden alle Bewegungen gezählt, die nicht in den Kapiteln 6.5.1 und 6.5.2 angesprochen wurden, also insgesamt 172 Kriechbewegungen (Kap. 6.3). Im Folgenden sollen ausgewählte Bewegungen gemäß der Verbreitung von Norden in den Süden besprochen werden.

Im nördlichen Teil des Beckens, d.h. nördlich der Linie Zickenbach-Strem sind in Beilage 3 neben einer großen Zahl kleinerer Bewegungen großflächige Bewegungen (um die 100.000 m² planimetrische Fläche, vergleiche Tab. 6.2, Kap. 6.3) an beiden Talflanken der Pinka und rechtsufrig der Strem auffällig. Auch rechtsufrig des Tauchenbaches hat die Bewegung S127 zu beträchtlichen Schäden an Gebäuden und Straßen geführt. In der detaillierten Betrachtung der erwähnten Bewegungen fällt auf, dass der rechtsufrige Prallhang der Pinka im Bereich zwischen Unterwart und Bachselten sehr bewegungsanfällig ist, insgesamt 9 Bewegungen (S92 bis S96, S99 bis S102) sind kartiert. In diesem gesamten Bereich ist, teilweise nur durch die Bewaldung verdeckt, eine stark wellige Morphologie zu beobachten. Abbildung 6.18 zeigt eine typische Ausformung nördlich von Bachselten mit Blickrichtung Westen der Bewegung S102. In der Ortschaft Rotenturm ist die bewegungsanfällige Zone direkt im verbauten Gebiet situiert, dies hat zu erheblichen Schäden an Gebäuden und Infrastruktur geführt (Bewegungen S95, S96). Ein Anrainer schilderte dem Autor, dass sein Haus vermutlich am Fuße einer rotierenden Bewegungsscholle einer Sekundärbewegung situiert ist. Dadurch wurde das gesamte Fundament gehoben, was durch mehrere Dezimeter-hohe Niveausprünge auf der Terrasse durch den Autor nachvollzogen werden konnte. Der Anrainer musste sein Haus aufgrund „Gefahr in Verzug“ verlassen, da durch die Hebung alle Zuleitungen zum Haus abgerissen wurden, beziehungsweise dies vorherzusehen war. Das Haus kann nicht mehr bewohnt werden, der Anrainer gestattete nicht, die Schäden durch Fotos zu dokumentieren, da ein Gerichtsverfahren anhängig ist. Abbildung 6.19 zeigt die Situation unweit des Hauses im zentralen Bereich der Bewegung S95, Hebungen und Setzungen sowie die Schrägstellung des Mastes sind klar zu erkennen. Die Bewegung S96 umfasst ein relativ neu gewidmetes Bauland der Gemeinde Rotenturm. Auch hier sind starke Bewegungen erkennbar, die, wie Abbildung 6.19 zeigt. Durch massive Sicherungsmassnahmen (Steinschüttung) sollen die Teilbewegungen stabilisiert werden. Die Aufwölbungen im rechten Vordergrund der Abbildung 6.20 ist nach Ansicht der Autors auf das Wirken der Bewegung zurückzuführen.

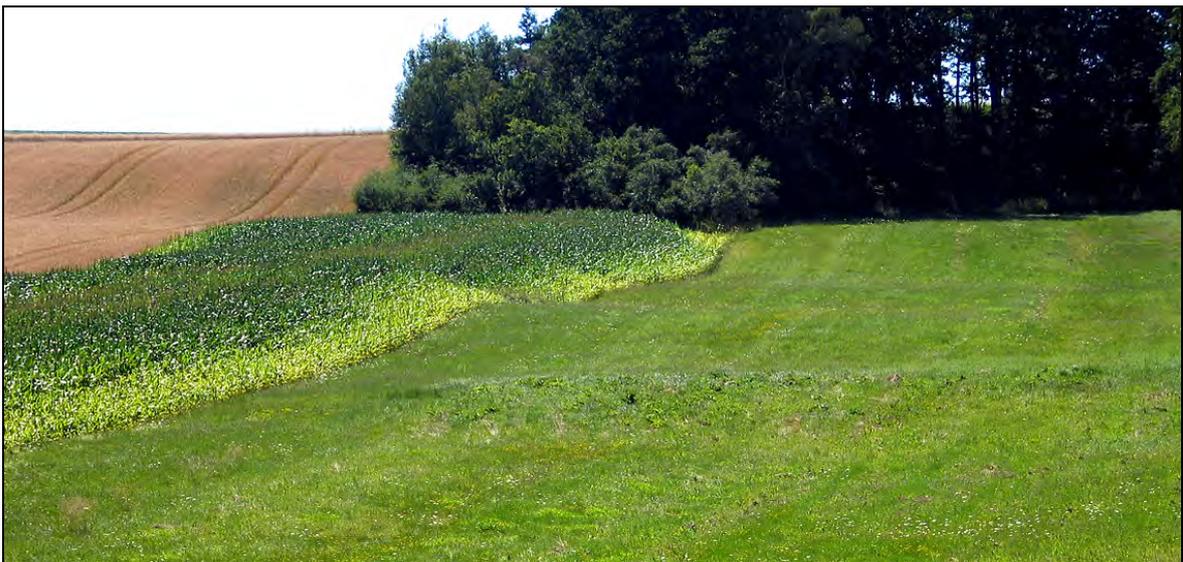


Abb. 6. 18: Wellige Morphologie der Bewegung S102 am rechtsufrigen Prallhang der Pinka N von Bachselten, Blickrichtung W.



Abb. 6.19: Hebungen und Schrägstellung eines Mastes im zentralen Bereich der Bewegung S95 in Rotenturm.



Abb. 6.20: Hangsicherungsmassnahmen durch Steinschüttungen in Rotenturm innerhalb der Bewegung S96. Im Vordergrund sind Hebungen durch Teil-Rotationsbewegungen sichtbar.

Die zuvor erwähnte Bewegung S127 rechtsufrig des Tauchenbaches im bebauten Gebiet von Großpetersdorf ist der Ortsgemeinde seit langem bekannt. Es wurden und werden seitens der Gemeinde erhebliche Anstrengungen unternommen diese Bewegung zu stabilisieren und zu sanieren, da Schäden an Gebäuden und Straßen aufgetreten sind. Abbildung 6.21 zeigt die Schäden an der talnahen Straße, die durch lokale Hebungen am Bewegungsfuß entstanden sind.



Abb. 6.21: Schäden an der talnahen Straße in Großpetersdorf, verursacht durch Hebungen der Bewegung S127.

Die Bewegungen rechtsufrig der Strem mit den Bezeichnungen S43 bis S49, S191 und S193 sind im bewaldeten Gebiet situiert und daher schwierig zu dokumentieren und abzugrenzen, die morphologischen Merkmale sind jedoch eindeutig (Tab. 6.2 in Kap. 6.3). Bemerkenswert ist, dass sich die Bewegungen am südlichen Abfall der Hügelflanke (die Nordseite ist die primär betroffene) mehrmals fortsetzen. Die Bewegung S191 wird dahingehend interpretiert, sie ist neben der stark welligen Morphologie durch starke Setzungen und Abrisskanten geprägt. Abbildung 6.22 zeigt die Situation mit Blickrichtung NE.



Abb. 6.22: Unruhige Morphologie mit starken Setzungen der Bewegung S191 mit Blickrichtung NE.

Im Gebiet zwischen Zickenbach-Strem und der E-W verlaufenden Lafnitz ist eine Häufung von Kriechbewegungen und auch von schnellen Bewegungen ausgelöst im Jahr 2009 (Kap. 6.5) im Raum Kukmirn-Limbach-Zahling zu verzeichnen. Als charakteristisch für Kriechbewegungen in diesem Gebiet kann die Bewegung S171 etwa 2 km NW von Zahling bezeichnet werden. Durch die Bewirtschaftung mit Wein und durch einzelne Bäume sind die wellige Morphologie in der Ausprägung bis zum Nackental und der starke Schrägwuchs (Tab. 6.2 in Kap. 6.3) der Bäume gut erkennbar. Abbildung 6.23 zeigt die Situation in Blickrichtung E. Im Juni 2009 hat sich aufgrund der starken Niederschläge ein Teilbereich der Kriechbewegung beschleunigt, der Mechanismus für Teilbewegung wird aufgrund der hohen Geschwindigkeit als „Rutschung mit Übergang zur Hangmure“ bezeichnet (Kap. 6.5). Durch Anrisse und Versetzung großer Teile der Geländeoberfläche sind erhebliche Schäden an der Weinkultur entstanden, wie Abbildung 6.24 zeigt.



Abb. 6.23: Wellige Morphologie, Nackental und Schrägwuchs (im Bildhintergrund) der Kriechbewegung S171 2 km NE von Zahling mit Blickrichtung E.



Abb. 6.24: Schäden an der Weinkultur der Kriechbewegung S171 ausgelöst durch eine starke Beschleunigung der Bewegung in Teilbereichen im Juni 2009 (Foto mit freundlichen Genehmigung des Technischen Büros Dr. Josef Hofer).

Im Neogen-Zwickel zwischen Lafnitz und Raab ist der Raum Oberhenndorf durch mehrere Kriechbewegungen geprägt welche in Beilage 3 mit S3, S24 und S167 bezeichnet sind. Die Bewegung S3 erfasst auch die Hauptverkehrsroute B57 (Güssinger Straße). Die Bewegung ist derart tiefgreifend, dass die Gewährleistung einer dauerhaften Standsicherheit der Straße seitens der Abteilung 8 der Burgenländischen Landesregierung nur durch die Ausführung einer Hangbrücke sichergestellt werden konnte. Die Hangbrücke ist nördlich und südlich in unbewegten Hangbereichen fundamntiert und umspannt mit 250 m Länge den gesamten Bereich der Bewegung. Abbildung 6.25 zeigt einen SE gerichteten Blick auf die Morphologie der Bewegung im Vordergrund, und die Hangbrücke sowie den weiteren Verlauf der B57 im Hintergrund. Die Bewegung selbst zeigt alle morphologischen Merkmale einer Kriechbewegung (Tab. 6.2 in Kap. 6.3). Die Instabilität der Hangflanke setzt sich Richtung Süden mit der 220.000 m² großen Kriechbewegung S167 fort, wobei auch der Gegenhang (S24) deutlich die Morphologie einer tiefgreifenden Kriechbewegung zeigt. Die Bewegung S24a in Abbildung 6.26 (Blickrichtung SE) zeigt dabei den typischen Verlauf einer derartigen Bewegung, mit einer Übersteilung im oberen Bereich des Hanges, einer Verebnung mit Feuchstellen in der Hangmitte (Pfeil) und einer wulstartigen Verformung am Hangfuß, die in diesem Fall wieder auf die Straße B57 drückt und Schäden verursacht.



Abb. 6.25: SE gerichteter Blick auf die Morphologie der Kriechbewegung S3 im Vordergrund und die Hangbrücke sowie den weiteren Verlauf der B57 im Hintergrund.



Abb. 6.26: SE gerichteter Blick auf die Bewegung S24a mit einer Übersteilung im oberen Bereich des Hanges, einer Verebnung mit Feuchstellen in der Hangmitte (Pfeil) und einer wulstartigen Verformung am Hangfuß (Bäume).

Im Bereich südlich der Raab wird die Morphologie insgesamt deutlich steiler, die Hangflanken weisen oft beträchtliche Hangneigungen auf und Fließgewässer sind tief eingeschnitten (Kap. 3.5). Viele der häufigen Kriechbewegungen zeigen eine ähnliche Positionierung im Hangverlauf, ein gewisses Muster scheint sich stets zu wiederholen. In der Mitte des Hanges bildet sich ein steiler Bereich aus, der meist bewaldet ist und bei dem es sich möglicherweise um eine alte, heute inaktive und stabile Abrisskante einer Massenbewegung handelt. Trotz der starken Neigung weist diese Hangstück eine hohe Standfestigkeit auf und es sind keine Bewegungstendenzen ersichtlich. Unterhalb und vor allem oberhalb dieser Kante treten jedoch häufig Kriech-

bewegungen auf. Die Hangkuppe selbst bildet jedoch eine sehr stabile Zone. Nach freundlicher mündlicher Auskunft der Abteilung Raumordnung des Amtes der Burgenländischen Landesregierung im November 2010 sind die im wesentlichen im 15. und 16. Jahrhundert angelegten Streusiedlungen durchwegs auf den stabilen Hochflächen (Hangkuppen) situiert, und daher sind ältere Gebäude nur selten von Massenbewegungen betroffen. Lediglich neuere, nach dem Flächenwidmungsplan von 1975 errichtete Bauten wurden inmitten der Kriechbewegungen orographisch unterhalb der Hangkuppen errichtet. Abbildung 6.27 zeigt ein neu errichtetes Wohnhaus, welches innerhalb der Bewegung S146 situiert ist. Die Tragfähigkeit des Untergrundes soll durch zwei Schwergewichtsmauern gewährleistet werden, die jedoch neuerlich Setzungen zeigen. Unterhalb der unteren Mauer ist die unruhige Morphologie erkennbar.



Abb. 6.27: Ein neu errichtetes Wohnhaus innerhalb der Bewegung S146. Die Tragfähigkeit des Untergrundes soll durch zwei Schwergewichtsmauern gewährleistet werden, die jedoch neuerlich Setzungen zeigen. Unterhalb der Mauern ist unruhige Morphologie erkennbar.

Abschließend soll noch auf die Kriechbewegung S151 am nördlichen Ortsende von Neuhaus am Klausenbach eingegangen werden. Diese Bewegung folgt nicht dem oben vorgestellten Schema, vielmehr hat die Kriechbewegung den gesamten Hangverlauf in einem schmalen Streifen erfasst. Diese Bewegung wurde durch den Autor bereits im Jahr 2005 erfasst, im Jahr 2009 haben sich durch starke Niederschläge wesentliche Bereiche der Bewegung beschleunigt (Kap. 6.5). Der Mechanismus der schnellen Teilbewegung wird aufgrund der hohen Geschwindigkeit als „Rutschung mit Übergang zur Hangmure“ bezeichnet (Kap. 6.5). Abbildung 6.28 zeigt einen südlich gerichteten Blick auf einen Teilbereich der Bewegung aus dem Jahr 2010, sowohl die generell wellige Morphologie der Kriechbewegung als auch Geländeabrisse des Ereignisses von 2009 sind zu erkennen. Bemerkenswert bei dieser Bewegung ist, dass sich Richtung Ortsgebiet Neuhaus, unmittelbar anschließend an die Bewegung in Talnähe ein Aufschluss der Sedimente des Pannoniums (Kap. 6.2.4) im unbewegten Hangbereich befindet. Abbildung 6.29 zeigt einen südlich gerichteten Blick auf diesen Aufschluss. Die annähernd horizontal geschichteten Sedimente des Pannoniums werden durch eine hangparallel geschichtete Deckschichte (in welche Komponenten des Pannoniums eingearbeitet sind) diskordant

abgeschnitten. Periglaziales Bodenfließen, welches durch Frost beziehungsweise wiederholte Frost-Tauvorgänge verursacht wird (EHLERS, 1994), ist als Ursache dafür vorstellbar. Durch diese ehemalige Bewegung ist die Struktur der Deckschicht geschwächt, der Übergang zu den Sedimenten des Pannoniums stellt einen ehemaligen Bewegungshorizont dar, der anfällig dafür ist, reaktiviert zu werden. Tatsächlich sind eben auch in unmittelbarer räumlicher Nähe rezent aktive Massenbewegungen dokumentiert.



Abb. 6.28: Südlich gerichteter Blick auf einen Teilbereich der Bewegung S151, aufgenommen 2010. Sowohl die generell wellige Morphologie der Kriechbewegung als auch Geländeabrisse des Ereignisses von 2009 sind zu erkennen.



Abb. 6.29: Aufschluss in den Sedimenten des Pannoniums am südlichen Ortsende in Neuhaus am Klausenbach. Das Abscheren der horizontal geschichteten Sedimente des Pannoniums (links) durch eine hangparallel geschichtete Deckschicht (rechts) geht vermutlich auf periglaziales Bodenfließen zurück.

6.5 Schnelle Massenbewegungen ausgelöst in den Monaten Juni und Juli 2009

6.5.1 Aufnahme und Eigenschaften

Überblickshaft soll ergänzend zu den im Südburgenland aufgenommenen Kriechbewegungen (Kap. 6.3, Kap. 6.4) auch auf schnelle Massenbewegungen gemäß dem Prozess Gleiten und Fließen in Lockersedimenten (Kap. 1.1.1) eingegangen werden. Die Bewegungen wurden durch Starkniederschläge in den Monaten Juni und Juli 2009 ausgelöst (siehe Kap. 3.4.5). Diese schnellen Massenbewegungen bilden nicht den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit (Kap. 1.3), sie sind jedoch für die Diskussion und Analyse in Kap. 7 relevant. Im Gegensatz zu der „unmerklichen bzw. kaum wahrnehmbaren“ Bewegungsgeschwindigkeit von Kriechbewegungen (TERZAGHI, 1950; siehe Kap. 1.1.2) ist die Bewegungsgeschwindigkeit der schnellen Bewegungen gemäß dem Prozess Gleiten und Fließen für den Menschen deutlich wahrnehmbar. HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) geben für den Prozess Gleiten Bewegungsgeschwindigkeiten im Meter-Bereich pro Tag oder noch schneller (selten langsamer) an, und für den Prozess Fließen Bewegungsraten im Bereich Meter pro Stunde oder schneller.

Die Aufnahme der schnellen Massenbewegungen erfolgte unter dem Gesichtspunkt der Beurteilung der entstandenen Schäden zur Ausschüttung eventueller Mittel aus dem burgenländischen Katastrophenfond. Die Aufnahme erfolgte daher nicht durch den Autor der vorliegenden Arbeit, sondern durch oder im Auftrag der Abteilung 8 der Burgenländischen Landesregierung (Kap. 2.2). Der Autor hatte jedoch bei der Aufnahme eine beratende Funktion. Die entsprechenden Daten der Aufnahmen wurden dem Autor durch die Abteilung 8 im Laufe des zweiten Halbjahrs 2009 bedankenswerter Weise zur Verfügung gestellt und ermöglichten eine statistische Auswertung der Ereignisse. Die Rohdaten und die Auswertungen sind im nicht publizierten AIT-Report AIT-HET-0077 „Forschungsprojekt Massenbewegungen in den Bezirken Jennersdorf und Güssing: Remodellierung der Gefahren-Hinweiskarte unter Berücksichtigung der durch die Regenereignisse im Juni/Juli 2009 ausgelösten Hangrutschungen sowie Empfehlungen zur Flächenwidmung“ vom Februar 2011 enthalten (Kap. 1.4). Auszüge der Datenauswertung sollen hier wiedergeben werden.

Die schnellen Bewegungen sind im angegebenen Zeitraum überwiegend westlich und südlich der Strem aufgetreten. Durch die Abteilung 8 konnten insgesamt 102 Bewegungen dokumentiert werden. Die Lage der einzelnen Ereignisse ist in der Beilage 3 mit der Signatur „Schnelle Massenbewegungen ausgelöst im Juni/Juli 2009 mit Bezeichnung“ als Punktsignatur verzeichnet. Es wurden erhebliche Schäden an landwirtschaftlichen Flächen, Gebäuden und Infrastruktur dokumentiert. Aus Abbildung 6.30 ist ersichtlich, dass der Großteil der Rutschungen relativ kleine bis mittlere Volumina aufweist, und nur ein kleiner Prozentsatz (8%) über 5000 Kubikmeter bewegte Masse aufweist. Bei der Angabe des Gesamtvolumens der bewegten Masse ist darauf zu achten, dass hier auch Teilbewegungen inbegriffen sind, die als Bestandteil der Gesamtbewegung anzusehen sind und dass es sich um geschätzte Werte der aufnehmenden Bearbeiter handelt.

In Abbildung 6.31 ist der Bewegungstyp der Massenbewegungen ersichtlich. In Zusammenarbeit mit der Abteilung 8 wurden durch den Verfasser für die aufnehmenden Bearbeiter verschiedene tatsächlich aufgetretene Bewegungstypen von schnellen Massenbewegungen definiert. So konnten, zum größten Teil schon im Zuge der Erstaufnahmen die Bewegungen charakterisiert werden. Die statistische Verteilung der Bewegungstypen in Abbildung 6.31 zeigt, dass es sich beim überwiegenden Teil der Bewegungen um den Typ „Translationsrutschung nur A+ B Horizont“ handelt. Es sind dies also verhältnismäßig seichte Rutschungen die nur den A und B Horizont des Bodens erfasst haben, nicht jedoch den Untergrund in Form der anstehenden Geologie (C-Horizont). Erwähnenswert ist der Anteil von fast 10 % von Rutschungen die Übergänge zur Fließbe-

wegung bzw. Hangmure (sehr schnelle Bewegung gemäß dem Prozess Fließen mit hohem Wassergehalt der bewegten Masse) zeigen, da diese Bewegungen besonders schnell ablaufen und daher auch in Bezug auf Menschenleben besonders gefährlich sind.

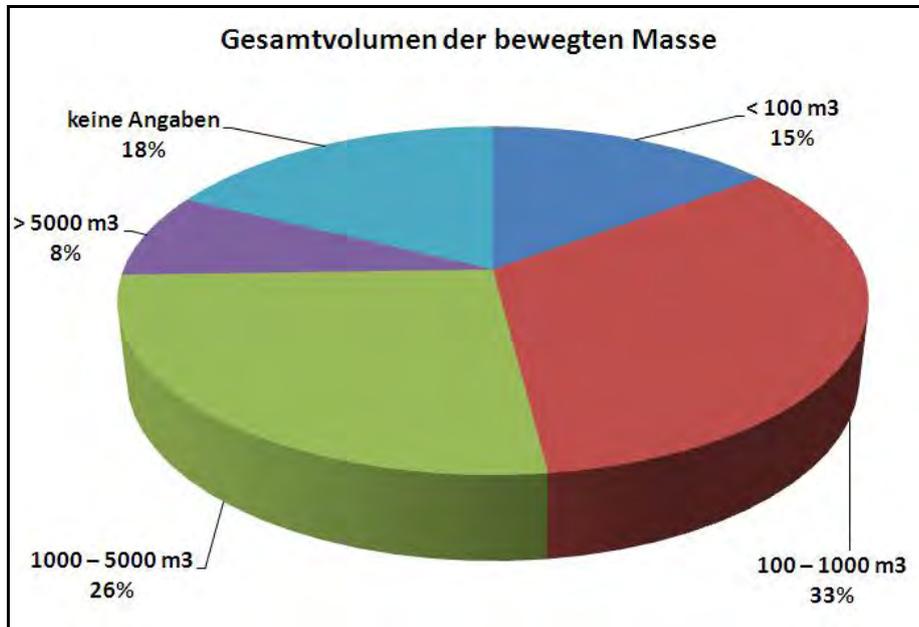


Abb. 6.30: Verteilung der Gesamtvolumen (mit Teilbewegungen) einzelner Ereignisse der schnellen Massenbewegungen von 2009 (n=102).

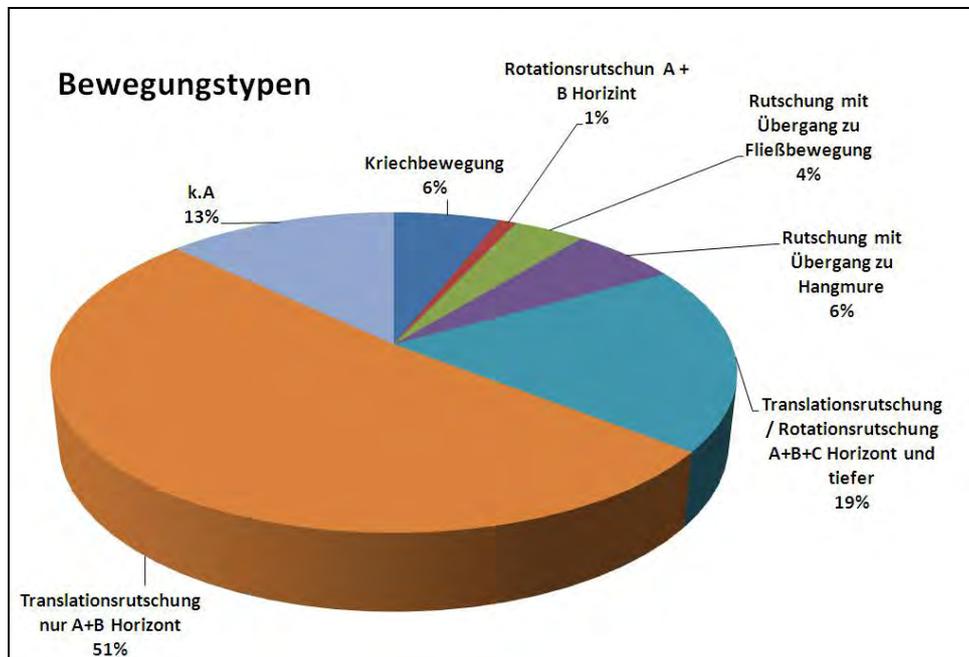


Abb. 6.31: Verteilung der Bewegungstypen einzelner Ereignisse der schnellen Massenbewegungen von 2009 (n=102).

6.5.2 Ausgewählte Beispiele der Ereignisse

Kurze Beschreibungen und Bilddokumente ausgewählter Beispiele der Ereignisse sollen die Besprechung der schnellen Massenbewegung ausgelöst im Juni/Juli 2009 ergänzen und abschließen. Abbildung 6.32 zeigt die schnelle Bewegung 34 NW von Zahling. Es hat sich eine Rotationsrutschung des Typs „Translations/Rotationsrutschung A+B+C Horizont und tiefer“ (Abb. 6.31, Kap. 6.5.1) gebildet, die Bewegungsgeschwindigkeit der bewegten Masse betrug einigen Dezimeter bis Meter pro Tag. Der Abriss der bewegten Masse ist, typisch für eine Rotationsrutschung, halbkreisförmig erfolgt. Der Rutschungsfuß befand sich unmittelbar am unterliegenden Wohnhaus und drückte in ca. 2 m Höhe gegen das Gebäude. Eine Sanierung dieses Schadensfalles wurde schleunigst eingeleitet, da nicht nur das Wohnhaus, sondern auch die Bewohner im Haus in Gefahr waren. Schließlich konnte die Bewegung jedoch nicht rechtzeitig gebremst werden und die Bewohner wurden evakuiert.



Abb. 6.32: Aufnahmen während der unmittelbar nach dem Auftreten eingeleiteten Sanierung der schnellen Bewegung 34, die Bewegung blieb aber trotz der Erdarbeiten aktiv (Fotos mit freundlichen Genehmigung des Technischen Büros Dr. Josef Hofer).

Die Bilder der Abbildungen 6.33 der schnellen Bewegung 21 in Neusiedl bei Güssing zeigen ein ähnliches Ereignis wie bei der Bewegung 34, nur in einem größeren Ausmaß. Der Vergleich des Volumens zeigt den Unterschied. Die oben dargestellte Rutschung 34 hatte ein Gesamtvolumen von ca. 237 Kubikmeter, die Rutschung 21 weist ein Gesamtvolumen von ca. 2100 Kubikmeter auf. Die Bewegungsgeschwindigkeit betrug dabei bis zu einigen Metern pro Tag. Aufgrund der Gefährdung der anliegenden Häuser wurde auch hier eine sofortige Sanierung umgesetzt.



Abb. 6.33: Aufnahmen vor und während der Sanierung der schnellen Bewegung 21 in Neusiedl bei Güssing (Fotos mit freundlichen Genehmigung des Technischen Büros Dr. Josef Hofer).

Ein Beispiel für eine „Rutschung mit Übergang zur Fließbewegung“ (Abb. 6.31, Kap. 6.5.1) stellt die Bewegung 6 in der Nähe von Stegersbach dar. Aufnahmen der Bewegung zeigt die Abbildung 6.34. Die Bewegung hat Schäden an landwirtschaftlichen Flächen, Gebäuden und einer Golfanlage hinterlassen. Das Gesamtvolumen der bewegten Masse wird auf ca. 2900 Kubikmeter geschätzt. In Abbildung 6.34 ist die stark wellige Morphologie gut sichtbar, die durch Bewegungen der obersten Bodenschichten entstanden ist. Innerhalb der bewegten Masse waren mehrere Dehnungsrisse und Ausbildung kleiner Rutschungsschollen zu verzeichnen. Der Rutschungsfuß ist bis zu 1 m hoch und liegt deutlich höher als das ursprüngliche Gelände, dies lässt auf

eine hohe Bewegungsgeschwindigkeit schließen und markiert den Übergang zur Fließbewegung. Auch die betroffenen Personen sprechen von einer plötzlichen Bewegung.



Abb. 6.34: Schäden durch eine Rutschung im Übergang zur Fließbewegung (Bewegung 6) bei Stegersbach (Fotos mit freundlichen Genehmigung des Technischen Büros Dr. Josef Hofer).

Im Gegensatz zu dieser großräumigen Bewegung soll auch ein Beispiel für eine kleinräumige, klar abzugrenzende Bewegung gegeben werden, welche sehr häufig aufgetreten sind. Das Ereignis hat in der KG Zahling stattgefunden und ist als Bewegung 32 dokumentiert, es sind ausschließlich landwirtschaftliche Flächen betroffen. Es handelt sich um eine typische Bewegung mit geringem Tiefgang des Typs „Translationsrutschung nur A+B Horizont“ (Abb. 6.31, Kap. 6.5.1), das Volumen beträgt lediglich ca. 240 Kubikmeter. Die Bewegung ist in Abbildung 6.35 dargestellt.



Abb. 6.35: Translationsrutschung (Bewegung 32) in der KG Zahling die nur den A und B Horizont des Bodens erfasst (Foto mit freundlichen Genehmigung des Technischen Büros Dr. Josef Hofer).

6.6 Geometrische und geotechnische Untersuchungen an Kriechbewegungen

6.6.1 Bewegung S28; Abschätzung der Bewegungsgeschwindigkeit und Profilschnitt

Die Kriechbewegung S28, 3 km NW von Limbach, ist in den Sedimenten des Pannoniums situiert (Beilage 3). Die morphologisch eher unauffällige Bewegung hat im Lauf der Zeit zu erhebliche Schäden an Gebäuden und Wegen geführt (Kap. 6.3, Tab. 6.2). Die Bewegung deformierte auch einen gemauerten Brunnen im zentralen Bereich der Bewegung, welcher nach Angaben des Besitzers im Jahr 1957 errichtet wurde und nach Messung des Verfassers 9,5 m tief ist. Da einzelne Bewegungshorizonte im Brunnen sowie die Gesamtverformung des Brunnens sehr gut sichtbar sind, ermöglicht der Tiefenaufschluss des Brunnens zwei weiterführende Analysen:

- Abschätzung der Bewegungsgeschwindigkeit der Kriechbewegung
- Geometrie der Kriechbewegung, dargestellt in Form eines Profilschnitts

Abbildung 6.36 zeigt einen Detaillageplan der Bewegung S28 auf Basis des Orthofotos (Kap. 2.1). Die morphologisch kartierte Abgrenzung der Bewegung ist in roter Signatur aus der Beilage 3 übernommen. Die Lage des Brunnens ist mit gelber Signatur, die Position des Profilschnitts A-B ist in blauer Signatur eingetragen. Zur Verdeutlichung der Hanggeometrie sind in Abbildung 6.36 in oranger Signatur Höhenschichtlinien im 2 m-Raster eingetragen, die mit der GIS-Software ESRI ArcGIS 10 sowie den ESRI Extensions „Spatial Analyst“ und „3D-Analyst“ aus dem DGM mit 10 m Auflösung (Kap. 2.1) berechnet wurden. Die detaillierte Hanggeo-

metrie im Bereich der Bewegung wird daher durch die 2 m-Höhenschichtlinien nicht wiedergegeben, da die Linien aus einem DGM mit geringerer Auflösung berechnet wurden. Es kann daher lediglich die generelle Geometrie des Hanges dargestellt werden.

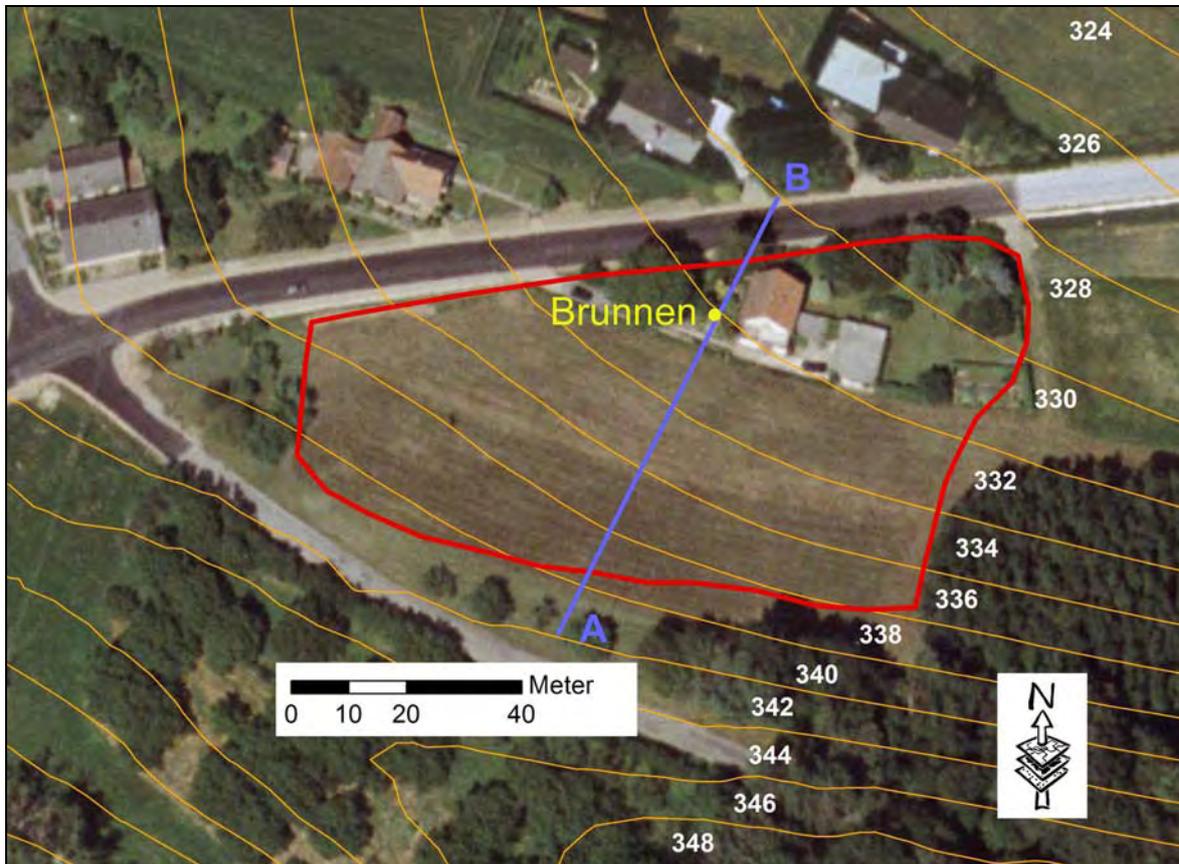


Abb. 6.36: Detaillageplan der Bewegung S28 auf Basis des Orthofotos. Rote Signatur: Morphologisch kartierte Abgrenzung der Bewegung S28. Gelbe Signatur: Lage des Brunnens. Blaue Signatur: Position des Profilschnitts A-B. Orange Signatur: Höhenschichtlinien im 2 m-Raster errechnet aus dem 10 m-DGM zur Verdeutlichung der Hanggeometrie mit Höhenangaben in m.ü.A..

Die **Abschätzung der Bewegungsgeschwindigkeit der Kriechbewegung** wird ermöglicht durch folgende Beobachtungen: Der Grundwasserspiegel wurde am 27.07.2005 mit einem Abstich von 9,0 m ab GOK festgestellt, die Brunnentiefe beträgt, wie schon erwähnt, 9,5 m ab GOK. Der Brunnen zeigt verschiedene Zonen der Verdrückung in Fallrichtung des Hanges, also in Richtung der Straße nördlich des Wohnhauses bzw. in Richtung NNE (Abb. 6.36). Die erste Zone reicht von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 2,10 m unter GOK und zeigt eine kontinuierliche Verschiebung des Brunnens. Bei 2,10 m und bei 5,00 m ist das Ziegelmauerwerk des Brunnens beinahe zu abgeschert, hier kann ein Versatz von insgesamt ca. mindestens 40 cm beobachtet werden. Abbildung 6.37 zeigt diese Zonen im Brunnen. Auch in tieferen Zonen des Brunnens unter 5,00 m sind weitere Verformungen sichtbar, die sich wiederum als kontinuierliche Verschiebung interpretieren lassen, wenngleich auch im geringen Ausmaß als im Hangenden. Ob der Brunnen in die unbewegte Zone an der Basis der Bewegung einbindet, kann nicht mit Sicherheit ausgesagt werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die unbewegte Zone den Grundwasserstauer für das geförderte Grundwasser darstellt und der Brunnen somit bis zu einer Tiefe von 9,50 m die gesamte bewegte Zone der Bewegung durchörtert beziehungsweise erfasst. Der Gesamtversatz des Brunnens vom vermutlich unbewegten Liegenden bis zur Ober-

fläche kann mit ca. 80 cm abgeschätzt werden. Der Eigentümer spricht von einer kontinuierlichen Verformung des Brunnens seit der Herstellung im Jahr 1957. Der Brunnen wurde seitens des Autors im Jahr 2005 erhoben. Aus dem Alter des Brunnens (48 Jahre) ist eine kontinuierliche Bewegungsgeschwindigkeit der Kriechbewegung und der sekundären Bewegungen an der Stelle des Brunnens von 1-2 cm pro Jahr abzuleiten, was der typischen Bewegungsgeschwindigkeit von Kriechbewegungen insgesamt entspricht (Kap. 1.1.2). Auf den Zusammenhang zwischen Sekundärbewegungen und Kriechbewegung wird in Kapitel 7.3.2 detailliert eingegangen.

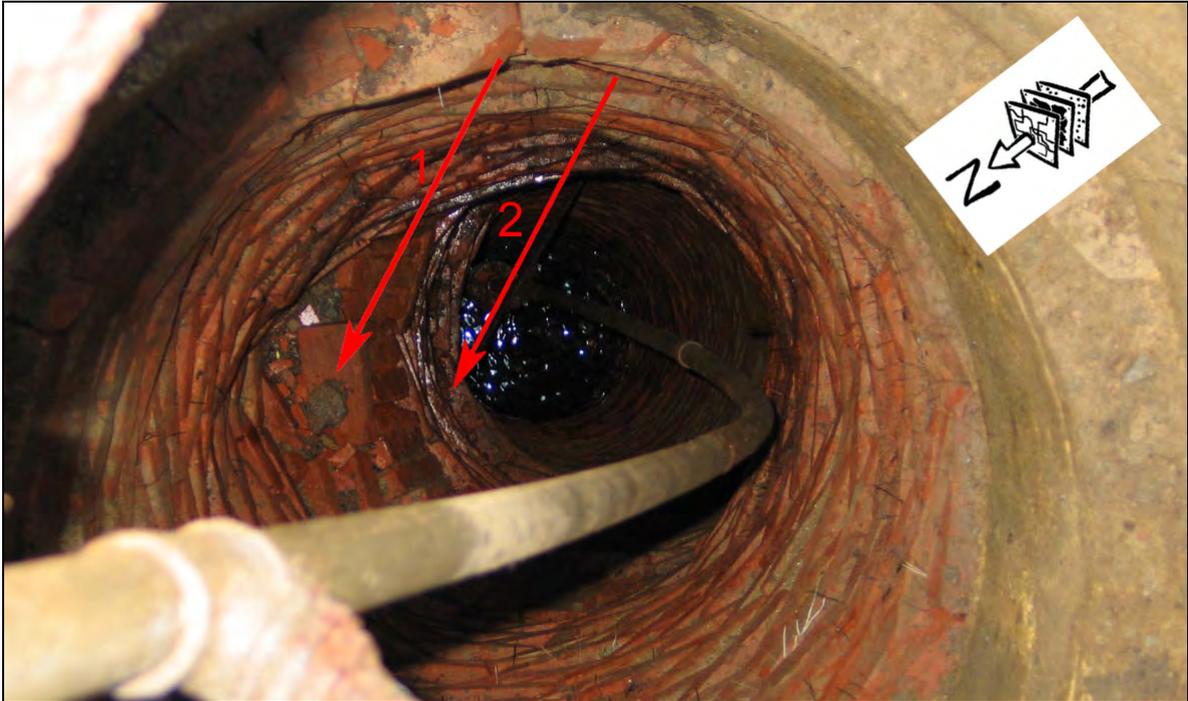


Abb. 6.37: Blick in den durch die Kriechbewegung S28 verformten Brunnen (Baujahr 1957). Bis zum Wasserspiegel bei 9,0 m ist eine kontinuierliche Verformung des Brunnens beobachtbar. Zusätzlich sind zwei Scherhorizonte bei 2,1 m und bei 5,0 m auffällig, markiert durch die roten Pfeile 1 (2,1 m) und 2 (5,0 m). Die Richtung der Verformung verläuft etwa in Richtung NNE und folgt damit im Wesentlichen der Hangeometrie (Abb. 6.36).

Die **Geometrie der Kriechbewegung** wird aufgrund des Tiefenaufschlusses des Brunnens in Form eines **Profilschnitts** wiedergeben. Die Lage des Profilschnitts ist in Abbildung 6.36 verzeichnet. Mit Hilfe der GIS-Software ESRI ArcGIS 10 sowie den ESRI Extensions „Spatial Analyst“ und „3D-Analyst“ wurde ein Geländeverlauf entlang des Profilschnitts auf Basis der zuvor errechneten 2 m-Höhenschichtlinien erstellt. Dieser Geländeverlauf wurde ergänzt bzw. korrigiert durch die im Gelände erfasste detaillierte Hangeometrie im Bereich der Kriechbewegung. Die entsprechenden Höhenkorrekturen der morphologischen Details im Profilschnitt wurden dabei abgeschätzt. Details der Hangeometrie im Bereich der Kriechbewegung sind aus der Abbildung 6.38 ersichtlich. Die Abbildung zeigt einen Blick vom Wohnhaus innerhalb der Bewegung mit Blickrichtung SW (Abb. 6.36). Im Geländeverlauf sind eine Abrisskante, welche die Bewegung im Süden begrenzt, sowie die typische wellige Morphologie zu erkennen (Kap. 2.2; Kap. 6.3, Tab. 6.2). Die entsprechenden Positionen der morphologischen Merkmale sind in Abbildung 6.38 verzeichnet. Abbildung 6.39 zeigt Schäden am Wohnhaus, welches innerhalb der Bewegung situiert ist (Abb. 6.36). Das Gebäude zeigt zahlreiche Mauer-sprünge die seitens des Eigentümers zwar kontinuierlich saniert wurden, jedoch immer wieder auftreten. Mauerrisse bis zu mehreren Zentimetern Öffnungsweite sind sowohl bereits am Wohnhaus als auch an den

östlich anschließenden Wirtschaftsgebäuden (Garage, Abb. 6.36) aufgetreten. Als Ursache für die Schäden wird seitens des Eigentümers der durch die Kriechbewegung kontinuierlich bewegte Untergrund angegeben.

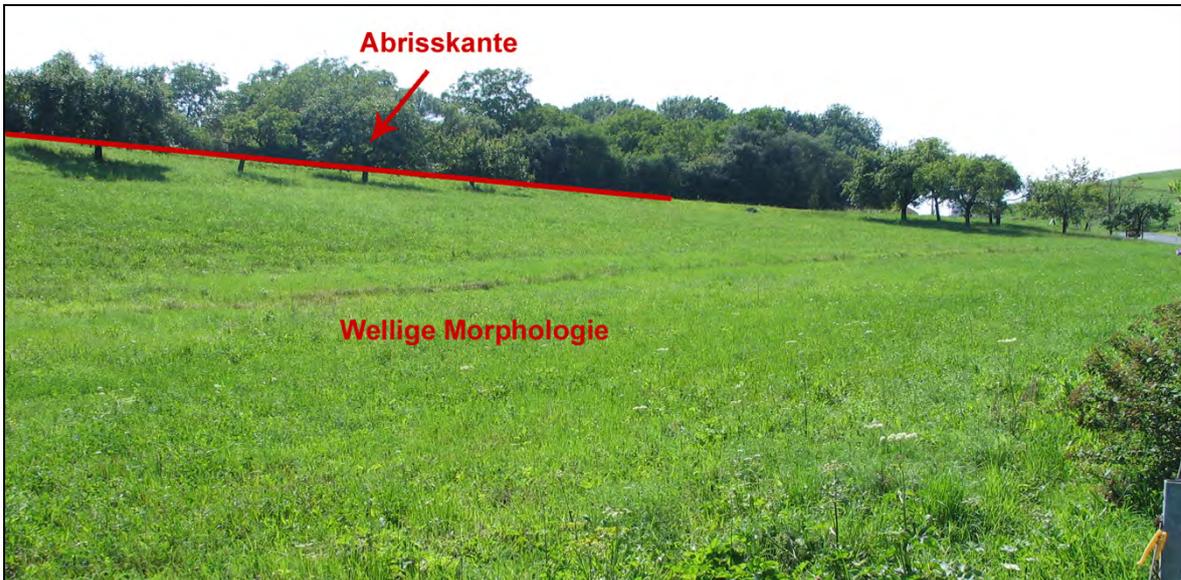


Abb. 6.38: Blick auf die Kriechbewegung S28 vom Wohnhaus innerhalb der Bewegung (Abb. 6.36) mit Blickrichtung SW. Zu erkennen ist die Abrisskante, welche die Bewegung im Süden begrenzt und die wellige Morphologie im Bildmittelfund.



Abb. 6.39: Gebäudeschäden (Mauerrisse) am Wohnhaus innerhalb der Bewegung S28.

Den Profilschnitt auf Basis der oben angeführten Datengrundlage zeigt Abbildung 4.40. Das Profil ist auf der y-Achse (Höhenachse) 2-fach überhöht dargestellt. Der gesamte Untergrund wird dabei aus Sedimenten des

Pannoniums (Sande, Schluff, Tone, vergl. Kap. 6.2.4) aufgebaut. Nur in Oberflächennähe ist eine wenige Dezimeter mächtige Deckschichte in Form von Bodenbildung und einer Verwitterungszone zu erwarten. Der Brunnen samt seinen Bewegungszonen ist maßstäblich in das Profil eingezeichnet. Die beiden Scherzonen im Brunnen in 2,1 m und 5,0 m Teufe ergeben in Kombination mit der Geländegeometrie geometrisch schlüssige Gleitflächen für Sekundärbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten. Die Verformung des Brunnens durch eine kontinuierliche Verschiebung setzt sich jedoch auch unterhalb der Scherzone in 5,0 m Teufe, zumindest bis zur Grundwasseroberfläche bei 9,0 m Teufe, fort. Dies erlaubt die Interpretation einer weiteren Grenzfläche im Liegenden, welche die gesamte bewegte Masse der Kriechbewegung gegenüber dem unbewegten Untergrund abgrenzt. Diese Grenzfläche ist nicht zwingend als durchgehende Gleitfläche ausgebildet (Kap. 4.5.2; 4.5.3). Es soll nochmals erwähnt werden, dass auf den Zusammenhang zwischen Sekundärbewegungen und Kriechbewegung in Kapitel 7.3.2 detailliert eingegangen wird. Der Fuß der Kriechbewegung bzw. der geometrische Abschluss der Bewegung am nördlichen Hangfuß konnte im Gelände morphologisch nicht aufgenommen werden, da keinerlei morphologische Hinweise auf Geländebewegungen nördlich der kartierten Bewegung S28 gegeben waren. Diese Beobachtung unterstreicht das bereits in Kapitel 2.2 beschriebene Phänomen, dass die gesamte Ausdehnung von Kriechbewegungen im Gelände nicht immer vollständig erfassbar ist. Kriechbewegungen beeinflussen demnach oft eine größere Fläche, als jene, die durch eine Kartierung der morphologischen Merkmale dokumentierbar ist. Dies zeigt die Bewegungsgeometrie im Profilschnitt der Abbildung 4.40 deutlich.

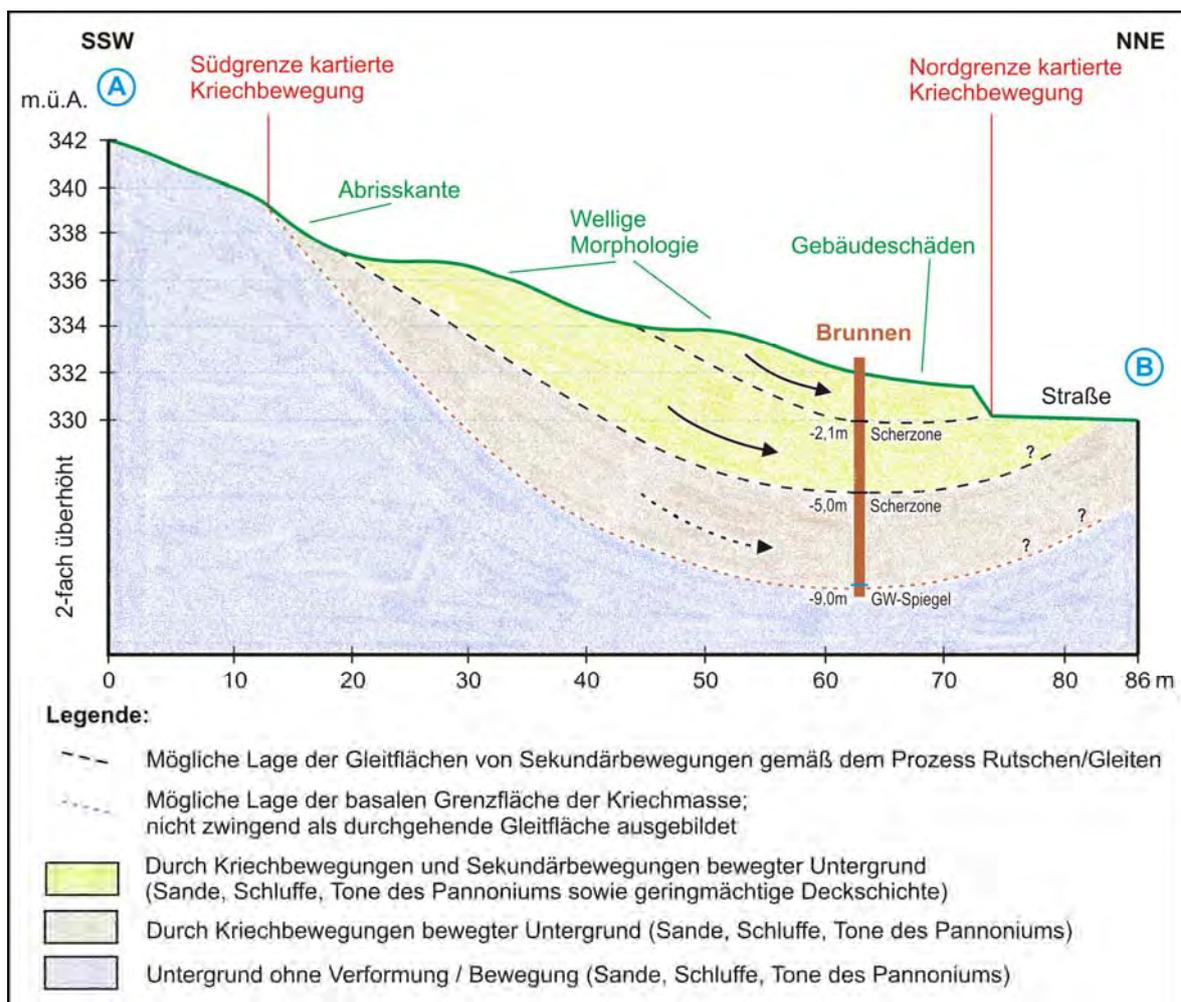


Abb. 6.40: Profilschnitt durch die Bewegung S28. Lage des Profilschnittes in Abbildung 6.36.

6.6.2 Bewegung S8; geometrisch und geotechnische Untersuchungen, Profilschnitt

Die Kriechbewegung S8 (Beilage 3), 1,5 km W von Kukmirn, bot ideale Voraussetzung für eine exemplarische detaillierte geometrische und geotechnische Untersuchung einer Kriechbewegung. Sowohl das betroffene Gebäude als auch der Hang der dafür verantwortlichen Kriechbewegung sind im Eigentum von Herrn Dietmar Imp, Buchgraben 7 in der Katastralgemeinde Neusiedl bei Güssing. Herr Imp gestattete im August 2005 freundlicherweise die entsprechenden Feldversuche. Im Sommer des Jahres 2009 haben sich auch Teilbereiche dieser Kriechbewegung in Form einer Translations- und Rotationsrutschung beschleunigt (Kap. 6.5).

Abbildung 6.41 zeigt einen Detaillageplan der Bewegung S8 auf Basis des Orthofotos (Kap. 2.1). Die morphologisch kartierte Abgrenzung der Bewegung ist in roter Signatur aus der Beilage 3 übernommen, die Position des Profilschnitts A-B ist in blauer Signatur eingetragen. In gelber Signatur ist die Lage der abgeteuften schweren Rammsondierungen (SRS) eingetragen (siehe unten). Zur Verdeutlichung der Hanggeometrie sind in Abbildung 6.41 in oranger Signatur Höhenschichtlinien im 2 m-Raster eingetragen, die mit der GIS-Software ESRI ArcGIS 10 sowie den ESRI Extensions „Spatial Analyst“ und „3D-Analyst“ aus dem DGM mit 10 m Auflösung (Kap. 2.1) berechnet wurden. Die detaillierte Hanggeometrie im Bereich der Bewegung wird daher durch die 2 m-Höhenschichtlinien nicht wiedergegeben, da die Linien aus einem DGM mit geringerer Auflösung berechnet wurden. Es kann daher lediglich die generelle Geometrie des Hanges dargestellt werden.

Oberhalb des Wohnhauses zeigte der Hang im Aufnahmejahr 2005 alle morphologischen Merkmale einer aktiven Kriechbewegung, wie in Tab. 6.2 in Kap. 6.3 angeführt. Diese morphologischen Merkmale reichen unmittelbar bis zum Wirtschaftsgebäude, welches deutliche Schäden in Form von Mauersprüngen aufweist. Das davor liegende Wohngebäude zeigt keine Schäden. Abbildung 6.42 zeigt den Blick auf das Wirtschaftsgebäude in Blickrichtung N und den dahinter liegenden Kriechhang. Abbildung 6.43 zeigt die Schäden am Wirtschaftsgebäude (Mauerrisse) in Blickrichtung E, wobei im Hintergrund der übersteilte Kriechhang zu erkennen ist.

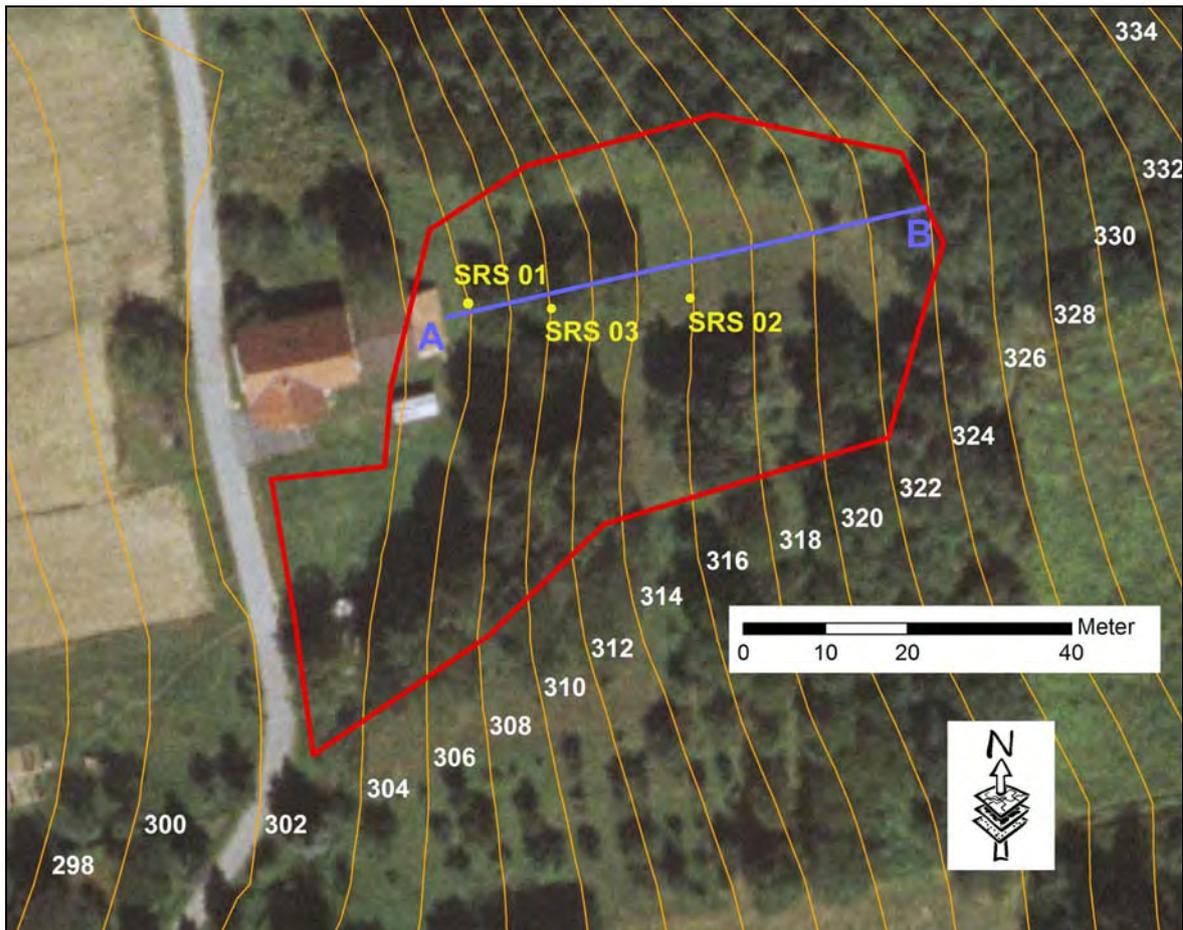


Abb. 6.41: Detaillageplan der Bewegung S8 auf Basis des Orthofotos. Rote Signatur: Morphologisch kartierte Abgrenzung der Bewegung S8. Blaue Signatur: Position des Profilschnitts A-B. Gelbe Signatur: Lage der abgeteuften schweren Rammsondierungen (SRS). Orange Signatur: Höhenschichtlinien im 2 m-Raster errechnet aus dem 10 m-DGM zur Verdeutlichung der Hanggeometrie mit Höhenangaben in m.ü.A..



Abb. 6.42: Profilblick mit Blickrichtung N auf die Kriechbewegung S8 mit dem Wirtschaftsgebäude (rosa).



Abb. 6.43: Starke Mauerrisse am Wirtschaftsgebäude, hervorgerufen durch den Kriechbewegung S8 im Hintergrund.

An der Kriechbewegung S8 wurden am 31.08.2005 Vermessungsarbeiten und geotechnische Felduntersuchungen durchgeführt sowie Sedimentproben entnommen. Ausgehend vom Wirtschaftsgebäude wurde mittels Nivellement ein Hangprofil vermessen um die detaillierte Morphologie des Hanges zu erfassen. Vor Ort

wurden drei schwere Rammsondierungen nach ÖNORM B4419 innerhalb der Kriechbewegung bis zu einer Tiefe von max. 7 m abgeteuft. Bei der Rammsondierung SRS03 (WGS84: E-16,188021°; N-47,076589°) wurden durch eine nachgeführte Rammkernbohrung insgesamt drei gestörte Sedimentproben aus unterschiedlichen Teufen entnommen. Es handelt sich dabei um Mischproben aus den Teufenbereichen 0,0-1,7 m (Probenbezeichnung P8/1), 1,7-3,0 m (P8/2) und 3,0-3,5 m (P8/3). Diese Sedimentproben wurden anschließend im staatlich akkreditierten geotechnischen Labor der AIT-Gruppe am Standort Seibersdorf untersucht. An den Sedimentproben wurde eine Korngrößenverteilung nach ÖNORM B 4412 und eine Bestimmung der Zustandsgrenzen nach ÖNORM B4411 ausgeführt. Die Protokolle zu den angeführten geotechnischen Untersuchungen sind in Beilage 7 beigefügt ebenso wie Protokolle der Rammsondierungen. Bei der Probe P8/1 wurde außerdem der Glühverlust bestimmt (ohne Protokoll, Ergebnis im Text).

Die Ergebnisse der Profilvermessung sowie die übertragenen Protokolle der Rammsondierungen sind gemeinsam mit einer entsprechenden Interpretation in Abbildung 6.44 maßstabsgerecht in Form eines geotechnischen Profilschnitts dargestellt. Die Lage des Profilschnitts und der Rammsondierungen ist der Abbildung 6.41 zu entnehmen. Der Profilschnitt baut auf der Nivellementvermessung im Gelände auf, welches geometrisch in den Höhenraster des DGM's (Abb. 6.41) in Bezug auf die Absoluthöhen eingehängt wurde. Der Profilschnitt folgt dabei exakt der Nivellementvermessung. Um eine bessere Erkennbarkeit der Hanggeometrie zu erreichen, ist im Profilschnitt die Y-Achse (Höhenachse) gegenüber der X-Achse 1,5 Fach überhöht dargestellt. Die Rammsondierungen wurden in geringer Normalentfernung von der Falllinie der Profilvermessung situiert (Abb. 6.41), daher wurden die Ergebnisprotokolle der Rammsondierungen maßstäblich normal in das Querprofil projiziert, wobei die Höhenlage der Sondierungsansatzpunkte beibehalten wurde. Der gesamte Untergrund wird dabei aus Sedimenten des Pannoniums (Sande, Schluff, Tone, vergl. Kap. 6.2.4) aufgebaut. Nur in Oberflächennähe ist eine maximal 1 bis 2 Dezimeter mächtige Deckschicht in Form von Bodenbildung und einer Verwitterungszone zu erwarten.

Werden nun die Aussagen aus den Ergebnisprotokollen der drei Rammsondierungen verglichen, so fällt auf, dass sich bei allen Rammsondierungen drei verschiedene Zonen im Untergrund abgrenzen lassen. Die oberste Zone ist geprägt durch sehr niedrige Schlagzahlen, teilweise wurde für einen halben Meter Eindringtiefe nur ein Schlag benötigt. Etwas tiefer folgt eine Zone niedriger Schlagzahlen mit 1 bis 6 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe. Im Liegenden schließt eine dritte Zone hoher Schlagzahlen an, die zwischen 6 und 20 Schlägen pro 10 cm liegen.

Wird diese Beobachtung mit der Morphologie des Hanges, die durch den Profilschnitt in Abbildung 6.44 repräsentiert wird, kombiniert, so ergibt sich folgende Interpretation. Die hohen Schlagzahlen in der Tiefe deuten auf gut konsolidierte Sedimente hin, die vermutlich keine oder nur untergeordnete Bewegungen aufweisen. Die Abgrenzung zur Zone niedriger Schlagzahlen ist teilweise scharf, bei SRS 01 aber eher undeutlich. Die Zone niedriger Schlagzahlen stellt die bewegte Masse der Kriechbewegung dar. Im Profilschnitt ist daher die mögliche Lage der basalen Grenzfläche der Kriechmasse eingezeichnet. Diese Grenzfläche ist nicht zwingend als durchgehende Gleitfläche ausgebildet (Kap. 4.5.2; 4.5.3). Die sehr niedrigen Schlagzahlen im hangenden Bereich sind nur durch eine weitere mechanische Auflockerung des Untergrundes zu erklären. Der Bewuchs kommt als Auslöser dafür nicht in Frage, da die Auflockerungszone zu tief reicht. Eine denkbare Erklärung wären Sekundärbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten in der Ausbildung als Rotationsrutschungen, die sich innerhalb der kriechenden Masse ausbilden. Die Hangmorphologie mit stark übersteilten Abschnitten spricht ebenso für die Ausbildung von Rotationsrutschungen wie die Schäden am Wirtschaftsgebäude, die im hangnahen Abschnitt die Tendenz einer Hebung des Gebäudes zeigen. Mögliche Gleitflächen der sekundären Rotationsrutschung sind in Abbildung 6.44 dargestellt. Aus mechanischer Sicht ist daher die gesamte Bewegung als eine tiefgreifende Kriechbewegung mit sekundären Rotationsrutschungen in Oberflächennähe zu bezeichnen. Auf den Zusammenhang zwischen Sekundärbewegungen und Kriechbewegung wird in Kapitel 7.3.2 detailliert eingegangen. Ebenso wie bei der Bewegung S28 in Kapitel

6.6.1 ist der Fuß der Kriechbewegung bzw. der geometrische Abschluss der Bewegung am westlichen Hangfuß im Gelände morphologisch nicht aufgeschlossen und konnte daher auch nicht aufgenommen werden (Abb. 6.41). Diese Beobachtung unterstreicht das bereits in Kapitel 2.2 beschriebene Phänomen, dass die gesamte Ausdehnung von Kriechbewegungen im Gelände nicht immer vollständig erfassbar ist. Kriechbewegungen beeinflussen demnach oft eine größere Fläche, als jene, die durch eine Kartierung der morphologischen Merkmale dokumentierbar ist.

Die Gesamtinterpretation des Profilschnitts auf Basis der Hanggeometrie und der Rammsondierungen wird durch die Ergebnisse der geotechnischen Laboruntersuchungen bestätigt. Der gesamte Untergrund wird dabei aus geologischer Sicht aus Sedimenten des Pannoniums (Sande, Schluff, Tone, vergl. Kap. 6.2.4) aufgebaut. Nur in Oberflächennähe ist eine maximal 1 bis 2 Dezimeter mächtige Deckschicht in Form von Bodenbildung und einer Verwitterungszone zu erwarten. Die Teufen der entnommenen Sedimentproben (siehe oben) repräsentieren dabei die oben angeführten unterschiedlichen Zonen der Kriechbewegungen. Aus der Korngrößenverteilung (Beilage 7) der drei Proben lässt sich erkennen, dass es sich prinzipiell bei den Lockersedimenten um tonige und sandige Schluffe handelt. Mit zunehmender Tiefe wird der Untergrund jedoch grobkörniger, der höchste Sandanteil findet sich in der Tiefe zwischen 3,0 und 3,5 m, der höchste Tonanteil mit über 30 % hingegen in der hangenden Schicht. Die Feinkörnigkeit der obersten Schicht ist, wie der geringe Glühverlust von unter 4 % zeigt, nicht auf die Beimengung von organischen Bestandteilen zurückzuführen. Ein ähnlich abgestuftes Verhalten zeigt sich bei den Zustandsgrenzen. Die mittlere Probe weist den höchsten Plastizitätsbereich auf, die tiefste Probe hat aufgrund des höheren Sandanteils eine steife Zustandsform und einen eingeschränkten Plastizitätsbereich.

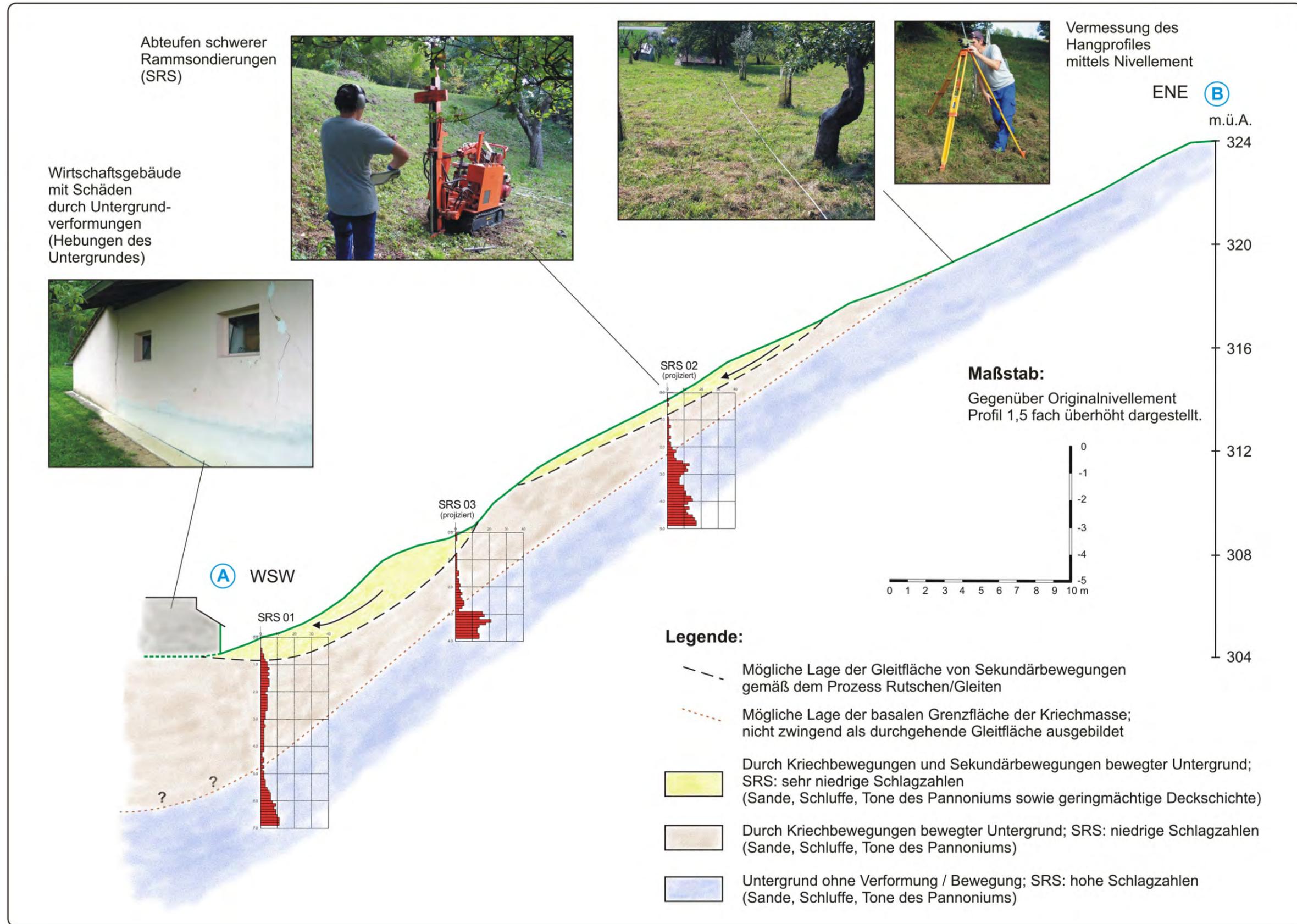


Abb. 6.44: Geotechnischer Profilschnitt der Bewegung S8. Lage des Profilschnittes und der Rammsondierungen in Abbildung 6.41.

7 Diskussion und Analyse

7.1 Verbreitung der Kriechbewegungen im Untersuchungsgebiet

Generell ist festzuhalten, dass Kriechbewegungen im gesamten Untersuchungsgebiet ein weit verbreitetes Phänomen darstellen (vergleiche Beilagen 1, 2 und 3 und Tab. 4.3, 5.1, 6.2). Ebenso ist festzuhalten, dass sich die Morphologie der Kriechbewegungen in den drei Teiluntersuchungsgebieten wenig unterscheidet. In allen drei Beckenlandschaften bilden die Bewegungen ähnliche morphologische Formen aus, wie sie in Kapitel 2.2 beschrieben sind und aus den Tabellen 4.3, 5.1 und 6.2 ersichtlich ist. Unterschiede in der Verbreitung der Kriechbewegungen in den einzelnen Teiluntersuchungsgebieten beziehungsweise Beckenlandschaften (Kap. 3.1) sollen im Folgenden analysiert werden.

Auf eine Auffälligkeit der Verbreitung von Kriechbewegungen innerhalb der einzelnen Beckenlandschaften wurde bereits in den Kapiteln 4.3, 5.3 und 6.3 hingewiesen. Im Eisenstädter und Oberpullendorfer Becken sind die Bewegungen überwiegend in Nahelage zum Beckenrand situiert, im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens treten die Bewegungen innerhalb des gesamten Becken auf (vergleiche Beilagen 1, 2 und 3). Damit unterscheidet sich die Verbreitung und Verteilung der Bewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens deutlich von jener der weiter nördlich gelegenen Beckenlandschaften.

In der Tabelle 7.1 sind statistische Kennwerte angeführt, die einen weiterführenden Einblick in die Verbreitung der Bewegungen geben. Dabei sind Menge und Größe der Bewegungen in Relation zu den Flächen der Teiluntersuchungsgebiete gestellt beziehungsweise auf die diese Flächen normiert. Die Grundlage für die Werte in Tabelle 7.1 bilden einerseits die Analyse der Flächen der Untersuchungsgebiete in Tabelle 3.1 (Kap. 3.5) und andererseits eine weiterführende Auswertung der Angaben in den Tabellen 4.3 (Kap. 4.3), 5.1 (Kap. 5.3) und 6.2 (Kap. 6.3). Die ersten beiden Zeilen in Tabelle 7.1 geben Angaben zur Gesamtfläche wieder, wobei als berücksichtigte Untersuchungsfläche jene Fläche betrachtet wird, die durch Ablagerungen des Neogens und des Quartärs gekennzeichnet ist (siehe Kap. 4.2, 5.2 und 6.2), jedoch ohne den stets flachen Talebenen der „jüngsten Talfüllung“ (vergleiche Kap. 3.5). Für die weitere Analyse wird stets nur der Wert für die berücksichtigte Untersuchungsfläche angewendet, da dieser Wert aussagekräftiger als der Wert der geografischen Gesamtfläche ist. In der dritten Zeile in Tabelle 7.1 ist die Anzahl der kartierten Kriechbewegungen wiedergegeben, in der vierten Zeile die Gesamtfläche aller Kriechbewegungen, gefolgt von der mittleren Fläche der Bewegungen pro Teiluntersuchungsgebiet (arithmetisches Mittel). Um die Kennwerte (Anzahl und Fläche) der Bewegungen auf die Fläche im jeweiligen Teiluntersuchungsgebiet zu normieren und damit vergleichbar zu machen, sind in den letzten beiden Zeilen die Anzahl der Kriechbewegungen pro 10 km² berücksichtigte Untersuchungsfläche und der Anteil der Gesamtfläche der Kriechbewegungen an der berücksichtigten Untersuchungsfläche in Promille wiedergegeben.

Die Aussagen der Werte in Tabelle 7.1 werden wie folgt zusammengefasst und interpretiert. Die Gesamtzahl von 237 Bewegungen und ein Auftreten von durchschnittlich etwas mehr als einer Kriechbewegung pro 10 km² Gesamtfläche rechtfertigt die eingangs getätigte Aussage, dass Kriechbewegungen im Untersuchungsgebiet ein häufiges und weit verbreitetes Phänomen darstellen. Normiert auf die Fläche des Neogens (Neogen und Quartär, ohne „jüngste Talfüllung“) treten Kriechbewegungen im Steirischen Becken ca. viermal häufiger auf, als im Oberpullendorfer und Eisenstädter Becken. Im Eisenstädter Becken ist jedoch die mittlere Größe beziehungsweise Fläche der Bewegungen viermal so groß wie in den südlich gelegenen Becken. Die Summe der Fläche der bewegten Masse ist dabei im Eisenstädter Becken und im Steirischen Becken mit 7,6 ‰ beziehungsweise 6,0 ‰ der Neogengesamtfläche in etwa gleich groß, im Oberpullendorfer Becken (1,3 ‰) aber deutlich geringer.

| | Eisenstädter Becken | Oberpullendorfer Becken | Steirisches Becken (Bgl.) | Gesamt |
|---|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------|
| Geografische Gesamtfläche in km ² (Präneogen, Neogen und Quartär) | 712,45 | 750,34 | 1.461,17 | 2923,96 |
| Berücksichtigte Untersuchungsfläche in km ² (nur Neogen & Quartär, ohne „jüngste Talfüllung“) | 436,19 | 496,01 | 1.004,13 | 1936,33 |
| Anzahl kartierter Kriechbewegungen | 24 | 20 | 193 | 237 |
| Gesamtfläche aller Kriechbewegungen in km ² | 3,335 | 0,666 | 6,015 | 10,016 |
| Mittlere Fläche der Kriechbewegungen in km ² | 0,14 | 0,033 | 0,031 | |
| Anzahl kartierter Kriechbewegungen pro 10 km ² berücksichtigte Untersuchungsfläche | 0,55 | 0,40 | 1,92 | 1,22 * |
| Anteil Gesamtfläche der Kriechbewegungen an berücksichtigter Untersuchungsfläche in Promille (‰) | 7,6 | 1,3 | 6,0 | |

Tab. 7.1: Statistische Kennwerte zur Verbreitung der Kriechbewegungen in den Teiluntersuchungsgebieten.

*.. bezogen auf die Summe der Einzelflächen

Zur Verbreitung der Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten des Burgenlandes kann daher folgendes festgehalten werden: Im Eisenstädter Becken treten in Relation zur Gesamtneogenfläche wenige aber dafür flächenhaft große Kriechbewegungen auf, im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens sind dagegen Bewegungen besonders häufig, dabei aber deutlich kleinräumiger ausgebildet. Im Oberpullendorfer Becken ist die Gesamtfläche der bewegten Masse in Relation zur Gesamtneogenfläche am geringsten. Im Eisenstädter Becken und im Oberpullendorfer Becken sind die Bewegungen in Nahelage zum Beckenrand situiert, im Steirischen Becken treten die Bewegungen innerhalb der gesamten Beckenlandschaft auf.

7.2 Vergleich natürlicher Einflussfaktoren in den Teiluntersuchungsgebieten

Im vorhergehenden Kapitel 7.1 konnte gezeigt werden, dass bei der Verbreitung der Kriechbewegungen in den einzelnen Teiluntersuchungsgebieten (Kap. 3.1) bedeutende Unterschiede bestehen. Diese Unterschiede beziehen sich vor allem auf Größe (Fläche) und Anzahl der Bewegungen. Ziel der Erläuterungen im gegenständlichen Kapitel ist es, auf Basis eines Vergleichs der natürlichen Einflussfaktoren in den einzelnen Teiluntersuchungsgebieten die Gründe für die unterschiedliche Verbreitung der Kriechbewegungen zu analysieren.

In der vorliegenden Arbeit werden ausschließlich natürliche Einflussfaktoren behandelt, obwohl generell nach VARNES (1978) bei der Diskussion von Einflussfaktoren oder Ursachen für Massenbewegungen sowohl natürliche als auch anthropogene Einflussfaktoren zu berücksichtigen sind. Den wesentlichen anthropogenen Einflussfaktor im Untersuchungsgebiet stellt die Vegetation beziehungsweise Landbedeckung dar. Eine Analyse der Landbedeckung im Untersuchungsgebiet ist jedoch methodisch aus zwei Gründen problematisch. Einerseits liefern die einzigen flächenhaft zur Verfügung stehenden CORINE Land Cover Daten nur eine großmaßstäbliche und in Details sehr ungenau Datengrundlage der Landbedeckung und zweitens ist der methodische Ansatz der Kartierung der Kriechbewegungen für eine derartige Analyse nicht geeignet. In Kapi-

tel 2.2. wird darauf hingewiesen, dass die Aufnahme der Bewegungen nicht das komplette Inventar an Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet umfasst und dass besonders in Gebieten mit Waldbedeckung eine Geländekartierung von Massenbewegungen problematisch ist. Für eine Analyse des anthropogenen Einflussfaktors Landbedeckung liegt daher eine nur sehr ungenügende Datengrundlage vor. In Kapitel 7.4 wird jedoch versucht werden, auf anthropogene Aktivitäten als Auslöser von Massenbewegungen verstärkt einzugehen.

Gemäß HUTCHINSON (1968) ist die Ausbildung von Massenbewegungen, und damit auch von Kriechbewegungen generell von drei natürlichen Faktoren beeinflusst:

- Geologie
- Klima beziehungsweise klimatische Bedingungen
- Topographie

Diese drei Einflussfaktoren werden im Folgenden in den drei Teiluntersuchungsgebieten verglichen und zur unterschiedlichen Verbreitung der Kriechbewegungen in Bezug gestellt (Kap. 7.2.4 Vergleichsanalyse).

7.2.1 Vergleich der geologischen Einflussfaktoren

Eine Analyse der geologischen Einflussfaktoren kann nicht umfassend durchgeführt werden, da diese sowohl tektonische als auch lithologische Einflussfaktoren umfassen müsste. Wie aber in Kapitel 3.3 dargestellt, fehlen für eine tektonische Analyse entsprechend flächenhaft vorliegende Basisdaten. Die Analyse der geologischen Einflussfaktoren beschränkt sich daher auf die Analyse lithologischer Einflussfaktoren, wobei die Lithologie in den Kapiteln 4.2, 5.2 und 6.2 in Form der Lithostratigraphie wiedergegeben wurde.

In den Kapiteln 4.3, 5.3 und 6.3 wurde eine Gliederung der in den jeweiligen Teiluntersuchungsgebieten kartierten Kriechbewegungen gemäß der für die Bewegung verantwortlichen lithostratigraphischen Einheiten vorgestellt. Eine zusammenfassende Gliederung der Kriechbewegungen für das gesamte Untersuchungsgebiet nach den verantwortlichen lithostratigraphischen Einheiten stellt sich wie folgt dar:

- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Karpatiums**
- Kriechbewegungen in Zusammenhang mit Sedimenten der **Sandschaler-Zone (Badenium)**
- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Badeniums** (exkl. Sandschaler-Zone), und **Sarmatiums** sowie in **Grenzbereichen**.
- Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Pannoniums**

Generalisiert repräsentieren die Sedimente des Karpatiums geographisch den äußersten Rand der Beckenlandschaften bzw. bereits die angrenzenden Hochzonen. Es sind gleichzeitig jene Sedimente, welche mit Ausnahme der Hochriegel-Formation (Kap. 4.2.3; 5.2.3) den geringsten Anteil an feinkörnigen Material (Ton, Schluff) aufweisen. Die Sedimente der Sandschaler-Zone (Kap. 4.2.6) sind im Eisenstädter Becken am Beckenrand situiert und sind fast ausschließlich aus feinkörnigem Material aufgebaut. Die Sedimente des Badeniums (exkl. Sandschaler-Zone) und Sarmatiums sowie in Grenzbereichen sind in Nahelage zum Beckenrand situiert und sind gemischtkörnig aufgebaut. Die Sedimente des Pannoniums treten überwiegend im zentralen Bereich des Beckens auf und sind ebenso gemischtkörnig aufgebaut.

In Tabelle 7.2 ist die Anzahl der kartierten Kriechbewegungen für jede lithostratigraphische Einheit gegliedert nach Teiluntersuchungsgebieten und für das gesamte Untersuchungsgebiet wiedergegeben. Weiterführend

ist die mittlere Fläche der Bewegungen innerhalb einer lithostratigraphischen Einheit angeführt. Die Basisdaten dafür sind den Tabellen 4.3, 5.1 und 6.2 entnommen.

| <i>Für die Bewegung verantwortliche lithostratigraphische Einheit</i> | Eisenstädter Becken | | Oberpullendorfer Becken | | Steirisches Becken (Bgl.) | | Gesamt | |
|---|---------------------|--|-------------------------|--|---------------------------|--|------------|--|
| | Anzahl | mittlere Fläche 1000 m ² | Anzahl | mittlere Fläche 1000 m ² | Anzahl | mittlere Fläche 1000 m ² | Anzahl | mittlere Fläche 1000 m ² |
| Karpatium | 4 | 23,5 | 7 | 17,04 | 5 | 14,5 | 16 | 17,86* |
| Badenium; Sandschaler-Zone | 7 | 357,34 | | | | | 7 | 357,4 |
| Badenium, Sarmatium, Grenzbereiche | 13 | 56,9 | 10 | 40,51 | 16 | 61,2 | 39 | 54,46* |
| Pannonium | | | 3 | 47,23 | 172 | 28,86 | 175 | 29,17* |
| <i>Summe</i> | <i>24</i> | | <i>20</i> | | <i>193</i> | | <i>237</i> | |

Tab. 7.2: Anzahl der kartierten Kriechbewegungen für jede lithostratigraphische Einheit gegliedert nach Teiluntersuchungsgebieten und für das gesamte Untersuchungsgebiet sowie mittlere Fläche der Bewegungen innerhalb einer lithostratigraphischen Einheit. * Bezogen auf die Summe der Einzelflächen

Die Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Karpatiums** sind gemäß Tabelle 7.2 nicht sehr häufig und vor allem durch eine geringe flächenhafte Ausdehnung geprägt. Derartige Bewegungen treten jedoch, wenn auch untergeordnet, in allen drei Teiluntersuchungsgebieten auf. Wie bereits in den Kapiteln 4.4.1, 5.4.1 und 6.4.1 beschrieben sind diese Bewegungen auf lokal erhöhte Anteile der Feinkornfraktion innerhalb der Rust-Formation (Kap. 4.2.4), der Brennberger Blockschotter (Kap. 4.2.5) und der Sinnersdorf-Formation (Kap. 5.2.4) zurückzuführen. Stellenweise ist eine zusätzliche Bewegungsdynamik durch unterlagernde, sehr feinkörnige Sedimente der Hochriegel-Formation (Kap. 4.2.3; 5.2.3) gegeben.

Kriechbewegungen in Zusammenhang mit Sedimenten der **Sandschaler-Zone des Badeniums** (Kap. 4.2.6) treten ausschließlich im Eisenstädter Becken auf. Die Sedimente des Badeniums sind in der Mattersburger Bucht des Eisenstädter Beckens (Kap. 3.1) im Vergleich zu den anderen Teiluntersuchungsgebieten weit verbreitet und gut dokumentiert (Kap. 4.1). Wie aus Tabelle 7.2 ersichtlich ist, zeichnen sich die entsprechenden Bewegungen durch eine besonders hohe flächenhafte Ausdehnung aus. Dies ist ein Alleinstellungsmerkmal dieser Bewegungen im gesamten Untersuchungsgebiet, diese sind mit einer Ausdehnung von über 1 km² die flächenhaft größten Bewegungen im Untersuchungsgebiet. Wie bereits in Kapitel 4.2.6 und 4.4.2 beschrieben, handelt es sich bei den Ablagerungen der Sandschaler-Zone um siltige Tone und Tonmergel, die häufig Feinsandlagen in max. cm-Mächtigkeit aufweisen. Die mürben Feinsandlagen beinhalten verbreitet Gipskristallnester oder -lagen und sind meist gespannt oder artesisch grundwasserführend. Die Feinkörnigkeit, die Mineralogie, die geotechnischen Eigenschaften (Kap. 4.5) und die beschriebene Wechsellagerung machen diese Sedimente besonders anfällig für die Ausbildung von großflächigen Massenbewegungen wobei oftmals die Serien im Hangenden der Sandschaler-Zone ebenso betroffen sind. Nach PASCHER (1988) hat eine ursprüngliche Entfestigung des Gefüges der Sandschaler-Zone sowie der Buliminen-Bolivinen-Zone (Kap. 4.2.6) schon unmittelbar nach der Bildung der Sedimente in Form von submarinen Gleitungen eingesetzt. Diese primäre Entfestigung und Gefügeauflösung der Sedimente hat später die Ausbildung von instabilen Hängen erleichtert.

Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Badeniums** (exkl. Sandschaler-Zone), und des **Sarmatiums** sowie in **Grenzbereichen** zwischen Sarmatium und Pannonium beziehungsweise Pannonium und anderen Sedimenten treten in allen Teiluntersuchungsgebieten auf. Die Bewegungen erreichen nach Tabelle 7.2 dabei beträchtliche Ausdehnungen, die zwar deutlich unter jenen der Sandschaler-Zone liegen gleichzeitig aber über der mittleren Fläche der Bewegungen in den Sedimenten des Pannoniums liegen. Der typische Aufbau aller drei Teiluntersuchungsgebiete beziehungsweise Beckenlandschaften bedingt, wie mehrfach dargelegt werden konnte, eine Verjüngung der oberflächlich anstehenden Neogensedimente in Richtung der Beckenmitte. Gleichzeitig sind aufgrund der Nahelage zum Beckenrand die älteren Sedimente des Badeniums und Sarmatiums insgesamt durch eine verhältnismäßig steile Morphologie d.h. höhere Hangneigungen geprägt. Dies kann ebenso als Ursache für die Ausbildung von Kriechbewegungen herangezogen werden wie die Beobachtung, dass vor allem in den Sedimenten des Sarmatiums meist lokale Wechsellagerungen zwischen sehr feinkörnigen und grobkörnigen Sedimenten ausgebildet sind (Kap. 4.2.8, 4.2.9, 4.4.3, 5.2.7, 5.4.2, 6.2.3, 6.4.2). Auch Grenzflächenphänomene zwischen den einzelnen stratigraphischen Einheiten und tektonische Phänomene aufgrund der Nahelage zum Beckenrand (Kap. 3.3) müssen als beeinflussende geologische Faktoren für die Ausbildung von Bewegungen in diesen Sedimenten angeführt werden.

Kriechbewegungen in den Sedimenten des **Pannoniums** treten ausschließlich im Oberpullendorfer Becken (Kap. 5.4.3) und im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens (Kap. 6.4.3) auf. Im Oberpullendorfer Becken sind diese Bewegungen ebenso durch die Nahelage zum Beckenrand beziehungsweise durch eine erhöhte Hangneigungen geprägt. Die zuvor angeführten Charakteristika der Sedimente können daher als beeinflussende geologische Faktoren für Kriechbewegungen in den Sedimenten des Pannoniums im Oberpullendorfer Becken übernommen werden. Im zentralen Bereich des burgenländischen Anteils des Steirischen Beckens sind 172 Kriechbewegungen situiert, das sind fast drei Viertel aller Bewegungen im gesamten Untersuchungsgebiet (237 Bewegungen). Im Vergleich zu den Bewegungen in anderen lithostratigraphischen Einheiten sind diese Bewegungen jedoch im Mittelwert eher kleinräumig ausgebildet (Tab. 7.2). In Kapitel 6.2.4 konnte gezeigt werden, dass innerhalb der Schichtfolge des Pannoniums die „Schichten von Loipersdorf und Unterlamm“ beziehungsweise die „Schichten von Stegersbach“ der Papp-Zonen D und E des mittleren Pannoniums in der flächenhaften Verbreitung im Teiluntersuchungsgebiet dominierend sind. Diese Schichten sind durch eine immer wiederkehrende Wechsellagerung von Sanden und bunten Tonen bzw. Schluffen mit untergeordneten Kieslagen geprägt (Kap. 6.2.4). Schon WINKLER (1927, a) erkannte, dass gerade diese Wechsellagerung den wesentlichen beeinflussenden geologischen Faktor für die Ausbildung von Massenbewegungen in den Sedimenten des Pannoniums im Steirischen Becken darstellt. WINKLER (1927, a) verwendet den Begriff „Rutschungen“ für den in dieser Arbeit übergeordnet eingeführten Begriff Massenbewegungen (Kap. 1.1.1) und hält fest:

„Das Hauptverbreitungsgebiet der Rutschungen liegt in den durch die Wechsellagerung von Sand und Ton ausgezeichneten Schichtkomplexen. Hier stauen sich die einsickernden Meteorwässer auf der Tonunterlage, machen diese schlüpfrig und bringen schließlich den auflagernden Gesteinskomplex [Lockersedimentkomplex, Anmerkung des Verfassers] auf der weichen Basis zum abgleiten. (...) Man kann behaupten: wo eine undurchlässige Tonschicht den Sanden und Schotterkomplexen eingeschaltet ist, stellen sich Rutschungen in den Gehängen ein.“

Aus heutiger Sicht können diese Beobachtungen und Rückschlüssen dahingehend ergänzt werden, dass speziell bei langsamen Kriechbewegungen (Kap. 1.1.2) nicht zwingend eine distinkte Gleitfläche die Basis für die Bewegung bilden muss, die Verhältnisse im Untergrund sind meist komplexer ausgebildet. Darauf wird auch in Kapitel 7.3 näher eingegangen.

Über die geologischen Einflussfaktoren kann zusammenfassend festgehalten werden, dass einerseits die extrem feinkörnigen und möglicherweise bereits submarin vorgeprägten Sedimente der Sandschaler-Zone

des Badeniums die Ausbildung der sehr großflächigen Kriechbewegungen im Norden des Untersuchungsgebiets beeinflussen. Andererseits ist die hohe Anzahl von vergleichsweise kleinräumigeren Kriechbewegungen im Süden des Untersuchungsgebietes auf das Auftreten einer häufigen Sand-Ton Wechsellagerung in den Sedimenten des mittleren Pannoniums zurückzuführen.

7.2.2 Vergleich der klimatischen Einflussfaktoren

In Kapitel 3.4 wurde bereits umfangreich auf die klimatischen Bedingungen (Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse) in den unterschiedlichen Teiluntersuchungsgebieten (Beckenlandschaften) eingegangen. Zum Vergleich der klimatischen Einflussfaktoren in den Teiluntersuchungsgebieten wird auf die beschriebenen Niederschlagsverhältnisse Bezug genommen, da der Niederschlag in Zusammenhang mit Massenbewegungen den wesentlichsten Einflussfaktor des Klimas darstellt (HIGHLAND & BOBROWSKY, 2008). Aus Abb. 3.10 (Kap. 3.4.3) ist ersichtlich, dass nach der Normalzahl die jährliche Niederschlagssumme im Eisenstädter Becken ca. 606 mm, im Oberpullendorfer Becken ca. 645 mm und im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens ca. 732 mm beträgt. Die Niederschlagssumme nimmt demnach von Norden nach Süden zu. Die Verteilung der mittleren Monatssummen (Abb. 3.11, Kap. 3.4.3) zeigt zusätzlich, dass die höheren Niederschlagssummen im Süden vor allem auf höhere Niederschläge in den Monaten Mai bis Oktober zurückzuführen sind. Von besonderer Bedeutung ist jedoch die Analyse der Niederschlagshäufigkeiten (Kap. 3.4.4). Niederschlagstage mit mehr als 20 mm Niederschlag sind im Süden generalisiert fast doppelt so häufig wie im Norden des Untersuchungsgebietes.

Es ist daher davon auszugehen, dass die hohe Anzahl der Kriechbewegungen (und auch der schnelleren Massenbewegungen, siehe Kap. 6.5 und 7.3.3) im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens mit dem Niederschlagsverhalten in Zusammenhang steht. Im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens ist im Vergleich zu den weiter nördlich gelegenen Beckenlandschaften nicht nur die jährliche Niederschlagssumme höher, sondern es finden auch bedeutende Regenereignisse an einzelnen Tagen häufiger statt.

Die Karte der durchschnittlichen Niederschlagshäufigkeiten (1961-1990) für den Schwellenwert ≥ 20 mm (rechte Karte der Abb. 3.12 in Kap. 3.4.4) ermöglicht auch eine weiterführende Interpretation, wenn diese Karte zu der geographischen Verteilung der Kriechbewegungen und schnelleren Massenbewegungen in den Beilagen 1, 2 und 3 in Relation gestellt wird. Besonders im Steirischen Becken (burgenländischer Anteil), im Bereich südlich der Lafnitz korreliert das auffällig häufige Auftreten von Massenbewegungen (Beilage 3) sehr gut mit der Karte der Niederschlagshäufigkeiten. Für diesen Bereich wird in Abbildung 3.12 der für alle Beckenlandschaften höchste Wert von durchschnittlich 10 Tagen im Jahr mit Niederschlagsmengen ≥ 20 mm angegeben. Der gegenteilige Effekt ist im Steirischen Becken (burgenländischer Anteil) östlich der Linie Güssing, Großpetersdorf, Schandorf (Beilage 3) zu erkennen. Dieser Bereich ist mehr oder weniger frei von kartierten Massenbewegungen und wird ebenso in der Karte der Niederschlagshäufigkeiten durch auffallend geringe Werte von durchschnittlich nur 7 beziehungsweise 6 Tagen im Jahr mit Niederschlagsmengen ≥ 20 mm repräsentiert. Auch im Oberpullendorfer Becken ist eine derartige „negative“ Korrelation ersichtlich. Das Gebiet östlich der Linie Unterlauf des Stoober Baches, Oberpullendorf, Raiding und Deutschkreutz umfasst geografisch fast die Hälfte der neogenen Beckenfüllung. Trotzdem ist in diesem Bereich nur eine einzige Kriechbewegung kartiert. Gleichzeitig ist genau dieser Bereich in der Karte der Niederschlagshäufigkeiten durch einen sehr geringen Wert von durchschnittlich nur 6 Tagen im Jahr mit Niederschlagsmengen ≥ 20 mm charakterisiert. Die insgesamt sehr geringen Niederschlagshäufigkeiten im Eisenstädter Becken ermöglichen keine weiterführende Interpretation. Insgesamt zeigt der Vergleich der Niederschlagshäufigkeiten für den Schwellenwert ≥ 20 mm mit der geographischen Verteilung der Massenbewegungen jedoch die hohe Bedeutung der Niederschlagshäufigkeit zur Charakterisierung des Klimas als natürlicher Einflussfaktor auf.

7.2.3 Vergleich der topografischen Einflussfaktoren

Die generellen topographischen Eigenschaften der Teiluntersuchungsgebiete (Beckenlandschaften) wurden anhand der Parameter Hangneigung und Exposition (SOETERS & VAN WESTEN, 1996) bereits ausführlich in Kapitel 3.5 beschrieben. Gemäß der in Kapitel 3.5 beschriebenen Methodik werden nun nur für die Summe der Flächen innerhalb der aufgenommenen Kriechbewegungen die Parameter Hangneigung und Exposition berechnet und diese mit den Eigenschaften der berücksichtigten Untersuchungsfläche (Neogen & Quartär, ohne „jüngste Talfüllung“) verglichen. Damit soll analysiert werden, inwieweit die topographischen Gegebenheiten in jedem Teiluntersuchungsgebiet mit den topographischen Eigenschaften der Kriechbewegungen in Zusammenhang stehen. Ein erster Vergleich der mittleren Hangneigungswerte (arithmetisches Mittel) für jedes Teiluntersuchungsgebiet in Tabelle 7.3 zeigt, dass die mittlere Hangneigung der Kriechbewegungen 10° bis 14° beträgt, wobei die steileren Werte im Oberpullendorfer Becken auftreten. Dies steht mit der Situierung der Bewegungen in Nahelage zum Beckenrand im Oberpullendorfer Becken in Zusammenhang (Kap. 7.1). Bemerkenswert ist aber die insgesamt relativ geringe Hangneigung, welche die kartierten Kriechbewegungen kennzeichnet.

| | Eisenstädter Becken | Oberpullendorfer Becken | Steirisches Becken (Bgl.) |
|--|---------------------|-------------------------|---------------------------|
| Mittlere Hangneigung berücksichtigte Untersuchungsfläche | $3,5^{\circ}$ | $4,5^{\circ}$ | $6,4^{\circ}$ |
| Mittlere Hangneigung Kriechbewegungen | $10,0^{\circ}$ | $14,3^{\circ}$ | $9,8^{\circ}$ |

Tab. 7.3: Vergleich der mittleren Hangneigung der berücksichtigten Untersuchungsfläche und der Summe der Fläche der Kriechbewegungen für jedes Teiluntersuchungsgebiet. Methodik siehe Kapitel 3.5.

Eine genauere Analyse ermöglicht der Vergleich der Verteilung der Hangneigungsklassen beziehungsweise Expositionsklassen analog zur Abbildung 3.15 in Kapitel 3.5. Die entsprechende Methodik ist ebenso in Kapitel 3.5 beschrieben. In Abbildung 7.1 ist daher der Vergleich der Verteilung der Hangneigungsklassen zwischen der berücksichtigten Untersuchungsfläche und der Fläche der Kriechbewegungen für jedes Teiluntersuchungsgebiet wiedergegeben. In Abbildung 7.2 ist weiterführend der Vergleich der Verteilung der Expositionsklassen zwischen der berücksichtigten Untersuchungsfläche und der Fläche der Kriechbewegungen wiedergegeben.

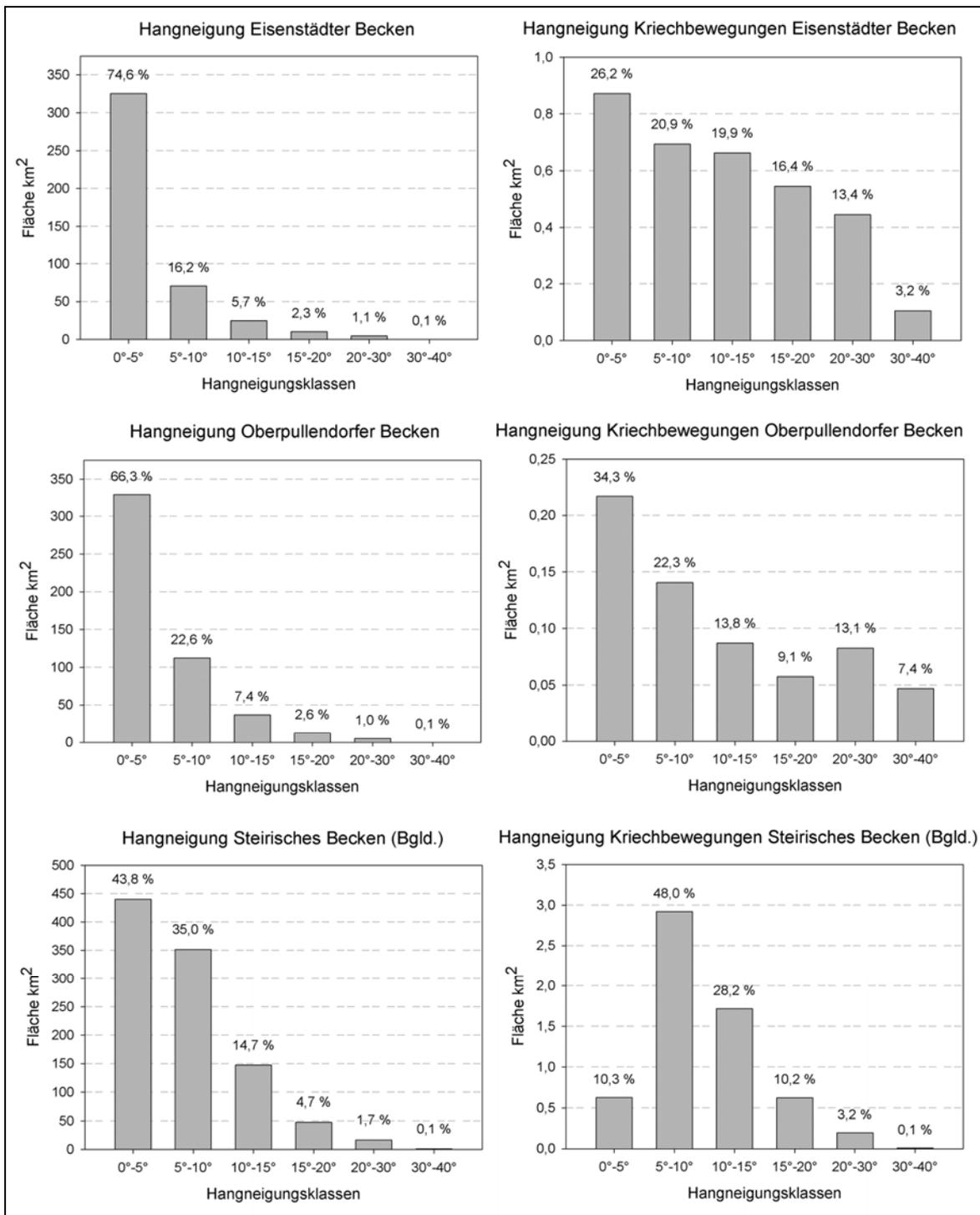


Abb. 7.1: Vergleich der Verteilung der Hangneigungsklassen zwischen der berücksichtigten Untersuchungsfläche und der Fläche der Kriechbewegungen für jedes Teiluntersuchungsgebiet. Die Prozentwerte über den einzelnen Säulen beziehen sich auf den Flächenanteil pro Hangneigungsklasse bezogen auf die berücksichtigte Untersuchungsfläche beziehungsweise die Summe der Fläche der Kriechbewegungen im Teiluntersuchungsgebiet.

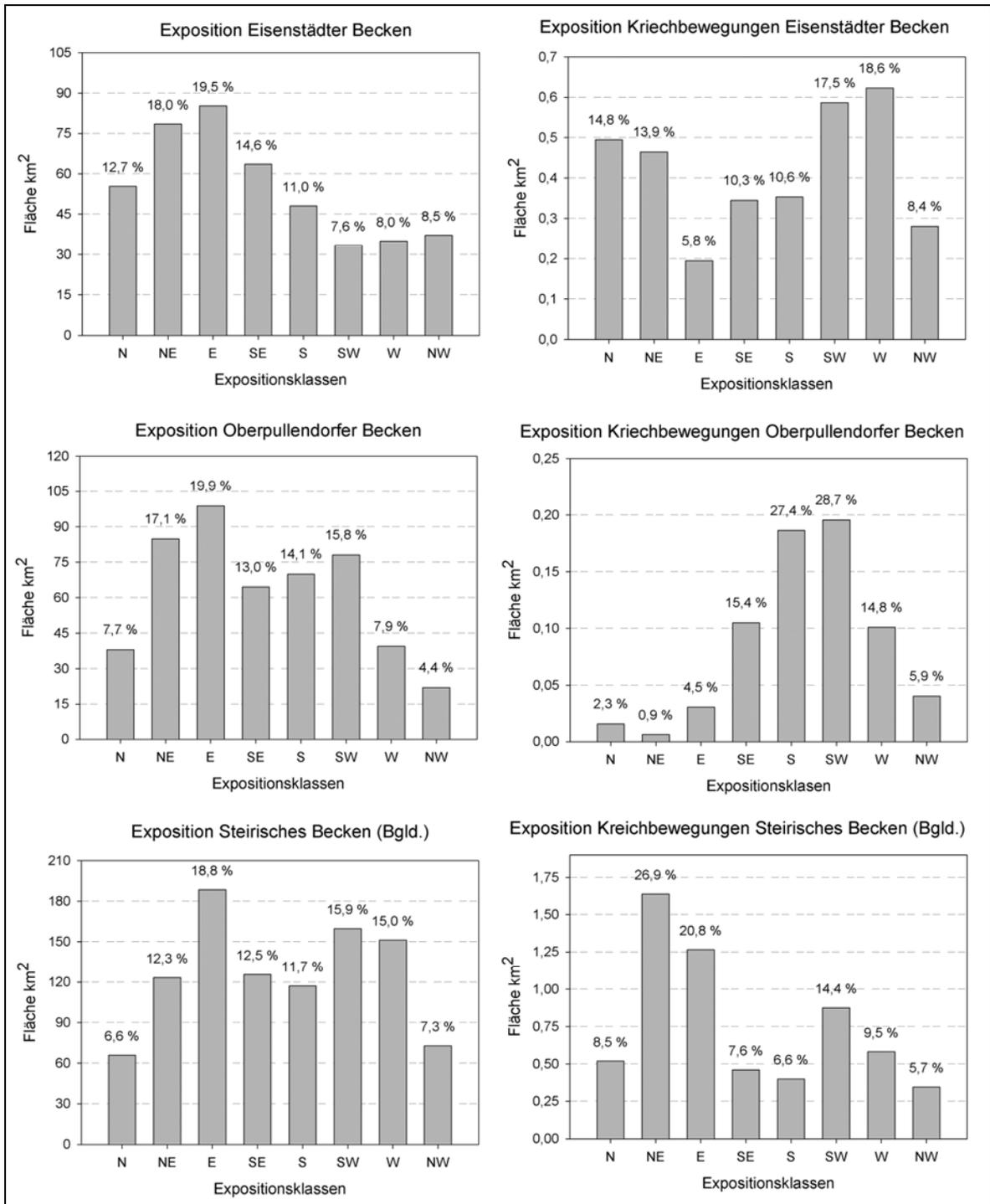


Abb. 7.2: Vergleich der Verteilung der Expositionsklassen zwischen der berücksichtigten Untersuchungsfläche und der Fläche der Kriechbewegungen für jedes Teiluntersuchungsgebiet. Die Prozentwerte über den einzelnen Säulen beziehen sich auf den Flächenanteil pro Expositionsklasse bezogen auf die berücksichtigte Untersuchungsfläche beziehungsweise die Summe der Fläche der Kriechbewegungen im Teiluntersuchungsgebiet.

Die Analyse der Verteilung der Hangneigungsklassen zeigt, dass im Eisenstädter und im Oberpullendorfer Becken höhere Hangneigungsklassen (steilere Hänge) innerhalb der Flächen der Kriechbewegungen deutlich häufiger vorkommen als bei der berücksichtigten Untersuchungsfläche der gesamten Beckenlandschaft. Die Hangneigungsklasse 0° - 5° zeigt dabei aber stets die höchste Häufigkeit in der Verteilung. Im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens mit der höchsten Anzahl an Bewegungen und damit auch bewegter Gesamtfläche (Tab. 7.1) zeigt sich hingegen ein anderes Bild. Die mittlere Hangneigung der berücksichtigten Untersuchungsfläche ist hier insgesamt höher (Tab. 7.3) und zeigt sich vor allem in einer Zunahme der Hangneigungsklassen 5° - 10° und 10° - 15° (Kap. 5.3). Vor allem die Hangneigungsklasse 5° - 10° ist aber auch innerhalb der Fläche der Kriechbewegungen sehr ausgeprägt repräsentiert. Daraus kann der Rückschluss abgeleitet werden, dass einerseits im Steirischen Becken (burgenländischer Anteil) Hangneigungen zwischen 5° und 15° viel häufiger und flächenhaft weiter verbreitet sind, als in den weiter nördlicher situierten Beckenlandschaften, und dass sich andererseits Kriechbewegungen bevorzugt gerade bei dieser Hangneigung ausbilden. Die topografischen Verhältnisse im Steirischen Becken stellen demnach einen günstigen Einflussfaktor für die Ausbildung von Kriechbewegungen dar.

Die Analyse der Verteilung der Expositionsklassen weist hingegen keinen interpretierbaren Trend auf. Auffällig ist nur die Dominanz der mehr oder weniger südlich gerichteten Hänge der Kriechbewegungen im Oberpullendorfer Becken. Insgesamt scheint der Einfluss der Exposition auf die Ausbildung von Kriechbewegungen aber eher gering zu sein.

7.2.4 Zusammenfassende Vergleichsanalyse der natürlichen Einflussfaktoren

Der Vergleich der natürlichen Einflussfaktoren Geologie, Klima und Topographie in den drei Teiluntersuchungsgebieten zeigt, dass Unterschiede in den Einflussfaktoren mit der Verbreitung der Kriechbewegungen (Kap. 7.1) in Zusammenhang stehen. Die Ausbildung der überaus großflächigen Bewegungen im Eisenstädter Becken steht in Zusammenhang mit dem ausschließlichen Auftreten der feinkörnigen Sedimente der Sandschaler-Zone des mittleren Badeniums in der Mattersburger Bucht (Kap. 7.2.1). Die großflächigen Bewegungen im Norden sind demnach überwiegend durch den Faktor Geologie beeinflusst.

Die Ausbildung der eher kleinräumigen, dafür aber überaus häufigen Kriechbewegungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens ist hingegen durch alle drei natürlichen Einflussfaktoren beeinflusst. Das flächenhafte Auftreten der Sedimente des mittleren Pannoniums mit einer typischen kleinräumigen und sich stets wiederholenden Wechsellagerung von fein- und grobkörnigen Lagen stellt den geologischen Einflussfaktor dar (Kap. 7.2.1). Im Steirischen Becken (burgenländischer Anteil) fällt nicht nur in der jährlichen Summe mehr Niederschlag als in den weiter nördlich gelegenen Beckenlandschaft, auch heftige Niederschlagsereignisse mit Tagessummen über 20 mm Niederschlag sind deutlich häufiger (Kap. 7.2.2). Somit liegen im Vergleich zu den nördlichen Beckenlandschaften auch klimatische Verhältnisse vor, welche die Ausbildung von Massenbewegungen generell begünstigen (siehe auch Kap. 7.4.1). Überdies ist der burgenländische Anteil des Steirischen Beckens topografisch durch steilere Hänge als in den Beckenlandschaften im Norden geprägt (Kap. 7.2.3). Dabei treten im Süden die Hänge mit einer Neigung zwischen 5° und 15° besonders häufig auf, und bilden somit eine großflächige Basis für Kriechbewegungen, die sich gerade bei derartigen Hangneigungen bevorzugt ausbilden.

Der Vergleich der natürlichen Einflussfaktoren im gesamten Untersuchungsgebiet zeigt, dass im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens besonders günstige Bedingungen zur Ausbildung von Kriechbewegungen vorliegen. Dies erklärt, warum mehr als 80% aller im gesamten Untersuchungsgebiet kartierten Kriechbewegungen (vergleiche Tab. 7.2) im Steirischen Becken (burgenländischer Anteil) situiert sind.

Die generellen Rahmenbedingungen im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens sind auch auf weite Teile des restlichen Steirischen Beckens im Bundesland Steiermark übertragbar (Kap. 1.3). Große Areale im Steirischen Becken sind durch lithologisch recht gleichförmige Sedimente mit einer sich wiederholenden Wechsellagerung von fein- und grobkörnigen Lagen geprägt (WINKLER, 1927a; GROSS, 2003). Auch die dargestellten klimatischen und topographischen Eigenschaften sind vor allem im Osten und Süden des Beckens generell vergleichbar. Daher treten auch im Bundesland Steiermark in den neogenen Beckensedimenten des Steirischen Beckens Massenbewegungen entsprechend häufig auf (ALKER et al., 1969).

7.3 Bewegungsmechanismen und Klassifizierung

7.3.1 Grundlegende Annahmen, Beobachtungen und Messungen

Für eine Analyse der Bewegungsmechanismen und Klassifizierung der in der vorliegenden Arbeit dargestellten Kriechbewegungen wird davon ausgegangen, dass allen oder zumindest ein Großteil der erfassten Kriechbewegungen ein ähnlicher beziehungsweise gemeinsamer Mechanismus zugrunde liegt. Folgende Argumente sind als Begründung für diese Annahme anzuführen:

- Alle Kriechbewegungen weisen vergleichbare morphologische Eigenschaften auf (Kap. 2.2, Tabelle 4.3 in Kap. 4.3, Tabelle 5.1 in Kap. 5.3, Tabelle 6.2 in Kap. 6.3, Kap. 7.1).
- Trotz regionaler Unterschiede (Kap. 7.2.2) ist das gesamte Untersuchungsgebiet dem warmgemäßigten Klima zuzuordnen (Kap. 3.4.1). Es herrschen insgesamt vergleichbare klimatische Bedingungen, die eine nur geringe Varianz in der Bodenbildung, Vegetation und Landnutzung verursachen.
- Der geologische Aufbau aller drei besprochenen Beckenlandschaften ist ähnlich (Kap. 3.1, Kap. 3.3), der generelle Aufbau in Oberflächennähe aus neogenen, gemischtkörnigen Sedimenten mit stellenweise quartären Kies- und Lößbedeckungen prägt alle behandelten Beckenlandschaften (Kap. 4.2, Kap. 5.2, Kap. 6.2).
- Im Vergleich zur alpin geprägten Topographie mit deutlich steileren Hängen ist die Topographie der drei bearbeiteten Alpenostrandbecken (Kap. 3.1) durch verhältnismäßig geringe Hangneigungen geprägt (Kap. 3.5).

Basierend auf dieser Annahme ist es daher zulässig, für den Bewegungsmechanismus relevante Informationen aller 237 aufgenommenen Kriechbewegungen (Kap. 7.1) zusammenzuführen. Diese Informationen werden zuerst in Stichworten angeführt um dann im Folgenden detailliert ausgeführt. Die wesentlichen Informationen zur Bestimmung des Bewegungsmechanismus sind:

- Die beobachteten Kriechbewegungen sind überwiegend **tiefgründig**, unbewegter Untergrund ist meist erst in einer Tiefe von mehreren Metern anstehend.
- Die gemessenen **Bewegungsgeschwindigkeiten** an der Oberfläche betragen **1 cm bis 2 cm pro Jahr**.
- Die **Bewegungsgeschwindigkeiten** sind **über die Zeit relativ konstant**, wenngleich Einflüsse durch starke Niederschlagswasserinfiltration erkennbar sind.

- Am Übergang bewegte Masse zum unbewegten Untergrund ist **nicht zwingend eine Gleitbahn oder eine durchgehende Scherfläche ausgebildet**.
- Die starke Verformung der bewegten Masse bei gleichzeitig geringen Bewegungsgeschwindigkeiten bedingt die **Aktivität der Bewegung über einen sehr langen Zeitraum**.
- Innerhalb der durch die Kriechbewegung bewegten Masse bilden sich stellenweise geringfügig beschleunigte **Sekundärbewegungen** gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten aus.
- Geotechnische Untersuchungen geben Hinweise auf Untergrundmaterialien mit einer **ausgeprägten Restscherfestigkeit**.

Die **Tiefgründigkeit** (MURAWSKI, 1992) der Kriechbewegungen lässt sich durch mehrere Beobachtungen und Messungen belegen. Viele der aufgenommenen Kriechbewegungen zeigen eine ausgeprägt wellige Morphologie an der Oberfläche, ersichtlich z.B. bei der Bewegung S137 (Kap. 6.4.2, Abb. 6.12), der Bewegung M7 (Kap. 5.4.2, Abb. 5.11) oder der Bewegung N20 (Kap. 4.4.3, Abb. 4.36). Die einzelnen Wellen erreichen dabei eine Höhe von bis über 2 Meter, die Amplitude der Wellen beträgt häufig mehrere 10er Meter. Mechanisch ist die Ausbildung derartiger Wellen nur dann zu erklären, wenn auch der Tiefgang der bewegten Masse entsprechend groß ist (PRINZ & STRAUSZ, 2011). Seichtgründige, oberflächennahe Bewegungen können Wellen dieser Größenordnung nicht erzeugen. Die Inklinometermessungen an der Bohrung KB 5 in Beilage 4 innerhalb der Kriechbewegung N4 zeigen einen Tiefgang der Kriechbewegung von 12 m an (Kap. 4.5.1, Kap. 4.5.2, 4.5.3). Der Brunnen in der Kriechbewegung S28 (Kap. 6.6.1) lässt den Rückschluss auf einen Tiefenerstreckung der Bewegung bis zu mindestens 9,5 m Tiefe zu. Aus den Rammsondierungen und der Hanggeometrie der Bewegung S8 wird in Kapitel 6.6.2 der Rückschluss gezogen, dass die bewegte Masse sich bis zu einer Tiefe von mindestens 5 Metern erstreckt (Abb. 6.44).

Aus der erwähnten Inklinometermessung in KB 5 in Beilage 4 (Bewegung N4) und dem Brunnen der Kriechbewegung S28 lassen sich **Bewegungsgeschwindigkeiten von 1 bis 2 cm pro Jahr** ableiten (Kap. 4.5.2, Kap. 6.6.2). Die Inklinometermessung belegt auch eine über die Zeit mehr oder weniger **konstanten Bewegungsgeschwindigkeit** der Kriechbewegung N4. In Kap. 4.5.1 wird jedoch beschrieben, dass eine rasche Schneeschmelze in Kombination mit starken Niederschlägen im Frühjahr 2009 zu einer leichten Beschleunigung der Bewegung geführt hat (vergleiche Kap. 7.4.1), diese wird jedoch im Messprotokoll nur sehr gedämpft wiedergegeben. Ebenso erlauben die Inklinometermessung in KB 5, der Brunnen in der Kriechbewegung S28 (Kap. 6.6.1) und die geotechnischen Untersuchungen der Bewegung S8 (Kap. 6.6.2) den Rückschluss, dass an der Basis der bewegten Masse **nicht zwingend eine Gleitbahn oder eine Scherfläche ausgebildet sein muss**. Vielmehr nimmt die Bewegungsrate mehr oder weniger kontinuierlich zum Hangenden hin zu.

Die oben angeführten Höhen und Amplituden der Wellen in Kombination mit den geringen Bewegungsgeschwindigkeiten bedingen eine **Aktivität der Kriechbewegungen über einen sehr langen Zeitraum**, wobei Jahrzehnte bis Jahrhunderte in Betracht gezogen werden müssen. In Kapitel 6.4.2 wird auf die komplexe Kriechbewegung S73 eingegangen, die bereits von WINKLER (1927, a) beschrieben wurde. Schäden an den Gleisen der Raaberbahn, die durch die Wirkung der Kriechbewegung N4 verursacht werden sind seit dem Jahr 1876 dokumentiert (Kap. 4.4.2).

Innerhalb der Bewegung N4 sind unter anderem mit der Inklinometermessung in KB 2 (Beilage 4, Kap. 4.5.1; 4.5.2; 4.5.3) bedeutende **Sekundärbewegungen** gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten (Kap. 1.1.1) dokumentiert. Die Bewegungsgeschwindigkeit hat sich dabei gegenüber der ausschließlichen Kriechbewegung in KB 5 auf ca. 3,7 cm pro Jahr in etwa verdoppelt. Auch der Brunnen in der Bewegung S28 weist zwei Abscherhorizonte in der Tiefe von 2,1 m und 4,5 m (Kap. 6.6.1) neben einer kontinuierlichen Verformung auf. In

der Interpretation der geotechnischen Untersuchungen an der Kriechbewegung S8 wird ebenso von oberflächennahen Sekundärbewegungen in Form von Rotationsrutschungen ausgegangen (Kap. 6.6.2). Generell ist festzuhalten, dass die Kap. 2.2 sowie in den Tabellen 4.3 (Kap. 4.3) 5.1 (Kap. 5.3) und 6.2 (Kap. 6.3) angeführten morphologischen Merkmale „Abrisskante“ und „Setzung“ Hinweise auf Sekundärbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten sind.

Gemäß PRINZ & STRAUZ (2006, 2011) ist unter einer **ausgeprägten Restscherfestigkeit** eine deutliche Verringerung der Scherfestigkeit im Verhalten nach dem Bruch (Restscherfestigkeit oder Gleitscherfestigkeit) zu verstehen. Eine ausgeprägte Restscherfestigkeit tritt in erster Linie bei hochplastischen und/oder überkonsolidierten Tonen auf, sie ist aber auch bei allen zur Entfestigung neigenden Arten von Lockersedimenten zu beobachten. In der vorliegenden Arbeit wird auf insgesamt 5 Scherversuche an Sedimentproben nach ÖNORM B4416 in der Beilage 5 (Kap. 4.5.4; 4.5.5) und der Beilage 6 (Kap. 5.5.1, Kap. 5.5.2) Bezug genommen. Bei zwei Proben aus oberflächlichen und vermutlich bereits bewegten Bereichen der Sandschaler-Zone konnte kein Abfall der Scherfestigkeit zur Restscherfestigkeit nachgewiesen werden (Proben P1, P2 in Kap. 4.5.5). Wie schon in Kap. 4.5.5 beschrieben ist davon auszugehen, dass bei diesen Proben die Ergebnisse bereits den Wert der Restscherfestigkeit widerspiegeln. Die dritte Probe P3 (ausgeprägt plastischer Ton) zeigt einen, wenngleich auch geringen, Abfall zur Restscherfestigkeit, da hier Material im ursprünglichen Sedimentverband erfasst wurde. Die in Kapitel 5.5.2 beschriebenen Proben RR1 und RR2 umfassen ausgeprägt plastische Tone des anstehenden und unbewegten Sarmatiiums mit etwas variierender Kornverteilung. Besonders die Probe RR1 weist eine ausgeprägte Restscherfestigkeit auf, ein Abfall der Scherfestigkeit zur Restscherfestigkeit ist aber auch bei der Probe RR2 deutlich nachzuweisen.

7.3.2 Bewegungsmechanismus und Klassifizierung der Kriechbewegungen

Basierend auf den grundlegenden Arbeiten von TERZAGHI (1950) und HAEFELI (1954, 1967) baut HUTCHINSON (1968) eine Unterscheidung beziehungsweise Klassifizierung von Kriechbewegungen auf, auf die im Folgenden Bezug genommen wird. Diese Klassifizierung ist ergänzend zur Diskussion einer Begriffsdefinition in Kapitel 1.1.2 zu sehen und wird hier deshalb angewendet, weil geotechnische Parameter in die Klassifizierung eingehen und somit viele der gemessene und beobachtete Informationen (Kap. 7.3.1) berücksichtigt werden können. Weiterführend ergibt sich aus der Klassifizierung auch ein zugrundeliegender Bewegungsmechanismus. In HUTCHINSON (1988) werden die zentralen Ideen von HUTCHINSON (1968) nochmals aufgenommen und unter Berücksichtigung der Arbeiten von VARNES (1978) und SKEMPTON & HUTCHINSON (1969) überarbeitet. Für Kriechbewegungen ergaben sich dabei aber keine wesentlichen Veränderungen, daher wird gegenständlich vor allem auf die ältere Publikation Bezug genommen.

HUTCHINSON (1968) definiert Kriechen als die „sehr langsame, permanente Verformung eines Hanges“ („*very slow, permanent deformation of a slope*“). Der Mechanismus des Kriechens beruht gemäß HUTCHINSON (1968) auf der Überschreitung der kritischen Schubspannung im Untergrundmaterial. Generell ist die Überschreitung einer Schubspannung im Untergrund die zu einer Bewegung eines Hanges führt einerseits auf die in einer Hanglage auf den Untergrund wirkende Schwerkraft (Gravitation) zurückzuführen und wird andererseits durch natürliche oder anthropogene Auslöser (siehe Kap. 7.4) unterstützt (BUNZA, 1992; WALTHAM, 2009). Das Konzept der kritischen Schubspannung geht auf HAEFELI (1954, 1967) zurück, wonach Kriechen von Fels- oder Lockersedimentmassen bereits bei einer deutlich niedrigeren Scher- bzw. Schubspannung auftritt, als die Schubspannung die durch die Scherfestigkeit des Materials definiert ist. HAEFELI (1967) bezeichnet diese Spannung als kritische Schubspannung oder Kriechgrenze. Der Wert der kritischen Schubspannung kann sogar den Wert der Schubspannung der Restscherfestigkeit eines Materials unterschreiten. In LEOPOLD et al. (2011) ist das Konzept der kritischen Schubspannung exemplarisch grafisch dargestellt, wie Abbildung 7.3 zeigt. Dabei wird auf eine typische Scherspannung-Scherweg Beziehung

für Lockersedimente mit hohen Gehalten an Schluff und Ton beziehungsweise überkonsolidierten Tonen nach WALTHAM (2009) aufgebaut.

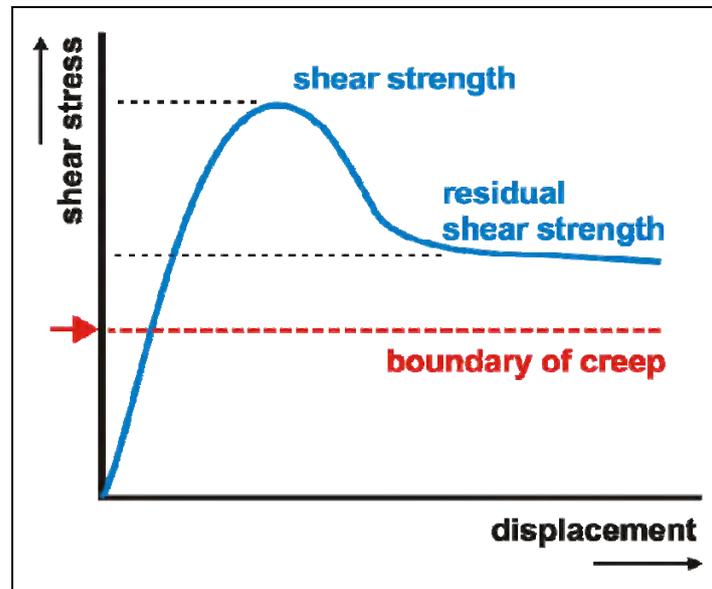


Abb. 7.2: Das Phänomen der Kriechgrenze beziehungsweise der kritischen Schubspannung nach HAEFELI (1967) in einer Scherspannung-Scherweg Beziehung nach WALTHAM (2009). *Displacement* = Scherweg; *shear stress* = Scher- bzw Schubspannung; *boundary of creep* = Kriechgrenze beziehungsweise kritische Schubspannung; *shear strength* = Scherfestigkeit; *residual shear strength* = Restscherfestigkeit. Aus LEOPOLD et al. (2011).

HUTCHINSON (1968) unterscheidet prinzipiell drei Formen des Kriechens (Übersetzungen nach BUCKSCH, 1998):

- Seichtgründiges, überwiegend saisonales Kriechen; **Bodenkriechen** („*Shallow, Predominantly Seasonal Creep; Mantle Creep*“)
- Tiefgründiges, kontinuierliches Kriechen; **Massenkriechen** („*Deep-seated, Continous Creep; Mass Creep*“)
- **Progressives Kriechen** („*Progressive Creep*“)

Das **Bodenkriechen** umfasst nach HUTCHINSON (1968) langsame, seichtgründige Bewegungen, die überwiegend bis zu einer Tiefe von 1 m stattfinden. Dabei wird im Wesentlichen die Verwitterungszone des anstehenden Untergrundes erfasst, welche durch saisonal schwankende Temperaturen und Wassergehalte geprägt ist. Das Verhältnis von haltenden und treibenden Kräften (WALTHAM, 2009) wird daher saisonal beeinflusst und in der Folge weisen die Kriechgeschwindigkeiten saisonalen Schwankungen auf. Nach HUTCHINSON (1968) beträgt die durchschnittliche Bewegungsgeschwindigkeit dabei mm bis mehrere Zentimeter im Jahr.

Der Begriff des kontinuierlichen Kriechens geht auf TERZAGHI (1950) zurück. In Tiefen unterhalb der Verwitterungszone spielen saisonal bedingte Einflüsse eine geringere Rolle. Als treibende Kraft für die Bewegung nimmt daher die Gravitation an Bedeutung zu, und da diese keinen saisonalen Schwankungen unterliegt, sind die Bewegungsraten mehr oder weniger konstant beziehungsweise kontinuierlich. Dieser Ansatz erklärt die in Kapitel 1.1.2 angeführte Definition des Kriechens von PRINZ & STRAUSZ 2011, wonach die Verfor-

mung „bei \pm gleichbleibender Spannung bzw. ohne Laständerung“ erfolgen soll. TERZAGHI (1950) betont, dass derartige Bewegungen im Normalfall bruchlos erfolgen, es bildet sich keine einheitlich Gleitbahn oder Scherfläche aus. HUTCHINSON (1968) bezeichnet derart tiefgründige, kontinuierliche Kriechbewegungen als **Massenkriechen**. Massenkriechen tritt überall dort auf, wo die kritische Schubspannung (Kriechgrenze) im Untergrund erreicht oder überschritten wird, wobei die Bewegungsgeschwindigkeiten geringer sind, als jene des Bodenkriechens. HUTCHINSON (1968) weist darauf hin, dass die messtechnische Erfassung derartiger Bewegungen oft schwierig ist, der Nachweis und vor allem die Vorhersage des Bewegungsverhaltens bereitet auch in der Gegenwart noch erhebliche Schwierigkeiten (VAN ASCH et al., 2007). Der deutschsprachige Begriff Massenkriechen wird unter anderem auch bei KOCH (2004) angewendet. Nach HUTCHINSON (1988) wird das Massenkriechen in Festgesteinen auf Basis der Arbeiten von ZISCHINSKY (1966) in den Ostalpen auch als „Sackung“ (engl. „sagging“) bezeichnet. POISEL & KIEFFER (2009) sprechen sich jedoch aufgrund undeutlicher Definitionen für keine weitere Verwendung des Begriffs „Sackung“ aus.

HUTCHINSON (1968) beschreibt, dass beim **progressiven Kriechen** im Untergrund ein Spannungszustand vorliegt, der zumindest teilweise bereits zum Bruch des Untergrundmaterials führt. Die Schubspannung im Untergrund ist demnach höher als beim Massenkriechen und dementsprechend nehmen auch die Bewegungsgeschwindigkeiten gegenüber dem Massenkriechen zu. Stark tonige und schluffige sowie überkonsolidierte Lockersedimente sind besonders anfällig für die Ausbildung des progressiven Kriechens. In HUTCHINSON (1988) wird ergänzt, dass das progressive Kriechen den Übergang von isolierten, unvollständigen Scherzonen zu zusammenhängenden, durchgehenden Gleitbahnen beschreibt. Auf Basis der Arbeiten von HAEFELI (1967) bezeichnet SCHNEIDER (1999) das progressive Kriechen auch als tertiäres Kriechen. Unter primärem Kriechen wird dabei ein Abklingen der Kriechgeschwindigkeit bei konstanter Belastung durch Verfestigung verstanden. Erhöht sich die Belastung (Spannung) so stellt sich sekundäres Kriechen mit konstanten Bewegungsgeschwindigkeiten ein. Es kommt zu irreversiblen aber trotzdem bruchlosen Verformungen. Die Strukturaufweichung im Untergrund bewirkt in der Folge das tertiäre Kriechen, das durch eine Beschleunigung der Kriechgeschwindigkeit gekennzeichnet ist und letztlich zum Bruch führt.

Im Zusammenhang mit progressiven Kriechen ist der Bewegungsmechanismus des progressiven Bruchs zu erwähnen, auf welchen auch schon von HUTCHINSON (1988) hingewiesen wird: In PRINZ & STRAUSS (2011) wird progressiver Bruch wie folgt beschrieben:

„In Zusammenhang mit Kriecherscheinungen kann es in der Natur zu einem allmählichen Abbau der Scherfestigkeit kommen, der als progressiver Bruch bezeichnet wird. Progressiver Bruch tritt bevorzugt bei Untergrundmaterialien mit einer ausgeprägten Restscherfestigkeit auf. Durch örtliche Überschreitungen der Scherfestigkeit und dabei auftretenden geringen Gleitbewegungen können zunächst eng begrenzte Bewegungszonen entstehen. Infolge der dabei der dabei auftretenden Überlastung der Nachbarbereiche dehnen sich diese Schwächezonen aus, und es entstehen immer größere Flächen, in denen die Scherfestigkeit auf die Restscherfestigkeit abfällt. Sobald diese Flächen ein kritisches Ausmaß erreicht haben, kommt es zum Bruch.“

Mit Einsetzen des Bruchs im Untergrundmaterial entstehen zusammenhängenden und durchgehenden Scherzonen beziehungsweise Gleitbahnen und damit kommt es zur Ausbildung und Auslösung von schnellen Massenbewegungen (siehe auch Kap. 6.5 und 7.3.3).

Die **Kriechbewegungen im Untersuchungsgebiet** sind gemäß der Klassifizierung nach HUTCHINSON (1968) und den jeweils zugrundeliegenden Bewegungsmechanismen dem **Massenkriechen** (tiefgründiges, kontinuierliches Kriechen) zuzuordnen, wobei bei vielen Bewegungen **Übergänge zum progressiven Kriechen** bestehen. Für die Form und den Mechanismus des Massenkriechens spricht die in Kapitel 7.3.1 beschriebene Tiefgründigkeit der Kriechbewegungen sowie die gemessenen Bewegungsgeschwindigkeiten. Die Kriechgeschwindigkeiten sind über die Zeit mehr oder weniger konstant, Zeiten erhöhter Niederschlagswasserinfiltration zeichnen sich nur sehr gedämpft ab. Es kann also von einem kontinuierlichen Kriechen ausge-

gangen werden. Die Bewegungen sind sehr langlebig beziehungsweise über einen langen Zeitraum aktiv und an der Basis der bewegten Masse ist nicht zwingend eine Gleitbahn oder Scherfläche ausgebildet. Die Kriechbewegung erfolgt demnach überwiegend bruchlos.

Die Ausbildung von Sekundärbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten bei vielen Kriechbewegungen und einer damit verbundenen leichten Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit (Kap. 7.3.1) erlaubt den Rückschluss, dass sich einige der untersuchten Kriechbewegungen am Übergang zum progressiven Kriechen befinden oder zumindest örtlich bereits in ein progressives Kriechen übergegangen sind. Aufgrund der Hinweise auf ausgeprägte Restscherfestigkeiten in den feinkornreichen neogenen Beckensedimenten (Kap. 7.3.1) lässt sich diese Entwicklung mit dem oben angeführten Bewegungsmechanismus des progressiven Bruchs erklären.

Solange die erwähnten Sekundärbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten keine wesentliche Beschleunigung erfahren und sich die bewegte Masse nicht innerhalb von Stunden oder Tagen deutlich sichtbar talwärts bewegen, kann der Begriff einer Kriechbewegung für das gesamte Phänomen aufrecht erhalten bleiben. Gemäß den Überlegungen und Ausführungen von HAEFELI (1954, 1967) und HUTCHINSON (1968) sind derartige, langsame Sekundärbewegungen oder Teilbewegungen Bestandteil einer Kriechbewegung. In diesem Sinne sollen Kriechbewegungen auch in der vorliegenden Arbeit verstanden werden. Bei anderen Autoren, unter anderem CRUDEN & VARNES (1996) und HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) wird eine derartige Kombination von Bewegungsprozessen bereits mit dem Begriff „zusammengesetzte“ oder „komplexe“ Massenbewegung beschreiben (siehe auch Kap. 1.1.1).

Auf Grundlage der Profilschnitte in den Abbildungen 4.41 (Kap. 4.5.3), 6.40 (6.6.1) und 6.44 (6.6.2) soll eine Systemskizze den beschriebenen Bewegungsmechanismus des Massenkriechens visualisieren. Die Systemskizze in Abbildung 7.3 ist eine Generalisierung der im Gelände beobachteten morphologischen (Kap. 2.2) und kinematischen Phänomene der 237 aufgenommenen Kriechbewegungen kombiniert mit dem oben beschriebenen Bewegungsmechanismus. Die maßstabslose Skizze gibt die typische Morphologie einer Kriechbewegung im Untersuchungsgebiet im Profilschnitt eines Hanges wieder, wobei der Profilschnitt 2-fach überhöht dargestellt ist. Nahezu der gesamte Hangverlauf ist geprägt durch eine tiefgreifende Kriechbewegung gemäß dem Mechanismus Massenkriechen. Die Kriechbewegung ist auf das Erreichen bzw. Überschreiten der kritischen Schubspannung im Untergrund zurückzuführen. Die basale Grenzzone des durch die Kriechbewegung bewegten Untergrundes (Kriechmasse) ist dabei nicht zwingend als durchgehende Gleitfläche ausgebildet. Dies verdeutlichen die relativen Bewegungsvektoren in Abbildung 7.3. Die Bewegungsvektoren werden kontinuierlich mit zunehmender Tiefe kleiner. Dies bedeutet, dass die Bewegungsgeschwindigkeiten innerhalb der durch Kriechbewegung bewegten Masse mit der Tiefe kontinuierlich abnehmen und es damit an der Basis der bewegten Masse nicht zum (durchgehenden) Bruch gekommen ist. In Oberflächennähe haben sich durch den Mechanismus des progressiven Kriechens bzw. des tertiären Kriechens (siehe oben) langsame Sekundärbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten ausgebildet. Hier zeigen die Bewegungsvektoren eine sprunghafte Änderung der Bewegungsgeschwindigkeit an und geben damit eine distinkte Gleitfläche an. Solange sich diese Sekundärbewegungen nicht mit einer deutlich bzw. mit einer vielfach höheren Bewegungsgeschwindigkeit als das Gesamtsystem bewegen, wird das Gesamtsystem als Kriechbewegung angesprochen (HAEFELI, 1954, 1967; HUTCHINSON, 1968).

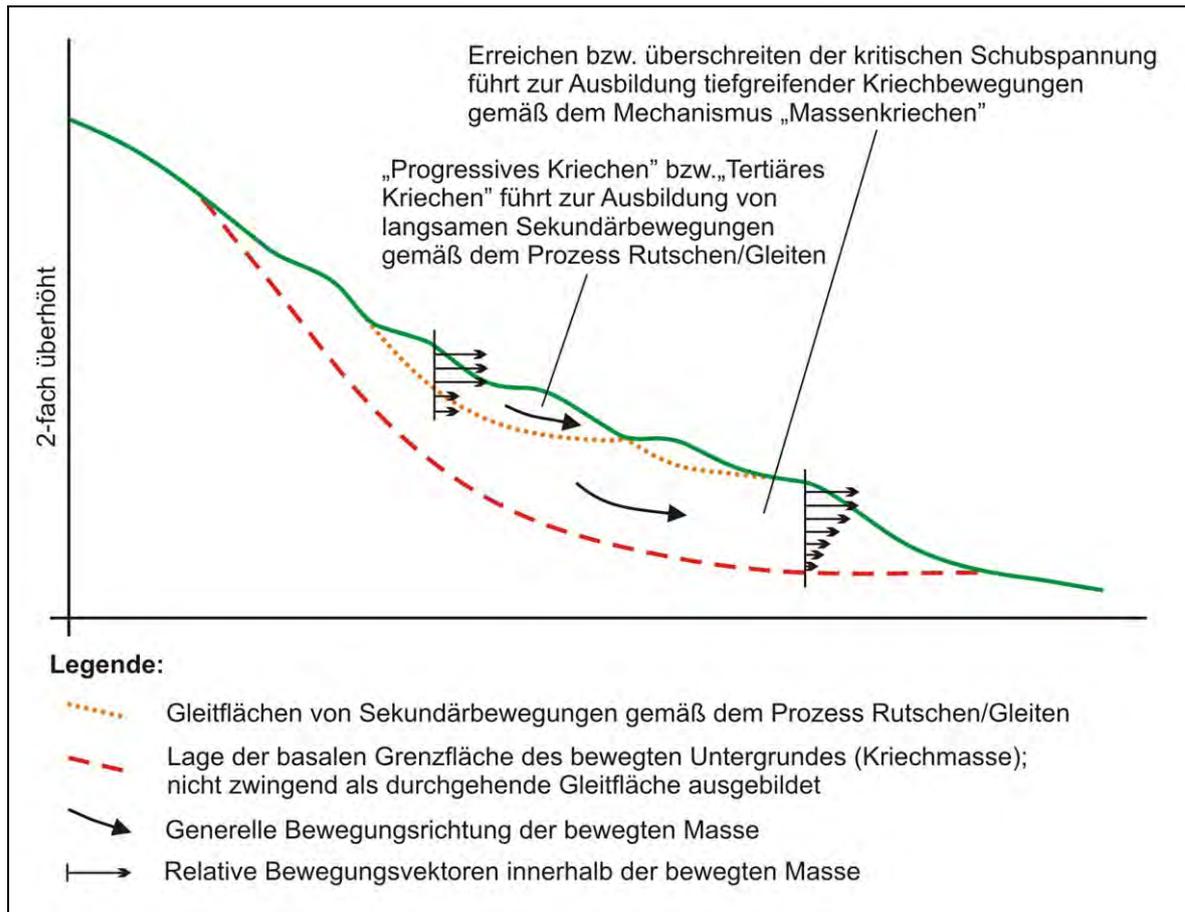


Abb. 7.3: Maßstabslose Systemskizze auf Basis des Profilschnitts eines Hanges mit der typischen Morphologie einer Kriechbewegung im Untersuchungsgebiet (2-fach überhöht). Visualisierung der Mechanismen „Massenkriechen“ und „progressives Kriechen“.

7.3.3 Übergang von Kriechbewegungen zu schnellen Massenbewegungen

Schon TERZAGHI (1950) definiert, dass eine exakte Abgrenzung von Kriechbewegungen im Gelände meist nicht möglich ist. Es können nur oberflächliche, morphologische Phänomene (Kap. 2.2) aufgenommen werden, die tatsächliche Ausbreitung der Kriechbewegungen im Untergrund ist jedoch meist größer. Auch HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) folgen dieser Argumentation. Bei LEOPOLD et al. (2011) wurde ein Zusammenhang zwischen den im Untersuchungsgebiet aufgenommenen Kriechbewegungen und den durch Starkniederschläge in den Monaten Juni und Juli 2009 ausgelöst schnelleren Massenbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten und Fließen (Kap. 6.5) hergestellt. Dafür wurde aufgrund der oben angeführten Argumente zur tatsächlichen Ausbreitung von Kriechbewegungen eine rechnerische 500m Puffer-Zone um die Begrenzungen der kartierten Kriechbewegungen gelegt. In der Folge zeigt sich, dass 59 % der aufgenommenen schnellen Massenbewegungen des Jahres 2009 (Kap. 6.5.1, Beilage 3) innerhalb dieser Puffer-Zone um Kriechbewegungen situiert sind. Daraus ist abzuleiten, dass sich innerhalb des Untersuchungsgebietes offenbar schnelle Massenbewegungen bevorzugt in Gebieten entwickeln, die zuvor schon durch Kriechbewegungen gekennzeichnet sind.

Als Mechanismus dafür ist wiederholt das Konzept des progressiven Bruches, wie in Kapitel 7.3.2 beschrieben, zu nennen. Die Ausbildung von großflächigen, schnellen Massenbewegungen ist unter geeigneten Rah-

menbedingungen (ungewöhnliche starke Niederschläge 2009, siehe auch Kap. 3.4.5 und 7.4.1) als Fortführung des Phänomens und Mechanismus des progressiven beziehungsweise tertiären Kriechens zu interpretieren. Da es in diesem Fall aber großflächig zum Bruch des Untergrundmaterials kommt (Ausbildung von großflächigen Gleitbahnen oder Scherflächen) und sich die Bewegungsgeschwindigkeiten deutlich bzw. um ein vielfaches erhöhen (Kap. 6.5.2) sind derartige Bewegungen klar von Kriechbewegungen zu unterscheiden.

Das bevorzugte Auftreten von schnellen Massenbewegungen im Bereich von Kriechbewegungen im Untersuchungsgebiet ist nach LEOPOLD et al. (2011) auch mit dem Konzept des Sicherheitsbeiwertes (PRINZ & STRAUSZ, 2011; WALTHAM, 2009) zu erklären. Der Sicherheitsbeiwert eines Kriechhanges ist durch Massenkriechen oder progressives Kriechen (Kap. 7.3.2) gegenüber Hängen ohne Kriechbewegungen bereits deutlich herabgesetzt. Starke Niederschläge führen vor allem durch eine Erhöhung des Porenwasserdrucks (Kap. 7.4.1) zu einer weiteren und generellen Herabsetzung des Sicherheitsbeiwertes. Im Gegensatz zu Hängen ohne Kriechbewegungen ist aber die Gefahr bei Kriechhängen deutlich höher, dass der Sicherheitsbeiwert in der Folge unter 1 fällt, es zum Bruch kommt und der Hang versagt.

Ergänzend zu den Ausführungen in Kapitel 1.2 unterstreichen diese Beobachtungen und Überlegungen die in Kapitel 1.2 bereits angesprochene These, wonach Kriechbewegungen sehr oft das Initialstadium für schnellere und deutlich gefährlichere Bewegung darstellen (SCHNEIDER, 1999). Vor allem mit diesem Zusammenhang begründet sich die meist unterschätzte Gefahr, die von Kriechbewegungen auf den menschlichen Lebensraum ausgeht.

7.4 Auslöser der Massenbewegungen

Auslöser sind nach WIECZOREK (1996) externe Anregungen oder Impulse, die unmittelbar zur Auslösung eines Massenbewegungsereignisses führen. Aus geotechnischer Sicht verstärkt der Auslöser die Spannungen im Untergrund und/oder verringert die Festigkeit des Untergrundmaterials (WIECZOREK, 1996). HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) unterscheiden diesbezüglich natürlich und anthropogen verursachte Auslöser (siehe auch Kap. 7.2). Dabei wird betont, dass sehr oft eine Kombination dieser beiden auslösenden Faktoren zum Eintritt und/oder zur Verstärkung des Ereignisses führt.

Die von VARNES (1978), WIECZOREK (1996) und HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) beschriebenen auslösenden Faktoren werden nun im Einzelnen mit Bezug auf das Untersuchungsgebiet behandelt. Primär werden mögliche auslösende Faktoren für Kriechbewegungen diskutiert und in der Folge wird auf auslösende Faktoren der schnelleren Bewegungen (Kap. 6.5) nach dem Prozess Rutschen/Gleiten und Fließen (Kap. 1.1.1) eingegangen. Die auslösenden Faktoren werden getrennt nach natürlichen und anthropogenen Auslösern diskutiert, eine zusammenfassende Analyse der auslösenden Faktoren schließt das Kapitel ab.

7.4.1 Natürliche Auslöser

Nach WIECZOREK (1996) und HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) können fünf natürliche Faktoren, die zur Auslösung von Massenbewegungen führen, definiert werden:

- **Starker Niederschlag**
- **Schnelle Schneeschmelze**
- **Veränderungen des Wasserspiegels**
- **Seismische Aktivität**
- **Vulkanische Aktivität**

Starke Niederschläge stellen für die Auslösung von Kriechbewegungen und auch von schnellen Massenbewegungen (Kap. 6.5) im Untersuchungsgebiet den wesentlichsten Auslösemechanismus dar. Starke Niederschläge treten aufgrund der klimatischen Bedingungen (Kap. 3.4.4, 3.4.5) prinzipiell im gesamten Untersuchungsgebiet auf. Nach WIECZOREK (1996) und SCHNEIDER (1999) führt die schnelle Infiltration von Regenwasser zu einer Erhöhung des Bodenwassergehaltes und damit des Porenwasserdruckes, was zu einem Ungleichgewicht zwischen den haltenden und den treibenden Kräften im Hang zugunsten der treibenden Kräfte führt. Die Folge ist eine Verringerung des Sicherheitsbeiwertes und damit der Standsicherheit von Hängen. Weitere Untersuchungen zur Wirkung des Wassers im Lockersedimenten und die Auswirkungen auf die Hangstabilität finden sich unter anderem bei THEISEN (1998) und BULL (2009). Dabei wird die Erhöhung des Porenwasserdruckes, neben anderen Effekten, wie z.B. die zusätzliche Gewichtskomponente des Wassers im Untergrund, stets als der wichtigste Effekt bei starken Niederschlägen beschrieben. Starke Niederschläge können somit einerseits zur Überschreitung der kritischen Schubspannung im Untergrund beitragen um damit die Ausbildung von Kriechbewegungen verursachen (Kap. 7.3.2) und andererseits zu einer Herabsetzung des Sicherheitsbeiwertes unter 1 führen, wodurch es zum Bruch und zur Ausbildung von schnellen und großflächigen, Massenbewegungen kommt (Kap. 7.3.3).

Eine **schnelle Schneeschmelze** kann auf den Bodenwasserhaushalt einen noch größeren Einfluss haben als es von starken Niederschlägen zu erwarten ist (WIECZOREK, 1996). Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein nennenswerter Schneehöhen die aufgrund von Temperaturänderungen rasch abschmelzen und damit in Form von Wasser in den Untergrund infiltrieren. In Kapitel 3.4.6 konnte jedoch gezeigt werden, dass sich in den Beckenlandschaften des gesamten Untersuchungsgebietes nennenswerte Schneehöhen nur äußerst selten ausbilden. Milde Witterungsabschnitte in den Wintermonaten verhindern zumeist die Bildung von Schneehöhen höher als 10 cm. Selbst die Analyse der mittleren Monatsmaxima der täglichen Gesamtschneehöhe für den Zeitraum 1906/61 bis 1998/90 in Abbildung 3.14 (Kap. 3.4.6) zeigt insgesamt nur geringe Schneehöhen auf. Schnelle Schneeschmelze als auslösender Faktor für Massenbewegungen kommt daher nur eine untergeordnete Bedeutung zu, mit der Ausnahme der Kombination von Schneeschmelze und starken (flüssigen) Niederschlägen (siehe auch Kap. 4.5.1). In diesem Fall erfolgt die Hauptinfiltration in den Untergrund jedoch meist durch das Niederschlagswasser, Wasser aus der Schneeschmelze vermag den Effekt nur zu verstärken.

Veränderungen des Wasserspiegels von Fließgewässern, Seen oder Staubecken spielen als Auslöser für die Kriechbewegungen im Untersuchungsgebiet eine schwer zu definierende Rolle, da fast alle Fließgewässer und Seen nicht in Ihrem natürlichen Zustand vorliegen und Hochwasserschutz- und/oder Regulierungsmaßnahmen aufweisen. Viele der aufgenommenen Kriechbewegungen sind aber mit Sicherheit älter als die entsprechenden Verbauten und Schutzmaßnahmen. Hochwasserereignisse als ursprünglich auslösender Faktor

für die Entwicklung von Kriechbewegungen sind daher prinzipiell nicht auszuschließen. In allen Teiluntersuchungsgebieten sind auch zahlreiche Kriechbewegungen in Nahelage zu fließwasserführenden Tälern situiert. Nach WIECZOREK (1996) führt ein rasches Absinken des Wasserspiegels von hochwassergefluteten Tälern zu einem Porenwasserüberdruck an den Hangflanken und damit zu einer Destabilisierung der Flanken. Der Effekt ist umso stärker, je schneller der Oberflächenwasserspiegel sinkt. Das Hochwasserereignis im Juni 2009 (Kap. 3.4.5) hat jedoch gezeigt, dass aufgrund des meist geringen Gefälles der Haupttäler kein übermäßig rasches Absinken des Hochwassers zu beobachten war (GODINA & MÜLLER, 2009). Außerdem wurden bei diesem Ereignis keine schnellen Bewegungen direkt durch das Hochwasser ausgelöst. Veränderungen des Wasserspiegels kommen daher als auslösende Faktoren sowohl von Kriechbewegungen als auch von schnellen Bewegungen vermutlich nur eine untergeordnete Bedeutung zu.

In Bezug auf die **seismische Aktivität** ist festzuhalten, dass gemäß ZAMG (2010) im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens und im Oberpullendorfer Beckens keine Aufzeichnungen über nennenswerte seismische Aktivitäten vorliegen. Im Eisenstädter Becken ist jedoch von einer, im gegenständlichen Zusammenhang, deutlichen seismischen Aktivitäten auszugehen. Außerdem gewinnt die Nahelage zum seismisch hochaktiven Wiener Becken an Bedeutung (Kap. 3.1). Auf das Burgenland beschränkt, weist die „Liste stärkerer Erdbeben in Österreich“ (<http://www.zamg.ac.at/lexikon/index.php?ts=1319792341>, besucht am 04.11.2011) drei Einträge im Eisenstädter Becken auf, welche in Tabelle 7.4 zusammengefasst sind.

| <i>Ort</i> | <i>Datum (TT.MM.JJJJ)</i> | <i>Magnitude nach Richter</i> | <i>Tiefe in km</i> |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|
| St. Margarethen | 05.08.1766 | 4,6 | 7 |
| St. Margarethen | 16.08.1766 | 4,6 | 7 |
| Siegersdorf | 12.04.1888 | 4,6 | 7 |

Tab. 7.4: Starke Erdbeben im Burgenland, gemäß der „Liste stärkerer Erdbeben in Österreich“ (<http://www.zamg.ac.at/lexikon/index.php?ts=1319792341>, besucht am 04.11.2011). Alle drei Beben sind im Eisenstädter Becken situiert.

Nach KEEFER (1984) beträgt die maximale Distanz vom Epizentrum zu Massenbewegungen nach dem Prozess Rutschen/Gleiten die durch ein Erdbeben ausgelöst werden können (Kap. 1.1.1) bei einer Magnitude von 4,6 ca. 10 km. Werden auch die oft deutlich stärkeren Beben im Wiener Becken berücksichtigt, so ist für fast alle im Eisenstädter Becken aufgenommenen Kriechbewegungen der auslösende Faktor seismische Aktivität in Betracht zu ziehen. Im Besonderen die großflächigen Kriechbewegungen in der Sandschaler-Zone (Kap. 4.4.2, Kap. 7.2.1) sind in unmittelbarer Nahelage mit einer Entfernung von teilweise unter 5 km zu einem bekannten Beben (Siegersdorf) situiert.

Subrezente oder rezente **vulkanische Aktivität** ist als Auslöser für Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet auszuschließen, da weder im Untersuchungsgebiet noch in der weiteren Umgebung subrezente oder rezente vulkanische Aktivität vorliegt.

7.4.2 Anthropogene Auslöser

VARNES (1978) und HIGHLAND & BOBROWSKY (2008) führen eine große Anzahl von anthropogen bestimmten Auslösern für Massenbewegungen an. Im gegenständlichen Zusammenhang soll nur auf jene Möglichkeiten an anthropogenen Auslöser eingegangen werden, deren Effekte in der Geländearbeit und bei der Aufnahme der Kriech- und Massenbewegungen zur vorliegenden Arbeit (Kap. 2.2) auch tatsächlich beobachtet werden konnten. Dabei ist festzuhalten, dass kein einziges Mal beobachtet werden konnte, dass anthropogen bedingte Effekte direkt zur Auslösung einer Massenbewegung geführt haben. Vielmehr hat, wie bereits eingangs in Kap. 7.4 erwähnt, eine anthropogene Tätigkeit zuerst das Hanggefüge geschwächt oder ungünstig beeinflusst und in weiterer Folge hat starker Niederschlag (Kap 7.4.1) in Kombination mit dem anthropogenen Effekt dann zur Auslösung der Massenbewegung geführt.

Weiterführend soll darauf hingewiesen werden, dass im Untersuchungsgebiet viele kleinräumige Bewegungen nach dem Prozess Rutschen/Gleiten beobachtet werden konnten, die unmittelbar durch **Bautätigkeiten** (Bodenaushub beziehungsweise Herstellung künstlicher Einschnitten) ausgelöst wurden. Derartige Bewegungen sind, wie unter anderem schon in Kap. 5.3 erwähnt, in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt und dokumentiert. Zu anthropogenen Auslösern bei den aufgenommenen Bewegungen ist festzuhalten, dass diese nur in jenem Fall dokumentiert werden konnten, wenn Behörden oder Anrainer darauf hingewiesen haben. Eine systematische Erhebung von anthropogenen Auslösern war im Rahmen der vorliegenden Arbeit daher nicht möglich. Es kann im Folgenden daher nur ein kurzer Abriss auf Basis verschiedener Beobachtungen wiedergegeben werden.

Als entscheidend für die Auslösung von sowohl Kriechbewegungen als auch von schnelleren Bewegungen im Untersuchungsgebiet werden anthropogene **Veränderungen in der Landnutzung** (Vegetation) und **Veränderungen im unterirdischen Abfluss** angesehen. Bei der Veränderung der Landnutzung ist neben der Rodung von Wäldern (z.B. Bewegung S61 in Beilage 3) auch jede andere Form der Veränderung des Bewuchs zu nennen. Als Beispiel ist die Neubepflanzung von Obstbauplantagen in burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens anzuführen. Alte, groß gewachsene Obstbäume werden durch junge, sehr kleine Bäume ersetzt. Dabei wird die Menge des Niederschlagswassers beeinflusst beziehungsweise vergrößert, welche zur Versickerung in den Untergrund zur Verfügung steht. Einige der dokumentierten Bewegungen in Obstplantagen (z.B. Bewegung S31 in Beilage 3) wurden durch eine derartige Neubepflanzung zumindest mit ausgelöst. Veränderungen im unterirdischen Abfluss werden im Untersuchungsgebiet vor allem durch die Verlegung von neuen Kanal- und Wasserleitungen in den letzten vier Dekaden verursacht. Dabei wird, in Normalfall gut wasserundurchlässiges Fremdmaterial in den Untergrund eingebracht und es wird damit (ungewollt) eine Drainagierung des Hangwassers erreicht. Dies führt zum Schwinden von Tonmineralen im Untergrund (THEISEN, 1998) und dadurch zu lokalen Setzungen die das Untergrund- bzw. Hanggefüge schwächen. Dies trägt bei ungünstigen Rahmenbedingungen zur Destabilisierung des Hanges bei. Dieses Phänomen wurde von Anrainern bei Bewegungen im Steirischen Becken beschrieben (z.B. Bewegung S28 in Beilage 3). In mindestens einem Fall (Bewegung S37, Beilage 3) hat auch die Zufuhr von Wasser in den Untergrund durch eine **undichten Wasserleitung** zur Auslösung einer Bewegung zumindest wesentlich beigetragen.

In Kapitel 4.4.2 wird auf die Beschleunigung einer Teilbewegung der Kriechbewegung N4 (Beilage 1) im Jahre 1964 eingegangen. Gemäß den dort beschriebenen Unterlagen haben zwar einerseits intensive Niederschläge zur Auslösung der Beschleunigung geführt, andererseits wurde damals orographisch oberhalb der späteren Teilbewegung durch einen Grundstückseigentümer eine bedeutende **Geländeanschüttung** vorgenommen. Dadurch wurde eine zusätzliche Gewichtskomponente auf den Kriechhang aufgebracht und es wurde damit in das sensible Gleichgewicht des Hanges eingegriffen. Obwohl nur in diesem einem Fall dokumentiert, stellen aus der Sicht des Verfassers Geländeanschüttungen zusammen mit den bereits zuvor erwähnten Auslösern den wichtigsten anthropogenen Auslösemechanismus vor allem für schnelle Massenbewegungen

dar. Die Topographie der Beckenlandschaften (Kap. 3.5) bedingt für die moderne Landwirtschaft schwierig zu bewirtschaftende Flächen. Geländeaussgleichungen und Geländeanschüttungen sind daher allgegenwärtig, wenn auch in den wenigsten Fällen deutlich nachvollziehbar oder dokumentiert. Die anthropogenen Veränderungen der Geländeformen führen daher immer wieder zu Auflast-Situationen, die vor allem bei Hängen im Zustand des progressiven Kriechens (Kap. 7.3.2) zur Auslösung einer schnellen Massenbewegung führen können.

7.4.3 Zusammenfassende Analyse der auslösenden Faktoren

Bereits in Kapitel 7.3.1 wurde darauf hingewiesen, dass eine heute noch aktive Kriechbewegung bereits von WINKLER (1927, a) beschrieben wurde (Kap. 6.4.2). Schäden an den Gleisen der Raaberbahn, die durch die Wirkung einer ebenso heute noch aktiven Kriechbewegung verursacht wurden, sind seit dem Jahr 1876 dokumentiert (Kap. 4.4.2). Viele der kartierten Kriechbewegungen sind demnach über einen sehr langen Zeitraum aktiv, wobei Jahrzehnte bis Jahrhunderte in Betracht gezogen werden müssen. WINKLER (1927, a) geht davon aus, dass sich aufgrund der geologischen Rahmenbedingungen (Einflussfaktoren) Bewegungen in den Sedimenten des Pannoniums bei entsprechender Hangneigung über kurz oder lang ausbilden müssen (Kap. 7.2.1). Die Diskussion der Auslöser der Kriechbewegungen im Untersuchungsgebiet ist daher gekennzeichnet durch eine Überlagerung der natürlichen Einflussfaktoren (Kap. 7.2) und der tatsächlichen Auslösemechanismen.

Als tatsächliche Auslösemechanismen haben anthropogene Auslöser im Untersuchungsgebiet nie unmittelbar die Impulse zu einer Kriechbewegung oder schnelleren Bewegung gegeben. Veränderungen in der Landnutzung (Vegetation) und Veränderungen im unterirdischen Abfluss sowie Geländeanschüttungen schwächen das Hanggefüge und wirken sich ungünstig auf die Stabilität der Hänge aus (Kap. 7.4.2). Bei den natürlichen Auslösemechanismen kommt aufgrund der klimatischen Rahmenbedingungen (Kap. 3.4.6) der schnellen Schneeschmelze nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Vor allem für die großflächigen Kriechbewegungen im Eisenstädter Becken sind seismische Aktivitäten als natürlicher Auslöser zumindest in Betracht zu ziehen (Kap. 7.4.1). Zur unmittelbaren Auslösung von Kriechbewegung und schnelleren Bewegung kommt es aber bei der überwiegenden Anzahl der Ereignisse durch starke Niederschläge.

In Kapitel 7.2.2 konnte gezeigt werden, dass neben den jährlichen Niederschlagssummen besonders der Wert der Niederschlagshäufigkeit für die Ausbildung von Massenbewegungen einen wesentlichen natürlichen Einflussfaktor darstellt. Häufige, starke Niederschläge sind damit auch als Auslöser von Massenbewegungen von entscheidender Bedeutung. In Kapitel 7.4.1 wurde beschrieben, dass in den Untergrund eindringende Wässer aus Niederschlägen generell und im Besonderen im Falle von starken Niederschlägen zu einer Erhöhung des Porenwasserdrucks im Untergrund führen. Wenn nun an einem Hang die Einflussfaktoren Geologie (Kap. 7.2.1) und Topografie (Kap. 7.2.3) entsprechend ungünstig vorliegen, so kommt es durch eindringende Niederschlagswässer und der damit verbundenen Erhöhung des Porenwasserdrucks mit der Zeit zu einer Überschreitung der kritischen Schubspannung im Untergrund (Kap. 7.3.2; 7.4.1). Anthropogene Tätigkeiten, wie z.B. Rodungen (Kap. 7.4.2), können dabei das Eindringen von Niederschlagswasser in den Untergrund noch begünstigen. Langsame und tiefgreifende Kriechbewegungen gemäß dem Mechanismus des Massenkriechens (Kap. 7.3.2) entstehen. Den saisonalen Schwankungen des Niederschlags (Starkregen) kommt dabei noch eine geringere Bedeutung zu, als der Gesamtniederschlagsmenge, welche in den Untergrund eindringt. Saisonale Niederschlagsereignisse führen dann nach dem Konzept des progressiven Bruchs (Kap. 7.3.2) zur Ausbildung von zuerst langsamen Sekundärbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten. Im weiteren Verlauf bilden sich im Untergrund immer größere Areale zusammenhängender Gleitflächen aus. Im Falle von lang anhaltenden, starken Niederschlägen, wie etwa im Sommer 2009 (Kap. 3.4.5), beschleunigen sich dann gewisse Teilbewegungen zu schnellen Massenbewegungen gemäß dem Prozess Rut-

schen/Gleiten oder Fließen (Kap. 1.1.1; 6.5). Der gesamte Prozess der Bildung von langsamen und schnellen Massenbewegungen ist daher durch den Niederschlag als auslösenden Faktor gesteuert. Die in der vorliegenden Arbeit dargestellten Kriechbewegungen und schnelleren Bewegungen sind daher im Wesentlichen durch Niederschläge ausgelöst.

8 Literatur

- ALKER, A.; HAAS, H.; HOMANN, A. (1969): Hangbewegungen in der Steiermark. Mitteilungen des Museums für Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum „Joanneum“ Graz, 30, 35 p., Graz.
- AUER, I.; BÖHM, R.; FÜRST, E.; KOCH, E.; LIPA, W.; MOHNI, H.; POTZMANN, R.; RUDEL, E.; SVABIK, O. (1996): Klimatographie und Klimaatlas von Burgenland. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 250 p., Wien.
- AUER, I.; BÖHM, R.; SCHÖNER, W. (2001): Austrian Long-Term Climate 1767-2000. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, 25, 147 p., Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- AUER, I.; BÖHM, R.; LEYMÜLLER, M.; SCHÖNER, W. (2002): Das Klima des Sonnblicks. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, 28, 304 p., Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- BALOGH, K.; EBNER, F.; RAVASZ, C. (1994): K/Ar.-Alter tertiärer Vulkanite der südöstlichen Steiermark und des südlichen Burgenlandes. In: LOBITZER, H.; CSASZAR, G.; DAURER, A. (Hrsg.): Jubiläumsschrift 20 Jahre geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn, Teil 2, p. 55-72, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- BRIX, F. & PLÖCHINGER, B. (1988): Erläuterungen zu Blatt 76 Wiener Neustadt. 85 p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- BUCKSCH, H. (1998): Dictionary Geotechnical Engineering - Wörterbuch Geotechnik. Band 2, 591 p., Springer, Berlin/Heidelberg.
- BUDA, G. (1981): Zur Geologie des Neogens der Friedberg-Pinkafelder Bucht zwischen Pinkafeld und Oberschützen (Bgl.). Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, 63, p. 3-34, Landesmuseum Burgenland, Eisenstadt.
- BULL, W.B. (2009): Tectonically Active Landscapes. 326 p., Wiley-Blackwell, Chichester.
- BUNZA, G. (1992): Instabile Hangflanken und ihre Bedeutung für die Wildbachkunde. Forschungsberichte des Deutschen Alpenvereins, 5, 359 p., München.
- CRUDEN, D.M. (1991): A simple Definition of a Landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 43, p. 27-29, Springer, Berlin/Heidelberg.
- CRUDEN, D.M. & VARNES, D.J. (1996): Landslide Types and Processes. In: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (Ed.): Landslides - Investigation and Mitigation. Transportation Research Board Special Report, 247, p. 36-75, National Academy Press, Washington D.C..
- DECKER, K. & PERESSON, H. (1996): Tertiary kinematics in the Alpine-Carpathian-Pannonian System: links between thrusting, transform faulting and crustal extension. In: WESSELY, G. & LIEBL, W. (Ed.): Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe. EAPG Spec. Pub. 5, London.
- DIKAU, R.; BRUNSDON, D.; SCHROTT, L.; IBSEN, M.L. (1996): Landslide Recognition - Identification, Movement and Causes. International Association of Geomorphologists, 5, 251 p., Wiley & Sons, Chichester.

- DRAGANITS, E. (1996): Kristallingeologische Neubearbeitung des südlichen Ödenburger Gebirges, Burgenland (Österreich). Diplomarbeit der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien, 151 p., Wien.
- DRAGANITS, E. (1998): Seriengliederung im Kristallin des südlichen Ödenburger Gebirges (Burgenland) und deren Stellung zum Unterostalpin am Alpenostrand. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 141(2), p. 113-146, Wien.
- DRAGANITS, E.; ZAMOLYI, A.; GIER, S.; HODITS, B.; EXNER, U.; JANDA, C.; GRASEMANN, B. (2007): Neusiedlersee/Fertö To area (Austria/Hungary): minimum estimates of former lake levels. European Geosciences Union General Assembly 2007, Vienna, 15-20 April, Geophysical Research Abstracts 9, 10052.
- EHLERS J. (1994): Allgemeine und historische Quartärgeologie. 358 p., F. Enke, Stuttgart.
- EPPENSTEINER, W. (2006): Vulkanite im Burgenland, Vorkommen-Abbau-Verwendung. Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt, 25, p. 5-34, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- EXNER, U.; DRAGANITS, E.; GRASEMANN, B. (2009): Folding in Miocene, unconsolidated clastic sediments (Vienna basin, Austria) – gravitational versus tectonic forces. Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo, 29, p. 269-272, Oviedo.
- FELLNER, D.; HERRMANN, P. (1993): Bericht 1992 über geologische Aufnahmen von Massenbewegungen auf Blatt 167 Güssing. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 136(3), p. 653, Wien.
- FERENCZ, K.; HERRMANN, P.; PAHR, A. (1987): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 138 Rechnitz. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- FUCHS, TH. (1884): Über den marinen Tegel von Walbersdorf mit *Pecten denudatus*. Verhandlungen der Geologischen Reichsabteilung, 1884, p. 373-378, Wien.
- FUCHS, W. (1965): Geologie des Ruster Berglandes (Burgenland). Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 108, p. 155-194, Wien.
- FUCHS, W. & GRILL, R. (1984): Geologische Karte von Wien und Umgebung 1:200.000. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- GEUTEBRÜCK E. (1978): Das kohleführende Tertiär von Tauchen und seine kristalline Umrahmung. Dissertation Montanuniversität Leoben, 220 p., Leoben.
- GLADE, T. & DIKAU, R. (2001): Gravitative Massenbewegungen - vom Naturereignis zur Naturkatastrophe. Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, p. 42-53, Justus Perthes, Gotha.
- GODINA, R. & MÜLLER, G. (2009): Das Hochwasser in Österreich vom 22. bis 30. Juni 2009. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abt. VII/3 – Wasserhaushalt, 21 p., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- GOTTSCHLING, P. (2006): Massenbewegungen. In: WESSELY, G. (Hrsg.): Geologie der Österreichischen Bundesländer: Niederösterreich. 416 p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.

- GROSS, M. (2003): Beitrag zur Lithostratigraphie des Oststeirischen Beckens (Neogen/Pannonium; Österreich). In: PILLER, W.E. (Hrsg.): *Stratigraphia Austriaca*, Schriftenreihe Erdwissenschaftlicher Kommission, 16, p. 11-62, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- GROSS, M. (2004): Zur Ostracodenfauna (Crustacea), Paläoökologie und Stratigraphie der Tongrube Mata-schen (Unter-Pannonium, Steirisches Becken, Österreich). *Joannea - Geologie und Paläontologie*, 5, p. 49-129, Graz.
- GRUNDTNER, M.L.; HARZHAUSER, M.; MANDIC, O.; DRAGANITS, E.; GIER, S.; EXNER, U.; WAGREICH, M. (2009): Zur Sedimentologie der Sandgrube Steinbrunn (Pannonium, Österreich). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, 149, p. 441-451, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- HAEFELI, R. (1954): Kriechprobleme im Boden, Schnee und Eis. *Wasser- und Energiewirtschaft*, 46 (3), p. 51-67, Zürich.
- HAEFELI, R. (1967): Kriechen und progressiver Bruch im Schnee, Boden, Fels und Eis. *Schweizerische Bauzeitung*, 85 (1), p. 1-9, Zürich.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E. (2004): Integrated Stratigraphy of the Sarmatian (Upper Middle Miocene) in the western Central Paratethys. *Stratigraphy*, 1, p. 65-86, New York.
- HARZHAUSER, M.; KOVAC, M.; ROETZEL, R. (2008): Vienna Basin and its satellite basins. In: McCANN, T. (Hrsg.): *The Geology of Central Europe. Volume 2: Mesozoic and Cenozoic*. Geological Society London, p. 1060-1063, London.
- HÄUSLER, H. (2010): Erläuterungen zur Geologischen Karte 78 Rust. 192 p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- HERRMANN, P. (1984): Tertiär. In: PAHR, A. (1984): Erläuterungen zu Blatt 137 Oberwart. 47 p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- HERRMANN, P. (2000): Das Quartär. In: SCHÖNLAUB, H.P. (Hrsg.): *Geologie der österreichischen Bundesländer; Burgenland*. p. 12-14, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- HERRMANN, P.; FELLNER, D.; SCHÖNLAUB H.P. (1993): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.0000, 167 Güssing. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- HERRMANN, P. & PAHR, A. (1982): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.0000, 137 Oberwart. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- HERRMANN, P. & PAHR, A. (1988): Erläuterungen zu Blatt 138 Rechnitz. 40 p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- HIGHLAND, L.M. & BOBROWSKY, P. (2008): *The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides*. U.S. Geological Survey Circular, 1325, 129 p., Reston, Virginia.
- HUTCHINSON, J.N. (1968): Mass Movement. In: FAIRBRIDGE, R.W. (Ed.): *Encyclopedia of Geomorphology*, p. 688-695, Reinhold, New York.
- HUTCHINSON, J.N. (1988): General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. In: BONNARD, C. (Hrsg.): *Proceedings, Fifth International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988, Vol. 1*, p. 3-35, Balkema, Rotterdam.

- JANOSCHEK, R. (1931): Die Geschichte des Nordrandes der Landseer Bucht im Jungtertiär (Mittleres Burgenland). Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien, 24, p. 38-133, Wien.
- JUGOVICS, L. (1916): Die am Fusse der östlichen Endigung der Alpen und im Kleinen Ungarischen Alfold/Tiefland im Komitate Vas auftauchenden Basalte und Basalttuffe. Jahrbuch der Königlichen Ungarischen Geologischen Reichsanstalt, 1915, p. 51-79, Budapest.
- KAPOUNEK, J. (1938): Geologische Verhältnisse der Umgebung von Eisenstadt (Burgenland). Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 88, p. 49-102, Wien.
- KEATON, J.R. & DEGRAFF, J.V. (1996): Surface Observation and Geologic Mapping. In: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (Ed.): Landslides - Investigation and Mitigation. Transportation Research Board Special Report, 247, p. 178-230, National Academy Press, Washington D.C..
- KEEFER, D.K. (1984): Landslides Caused by Earthquakes. Geological Society of America Bulletin, 95, p. 406-421, Boulder.
- KLINGSEISEN, B. & LEOPOLD, PH. (2006): Landslide Hazard Mapping in Austria. GIM International, 20(12), p. 41-43, Reed Business Geo, Lemmer.
- KOCH, F. (2005): Zur raum-zeitlichen Variabilität von Massenbewegungen und pedologische Kartierung in alpinen Einzugsgebieten - Dendrogeomorphologische Fallstudien und Erläuterungen zu den Bodenkarten Lahnenwiesgraben und Reintal (Bayerische Alpen). Dissertation der Philosophischen Fakultät III (Geschichte, Gesellschaft, Geographie) der Universität Regensburg, 267 p., Regensburg.
- KOLLMANN K. (1965): Jungtertiär im Steirischen Becken. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien, 57(2), p. 479-632, Wien.
- KOLLMANN, W. (1987): Abschlussbericht Geohydrologische Untersuchungen zur Beurteilung der Wasserhöfigkeit im südlichen Burgenland 1978-1984. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, 76, 55 p., Landesmuseum Burgenland, Eisenstadt.
- KRÖLL, A.; FLÜGEL, H.; SEIBERL, W.; WEBER, F.; WALACH, G.; ZYCH, D. (1988): Karten über den prätertiären Untergrund des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle. 4 Karten 1:200.000 mit Erläuterungen, 49 p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- KROH, A.; HARZHAUSER, M.; PILLER, W.E.; RÖGL, F. (2003): The Lower Badenian (Middle Miocene) Hartl Formation (Eisenstadt-Sopron Basin, Austria). In: PILLER, W.E. (Ed.): Stratigraphia Austriaca, Schriftenreihe Erdwissenschaftlicher Kommission, 16, p. 87-109, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- KRONBERG, P. (1985): Fernerkundung der Erde: Grundlagen und Methoden des Remote Sensing in der Geologie. 394 p., F. Enke, Stuttgart.
- KÜMEL, F. (1957): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, 107/108 Mattersburg-Deutschkreutz. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- KÜPPER, H (Hrsg.); FINK, J.; LECHNER, K.; RUTTNER, A. (1957): Erläuterungen zur geologischen Karte Mattersburg-Deutschkreutz 1:50.000 auf Grund der von F. Kümel hinterlassenen Unterlagen sowie unter Berücksichtigung von Neubeobachtungen. 67 p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.

- LAATSCH, W. & GROTTENTHALER, W. (1972): Typen der Massenverlagerung in den Alpen und ihre Klassifikation. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 91(6), p. 309-339, Paul Parey, Hamburg/Berlin.
- LEOPOLD, Ph.; DRAGANITS, E.; HEISS, G. (2010): Creep: An underrated type of mass movement on gently dipping hill slopes - examples from the Eastern Alpine foreland. European Geosciences Union General Assembly 2010, Vienna, 02 -07 May, Geophysical Research Abstracts, 12, 4197-1.
- LEOPOLD, Ph.; DRAGANITS, E.; HEISS, G.; KOVACS, E. (2011): A geotechnical explanation for the transition from creep to slides during heavy rain falls in the eastern alpine foreland. In: CATANI, F.; MARGOTTINI, C.; IADANZA C. (Hrsg.): The Second World Landslide Forum-Abstract Book, 3-9 Oct. 2011, FAO, Rome, Italy, p. 19, ISPRA, Rome.
- MARACEK, K. (2005): Das Hochwasserereignis an der Raab und der Lafnitz im August 2005. Amt der Burgenländischen Landesregierung Abteilung 9, 12 p., Eisenstadt.
- MURAWSKI, H. (1992): Geologisches Wörterbuch. 9. Auflage, 254 p. DTV – Enke, Stuttgart.
- NEBERT, K.; GEUTEBRÜCK, E.; TRAUSSNIG, H. (1980): Zur Geologie der neogenen Lignitvorkommen entlang des Nordostsporns der Zentralalpen (Mittelburgenland). Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 123, p. 39-112, Wien.
- PAHR, A. (1984): Erläuterungen zu Blatt 137 Oberwart. 47 p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- PAHR, A. (2000): Die Gesteine der mittelostalpinen Siegrabener Einheit, der unterostalpinen Grobgneseinheit, der Wechseleinheit, der Rechnitzer Einheit. In: SCHÖNLAUB, H.P. (Hrsg.): Geologie der österreichischen Bundesländer; Burgenland. p. 36-42, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- PAHR, A. & HERRMANN, P. (2000): Geologisch-tektonischer Überblick. In: SCHÖNLAUB, H.P. (Hrsg.): Geologie der österreichischen Bundesländer; Burgenland. p. 10-11, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- PAPP, A. (1951): Das Pannon des Wiener Beckens. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien, 39-41 (1946-1948), p. 99-193, Wien.
- PAPP, A.; MARINESCU, F.; SENES, J. (1974): Sarmatien (sensu E. Suess, 1866): Die Sarmatische Schichtengruppe und ihr Stratotypus. Chronostratigraphie und Neostatotypen, 4, 707 p., Bratislava.
- PAPP, A. & CICHA, I. (1978): Definition der Zeiteinheit M4-Badenien. Chronostratigraphie und Neostatotypen, 6, p. 47-48, Bratislava.
- PASCHER, G. (1988): Das Neogen der Mattersburger Bucht (Burgenland), Dissertation der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien, 292 p., Wien.
- PASCHER, G. (1989): Exkursionsführer: Das Neogen der Mattersburger Bucht (Burgenland). Österreichische Geologische Gesellschaft, 37 p., Wien.
- PASCHER, G. (1999): Geologische Karte des Burgenlandes 1:200.000. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- PASCHER, G. & BRIX, F. (1994): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.0000, 77 Eisenstadt. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- PISTOTNIK, J.; HERRMANN, P.; PASCHER, G. (1993): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.0000, 78 Rust. Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.

- PILLER, W.E.; EGGER, H.; ERHART, C.W.; GROSS, M.; HARZHAUSER, M.; HUBMANN, B.; VAN HUSEN, D.; KRENMAYER, H.G.; KRYSZYN, L.; LEIN, R.; LUKENEDER, A.; MANDL, G.W.; RÖGL, F.; ROETZEL, R.; RUPP, C.; SCHNABEL, W.; SCHÖNLAUB, H.P.; SUMMERSBERGER, H.; WAGREICH, M.; WESSELY, G. (2004): Die stratigraphische Tabelle von Österreich 2004 (sedimentäre Schichtfolgen). Kommission für die paläontologische und stratigraphische Erforschung Österreichs der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und Österreichische Stratigraphische Kommission, Graz.
- POISEL, R. & EPPENSTEINER, W. (1988): A contribution to the systematics of rock mass movements. In: BONNARD, C. (Ed.): Proceedings, Fifth International Symposium on Landslides, Lausanne, 1988, Vol. 2, p. 1353-1357. Balkema, Rotterdam.
- POISEL, R. & KIEFFER, S. (2009): Sackung – Was ist das? Festschrift Walter Eppensteiner, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße Schiene Verkehr, p. 33-38, Wien.
- POLLAK, W. (1962): Untersuchungen über Schichtfolge, Bau und tektonische Stellung des österreichischen Anteils der Eisenberggruppe im südlichen Burgenland. Dissertation der Philosophischen Fakultät der Universität Wien, 108 p., Wien.
- PRINZ, H. (1991): Abriß der Ingenieurgeologie. 2. Aufl., 466 p., F. Enke, Stuttgart.
- PRINZ, H. (1996): Abriß der Ingenieurgeologie. 3. Aufl., 546 p., F. Enke, Stuttgart.
- PRINZ, H. & STRAUZ R. (2006): Abriss der Ingenieurgeologie. 4. Aufl., 671 p., Spektrum Akademischer Verlag - Elsevier, München.
- PRINZ, H. & STRAUZ R. (2011): Ingenieurgeologie. 5. Aufl., 738 p., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- RATSCHBACHER, L.; FRISCH, W.; LINZER, H.G.; MERLE, O. (1991): Lateral extrusion in the eastern Alps, Part 2: Structural analysis. *Tectonics*, 10(2), p. 257-271, Washington D.C..
- RÖGL, F.; CORIC, S.; HARZHAUSER, M.; JIMENEZ-MORENO, G.; KROH, A.; SCHULTZ, O.; WESSELY, G.; ZORN, I. (2008): The Middle Miocene Badenian stratotype at Baden-Sooss, Lower Austria. *Geologica Carpathica*, 59, p. 367-374, Bratislava.
- ROYDEN, L.H. (1988): Late Cenozoic tectonics of the Pannonian basin System. In: ROYDEN, L.H. & HORVATH, F. (Ed.): *The Pannonian Basin - A study in basin evolution*. American Association of Petroleum Geologists, 45, p. 27-48, Tulsa (Oklahoma).
- SAUERZOPF, F. (1950): Fauna und Gliederung der Schichten des Pannon im südlichen Burgenland. Dissertation der philosophischen Fakultät der Universität Wien, 154 p., Wien.
- SAUERZOPF, F. (1952): Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des südburgenländischen Pannons. *Burgenländisches Heimatblatt*, 14(1), p. 1-16, Eisenstadt.
- SAUERZOPF, F. (1986): Zur Kenntniss der Verbreitung der Tuffe von Limbach/Kukmirn im Bezirk Güssing/Burgenland. *Biologisches Forschungsinstitut für das Burgenland*, 57, 5 p., Illmitz.

- SCHERMANN, O. (2000): Erze, Industrieminerale und Energierohstoffe. In: SCHÖNLAUB, H.P. (Hrsg.): Geologie der österreichischen Bundesländer; Burgenland. p. 51-55, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- SCHNEIDER, U. (1999): Geotechnische Untersuchungen, satellitengestützte (GPS) Bewegungsanalysen und Standsicherheitsüberlegungen an einem Kriechhang in Ebnit, Vorarlberg. Dissertation der Fakultät für Bio- und Geowissenschaften, Universität Karlsruhe (TH), 83 p., Karlsruhe.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1973): Schwamm-Spiculae aus dem Rechnitzer Schiefergebirge und ihr stratigraphischer Wert. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 116, p. 35-49, Wien.
- SCHÖNLAUB, H.P. (2000): Das Altpaläozoikum im Südburgenland. In: SCHÖNLAUB, H.P. (Hrsg.): Geologie der österreichischen Bundesländer; Burgenland. p. 31-35, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- SCHUSTER, K.; BERKA, R.; DRAGANITS, E.; FRANK, W.; SCHUSTER, R. (2001): Lithologien, Metamorphosegeschichte und tektonischer Bau der kristallinen Einheiten am Alpenostrand. Arbeitstagung der Österreichischen Geologischen Bundesanstalt, Neuberg an der Mürz 3.-7. Sept. 2001, Wien.
- SCHWENK, H. (1992): Massenbewegungen in Niederösterreich 1953 – 1990. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 135(2), p. 597-660, Wien.
- SKEMPTON, A.W. & HUTCHINSON J.N. (1969): Stability of Natural Slopes and Embankment Foundations. State of the art report. Proceedings of the 7th International Conference on Soil Mechanics Foundation Engineering (Mexico), State of the Art Volume, p. 291-340, Mexico City.
- SOETERS, R. & VAN WESTEN, C.J. (1996): Slope Instability Recognition, Analysis, and Zonation. In: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (Hrsg.): Landslides - Investigation and Mitigation. Transportation Research Board Special Report, 247, p. 129-177, National Academy Press, Washington D.C..
- SPAHIC, D.; EXNER, U.; BEHM, M.; GRASEMANN, B.; HARING, A.; PRETSCH, H. (2010): Listric versus planar normal fault geometry: an example from the Eisenstadt-Sopron Basin (E Austria). International Journal of Earth Sciences, published online DOI 10.1007/s00531-010-0583-5, 11 p., Springer Verlag.
- SUESS, E. (1885): Das Antlitz der Erde. Bd. 1, 778 p., Tempsky-Freytag, Prag/Wien/Leipzig.
- SCHULZ, W. H. (2004): Landslides mapped using LIDAR imagery, Seattle, Washington. US Geological Survey Open-File Report 2004-1396, 11 p., U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Washington D.C..
- SZEKELEY, B.; ZAMOLYI, A.; DRAGANITS, E.; BRIESE, C. (2009): Geomorphic expression of neotectonic activity in a low relief area in an Airborne Laser Scanning DTM: A case study of the Little Hungarian Plain (Pannonian Basin). Tectonophysics 474, p. 353-366, Kidlington
- TAUBER, A.F. (1952): Grundzüge der Geologie von Burgenland. In: Burgenland Landeskunde. Burgenländische Landesregierung (Hrsg.), p. 39-85, Österreichischer Bundesverlag, Wien.
- TERZAGHI, K. (1950): Mechanism of Landslides. In: PAIGE, S. (Ed.): Application of Geology to Engineering Practice. Berkey Volume, Geological Society of America, p. 83-123, Boulder, New York.

- THEISSEN, H.W. (1998): Der Einfluss der Bodenfeuchte auf die Sicherheit rutschungsgefährdeter Hänge in schwach bindigen Böden. Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft Universität Karlsruhe (TH), 62, 190 p., Karlsruhe.
- TOLLMANN, A. (1955): Das Neogen am Nordwestrand der Eisenstädter Bucht. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, 10, p. 1-75, Landesmuseum Burgenland, Eisenstadt.
- TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich, Band 1. 766 p., F. Deuticke; Wien.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich, Band 2. 710 p., F. Deuticke Wien.
- TOULA, F. (1878): Über Devon-Fossilien aus dem Eisenburger Comitete. Verhandlungen der k.k. Geologischen Reichsanstalt, 1878, p. 47-52, Wien.
- VAN ASCH, Th.W.J.; VAN BEEK, L.P.H.; BOGAARD, T.A. (2007): Problems in predicting the mobility of slow-moving landslides. Engineering Geology, 91, p.46-55, Elsevier.
- VARNES, D.J. (1958): Landslide Types and Processes. In: ECKEL, E.D. (Hrsg.): Landslides and Engineering Practice. Highway Research Board Special Report, 29, p. 20-47, National Research Council, Washington D.C..
- VARNES, D. J. (1978): Slope movement Types and Processes. In: SCHUSTER, R.L. & KRIZEK, R.J. (Hrsg.): Landslides - Analysis and Control. Transportation Research Board Report, 176, p. 11-33, National Research Council, Washington D.C..
- VENDL, M. (1933): Daten zur Geologie von Brennborg und Sopron: Mit besonderer Rücksicht auf die Tektonik von Brennborg. Mitteilungen der berg- und hüttenmännischen Abteilung an der königlichen ungarischen Hochschule für Berg- und Forstwesen zu Sopron, Ungarn, 5, p. 386-412, Sopron.
- WALTHAM, T. (2009): Foundations of Engineering Geology. Third Edition, 98 p., Spon Press; London/New York.
- WESSELY, G. (Hrsg.) (2006): Geologie der Österreichischen Bundesländer: Niederösterreich. 416 p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- WIECZOREK, G. (1996): Landslide Triggering Mechanisms. In: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (Hrsg.): Landslides - Investigation and Mitigation. Transportation Research Board Special Report, 247, p. 76-90, National Academy Press, Washington D.C..
- WINKLER, A. (1927, a): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der Republik Österreich Blatt 5256 Gleichenberg. 164. p., Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.
- WINKLER A. (1927, b): Die geologischen Aufschließungen beim Bau der der Bahnlinie Friedberg-Pinkafeld und der geologische Bau des nordoststeirischen Tertiärbeckens. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 4, p. 97-103, Wien.
- WINKLER, A. (1927, c): Über die sarmatischen und pontnischen Ablagerungen im Südostteil des steirischen Beckens. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 77, p. 393-456, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.

- WINKLER-HERMADEN, A. (1955): Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensaum ausserhalb der Vereisungsgebiete. Sitzungsberichte der Österreichischen Akademischen Wissenschaften - Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, 110, p. 1-180, Springer, Wien.
- WINKLER-HERMADEN, A. (1962): Die jüngsttertiäre (sarmatisch-pannonisch-höherpliozäne) Auffüllung des Pullendorfer Beckens (= Landseer Bucht E.Sueß) im mittleren Burgenland und der pliozäne Basaltvulkanismus am Pauli-Berg und bei Oberpullendorf-Stoob. Sitzungsberichte der Österreichischen Akademischen Wissenschaften - Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse Abteilung 1, 171, p. 143-192, Wien.
- ZAMG (2010): Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Catalogue of felt earthquakes in Austria 1201-2009. Computer Datei, Wien (ZAMG).
- ZISCHINSKY, U. (1966): On the deformation of high slopes. Berichte "1 st Congress of the International Society of Rock Mechanics" Vol. 2, p. 179-185, Lissabon.
- ZORN, I. (2000): Das Paläogen und Neogen. In: SCHÖNLAUB, H.P. (Hrsg.): Geologie der österreichischen Bundesländer; Burgenland. p. 15-30, Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien.

Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten des Burgenlandes: Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren, Bewegungsmechanismen und Auslöser

Beilage 4:

Protokolle der Aufschlussbohrungen und Inklinometermessungen der Raaberbahn

AUFSCHLUSS:
KB 1a

BAUVORHABEN:
RUTSCHUNG DRASSBURG

AUFTRAGGEBER:
RAAB-OEDENBURG-EBENFURTER-
EISENBAHN AG



M 1:100

GOK: 236.01 m ü. A.
POK: 237.03 m ü. A.

NEIG.:
RICHT.:

KOORD.: Y= 12350.45
(M34) X= 289280.37

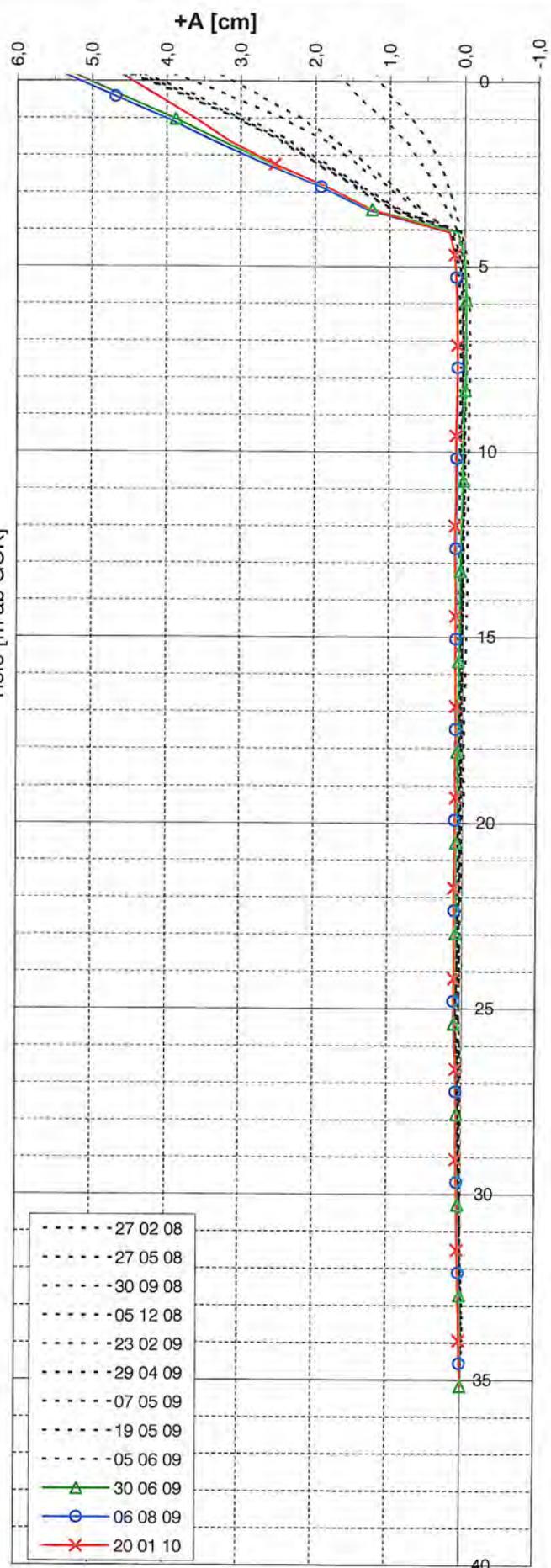
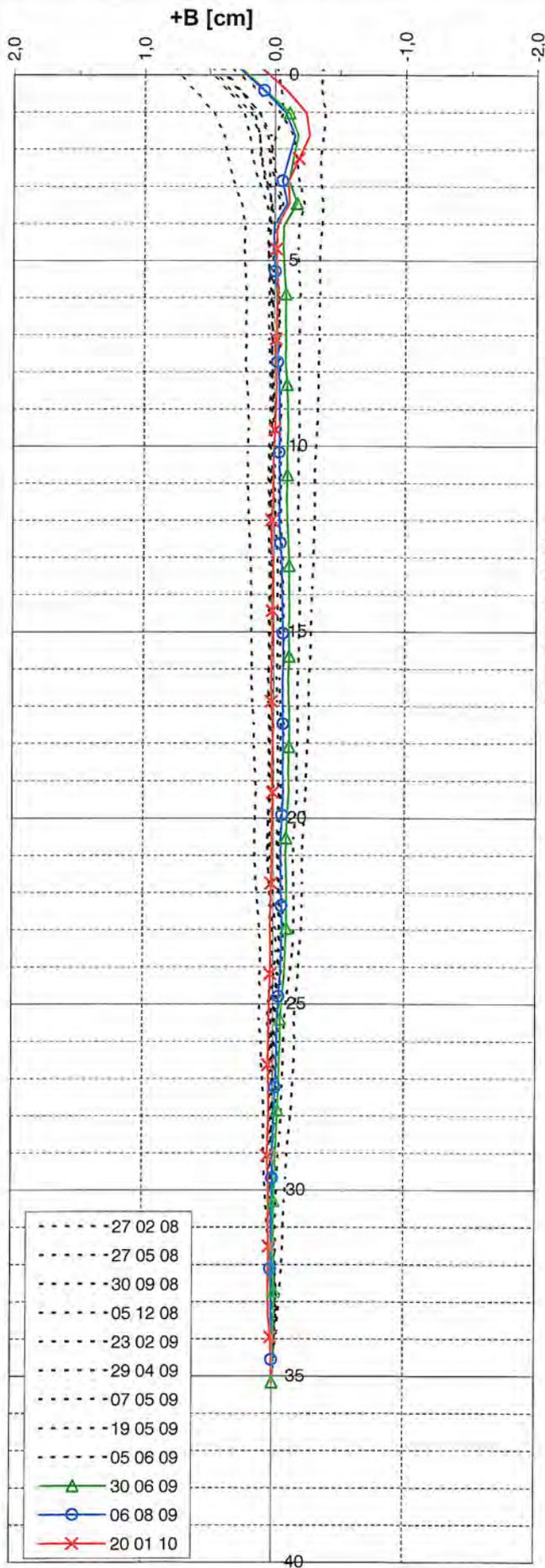
BEGINN: 18.10.2007
ENDE: 31.10.2007

SACHBE.: GRU
AUFNAHME: 12.11.2007

| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------------------|--------------|---------------|---------------------------|------------------|---|---|----------------|-------------|---|---|--------|---|-------------------------|-----------------------------|
| AUFSCHLUSSART Werkzeug | TIEFE AB GOK | TIEFE ABSOLUT | ZEICHNERISCHE DARSTELLUNG | | | | GEST. ZUST. | TRENNFÄCHEN | | BENENNUNG UND BESCHREIBUNG DER BODEN- BZW. GESTEINSART UND DES GEFÜGES | PROBEN | VERSUCHE, MESSUNGEN IM AUFSCHLUSS | BOHRLOCH- AUSRÜSTUNG | ERGÄNZUNGEN, ANMERKUNGEN |
| | | | WASSER- BEOBACHTUNG | GESTEINS- ART | L | K | V | Z | | | | Inklinometer | | |
| | 0.00 | 236.01 | | | | | | | | | | | | |
| | | | 24.20 | 211.81 | | | | | | | | | | |
| | | | 31.10.2007 | | | | | | | | | | | |
| | 26.00 | 210.01 | | | | | | | | SCHLUFFSTEIN, TONSTEIN, mm- bis cm-geschichtet, mürbe, lokal hart, lokal Lagen (bis 5 cm) von Feinsand-Ton Gemisch, schwach kiesig, organisch, grau | | | | |
| | 28.00 | 208.01 | | | | | | | | SCHLUFFSTEIN, TONSTEIN, mürbe, lokal mäßig hart, mit örtlichen Fossilanreicherungen, grau | | | | |
| | 34.00 | 201.71 | 34.30 | 201.71 | | | | | | MITTEL- bis GROBSAND, schluffig, schwach feinkiesig, sehr dicht, grau | | | | |
| | 35.00 | 201.01 | | | | | | | | SCHLUFF, stark plastisch bzw. TON, organisch, halbfest bis fest, grauschwarz | | | | |
| | 35.20 | 200.81 | | | | | | | | | | | | |

Bohrunternehmen: HYDRO - GEO - THERMIE Bohrgesellschaft m.b.H., Wien

Aufschlussdarstellung auf Basis ÖNORM B 4401



Tiefe [m ab GOK]

| AUFSCHLUSS: KB 2 | | | BAUVORHABEN: RUTSCHUNG DRASSBURG | | | | AUFTRAGGEBER: RAAB-OEDENBURG-EBENFURTER- EISENBAHN AG | | | |  BAUGRUNDERKUNDUNG - GEOMECHANIK - GEOHYDROLOGIE Dr. Peter Weibel ZT-GmbH, A-1070 Wien, Mariahilfer Straße 20 | | | |
|---------------------------|--------------|---------------|-------------------------------------|------------------|-----------------------------|--------------|--|--|--------------------|------|---|---|-------------------------|-----------------------------|
| M 1:100 | | | GOK: 228.03 m ü. A. | | NEIG.: _____ | | KOORD.: Y= 12355,53 | | BEGINN: 06.11.2007 | | SACHBE.: GRU | | | |
| | | | POK: 229.16 m ü. A. | | RICHT.: _____ | | (M34) X= 289313,00 | | ENDE: 12.11.2007 | | AUFNAHME: 12.11.2007 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | 8 | | | | 9 | 10 | 11 | 12 |
| AUFSCHLUSSART WERKZEUG | TIEFE AB GOK | TIEFE ABSOLUT | ZEICHNERISCHE DARSTELLUNG | | | | BENENNUNG UND BESCHREIBUNG DER BODEN- BZW. GESTEINSART UND DES GEFÜGES | | | | PROBEN | VERSUCHE, MESSUNGEN IM AUFSCHLUSS | BOHRLOCH- AUSRÜSTUNG | ERGÄNZUNGEN, ANMERKUNGEN |
| | 0.00 | 228.03 | WASSER- BEOBACHTUNG | GESTEINS- ART | GEST- ZUST L K V Z | TRENNFLÄCHEN | | | | | | Inklinometer | | |
| | 1.30 | 226.73 | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, organisch, erdig, körnige Struktur, Wurzelreste, steif, dunkelbraun | | | | | | DECKSCHICHTE | |
| 2.0 | | | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, lokal mm-gebändert (Feinsand-Schluff Gemisch), schlierig-lagige, z.T. chaotische Struktur mit lokal Pflanzenresten, steif, z.T. weich bis steif, graubraun | | | | | | NEOGEN, umgelagert | |
| | 3.40 | 224.63 | | | | | | | 3.10 | (13) | | | DECKSCHICHTE | |
| 4.0 | 3.60 | 224.43 | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, organisch, erdig, mit schwimmenden Grobsand- bis Feinkieskomponenten, Wurzelreste, sehr steif, dunkelbraun | | 3.60 | | | | NEOGEN, umgelagert | |
| | 4.50 | 223.53 | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, sandig gebändert, lokal Pflanzenreste, steif, graubraun | | | | | | DECKSCHICHTE | |
| | 5.40 | 222.63 | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, schwach organisch, chaotisch-körnige Struktur, mit schwimmenden Grobsandkomponenten, lokal Gipsausblühungen, steif, dunkelbraun | | 5.80 | (13) | | | NEOGEN, umgelagert | |
| 6.0 | 6.50 | 221.53 | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, mit linsigen Anreicherungen von stark oxidiertem Sand, chaotisch-körnige Struktur, häufig Gipsnester und schwach organische Einschlüsse, sehr steif, braun | | 6.20 | | | | NEOGEN | |
| | | | | | | | SCHLUFF, stark plastisch bzw. TON, lokal schluffig gebändert, strukturlos, halbfest bis fest, grau | | 7.45 | KP | <input checked="" type="checkbox"/> | | | |
| 8.0 | 9.50 | 218.53 | | | | | SCHLUFF, stark plastisch bzw. TON, organisch, mit Übergängen zu SCHLUFF-/TONSTEIN, mürbe, z.T. mm- bis cm-geschichtete Struktur, örtlich Klüfte mit Buckelharnischen, dunkelgrau | | | | | | | |
| 10.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.0 | 14.30 | 213.73 | | | | | SCHLUFFSTEIN, TONSTEIN, mürbe, z.T. mäßig hart, horizontal geschichtet, lokal schwach organische Schlieren, grau | | | | | | | |
| 16.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18.0 | 18.20 | 209.63 | | | | | SCHLUFF, plastisch bis stark plastisch, feinsandig laminiert bzw. schwach organisch, mit Übergängen zu SCHLUFF-/TONSTEIN, sehr mürbe, halbfest, grau, lagig dunkelgrau | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 20.0 | 20.40 | 207.63 | | | | | SCHLUFFSTEIN, TONSTEIN, mürbe, z.T. mäßig hart, mm- bis cm-geschichtet, lokal schwach organische Schlieren, grau | | | | | | | |
| 22.0 | | | | | | | | | | | | | | |

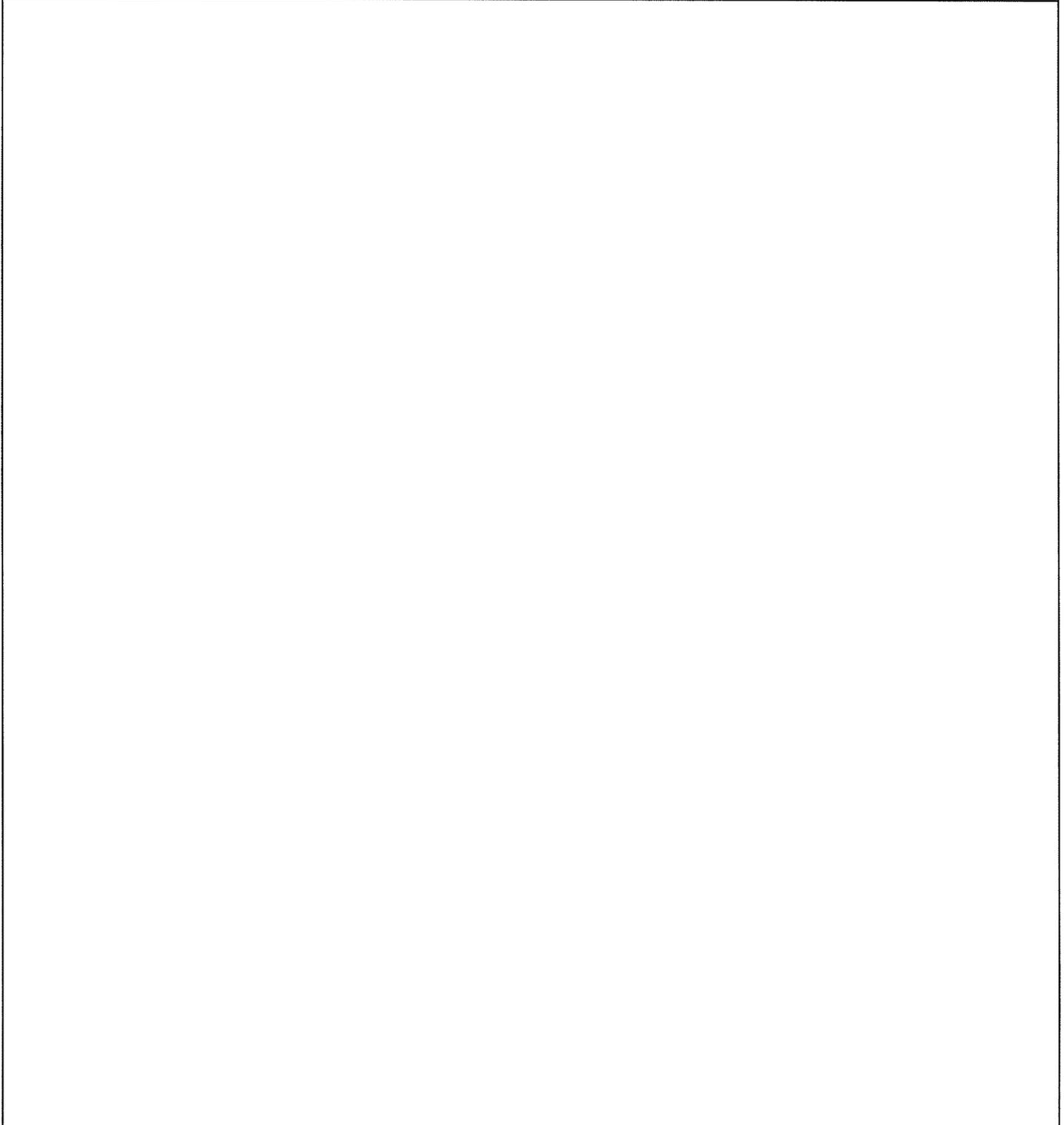
| | | | |
|----------------------------|-------------------------------------|---|--|
| AUFSCHLUSS: KB 2 | BAUVORHABEN: RUTSCHUNG DRASSBURG | AUFTRAGGEBER: RAAB-OEDENBURG-EBENFURTER- EISENBAHN AG | BGG Consult  BAUGRUNDERKUNDUNG - GEOMECHANIK - GEHYDROLOGIE Dr. Peter Waibel ZT-GmbH; A-1070 Wien, Mariahilfer Straße 20 |
|----------------------------|-------------------------------------|---|--|

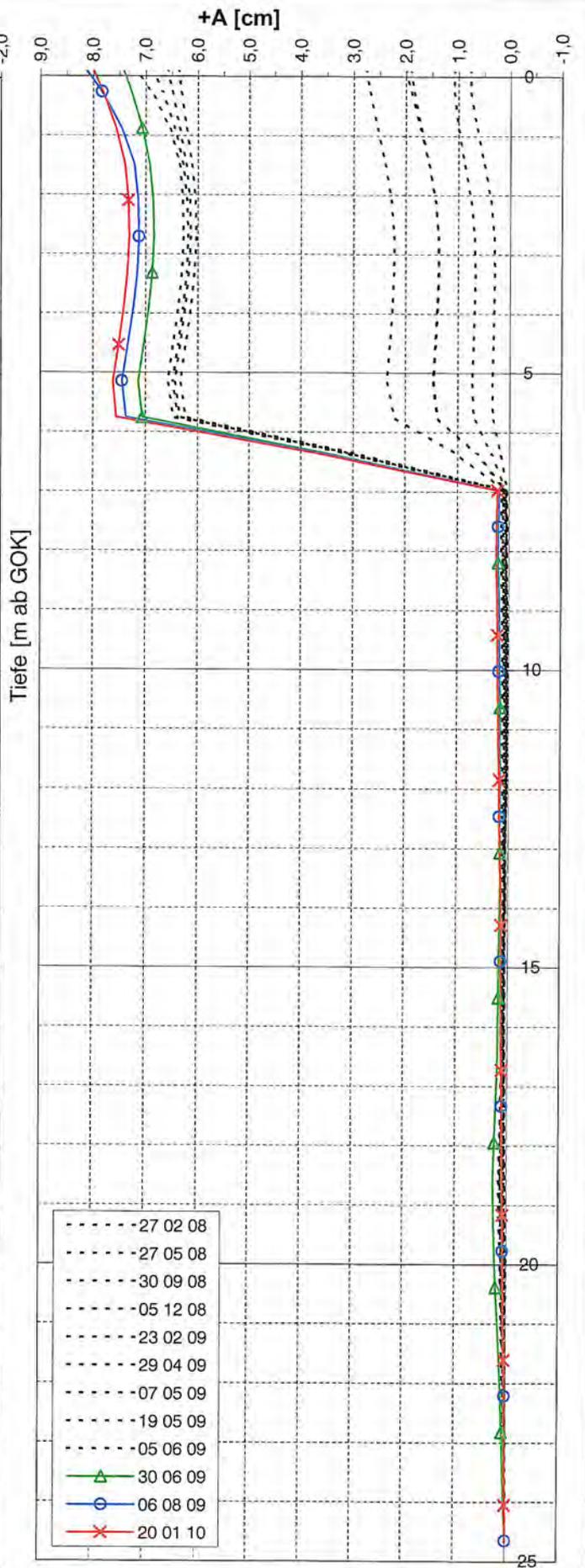
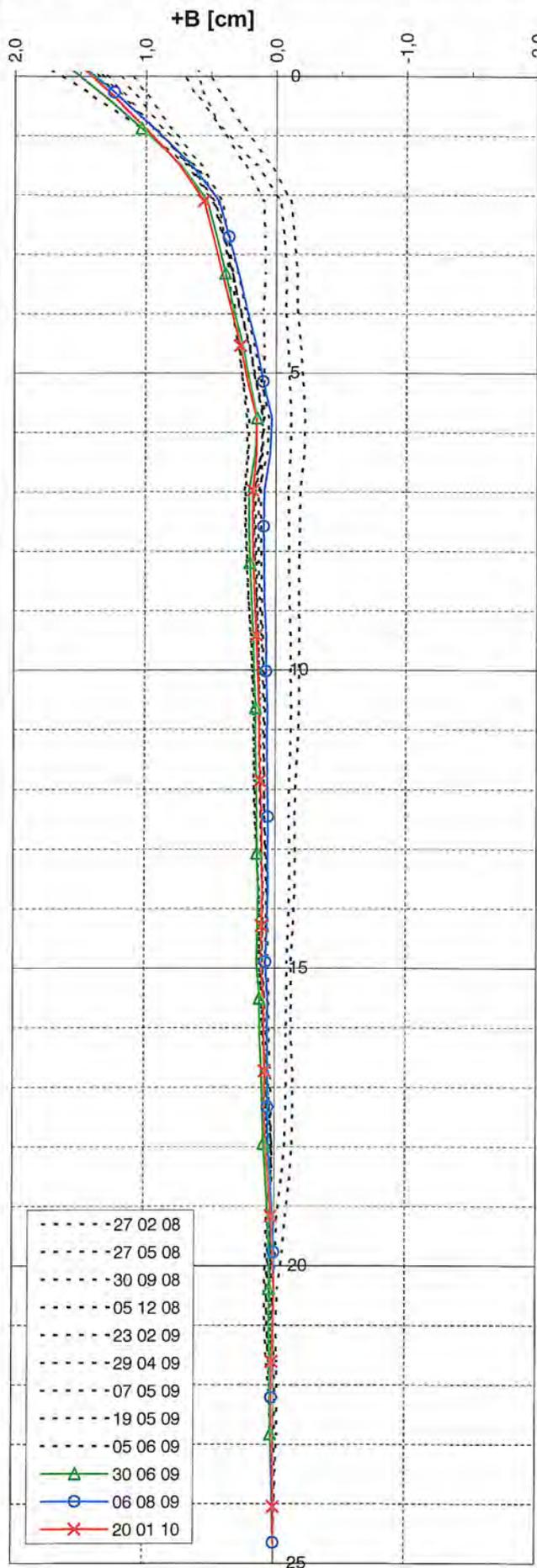
| | | | | | |
|---------|---------------------|---------|---------------------|--------------------|----------------------|
| M 1:100 | GOK: 228,03 m ü. A. | NEIG.: | KOORD.: Y= 12355,53 | BEGINN: 06.11.2007 | SACHBE.: GRU |
| | POK: 229,16 m ü. A. | RICHT.: | (M34) X= 289313,00 | ENDE: 12.11.2007 | AUFNAHME: 12.11.2007 |

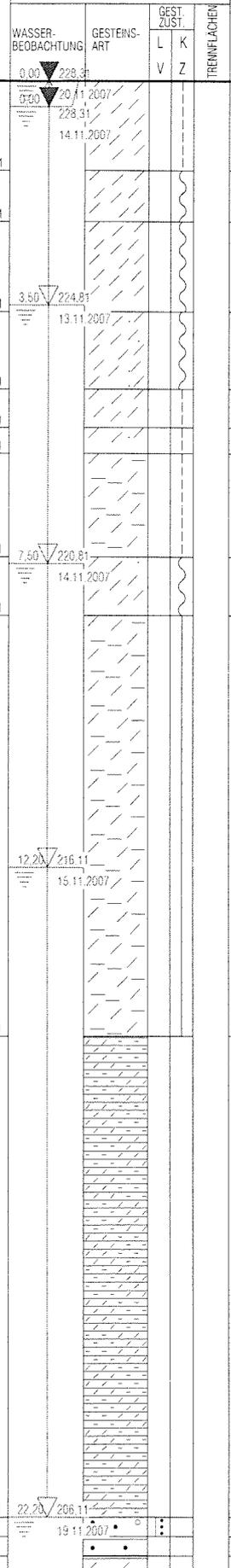
| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | 5 | | 6 | 7 | 8 | | 9 | 10 | | 11 | 12 | |
|----------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|--|--|--|------------------------|--|------------------|----------------|---|--------------|---|--------|---|-------------------------|-----------------------------|--------|
| AUFSCHLUSSART WERKZEUG | TIEFE AB GOK | TIEFE ABSOLUT | ZEICHNERISCHE DARSTELLUNG | | | | WASSER- BEOBACHTUNG | | GESTEINS- ART | GEST. ZUST. | | TRENNFLÄCHEN | BENENNUNG UND BESCHREIBUNG DER BODEN- BZW. GESTEINSART UND DES GEFÜGES | PROBEN | VERSUCHE, MESSUNGEN IM AUFSCHLUSS | BOHRLOCH- AUSRÜSTUNG | ERGÄNZUNGEN, ANMERKUNGEN | |
| | 0,00 | 228,03 | | | | | | | L | K | | | | | | Inklinometer | | |
| | | | | | | | | | V | Z | | | | | | | Zementfällion | NEOGEN |
| Aufschlusshöhung 146 25,00 | 25,00 | 203,03 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Bohrunternehmen: HYDRO - GEO - THERMIE Bohrgesellschaft m.b.H., Wien

Aufschlussdarstellung auf Basis ÖNORM B 4401





| AUFSCHLUSS: KB 5 | | | BAUVORHABEN: RUTSCHUNG DRASSBURG | | | | AUFTRAGGEBER: RAAB-OEDENBURG-EBENFURTER- EISENBAHN AG | | |  BAUGRUNDERKUNDUNG - GEOMECHANIK - GEOHYDROLOGIE Dr. Peter Walzel ZT-GmbH, A-1070 Wien, Mariahilfer Straße 20 | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|--------------|--|--|-----------|--|---|--|--------------------|---|---|--|-------------------|--|---|--|-------------------------|--|-----------------------------|--|----|--|
| M 1:100 | | | GOK: 228,31 m ü. A. | | NEIG.: : | | KOORD.: Y= 12586,23 | | BEGINN: 13.11.2007 | | SACHBE.: GRU | | | | | | | | | | | |
| | | | POK: 229,32 m ü. A. | | RICHT.: : | | (M34) X= 289270,87 | | ENDE: 19.11.2007 | | AUFNAHME: 19.11.2007 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | |
| AUFSCHLUSSART WERKZEUG | TEFE AB GOK | TEFE ABSOLUT | ZEICHNERISCHE DARSTELLUNG | | | | GEST. ZUST. | | TRENNFLÄCHEN | | BENENNUNG UND BESCHREIBUNG DER BODEN- BZW. GESTEINSART UND DES GEFÜGES | | PROBEN | | VERSUCHE, MESSUNGEN IM AUFSCHLUSS | | BOHRLOCH- AUSRÜSTUNG | | ERGÄNZUNGEN, ANMERKUNGEN | | | |
| | 0.00 | 228.31 | WASSER- BEOBACHTUNG | | | | L K V Z | | | | | | | | | | Inklinometer | | | | | |
| | 1.40 | 226.91 |  | | | | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, lagig feinsandig (stark oxidiert), mit schwimmenden Fein- bis Mittelkieskomponenten, eingearbeitete Pflanzenreste, steif bis sehr steif, braun | | | | | | | | DECKSCHICHTE | | | |
| 2.0 | 2.20 | 226.11 | | | | | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, stark organisch, mit Karbonatausfällungen und eingearbeiteten Pflanzenresten, geprenkelte Struktur, weich, dunkelgrau, fleckig weiß | | | | | | | | NEOGEN, umgelagert | | | |
| | 3.60 | 224.71 | | | | | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, reichlich Karbonatausfällungen, schwach organische Einschlüsse, körnige Struktur, eingearbeitete Pflanzenreste, weich bis steif, grau, weiß geprenkelt | | 2.75 3.15 (13) | | | | | | | | | |
| 4.0 | 4.80 | 223.51 | | | | | | | | | SCHLUFF, plastisch bis stark plastisch, schwach feinsandig, mit Grobsandeinstreu, schwach organische Einschlüsse, schlierig oxidiert, lokal Pflanzenreste, weich bis steif, grau, schlierig braun | | | | | | | | | | | |
| | 5.40 | 222.91 | | | | | | | | | SCHLUFF, stark plastisch, horizontal laminiert, lagig organische Anreicherungen, steif bis sehr steif, dunkelgrau | | | | | | | | | | | |
| 6.0 | 5.80 | 222.51 | | | | | | | | | SCHLUFF, plastisch bis stark plastisch, schwach feinsandig, schwach organische Einschlüsse, schlierig oxidiert, lokal Pflanzenreste, steif, grau, schlierig braun | | 5.70 KP ☒ | | | | | | NEOGEN, tlw. umgelagert | | | |
| | 7.40 | 220.91 | | | | | | | | | SCHLUFF, stark plastisch bzw. TON, mit Übergängen zu SCHLUFF-/TONSTEIN, sehr mürbe, organisch, laminiert, sehr steif bis halbfest, dunkelgrau | | | | | | | | | | | |
| 8.0 | 8.30 | 220.01 | | | | | | | | | SCHLUFF, plastisch, feinsandig, organisch, laminiert, chaotische Struktur, örtlich Pflanzeneinlagerungen, weich bis steif, dunkelgrau | | 7.60 8.00 (10) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | SCHLUFF, stark plastisch bzw. TON, undeutlich horizontal geschichtet bzw. laminiert, mit Übergängen zu SCHLUFF-/TONSTEIN, sehr mürbe, lokal mäßig hart, mit Lagen (bis mehrere cm) von Feinsand-Schluff Gemisch bzw. Schluffstein, sehr mürbe, halbfest, grau | | 9.40 (13) | | | | | | NEOGEN | | | |
| 10.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 14.80 | 213.51 | | | | | | | | | SCHLUFFSTEIN, TONSTEIN, mm- bis cm-geschichtet, mit Schluffsteinlagen bis mehrere cm, mürbe, lokal linsig organisch, grau | | | | | | | | | | | |
| 16.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.0 | 22.20 | 206.11 | | | | | | | | | MITTEL- bis GROBSAND, schluffig, feinkiesig, dicht, grau | | | | | | | | | | | |
| | 22.60 | 205.81 | | | | | | | | | SANDSTEIN, fein- bis mittelkörnig, mürbe, grau | | | | | | | | | | | |
| | 22.80 | 205.51 | | | | | | | | | SCHLUFFSTEIN, hart, grau | | | | | | | | | | | |
| | 23.30 | 205.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Zementation | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Füllmaterial | | | | | |

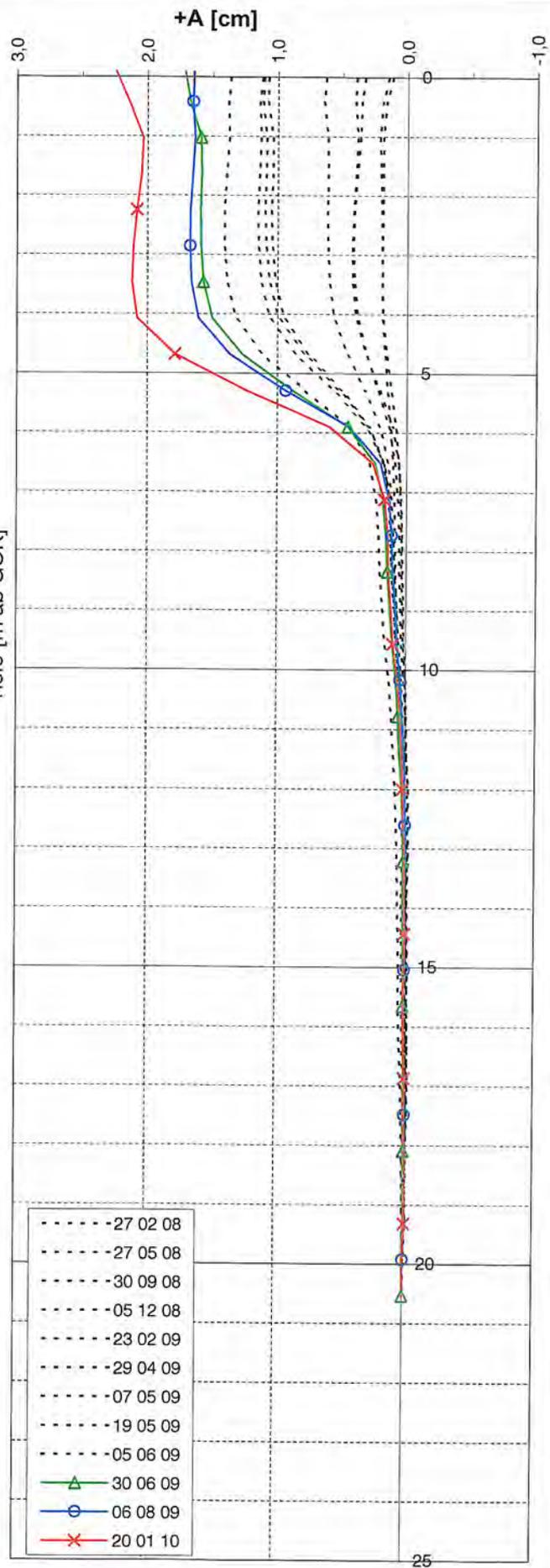
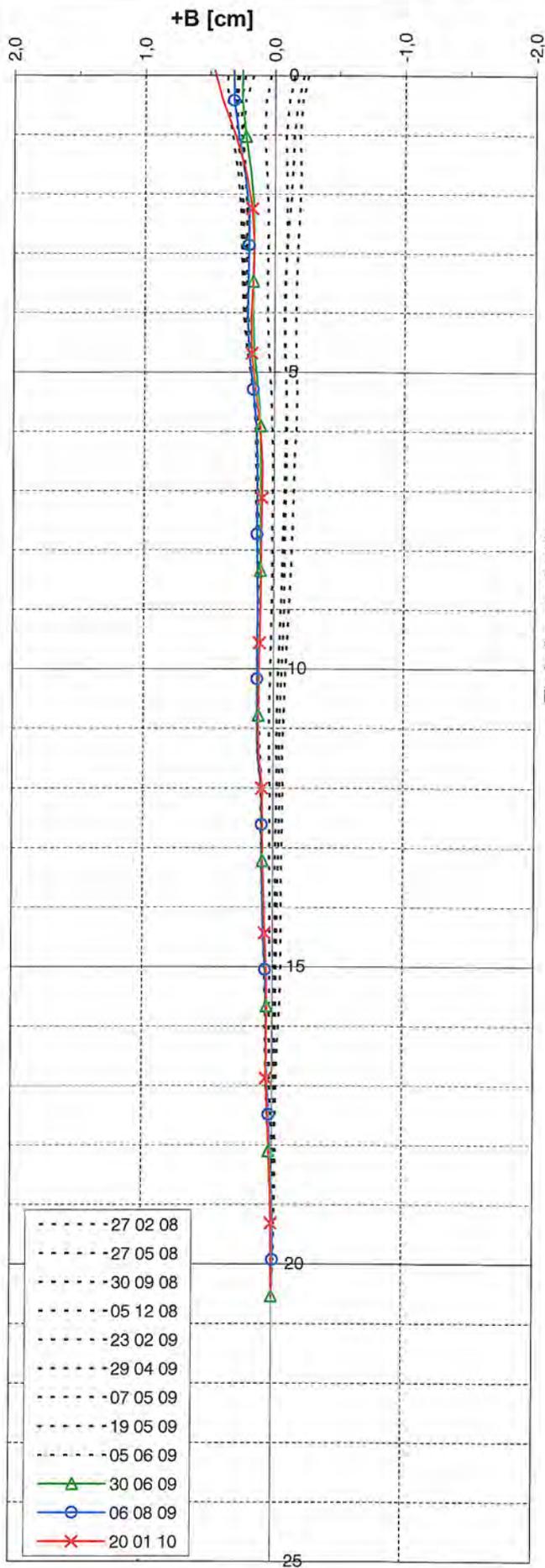
| | | | |
|----------------------------|--|---|---|
| AUFSCHLUSS: KB 5 | BAUVORHABEN: RUTSCHUNG DRASSBURG | AUFTRAGGEBER: RAAB-OEDENBURG-EBENFURTER- EISENBAHN AG | BGG Consult  BAUGRUNDERKUNDUNG · GEOMECHANIK · GEOHYDROLOGIE Dr. Peter Waibel ZT-GmbH; A-1070 Wien, Mariahilfer Straße 20 |
|----------------------------|--|---|---|

| | | | | | |
|---------|---------------------|---------|---------------------|--------------------|----------------------|
| M 1:100 | GOK: 228,31 m ü. A. | NEIG.: | KOORD.: Y= 12586,23 | BEGINN: 13.11.2007 | SACHBE.: GRU |
| | POK: 229,32 m ü. A. | RICHT.: | (M34) X= 289270,87 | ENDE: 19.11.2007 | AUFNAHME: 19.11.2007 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------------------|--------------|---------------|---------------------------|------------------|---|---|-------------|---|---|---|--------|---|-------------------------|-----------------------------|
| AUFSCHLUSSART WERKZEUG | TIEFE AB GOK | TIEFE ABSOLUT | ZEICHNERISCHE DARSTELLUNG | | | | GEST. ZUST. | | TRENNFLÄCHEN | BENENNUNG UND BESCHREIBUNG DER BODEN- BZW. GESTEINSART UND DES GEFÜGES | PROBEN | VERSUCHE, MESSUNGEN IM AUFSCHLUSS | BOHRLOCH- AUSRÜSTUNG | ERGÄNZUNGEN, ANMERKUNGEN |
| | | | WASSER- BEOBACHTUNG | GESTEINS- ART | L | K | V | Z | | | | Inklinometer | | |
| 0,00 | 228,31 | | | | | | | | | | | | | |
| 24,10 | 204,21 | | | | | | | | SCHLUFFSTEIN, TONSTEIN, sehr mürbe, lagig organisch, grau | | | | | |
| 24,30 | 204,01 | | | | | | | | SAND, schwach schluffig bis schluffig, dicht, grau | | | | | |
| 25,20 | 203,11 | | | | | | | | SCHLUFFSTEIN, TONSTEIN, sehr mürbe, grau | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | Füllmaterial | NEOGEN | |

Bohrunternehmen: HYDRO - GEO - THERMIE Bohrgesellschaft m.b.H., Wien

Aufschlussdarstellung auf Basis ÖNORM B 4401



Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten des Burgenlandes: Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren, Bewegungsmechanismen und Auslöser

Beilage 5:

Protokolle der Geotechnischen Untersuchung im Eisenstädter Becken



AUSTRIAN INSTITUTE
OF TECHNOLOGY

Datum: 21.10.2009

Bearbeiter: Schneider

Korngrößenverteilung

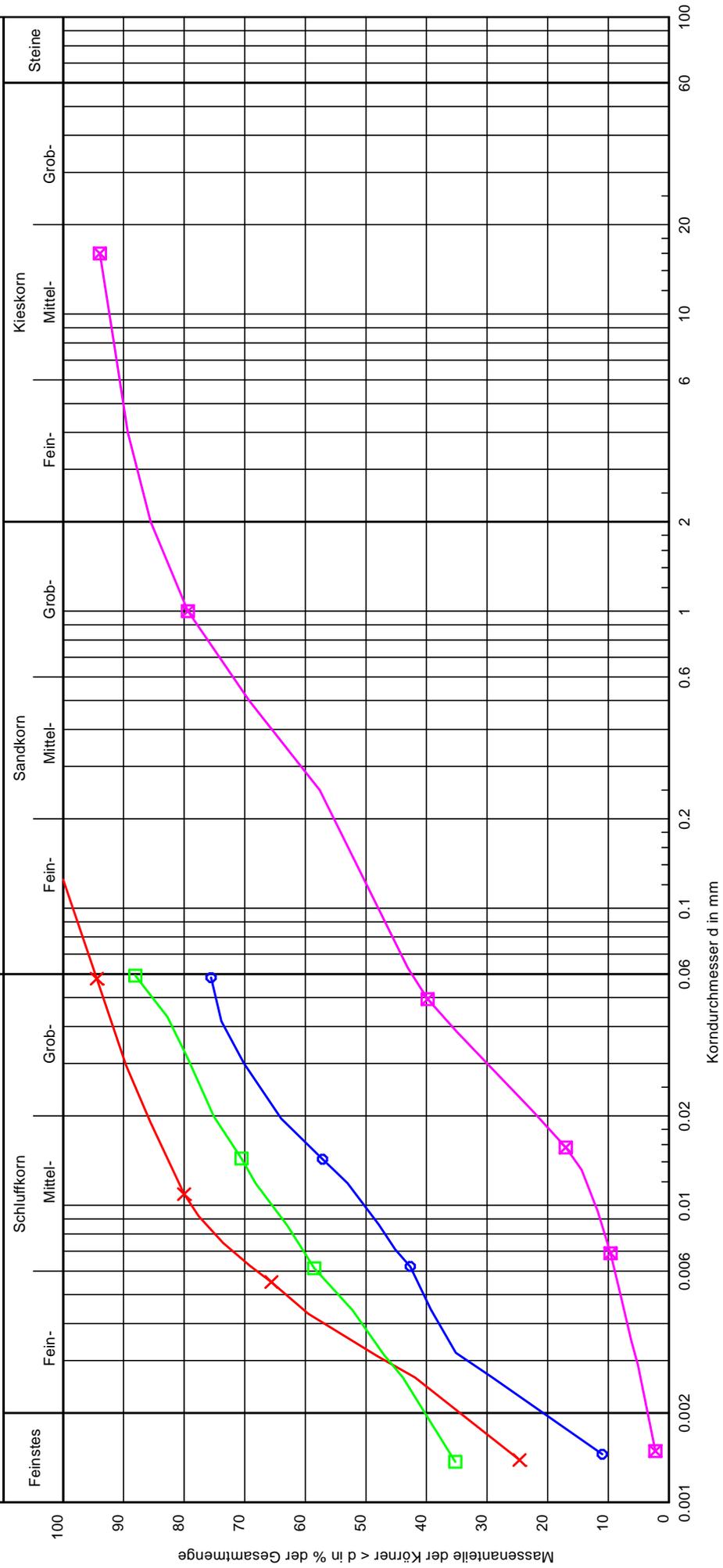
nach ÖNORM B 4112

Kriechbewegungen Burgenland

Prüfungsnummer: 08/538, 585; 09/782, 782
 Probe entnommen am: 04.09.2008; 12.10.2009
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb-/Schlammanalyse

Schlammkorn

Siebkorn



| | | | |
|-----------------|------------------|------------------|--------------------|
| Bezeichnung: | 08/539 | 08/585 | 09/781 |
| Bodenart: | U, t | U, t, s' | S, u, g' |
| Entnahmestelle: | P1 | P2 | P4 |
| T/U/S/G [%]: | 19.4/80.6/ - / - | 33.1/61.7/5.2/ - | 3.3/39.8/42.4/14.5 |

| | | | |
|------------------|--|--|--|
| Bemerkungen: | | | |
| 09/782 | | | |
| U, t | | | |
| P3 | | | |
| 39.6/60.4/ - / - | | | |

| | |
|--------------|---|
| Bemerkungen: | 5 |
|--------------|---|

Beilage:
5

Zustandsgrenzen nach ÖNORM B 4411
Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: Schneider

Datum: 19.09.2008

Prüfungsnummer: 08/585

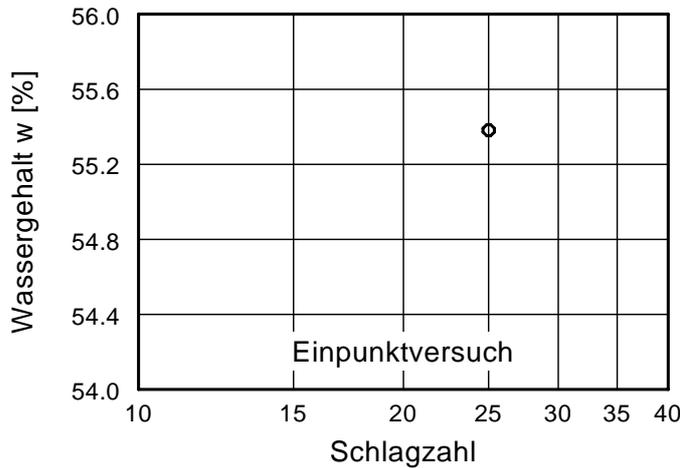
Entnahmestelle: P2

Tiefe:

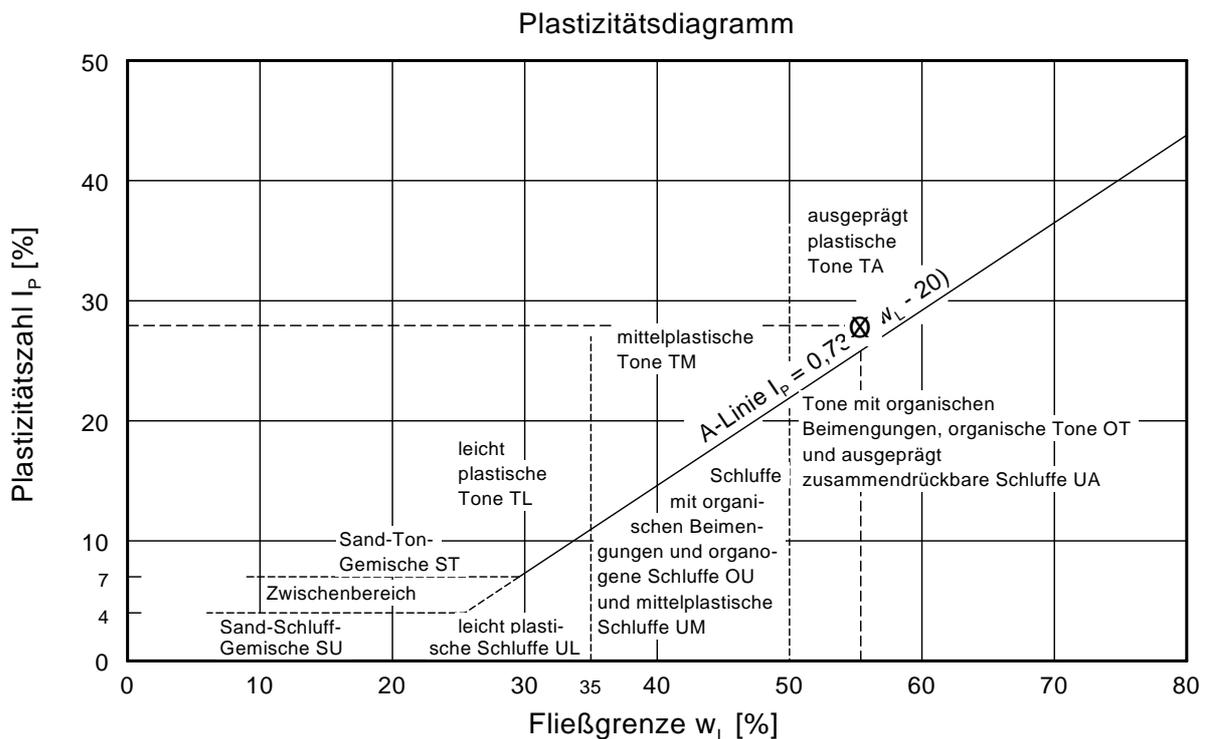
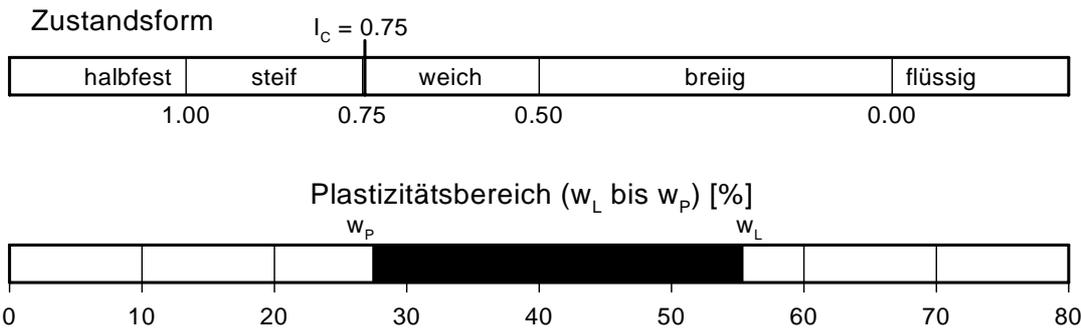
Bodenart: U,t,s'

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 04.09.2008



Wassergehalt $w = 34.5 \%$
 Fließgrenze $w_L = 55.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 27.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 27.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.75$



Zustandsgrenzen nach ÖNORM B 4411
Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: Schneider

Datum: 26.11.2009

Prüfungsnummer: 09/782

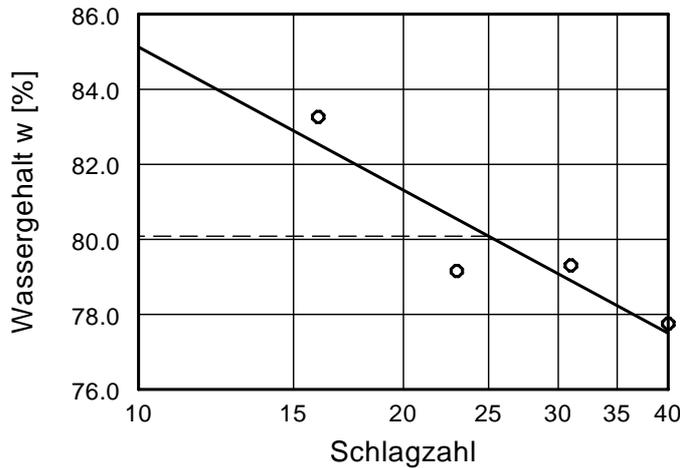
Entnahmestelle: P3

Tiefe:

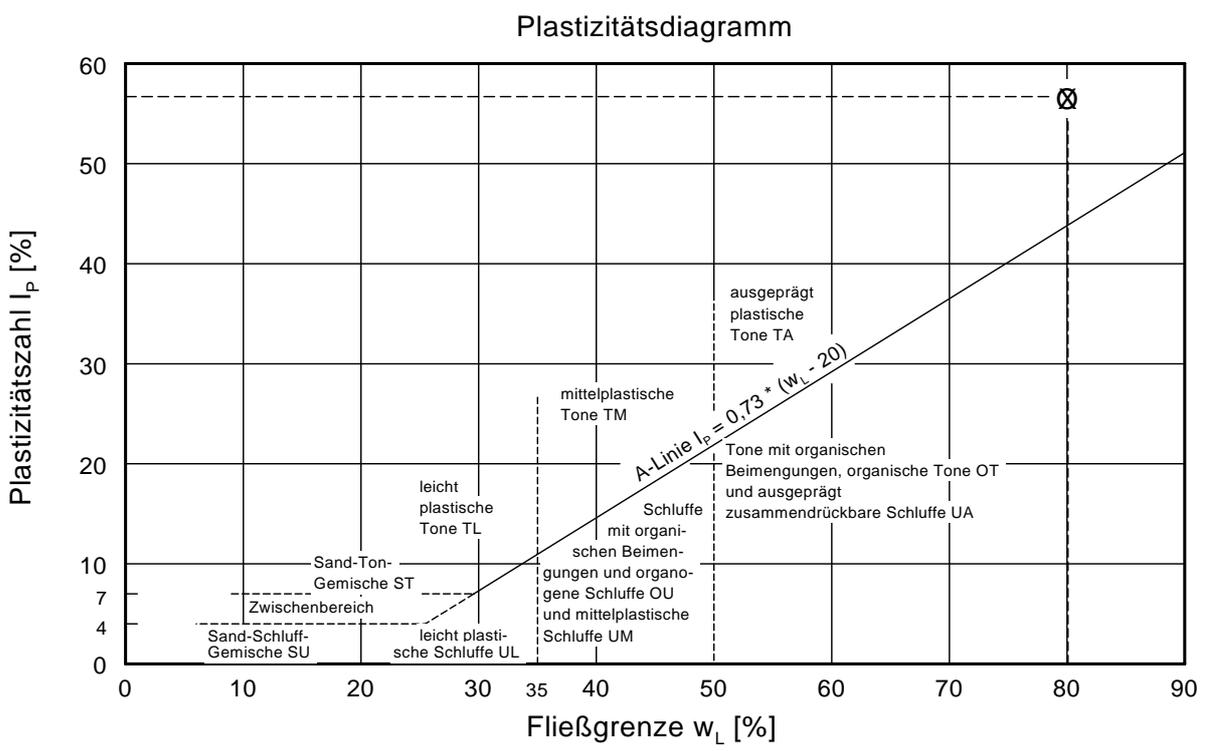
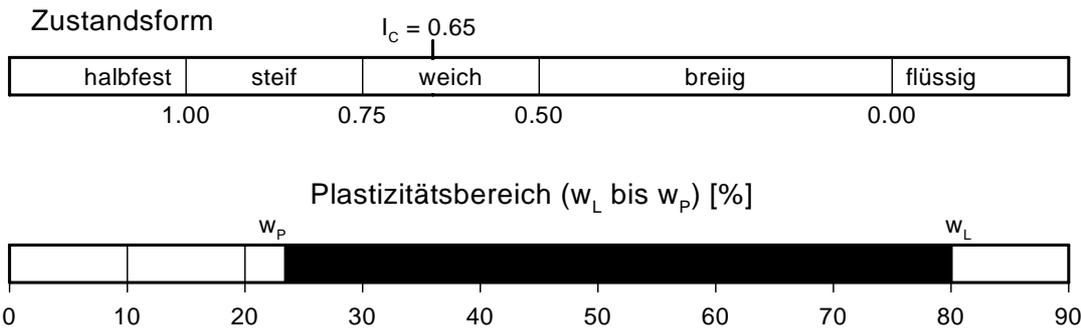
Bodenart: U, \bar{t}

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 12.10.2009



| | |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt w = | 43.2 % |
| Fließgrenze w_L = | 80.1 % |
| Ausrollgrenze w_p = | 23.4 % |
| Plastizitätszahl I_p = | 56.7 % |
| Konsistenzzahl I_c = | 0.65 |



Scherversuch nach ÖNORM B 4416

Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: nr

Datum: 19.09.2008

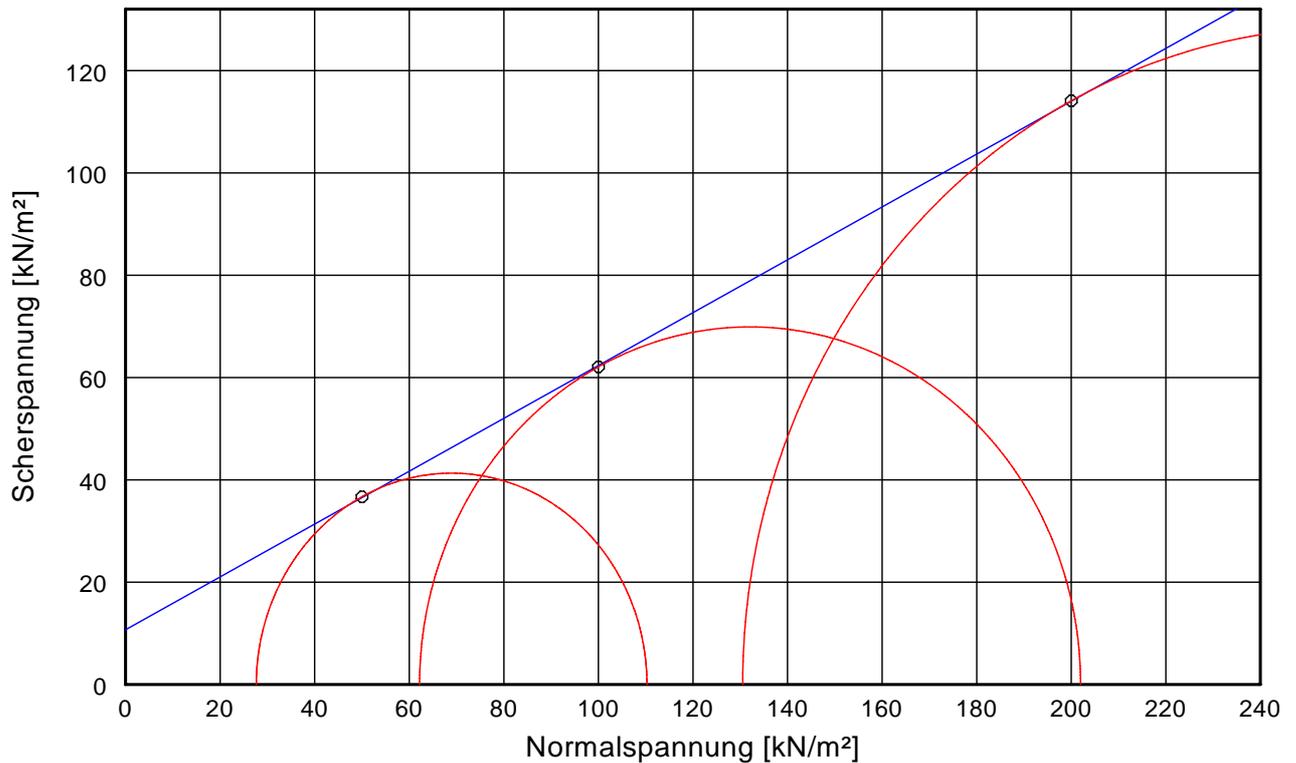
Entnahmestelle: P1

Tiefe: -

Bodenart: U,s,t

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 04.09.2008



| | | | |
|--|------|-------|-------|
| Versuch-Nr. | 1 | 2 | 3 |
| Normalspannung [kN/m ²] | 50.0 | 100.0 | 200.0 |
| Scherspannung [kN/m ²] | 36.7 | 62.1 | 114.1 |
| Abschergeschwindigkeit [mm/min] | 0.05 | 0.05 | 0.01 |
| Konsolidierungsspannung [kN/m ²] | 50 | 100 | 200 |
| w (vorher) [%] | 25.8 | 36.4 | 34.8 |
| Einbautrockendichte [g/cm ³] | 1.32 | 1.31 | 1.34 |

| | |
|------------------|------------------------|
| Reibungswinkel = | 27.3 Grad |
| Kohäsion = | 10.7 kN/m ² |
| Korrelation = | 1.000 |

Scherversuch nach ÖNORM B 4416

Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: nr

Datum: 19.09.2008

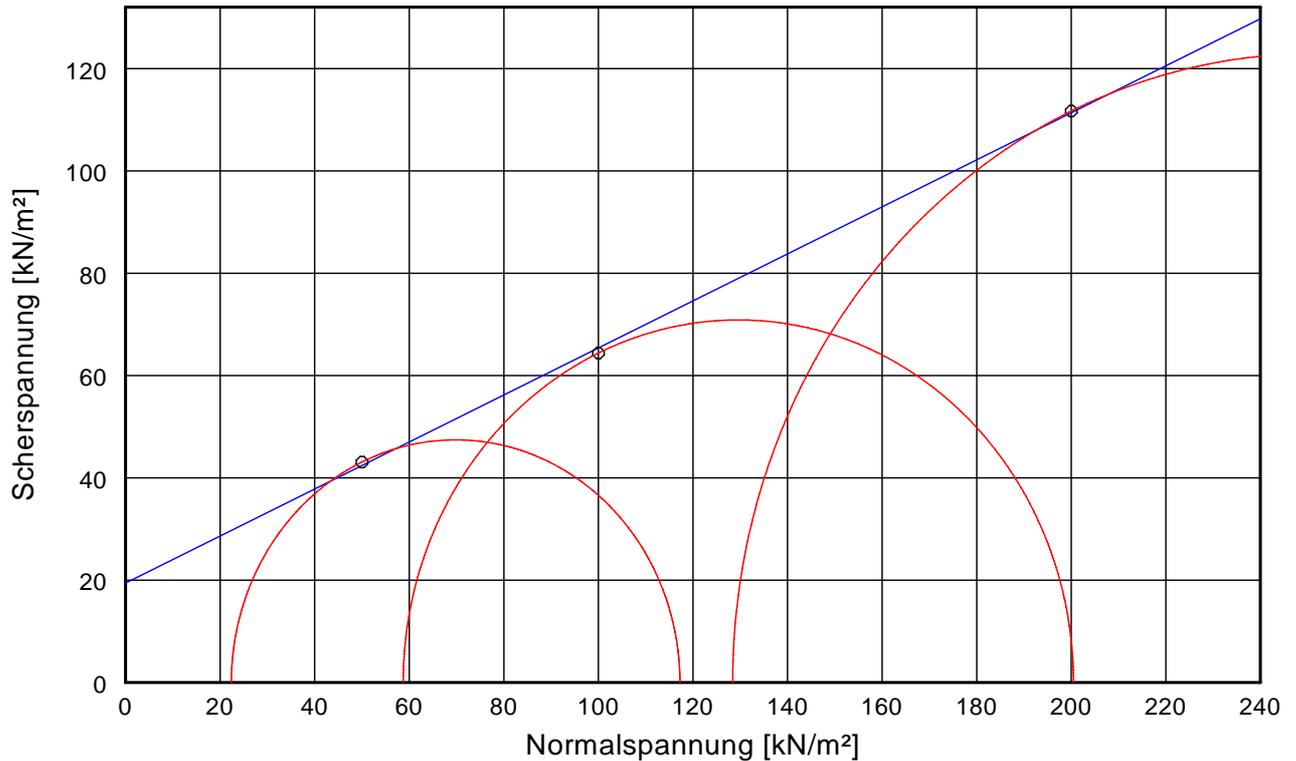
Entnahmestelle: P 2

Tiefe: -

Bodenart: U,t,s`

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 04.09.2008



| | | | |
|---------------------------------|------|-------|-------|
| Versuch-Nr. | 1 | 2 | 3 |
| Normalspannung [kN/m²] | 50.0 | 100.0 | 200.0 |
| Scherspannung [kN/m²] | 43.1 | 64.4 | 111.7 |
| Abschergeschwindigkeit [mm/min] | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Konsolidierungsspannung [kN/m²] | 50 | 100 | 100 |
| w (vorher) [%] | 31.3 | 30.6 | 30.6 |
| Einbautrockendichte [g/cm³] | 1.43 | 1.43 | 1.43 |

| | |
|------------------|------------|
| Reibungswinkel = | 24.7 Grad |
| Kohäsion = | 19.4 kN/m² |
| Korrelation = | 1.000 |

Scherversuch nach ÖNORM B 4416

Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: ms

Datum: 22.10.09

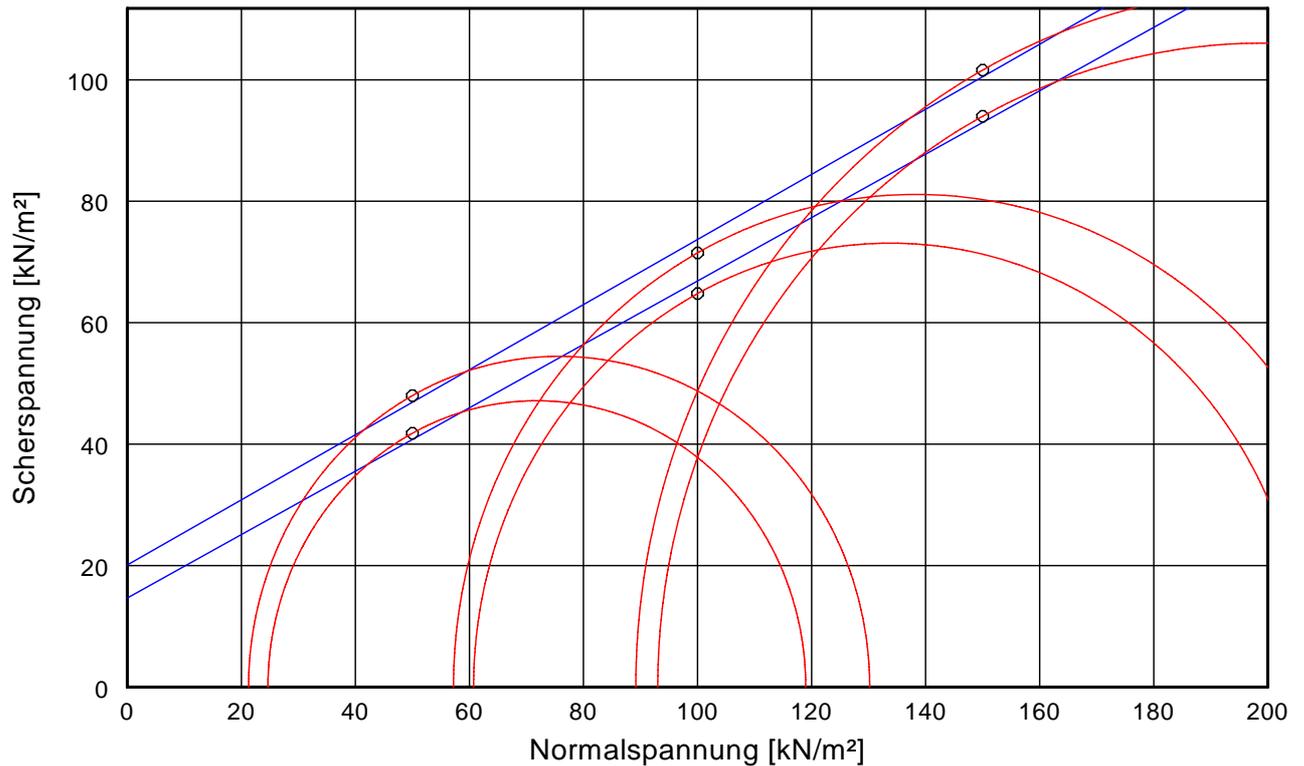
Entnahmestelle: P3

Tiefe: -

Bodenart: U,t*

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 12.10.2009



| | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Versuch-Nr. | 1 | 2 | 3 |
| Normalspannung [kN/m²] | 50.0 | 100.0 | 150.0 |
| Scherspannung [kN/m²](B/G) | 48.0 / 41.8 | 71.5 / 64.8 | 101.6 / 94.0 |
| Abschergeschwindigkeit [mm/min] | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Konsolidierungsspannung [kN/m²] | 50 | 100 | 200 |
| w (vorher) [%] | 41,0 | 42,5 | 41,1 |
| Einbautrockendichte [g/cm³] | 1.211 | 1.187 | 1.288 |

| | |
|------------------------|-------------------|
| Reibungswinkel (B/G) = | 28.2 / 27.6 Grad |
| Kohäsion (B/G) = | 20.1 / 14.7 kN/m² |
| Korrelation r (B/G) = | 0.997 / 0.998 |

Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten des Burgenlandes: Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren, Bewegungsmechanismen und Auslöser

Beilage 6:

Protokolle der Geotechnischen Untersuchung im Oberpullendorfer Becken



Bearbeiter: Schneider

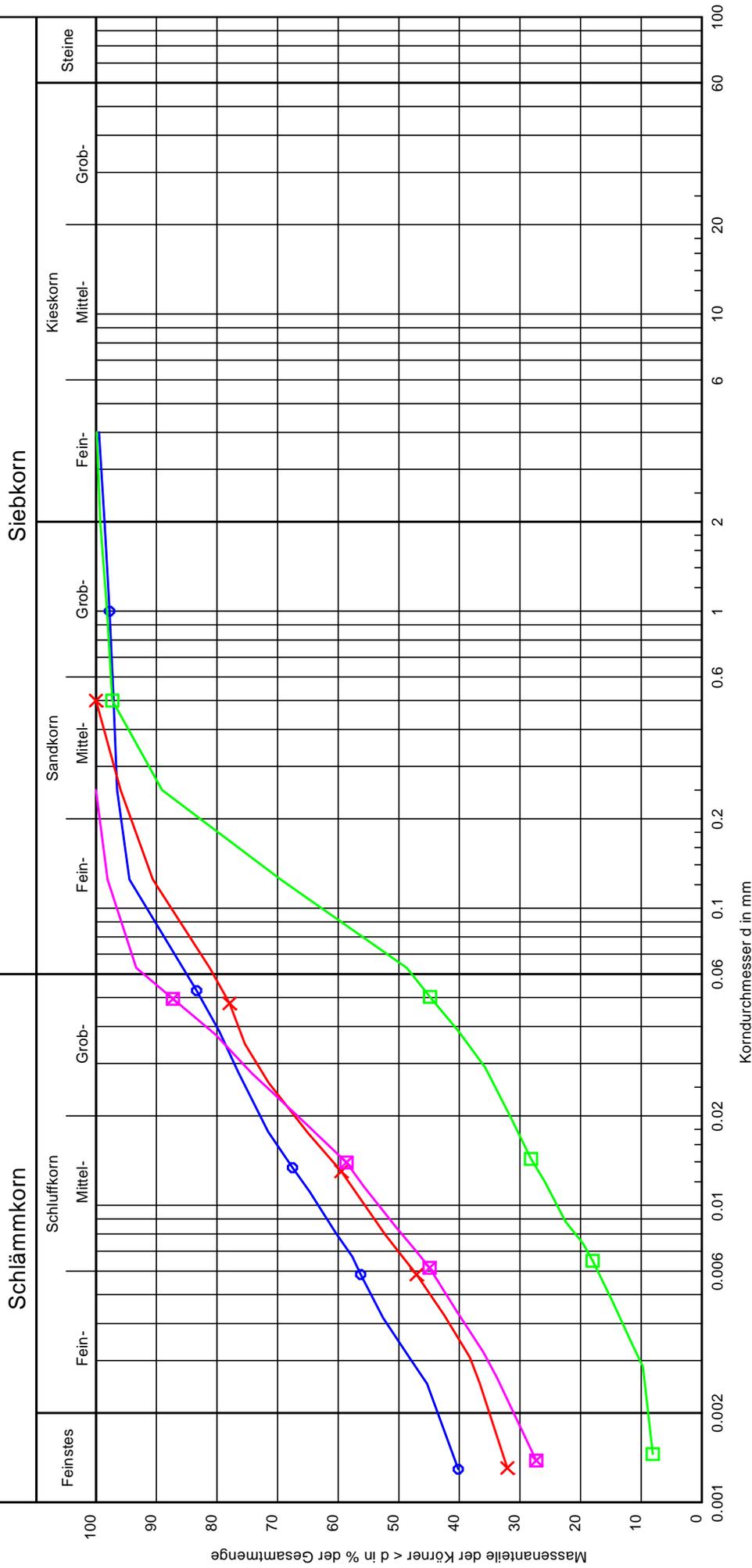
Datum: 05.11.2007

Korngrößenverteilung

nach ÖNORM B 412

Kriechbewegungen Burgenland

Prüfungsnummer: 07/281+284
 Probe entnommen am: 11.10.2007
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb-/Schlämmanalyse



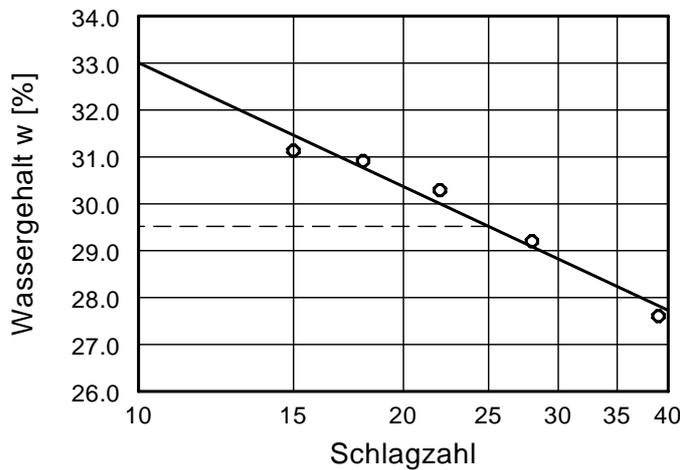
| | | | | |
|------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Bezeichnung: | 07/281 | 07/282 | 07/283 | 07/284 |
| Bodenart: | T, U, s' | U, t, s | S, ü, t' | U, t, s' |
| Entnahmestelle: | RR1 | RR2 | M15 | M20 |
| U/Cc | -/- | -/- | 32.8/1.0 | -/- |
| T/U/S/G [%]: | 43.2/41.7/13.6/1.4 | 34.7/46.5/18.8/- | 8.7/40.0/50.5/0.7 | 30.5/62.8/6.7/- |
| Bemerkungen: | | | | |
| Beilage: 6 | | | | |

Zustandsgrenzen nach ÖN B 4411
Kriechbewegungen Burgenland

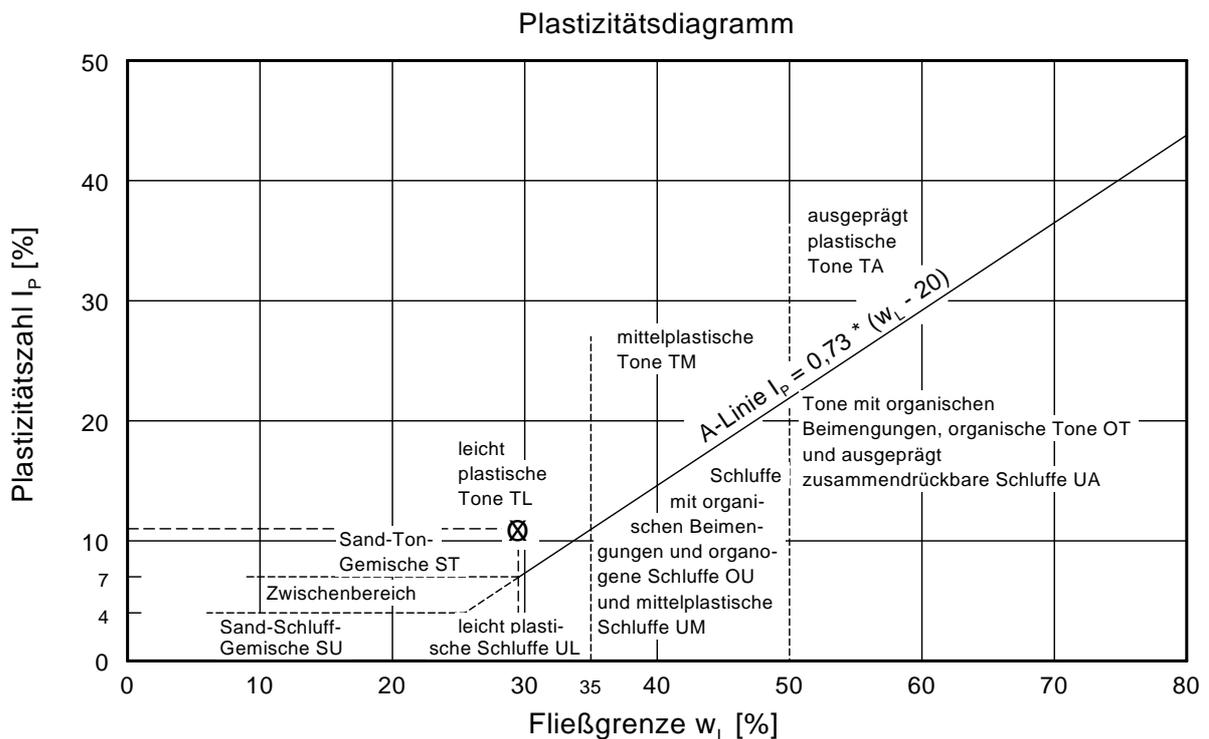
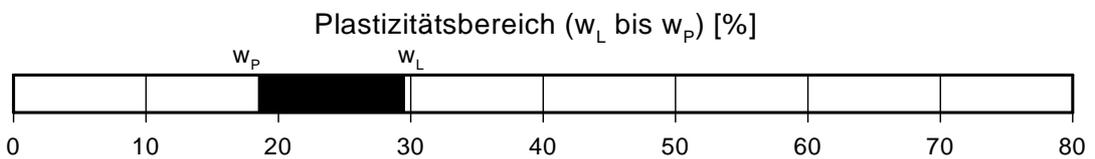
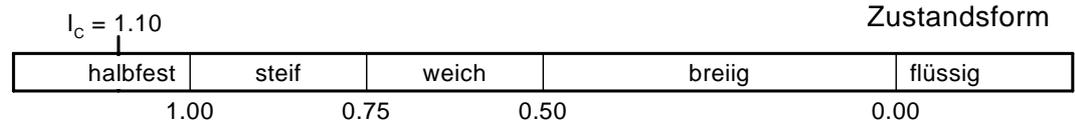
Bearbeiter: Schneider

Datum: 05.11.07

Prüfungsnummer: 07/284
Entnahmestelle: M20
Tiefe: -
Bodenart: U,t
Art der Entnahme: gestört
Probe entnommen am: 11.10.07



| | |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt w = | 17.4 % |
| Fließgrenze w_L = | 29.5 % |
| Ausrollgrenze w_P = | 18.5 % |
| Plastizitätszahl I_P = | 11.0 % |
| Konsistenzzahl I_C = | 1.10 |

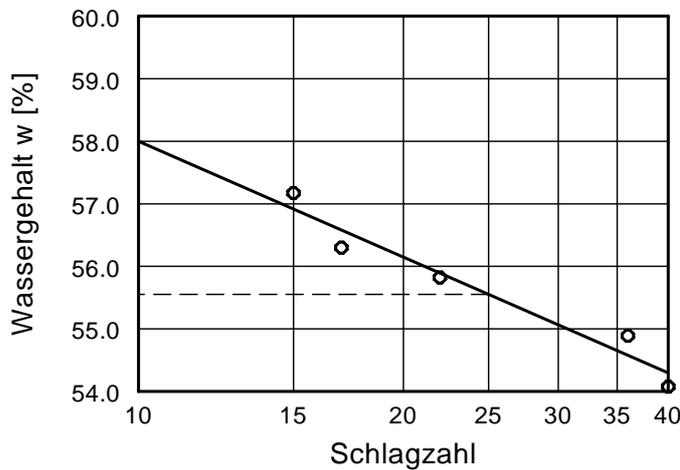


Zustandsgrenzen nach ÖN B 4411
Kriechbewegungen Burgenland

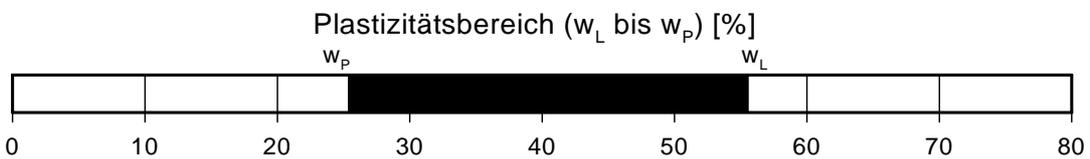
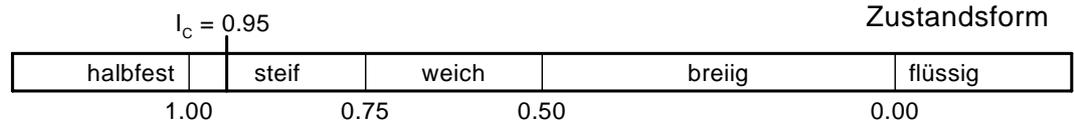
Bearbeiter: Schneider

Datum: 23.10.07

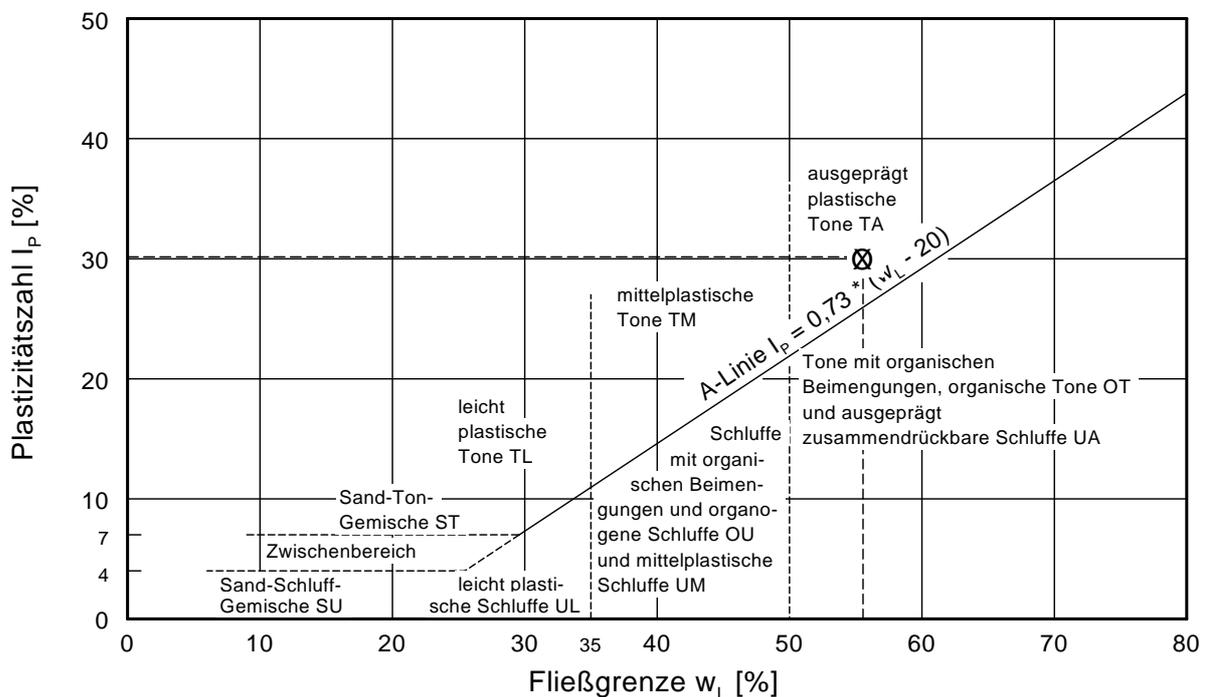
Prüfungsnummer: 07/281
Entnahmestelle: RR1
Tiefe: -
Bodenart: T U
Art der Entnahme: gestört
Probe entnommen am: 11.10.07



| | |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt $w =$ | 27.0 % |
| Fließgrenze $w_L =$ | 55.6 % |
| Ausrollgrenze $w_P =$ | 25.4 % |
| Plastizitätszahl $I_P =$ | 30.2 % |
| Konsistenzzahl $I_C =$ | 0.95 |



Plastizitätsdiagramm



Scherversuch nach ÖNORM B 4416

Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: nr

Datum: 23.10. - 30.10.

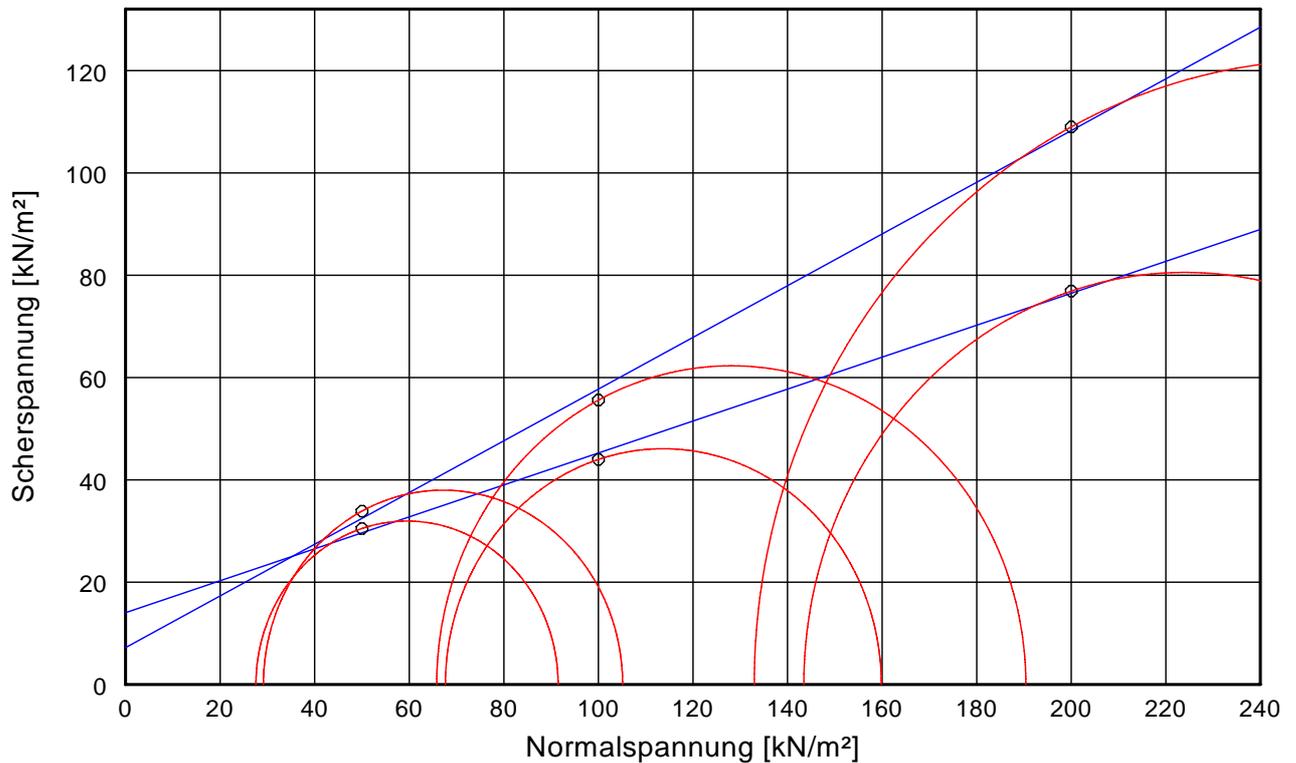
Entnahmestelle: RR1

Tiefe: -

Bodenart: U,t

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 11.10.07



| | | | |
|--|-------------|-------------|--------------|
| Versuch-Nr. | 1 | 2 | 3 |
| Normalspannung [kN/m ²] | 50.0 | 100.0 | 200.0 |
| Scherspannung [kN/m ²](B/G) | 33.9 / 30.5 | 55.6 / 44.0 | 109.0 / 76.9 |
| Abschergeschwindigkeit [mm/min] | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Konsolidierungsspannung [kN/m ²] | 50 | 100 | 200 |
| w (vorher) [%] | 21.0 | 18.7 | 21.0 |
| Einbautrockendichte [g/cm ³] | 30.7 | 28.7 | 28.4 |

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Reibungswinkel (B/G) = | 26.8 / 17.3 Grad |
| Kohäsion (B/G) = | 7.2 / 14.0 kN/m ² |
| Korrelation r (B/G) = | 0.999 / 0.999 |

Scherversuch nach ÖNORM B 4416

Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: nr

Datum: 08.11. - 13.11.

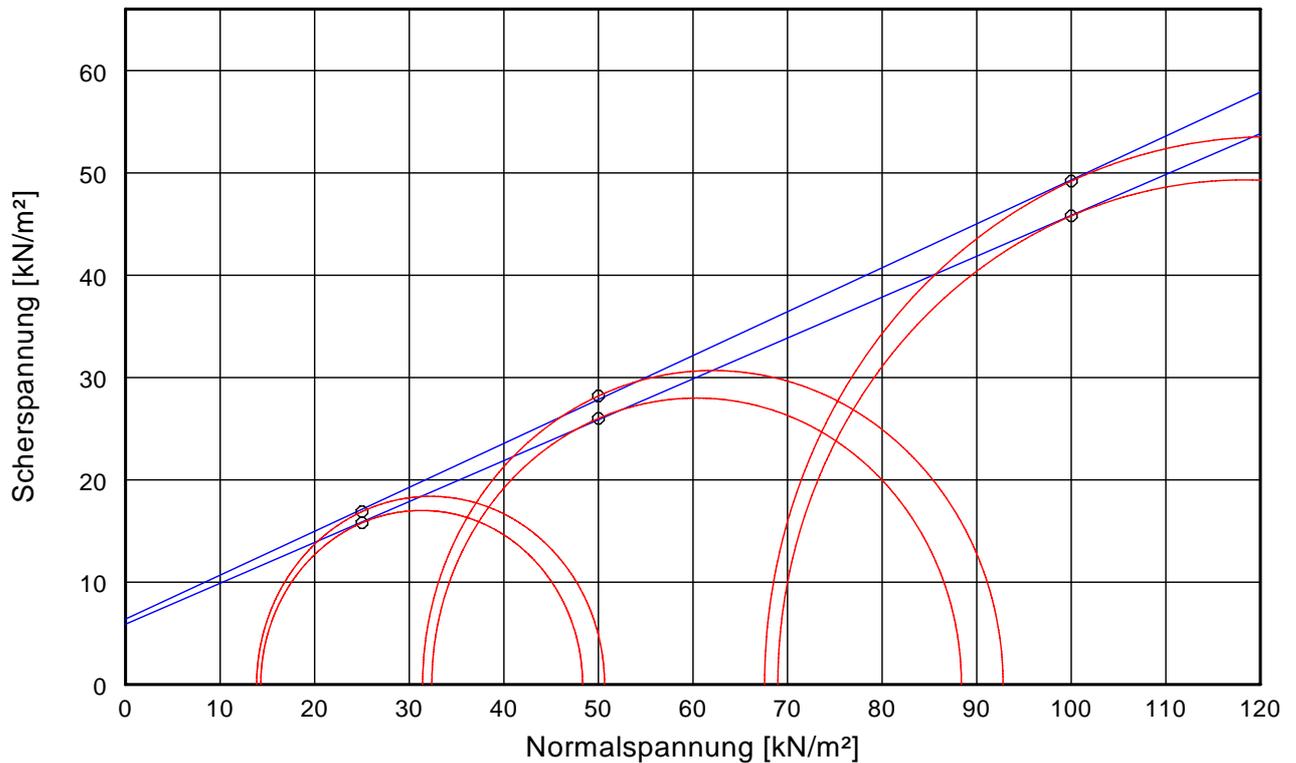
Entnahmestelle: RR2

Tiefe: -

Bodenart: U,t

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 11.10.07



| | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Versuch-Nr. | 1 | 2 | 3 |
| Normalspannung [kN/m²] | 25.0 | 50.0 | 100.0 |
| Scherspannung [kN/m²](B/G) | 16.9 / 15.8 | 28.2 / 26.0 | 49.2 / 45.8 |
| Abschergeschwindigkeit [mm/min] | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Konsolidierungsspannung [kN/m²] | 25 | 50 | 100 |
| w (vorher) [%] | 49.2 | 48.0 | 51.7 |
| Einbautrockendichte [g/cm³] | 39.0 | 43.1 | |

| | |
|------------------------|------------------|
| Reibungswinkel (B/G) = | 23.2 / 21.8 Grad |
| Kohäsion (B/G) = | 6.4 / 5.9 kN/m² |
| Korrelation r (B/G) = | 1.000 / 1.000 |

Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten des Burgenlandes: Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren, Bewegungsmechanismen und Auslöser

Beilage 7:

Protokolle der Geotechnischen Untersuchung im burgenländischen Anteil des Steirischen Beckens

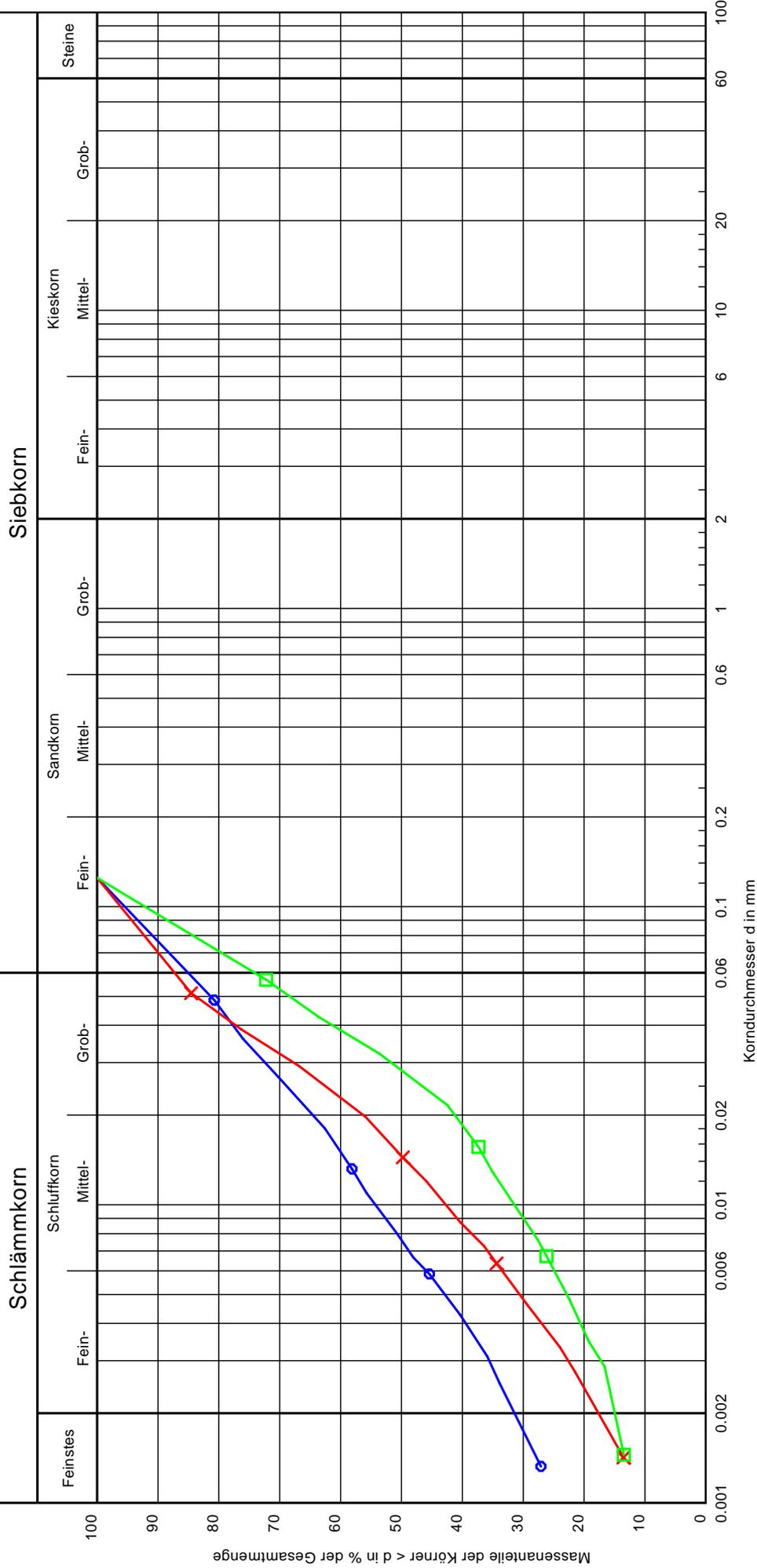


AUSTRIAN INSTITUTE
OF TECHNOLOGY

Bearbeiter: CGR Datum: 21.11.05

Korngrößenverteilung nach ÖNORM B 4412 Kriechbewegungen Burgenland

Prüfungsnummer: 05/178 - 05/180
Probe entnommen am: 31.08.05
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Schlämmanalyse



| | | | |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| Bezeichnung: | 05/178 | 05/179 | 05/180 |
| Bodenart: | U, t, s | U, t, s' | U, s, t' |
| Tiefe: | 0,00 - 1,70 | 1,70 - 3,00 | 3,00 - 3,50 m |
| Entnahmestelle: | P8/1 | P8/2 | P8/3 |
| U/Cc | -/- | -/- | -/- |
| T/U/S/G [%]: | 30.9/53.5/15.6/- | 17.0/70.0/13.0/- | 14.7/60.0/25.3/- |

Bemerkungen:

Beilage:
7

Zustandsgrenzen nach ÖNORM B 4411
Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: CGR

Datum: 16.11.05

Prüfungsnummer: 05/178

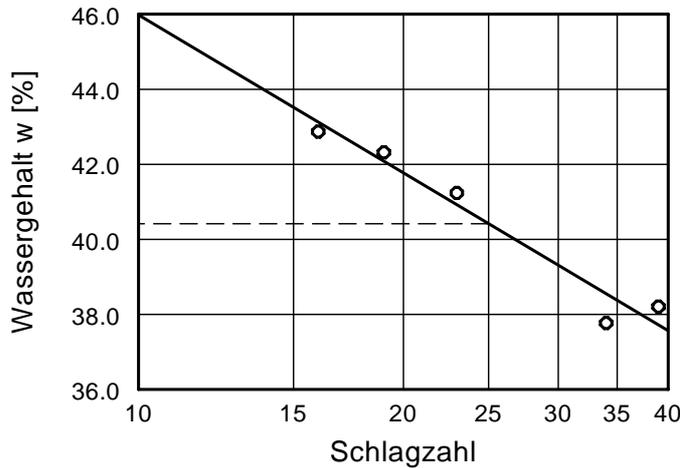
Entnahmestelle: P8/1

Tiefe: 0,00 - 1,70 m

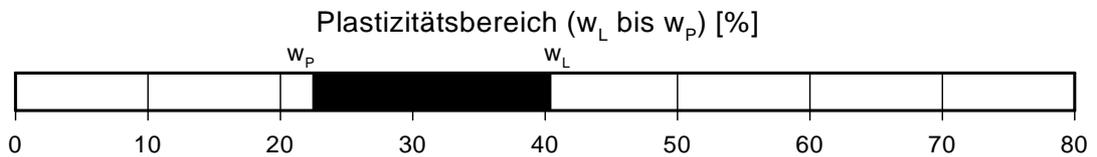
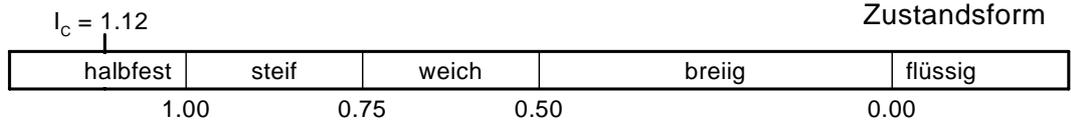
Bodenart: U,S

Art der Entnahme: gestört

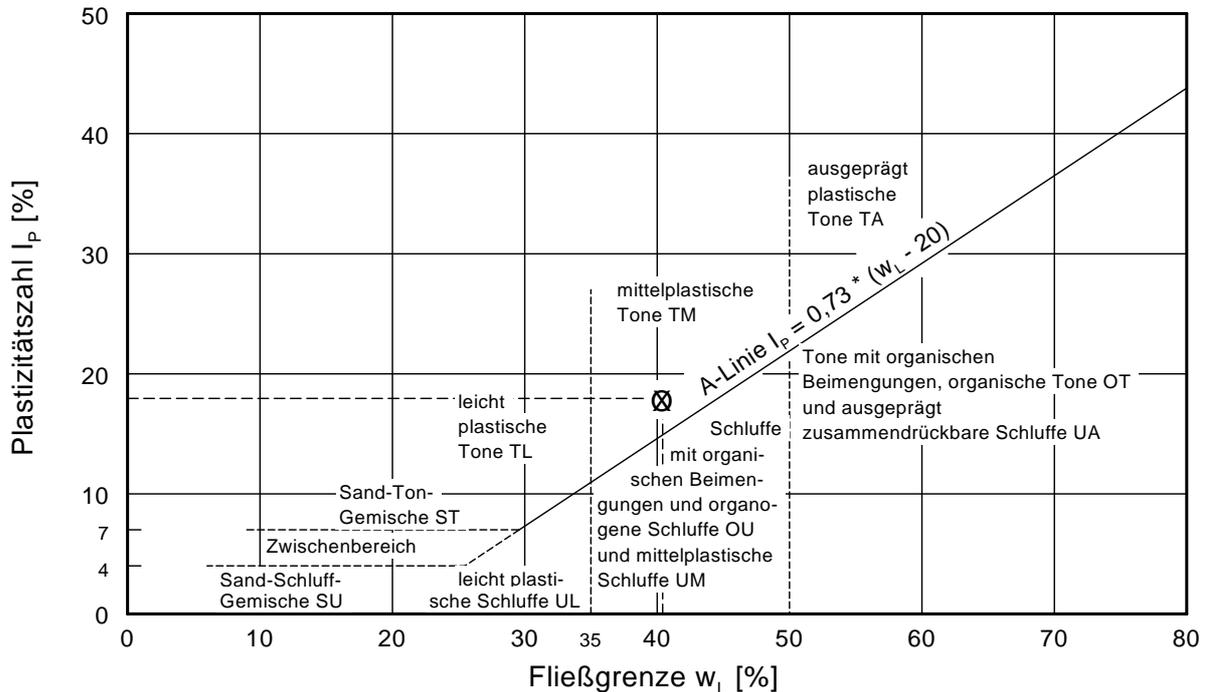
Probe entnommen am: 31.08.05



Wassergehalt $w = 20.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 40.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 22.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 18.0$
 Konsistenzzahl $I_C = 1.12$



Plastizitätsdiagramm

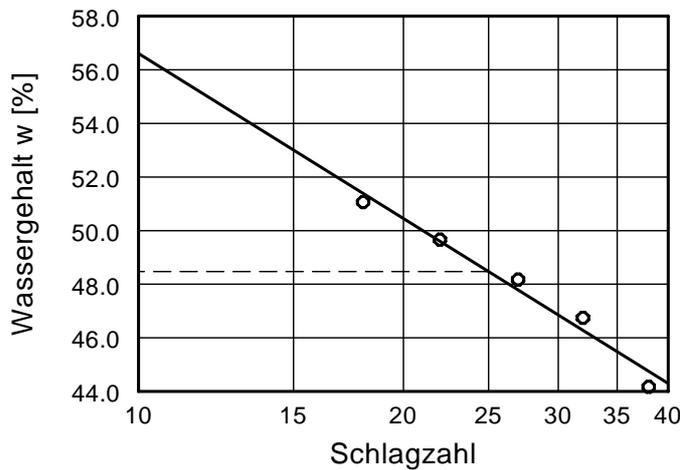


Zustandsgrenzen nach ÖNORM B 4411
Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: CGR

Datum: 21.11.05

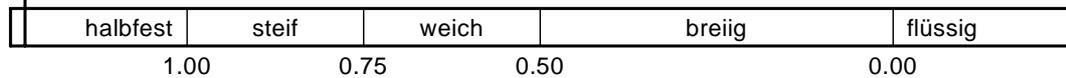
Prüfungsnummer: 05/179
Entnahmestelle: P8/2
Tiefe: 1,70 - 3,00 m
Bodenart: U,S
Art der Entnahme: gestört
Probe entnommen am: 31.08.05



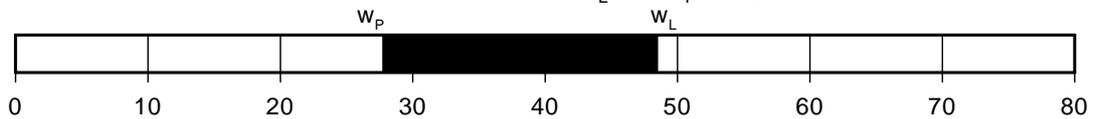
| | |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt w = | 23.0 % |
| Fließgrenze w_L = | 48.5 % |
| Ausrollgrenze w_p = | 27.8 % |
| Plastizitätszahl I_p = | 20.7 % |
| Konsistenzzahl I_c = | 1.23 |

$I_c = 1.23$

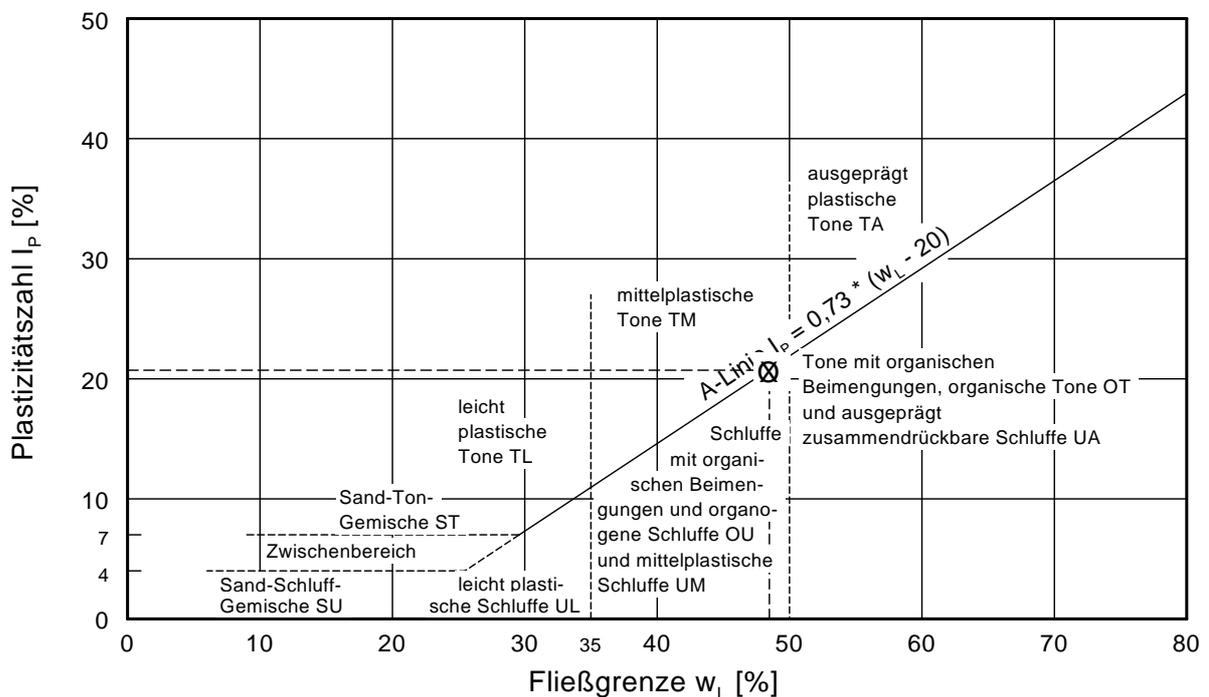
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach ÖNORM B 4411

Kriechbewegungen Burgenland

Bearbeiter: CGR

Datum: 16.11.05

Prüfungsnummer: 05/180

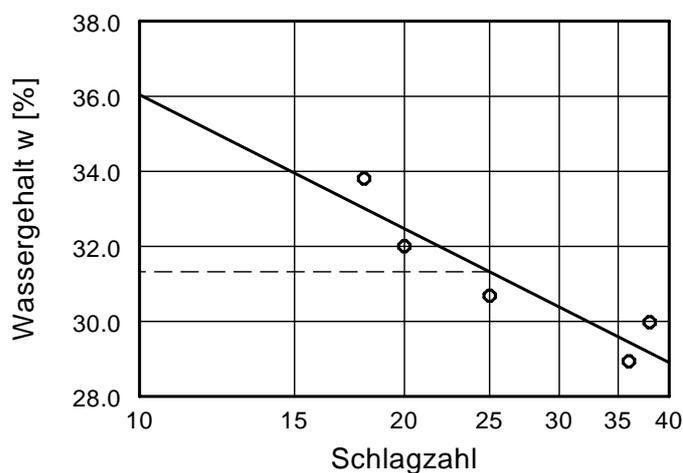
Entnahmestelle: P8/3

Tiefe: 3,00 - 3,50 m

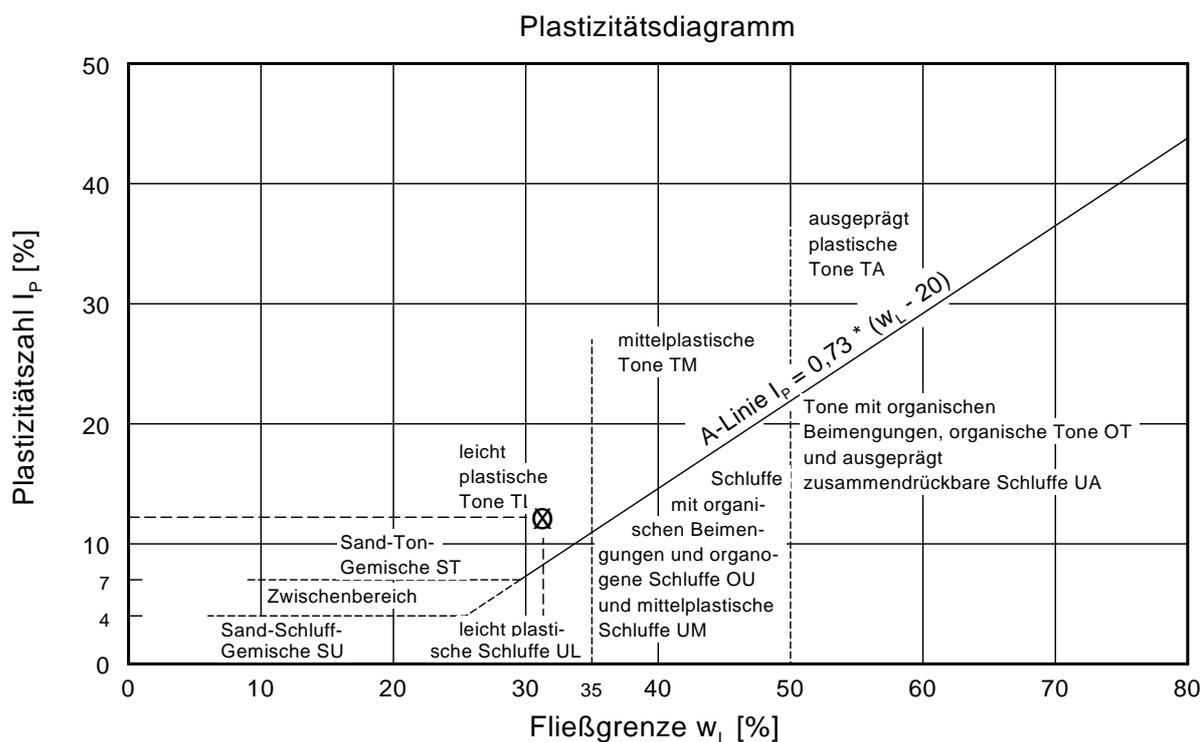
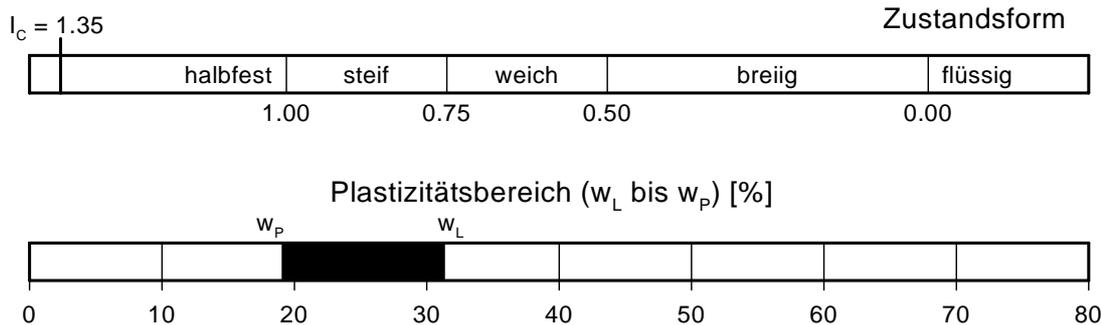
Bodenart: S,u

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 31.08.05



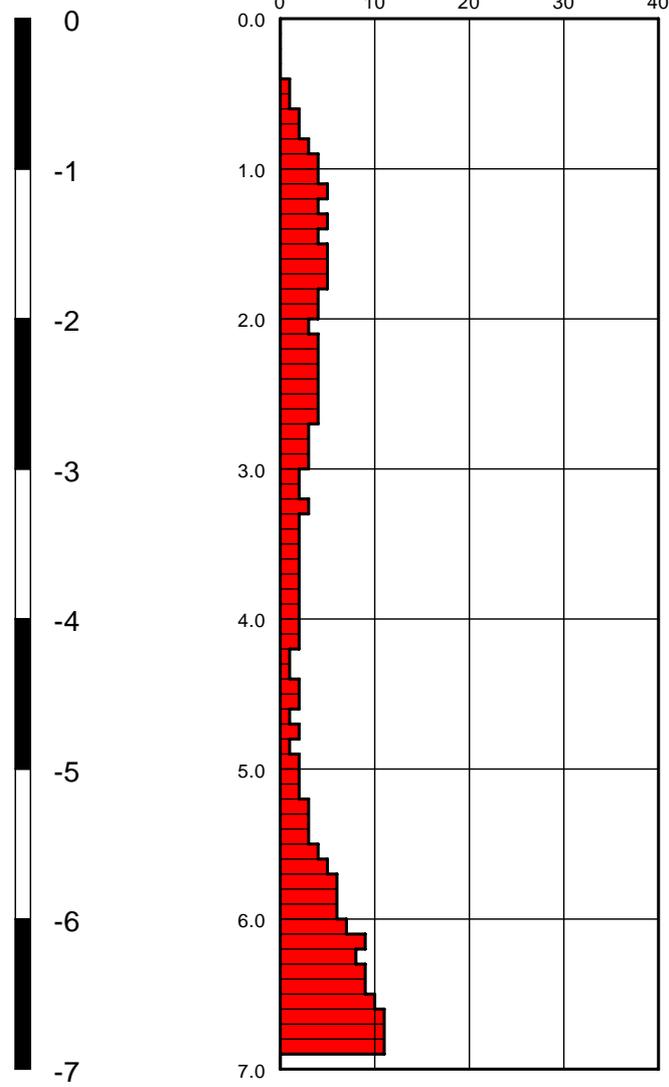
| | |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt $w =$ | 14.8 % |
| Fließgrenze $w_L =$ | 31.3 % |
| Ausrollgrenze $w_p =$ | 19.1 % |
| Plastizitätszahl $I_p =$ | 12.2 % |
| Konsistenzzahl $I_c =$ | 1.35 |



S R S 0 1

0 m

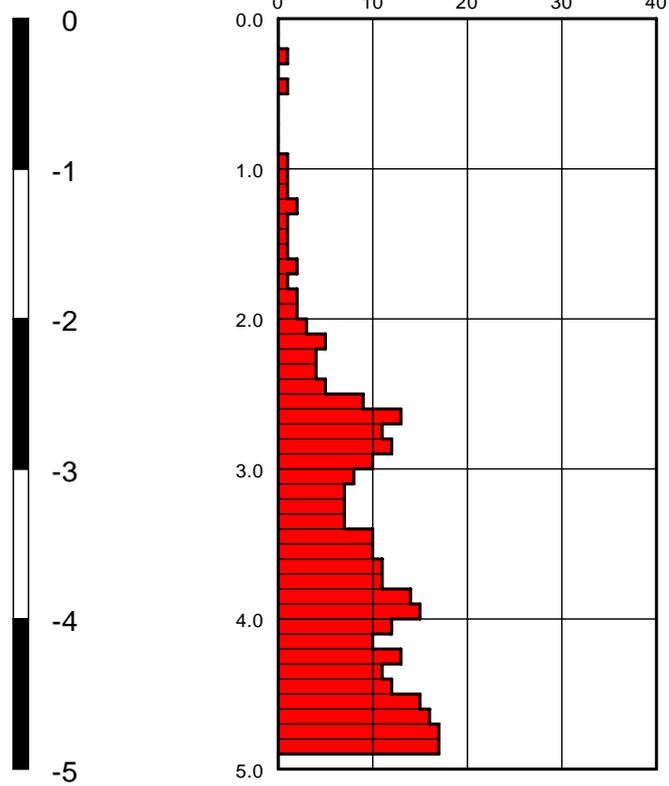
Schlagzahlen je 10 cm



S R S 0 2

0 m

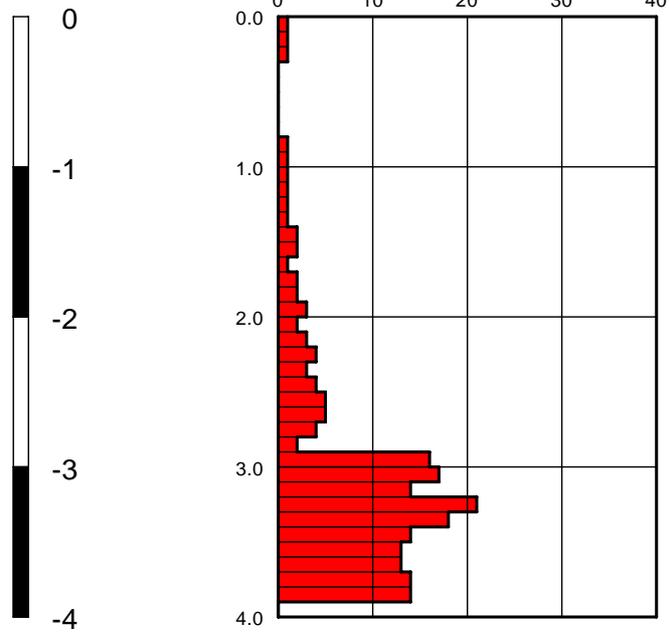
Schlagzahlen je 10 cm



S R S 03

0 m

Schlagzahlen je 10 cm



Zusammenfassung

Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten des Burgenlandes: Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren, Bewegungsmechanismen und Auslöser

In den drei Neogenbecken des Burgenlandes, Eisenstädter Becken, Oberpullendorfer Becken und Steirisches Becken (burgenländischer Anteil), werden 237 bisher nicht beschriebene, aktive Kriechbewegungen in Lockersedimenten dokumentiert. Es wird aufgezeigt, dass die bisher kaum wahrgenommenen, tiefgreifenden und teilweise großflächigen Kriechbewegungen ein häufig auftretendes Phänomen in den Lockersedimenten des Burgenlandes darstellen, dass direkt oder indirekt zu erheblichen Schäden an Gebäuden und Infrastrukturanlagen geführt hat. Damit verfolgt die Arbeit einen regionalen und stark auf Feld- und Geländearbeit bezogenen Ansatz. Gleichzeitig wird auf ausgewählte Kriechbewegungen, in Form von geotechnischen Untersuchungen und deren Interpretation im Sinne der Technischen Geologie, detailliert eingegangen. Dieses Vorgehen ermöglicht Aussagen über den Bewegungsmechanismus der Kriechbewegungen.

Die Abgrenzungen der oberflächlich sichtbaren morphologischen Merkmale der Bewegungen sind kartografisch dargestellt, sowie die Merkmale und Schäden tabellarisch erfasst. Weiterführend werden, ausgelöst durch starke Niederschlagsereignisse im Sommer 2009, 102 schnelle Massenbewegungen (Prozess Rutschen/Gleiten und Fließen) dokumentiert, die einen räumlichen Zusammenhang mit dem Auftreten von Kriechbewegungen aufweisen.

Geotechnische Labor- und Felduntersuchungen, Inklinometermessungen und deren Interpretation in Profilschnitten erlauben die Zuordnung der Kriechbewegungen zum Bewegungsmechanismus des „Massenkriechens“ (tiefgründiges, kontinuierliches Kriechen), wobei häufig Übergänge zum „progressiven Kriechen“ bestehen. Dabei kommt es aus geotechnischer Sicht bereits zum Bruch des Untergrundmaterials und damit zur Ausbildung von durchgehenden Scherflächen. Die Kriechbewegungen werden deshalb auch als Initialstadium für schnellere Massenbewegungen gemäß dem Prozess Rutschen/Gleiten und Fließen interpretiert.

Um die Verbreitung, natürliche Einflussfaktoren, und Auslöser der Kriechbewegungen zu analysieren, wird umfassend auf die Lithostratigraphie der Beckensedimente, die klimatischen Verhältnisse und die Topographie des Untersuchungsgebietes eingegangen. Die Analyse zeigt, dass im Eisenstädter Becken wenige aber großflächige Bewegungen mit bis zu 1 km² Ausdehnung und 10 Mil. m³ bewegtem Volumen dominieren, die vor allem an die extrem feinkörnigen Sedimente der Sandschaler-Zone des mittleren Badeniums gebunden sind. Im Vergleich dazu ist das Steirische Becken durch sehr häufige, kleinräumige Bewegungen geprägt, deren Ausbildung wesentlich durch die Wechsellagerung von grob- und feinkörnigen Sedimenten des mittleren Pannoniums beeinflusst ist. Die hohe Anzahl der Bewegungen im Steirischen Becken wird durch eine höhere Niederschlagsintensität und ein steileres Gelände im Vergleich zu den übrigen Beckenlandschaften begünstigt.

Anthropogene Eingriffe in die Vegetation, in den Hangwasserhaushalt und Auflastsituationen schwächen das sensible Stabilitätsgleichgewicht der Hänge, sie sind jedoch nur selten die tatsächlichen Auslöser der Massenbewegungen. Obwohl im Eisenstädter Becken auch seismische Aktivität als natürliche Auslösemechanismus zu berücksichtigen ist, sind starke Niederschlagsereignisse die unmittelbaren, natürliche Auslöser der Kriechbewegungen und der schnelleren Massenbewegungen.

Abstract

Creep in Neogene basin sediments in Burgenland: Distribution, comparison of natural parameters, movement mechanisms and triggers

In the three Neogene basins of Burgenland, the Eisenstadt Basin, the Oberpullendorf Basin and the Styrian Basin (Burgenland part), 237 active, but previously unspecified areas of creep are documented. It will be pointed out that previously barely noticed, far reaching and partially extensive areas of creep present a frequently occurring phenomenon in the Neogene sediments of Burgenland. They have directly and indirectly caused significant damages on buildings and infrastructure. Thus the approach of this work is region and fieldwork focused. At the same time, selected creep movements will be covered in detail in form of geotechnical investigations and their interpretation in terms of engineering geology. This approach facilitates conclusions about the moving mechanism of the investigated creep movements.

Delimitations of visible morphological characteristics of the movements are mapped and the characteristics are described in table form. Continuously, 102 fast moving landslides (process of slides and flows) triggered by heavy precipitation events during the summer of 2009, are documented. Those landslides also show a spatial correlation with creep occurrences.

Geotechnical laboratory and field investigations, inclinometric surveys and their interpretation through cross sections allow the allocation of creep movements towards the deformation mechanism of "Mass Creep" (deep-seated, continuous creep), whereat frequent transitions to "Progressive Creep" exist. From a geotechnical viewpoint failure of the soil has thereby already occurred and continuous shear zones are developed. As a result the creep movements are also regarded as an initial stage of faster moving landslides, such as slides and flows.

To analyze distribution, natural parameters and triggers of the movement, the lithostratigraphy of the sediments, climatic conditions and the topography of the investigated area are comprehensively characterized. The analysis shows that very few, but large-area movements with sizes up to 1 km² and volumes up to 10 Mio m³, dominate the Eisenstadt Basin. These movements are bound to the extremely fine grained sediments of the middle Pannonian Sandschaler-zone. In contrast, the Styrian basin is shaped by very frequent movements, which are much smaller in size. The formation of the latter is significantly affected by coarse and fine grained interbedded strata in sediments of middle Pannonian age. Compared to the other basins, the larger number of movements in the Styrian Basin is driven by higher precipitation intensity and steeper terrain.

Anthropogenic modifications of the vegetation, the hydrological balance of slopes and the external load of slopes weaken the sensible stability balance of the slopes, but rarely trigger the movements. Although seismic activity also has to be considered in the Eisenstadt basin, heavy precipitation events are the instantaneous natural triggers of the investigated creep movements and faster moving landslides.

CURRICULUM VITAE

PERSÖNLICHE DATEN

Name: Mag. rer. nat. Philip Leopold
 Geburtsdatum, -ort: 16. 02. 1972, Wien
 Staatsbürgerschaft: Österreich
 Familienstand: Verheiratet, zwei Kinder
 Kontakt: A-1170 Wien, Alsheile 88/2
 E-Mail: philip.leopold@ait.ac.at



Foto: Astrid Bartl

BERUFLICHER WERDEGANG / AUSBILDUNG

2001 - dato Beschäftigt als **Project Manager** (Scientist) bei **AIT**, Austrian Institute of Technology GmbH, Health & Environmental Department; Wien, Seibersdorf, Tulln (<http://www.ait.ac.at>).

2009 - 2012 Berufsbegleitendes **Doktoratsstudium (Technische Geologie)** am Department of Geodynamics and Sedimentology der Universität Wien.

2002 - dato Ausbildung im Rahmen des AIT Knowledge Development Program; u. a.:
EBDL – European Business Driving Licence
Projektmanagement - PMA-zertifiziert
Führen technischer Projektteams – LLLacademy, Technikum Wien

1999 - 2001 Beschäftigt als **Ingenieurgeologe** bei **BGG**- Prof. DI Dr. P. Waibel, Zivilingenieur für Bauwesen; A-1070 Wien, (<http://www.bgg.at>).

1999 **2. Diplomprüfung** „mit Auszeichnung“ bestanden, Thema der Diplomarbeit: „*Hydrogeologie der oberösterreichischen Molassezone*“.

1996 - 1998 **Projektassistent** an der Universität Wien, Institut für Geologie.

1992 - 1999 Studium der **Technischen Geologie** an der Universität Wien, Technischen Univ. Wien, Univ. für Bodenkultur Wien, Technischen Univ. Graz.

1990 - 1991 **Präsenzdienst** bei der „Heeressport- und Nahkampfschule HSNS“.

1982 - 1990 Mathematisches Realgymnasium BRG II, **Matura „mit gutem Erfolg“**.

MITGLIEDSCHAFTEN


IAH International Association of Hydrogeologists (<http://www.iah.org>)
 AGS Österreichische Geophysikalische Gesellschaft (<http://www.geophysik.at>)

MEDIEN / REVIEWS

08. 12. 2007 **Kurier Österreich**; Artikel: „*Neues Modell prognostiziert Hangrutschungen*“.
 15. 12. 2007 **Oberösterreichische Nachrichten**; persönliches Interview u. Artikel: „*So wird die Rutschgefahr vorhersagbar*“.
 26. 08. 2011 **Rundfunk, Ö1** – Wissen Aktuell; pers. Interview: „*Wie Wasser schmeckt*“.

Scientific Reviews für die International Journals „**Natural Hazards**“ und „**Landslides**“ (Springer).

Wien, 28. 12. 2011



Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten
des Burgenlandes:

Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren,
Bewegungsmechanismen und Auslöser

Dissertation Mag. Philip LEOPOLD

Beilage 1:
Kompilierte geologische Karte
des Eisenstädter Beckens mit Eintrag von
Kriechbewegungen
1:50.000

Kartengrundlagen:

GIS-Burgenland (Stand 2008); PASCHER (1988,1999);
PASCHER & BRIX (1994); PISTOTNIK et.al.(1993);
KÜMEL (1957);
eigene Kartierung 2008 und 2009


Aufnahme von Kriechbewegungen 2008 und 2009

N

M 1 : 50 000

- Legende**
- N 50**
- ▭ Kartierte Kriechbewegung mit Bezeichnung
 - 50 Probenahmestelle für geotechnische Untersuchungen mit Bezeichnung
- Geologie**
- QUARTÄR**
- 1 Gewässer
 - 2 Anthropogene Ablagerung
 - 3 Moor, anmoorige Flächen, Sümpfe
 - 4 Schilfgürtel
 - 5 Schwemmfächer
 - 6 Jüngste Talfüllung (Ton, Sand, Kies); Holozän
 - 10 Seeton; oberes Pleistozän bis Holozän
 - 11 Löß, Lößlehm; oberes Pleistozän
 - 13 Jüngere Terrassenschotter; Pleistozän
 - 15 Ältere Terrassenschotter; oberes Pliozän bis unteres Pleistozän
 - 16 Verwitterungslehm und Schutt im Leithagebirge; Pliozän bis Pleistozän
- NEOGEN**
- 20 Neufelder Schichten (Ton, Sand, Lignitflöze); oberes Pannonium
 - 21 Tonmergel, Sand, Schotter, Ton; Pannonium
 - 22 Sand, Sandstein; Pannonium
 - 23 Schotter, Konglomerat; Pannonium
 - 30 Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk; Sarmatium
 - 31 Sand, Sandstein; Sarmatium
 - 32 Schotter; Sarmatium
 - 33 Kalk, detritärer Leithakalk; Sarmatium
 - 34 Nonium granosum-Zone, grobklastische Fazies; oberes Sarmatium
 - 35 Nonium granosum-Zone, Sand-Schluff-Fazies; oberes Sarmatium
 - 36 Elphidium hauerinum-Zone (Tonmergel mit Sandlagen); mittleres Sarmatium
 - 37 Elphidium reginum-Zone (Mergel und Tone mit Feinsand-Kieslagen); unteres Sarmatium
 - 40 Tonmergel, Sand, Schotter, Kalk; Badenium
 - 41 Leithakalk; Badenium
 - 42 Sand, Sandstein; Badenium
 - 43 Bolivinen-Zone (Mergel und tonige Feinsande); oberes Badenium
 - 44 Sandschaler-Zone (sandig, schluffige Tone und Tonmergel); mittleres Badenium
 - 45 Obere Lageniden-Zone, Sand-Schotter-Fazies; unteres Badenium
 - 46 Obere Lageniden-Zone, Ton-Sand-Fazies; unteres Badenium
 - 47 Basiskonglomerat (mit weißen Quarzkomponenten); Badenium
 - 50 Brennberger Blockstrom (Kristallinblöcke in sandig-tegeliger Grundmasse); Karpatium
 - 51 Ruster Schotter und Sand; Karpatium
 - 52 Hochriegel-Formation (Pflanzenführender Sand und Ton, Lignitflöze); Karpatium
 - 60 Obere Auwaldschotter (Fluviatiler Kies aus Kristallin- und kalkalpinem Material); Ottngium
 - 70 Gelber, rötlicher Kalk und Sandstein; Paläogen
- PRÄNEOGEN**
- 90 Zentralalpines Permo-Mesozoikum
 - 95 Mittel- und Unterostalpines Kristallin

2 x 2 km



2 x 2 km

Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten
des Burgenlandes:

Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren,
Bewegungsmechanismen und Auslöser

Dissertation Mag. Philip LEOPOLD

Beilage 2:
Kompilierte geologische Karte
des Oberpullendorfer Beckens mit Eintrag
von Kriechbewegungen
1:50.000

Kartengrundlagen:

GIS-Burgenland (Stand 2007); PASCHER (1999);
FERENCZ et al. (1987); KÜMEL (1957);
eigene Kartierung 2007

Aufnahme von Kriechbewegungen 2007

N

M 1 : 50 000

Legende

M 50

- Kartierte Kriechbewegungen mit Bezeichnung
- Geotechnische Probenahme für Rückrechnung

Geologie

QUARTÄR

- 6 Jüngste Talfüllung (Ton, Sand, Kies); Holozän
- 7 Hangschutt; Holozän
- 11 Löß, Lößlehm; oberes Pleistozän
- 14 Frankenauer-Schotter; Mindel
- 15 Ältere Terrassenschotter; oberes Pliozän bis unteres Pleistozän

NEOGEN

- 21 Ton, Sand, Kies; Pannonium
- 28 Basalt von Oberpullendorf, Paulberg, Stooß; Pannonium, Sarmatium
- 30 Ton, Sand, Kies, Kalk; Sarmatium
- 40 Ton, Sand, Kies, Kalk; Badenium
- 50 Brennberger Blockstrom (Kristallinblöcke in sandig-teseliger Grundmasse); Karpatium
- 53 Sinnersdorf-Formation ('Blockschotter' in lehmiger Grundmasse - Wildbachschutt); Karpatium
- 52 Hochriegel-Formation (Pflanzenführender Sand und Ton, Lignitflöze); Karpatium
- 60 Obere Auwaldschotter (Fluviatiler Kies aus kristallin- und kalkalpinem Material); Otnangium
- 61 Untere Auwaldschotter (Fluviatiler Blockschutt aus Kristallinmaterial); Otnangium

PRÄNEOGEN

- 80 Penninikum, Rechnitzer Einheit; untere bis obere Kreide
- 90 Zentralalpines Permo-Mesozoikum
- 95 Mittel- und Unterostalpines Kristallin


Kriechbewegungen in den neogenen Beckensedimenten
des Burgenlandes:
Verbreitung, Vergleich natürlicher Einflussfaktoren,
Bewegungsmechanismen und Auslöser
Dissertation Mag. Philip LEOPOLD

**Beilage 3:
Geologische Karte des burgenländischen
Anteils des Steirischen Beckens
mit Eintrag von Massenbewegungen
1:50.000**

Kartengrundlagen:
GIS-Burgenland (Stand 2005, 2006); PASCHER (1999)
Aufnahme von Massenbewegungen 2005, 2006, 2009, 2010.



M 1 : 50 000



Legende

- S 50**
- Kartierte Kriechbewegungen mit Bezeichnung
 - Schnelle Massenbewegungen ausgelöst im Juni/Juli 2009 mit Bezeichnung
- Geologie**
- QUARTÄR**
- 3 Moor, anmoorige Flächen, Sümpfe
 - 6 Jüngste Talfüllung (Ton, Sand, Kies); Holozän
 - 9 Ältere Talfüllung; Holozän
 - 12 Rechnitzer Schuttfächer, mittleres - oberes Pleistozän
 - 13 Jüngere Terrassenschotter; unteres bis mittleres Pleistozän
 - 15 Ältere Terrassenschotter; oberes Pliozän bis unteres Pleistozän
- NEOGEN**
- 19 basaltischer Tuff, Pliozän bis Pleistozän
 - 21 Ton, Sand, Kies; Pannonium
 - 25 Süßwasserkalk; oberes Pannonium
 - 30 Ton, Sand, Kies; Sarmatium
 - 40 Ton, Sand, Schotter, Kalk; Badenium
 - 41 Leithakalk; Badenium
 - 53 Sinnersdorf-Formation ('Blockschotter' in lehmiger Grundmasse - Wildbachschutt); Karpatium
- PRÄNEOGEN**
- 71 Paläozoikum der südburgenländischen Schwelle (Schiefer, Dolomit, Kalk, Rauhwacke)
 - 80 Penninikum der Rechnitzer Einheit
 - 95 Mittel- und Unterostalpines Kristallin