

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	19 (2012), 1	S. 3 – 18	15 Abb., 7 Tab., 42 Zit.
------------------------------	---------	--------------	-----------	--------------------------

Lithologie und Lithostratigraphie von oberflächennahen Tillhorizonten der OPAL-Trasse in Mecklenburg-Vorpommern

Lithology and lithostratigraphy of near surface till layers from OPAL pipeline trench in Mecklenburg-Western Pomerania

ANDREAS BÖRNER & ULRICH MÜLLER

Herrn Dr. Werner Schulz zum 80. Geburtstag gewidmet

1. Einführung

Die 105 km lange Trasse der Ostsee-Pipeline-Anbindungs-Leitung (OPAL) der WINGAS & Co. KG GmbH im östlichen Mecklenburg-Vorpommern (s. Abb. 1) bot während der Grabungstätigkeit zur Verlegung der Rohrsegmente zwischen Oktober 2009 und Oktober 2010 die einzigartige Möglichkeit, die an der Oberfläche anstehenden Tills (Geschiebemergel) in dem generell N–S verlaufenden, 3 – 4 m tiefen Grabenaufschluss zu beproben und entsprechend dem Standard TGL 25232 (1971) einheitlich zu analysieren. Der Befahrungszeitraum der 300 – 2 000 m langen Grabenabschnitte betrug teilweise nur wenige Tage. Die geologische Übersichtsaufnahme der einzelnen Transsekte und die Beprobung repräsentativer Profile erfolgte durch den Geologischen Dienst im Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG M-V). Weiterhin wurden durch die Arbeitsgruppe um Prof. R. Lampe von der Universität Greifswald und Dr. G. Böttcher vom Feststofflabor des LUNG M-V ausgewählte Profile detailliert beprobt. Neben der Erfassung der Verbreitung an der Oberfläche anstehender Tills wurden auch weitere sedimentologische und bodenkundliche Profile entnommen, deren detaillierte Untersuchung auf Grund der Probenfülle zur Zeit noch nicht abgeschlossen ist. Eine wichtige Grundlage für die Rekonstruktion der quartären Ablagerungsbedingungen bilden die umfangreichen Geländeaufnahmen und Beprobungen von Referenzprofilen für sedimentologische, palyno- und mikropaläontologische Analysen sowie lithostratigraphische Untersuchungen der Tills anhand von Kleingeschiebezählungen (KGZ). Ziel dieser lithostratigraphischen Untersuchungen ist es, die an der Oberfläche anstehenden Tillhorizonte (Moränen) mithilfe des Kleingeschiebebestandes genauer zu charakterisieren und anhand der Veränderungen ihrer petrographischen Zusammensetzungen voneinander zu trennen. Aus dem Trassengraben wurden dafür 152 Proben entnommen und analysiert, in deren Auswertung die Ergebnisse von 53 Bohrproben der Peenequerung der Trasse einbezogen wurden (vgl. MENG

et al. 2009). Die Peenequerung bei Stolpe ist wegen ihrer biostratigraphischen und lithologischen Untersuchungsergebnisse für die lithostratigraphische Korrelation horizontaler und vertikaler Tillfolgen von besonderer Bedeutung. Erste Forschungsergebnisse wurden von BÖRNER et al. (2011) in einem Überblicksbeitrag publiziert.

2. Die geologischen Verhältnisse entlang der OPAL-Trasse

Der gegenwärtige geologische Kenntnisstand im Umfeld der OPAL-Trasse beruht größtenteils auf Kartierungen aus den 1950er und 1960er Jahren (vgl. SCHULZ 1971). Die geologischen Grundkarten 1 : 25 000 und die zugehörigen Blatt-erläuterungen (z. B. SCHNEYER 1964) stellen in Verbindung mit den daraus entwickelten geologischen Übersichtskarten im Maßstab 1 : 100 000 (z. B. LANGER & SCHULZ 1971) die grundlegenden geologischen Kartenwerke in Mecklenburg-Vorpommern dar. Im südöstlichen Vorpommern verläuft die OPAL-Trasse durch das Jungmoränengebiet der Weichsel-Vereisung zwischen dem Seebad Lubmin bei Greifswald im Norden und der Landesgrenze zu Brandenburg südlich Pasewalk (vgl. Abb. 1). Aufgrund des generell N–S verlaufenden Grabenaufschlusses wurden mehrere markante geologische Einheiten gequert, die im weiteren Text näher erläutert werden sollen. Das wichtigste Gliederungselement dieser, durch verschiedene jungpleistozäne Eisvorstöße geprägten Landschaft, sind die Eisrandlagen (ERL). Für deren genetische Interpretation reichen jedoch, wie vielfach praktiziert, rein morphologische Kriterien nicht aus. So gehören u. a. auch eindeutige Verknüpfungen zu proglazialen Sanderbildungen und das Aussetzen der Grundmoräne dazu (BREMER 2004). Die älteste Endmoräne des Weichsel-Glazials in der Marinen Isotopen Stufe (MIS) 2 wird als Brandenburger Eisrandlage (qwBB) innerhalb der Brandenburg-Phase (qw1) bezeichnet und auf ca. 24 000 a v. h. datiert (LITT et al. 2007). Sie erstreckt sich in Mecklenburg-Vorpommern „perlschnurartig“ (RÜHBERG et al. 1995) von Zarrentin im W

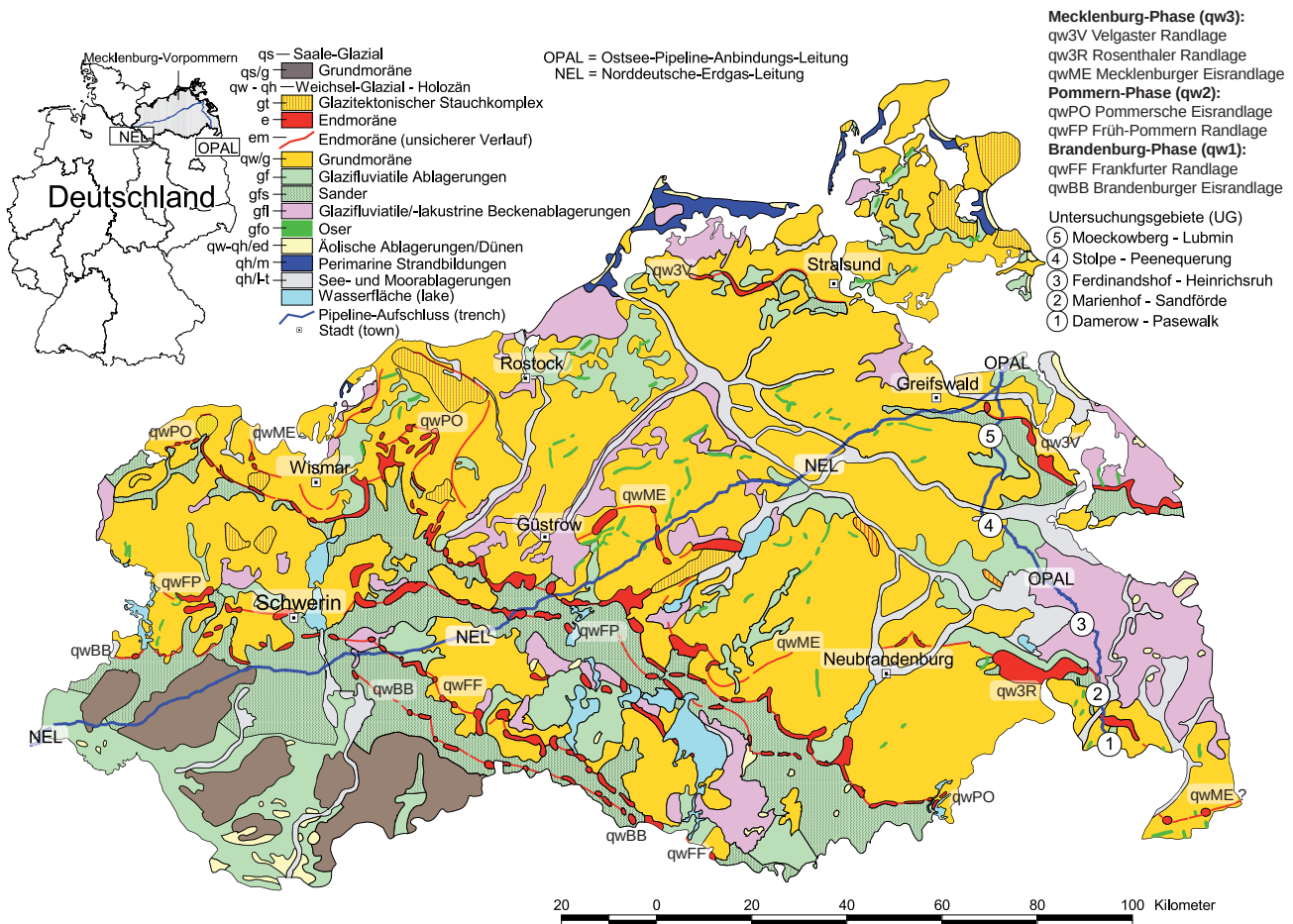


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte von Mecklenburg-Vorpommern mit Lage der Untersuchungsgebiete (nach BREMER 2000)

Fig. 1: General geological map of Mecklenburg-Western Pomerania with location of investigation area (after BREMER 2000)

OPAL – Baltic sea pipeline connection; NEL – North German natural gas pipeline; qs – Saalian glaciation; qs/g – Saalian morainic landscape; qw – Weichselian glaciation; qh – Holocene; gt – glaciotectional complex; e – terminal moraine; em – minor terminal moraine (suspected connection); qw/g – morainic landscape; gf – glaciofluvial deposits; gfs – outwash plain; gfl – glaciofluvial/-lacustrine deposits; gfo – esker; ed – eolian deposits/dunes; m – marine beach deposits; l-t – limnic-telmatic deposits; UG – investigation area; qw3 – Mecklenburg phase; qw3V – Velgast extent; qw3R – Rosenthal extent; qwME – Mecklenburg ice extent; qw2 – Pomeranian phase; qwPO – Pomeranian ice extent; qwFP – Early Pomeranian extent; qw1 – Brandenburg phase; qwFF – Frankfurt extent; qwBB – Brandenburg ice extent

über Schwerin und Parchim in Richtung ESE (vgl. Abb. 1). Zur Brandenburg-Phase wird auch die Frankfurter Eisrandlage (qwFF) gezählt, die mit deutlichen Endmoränen und dazugehörigen Sanderansätzen nahezu parallel zur qwBB-Eisrandlage verläuft. Aus der räumlichen Anordnung der Eisrandlagen ergibt sich eine zeitliche Abfolge mit von S nach N abnehmendem Alter. Das morphologisch herausragende Element in den zentralen Landesteilen ist jedoch die Pommersche Haupteisrandlage (qwPO) der Pommern-Phase (qw2, ca. 17 600 a v. h.; vgl. LITT et al. 2007). Die zugehörige Grundmoräne (qw2/g) ist bis auf Rinnen- und Beckenareale flächenhaft und in größeren Mächtigkeiten verbreitet (vgl. RÜHBERG et al. 1995). Durch den OPAL-Trassengraben waren autochthone qw2-Ablagerungen al-

lerdings nur in einem Abschnitt von 6 km Länge südlich von Pasewalk zu erwarten (vgl. Abb. 1, Untersuchungsgebiet 1 = UG-1).

Die nördlich anschließende Landschaft wird vor allem durch Eiszerfallsbildungen und lokale Stillstandslagen der Rückschmelzphase der Mecklenburg-Phase (qw3) im ausgehenden Pleniglazial geprägt. Dort stellt die Rosenthaler Randlage (qw3R; Abb. 1) mit ihren modellhaften Stauchwällen und einzelnen Sanderschüttungen (ELBERT 1907, SCHULZ 1965) das gliedernde Landschaftselement dar. Der lange gebräuchliche Begriff „Rosenthaler Staffel“ geht auf HESEMANN (1932) zurück. In den Brohmer Bergen zwischen Wittenborn und Jatznick erreicht die qw3R-Randlage bei

Rosenthal mit bis zu 148 m NHN ihre markanteste Ausprägung und ist in ihrem weiteren Verlauf nach W morphologisch dann kaum noch nachvollziehbar. In ihrem östlichen Bereich erfolgte die Entwässerung des abschmelzenden Eises über den qw3R-Sander von Waldeshöhe-Belling, der von der OPAL-Trasse gequert wurde (s. Kap. 5.2, UG-2). Nach NE fällt der markante Höhenzug in das Exarationsbecken der heutigen „Friedländer Großen Wiese“ ab. Nördlich der Rosenthaler Randlage wird die dort ausgebildete oberflächennahe Grundmoräne (qw3/g) durch einen zumeist sandig ausgeprägten Till mit charakteristischer lithologischer Zusammensetzung geprägt (vgl. RÜHBERG & KRIENKE 1977). Dieser ist nach RÜHBERG (1987) der Mecklenburg-Phase (ca. 17 000 bis 15 000 a. v. h.; vgl. LITT et al. 2007) zuzuordnen. Die im weiteren Rückland der Rosenthaler Randlage liegenden, überwiegend reliefarmen Grundmoränenebenen werden in Vorpommern durch große Talungen und Becken gegliedert. Einige post-Rosenthaler Eisrandlagen wurden vielfach nur aufgrund morphologischer Befunde kartiert (z. B. KLIEWE & JANKE 1972) und sind daher in ihrem Verlauf nicht gesichert bzw. wurden durch jüngere, lithogenetisch basierte Kartierungen nicht übernommen (vgl. JANKE 1992, BREMER 2000).

Im nordöstlichen Vorpommern erfüllt nur die westlich von Stralsund über Wolgast bis Usedom verlaufende Velgaster Staffel bzw. heute Randlage (qw3V; Abb. 1) mit vorgelagerten Sanderbildungen und lokalen Blockpackungen die Kriterien einer Eisrandlage. Mit dem Rückschmelzen des Eiskörpers entwickelte sich im heutigen Gebiet der Uekermünder Heide und angrenzenden Bereichen ein rund 1 200 km² großes Sammelbecken für Schmelzwasserströme, das von KEILHACK (1899) den Namen „Haffstausee“ erhielt (UG-3; Abb. 1). Der Abfluss aus dem Haffstausee nach W erfolgte teilweise noch über Toteis in unterschiedlichen Niveaus über das Grenztal und das Peenetal (vgl. JANKE 1978). Die Wirkung weichselspätglazialer und holozäner äolischer Prozesse zeigt sich in der großen Verbreitung von Flugsanddecken und Dünen, wie z. B. in den großen Sandgebieten der Uekermünder und Lubminer Heide.

3. Grundlagen der Kleingeschiebeanalyse in NE-Deutschland

Durch die wachsenden Aufgabenstellungen der Geologie in der DDR wurde 1968 das landesweite Kartierungsprojekt „Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000“ angeregt. Die lithostratigraphische Korrelation der Till-Horizonte bildete dabei das Grundgerüst für die angestrebte Quartärgliederung, die auf paläontologisch untersuchten Bohraufschlüssen mit interstadialen und interglazialen Bildungen und bei Glazialbildungen vor allem auf Kleingeschiebezählungen nach dem einheitlichen Untersuchungsstandard der TGL 25 232 (1971, 1980) basiert. Die angewandte Methode der Differenzierung von Tills unterschiedlicher Glaziale wurde vor allem von CEPEK (u. a. 1965) auf der Grundlage der Dänischen Steinzählmethode weiterentwickelt. Die Kleingeschiebeanalyse oder -zählung (KGZ) besteht im

Wesentlichen aus der petrographischen Bestimmung des Kleingeschiebebestandes zwischen 4 – 10 mm und deren Aufgliederung in 12 Hauptgruppen und zahlreiche Untergruppen. Die Korngrößengruppe 4 – 10 mm wurde durch Vergleichsanalysen mehrfach geprüft und im Analysenstandard TGL 25 232 (1971, 1980) festgelegt. Die lithostratigraphische Einstufung der Moränen erfolgt aus empirisch ermittelten Quotienten der verschiedenen petrographischen Kleingeschiebegruppen, welche die einzelnen Eisvorstöße charakterisieren (vgl. RÜHBERG 1999). Dabei wird neben unterschiedlichen Eisherkunfts- und damit Geschiebeliefergebieten auch von sich ändernden Eisstromrichtungen während der einzelnen Glaziale ausgegangen, die sich in der Regel in unterschiedlichen Geschiebespektren wieder spiegeln sollten. Eine lithostratigraphische Trennung der Moränen der drei großen nordischen Vereisungszyklen Elster, Saale und Weichsel erscheint damit theoretisch anhand des Kleingeschiebebestandes zunächst durchaus möglich. Tatsächlich ergeben sich aber teilweise erhebliche Probleme schon bei der Unterscheidung der Glaziale untereinander. So können ausgehend von den Lagerungsverhältnissen zwingend zu korrelierende Moränen stark schwankende Geschiebeinhalte aufweisen (vgl. LIPPSTREU, BROSE & MARCINEK 1995). Als ursächlich dafür sind neben den unterschiedlichen Liefergebieten und Vorstoßrichtungen auch die Gletscherdynamik sowie die Aufnahme älteren Moränenmaterials anzuführen.

Der Fennoskandische Schild ist Haupt-Liefergebiet für die magmatische bzw. stark metamorph überprägte Geschiebegruppe der Nordischen Kristalline (NK). Die anderen Hauptgruppen der Paläozoischen Kalke (PK) und Dolomite (D) entstammen vorwiegend silurischen bis devonischen Kalksteinen und dolomitischen Kalksteinen des südöstlichen Peribaltikums bzw. des Ostseebeckens zwischen den Inseln Öland und Saaremaa. Tills mit einer Dominanz dieser beiden Geschiebegruppen haben eine baltische Provenienz und werden auch als „baltische Moränen“ bezeichnet (vgl. STEPHAN 2001, RÜHBERG 1999). Weitere wichtige Hauptgruppen stellen die Paläozoischen Schiefer (PS) und Sandsteine (S) aus dem südschandinavischen Raum dar. Gegenüber den o. g. Fernkomponenten enthalten die Tills in Norddeutschland auch „lokale“ Geschiebekomponenten, die, wie oben angeführt, von den regionalen präquartären Untergrundverhältnissen im Eisvorstoßgebiet abhängig sind. So können die Mesozoischen Kalke (MK) und Feuersteine (F) aus glazitektonischen Abträgen aus der Dänisch-Polnischen Kreidesenke im südwestlichen Ostseebecken, von den Randflanken des Grimmener Walls (tektonischer Horst) und weiteren lokalen Kreidevorkommen über halokinetisch aufgewölbten Salinarstrukturen, wie z. B. dem Salzkissen Groß Spiegelberg bei Pasewalk stammen. Auch die gerundeten Quarze (Q) und die meisten, der in der Geschiebegruppe „Sonstige“ (So) zusammengefassten Geschiebe, entstammen hauptsächlich dem Meso- und Känozoikum. Für die vorliegende Arbeit wurde versucht, die Proben nach ihrem petrographischen Kleingeschiebespektrum (KGS) und daraus resultierenden Quotienten, wie z. B. NK/PK, NK/D, (PK+D)/S (CEPEK 1973) und (PK+D)/(S+PS) (RÜH-

BERG 1987) lithostratigraphisch einzustufen. Um eine Unterscheidung der verwendeten Kürzel von den jeweiligen saale- und weichselzeitlichen Phasen zu gewährleisten, wurden die KGS aus den entsprechenden Grundmoränen/Tills in den Tabellen 1 – 7 sowie im Text durch Großbuchstaben (S1 – S2 sowie W1 bis W3) kenntlich gemacht.

4. Regionale Befunde zu den Lagerungsverhältnissen und der lithostratigraphischen Einstufung oberflächennaher Tills in ihrer regionaler Abfolge von Süden nach Norden

4.1 Die Untersuchungsgebiete und Einführung in die lokale Lithostratigraphie

Die OPAL-Trasse quert in ihrem Verlauf an der Westflanke des Oderlobus von N nach S die Velgaster und mehrfach die Rosenthaler Randlage der Mecklenburg-Phase (qw3) des Weichsel-Glazials. Südlich Pasewalk bei Rollwitz verlässt die Trasse das Gebiet der qw3-Phase und verläuft in südliche Richtung bis zur Landesgrenze im Verbreitungsgebiet der Pommern-Phase (qw2; zuletzt KRIENKE 2001). Schon HESEMANN (1932) hatte für das Moränenmaterial der Rosenthaler und Velgaster Staffeln (heute Randlagen, s. o.; qw3R, qw3V) einen deutlich weiter aus dem E stammenden Geschiebebestand als für jenen der Pommern-Phase festgestellt, was auch durch KGZ etwa ab 1960 vielfach bestätigt wurde. Dieses baltisch geprägte KGS ist von RÜHBERG seit 1969 (zuletzt 1999) mehrfach beschrieben worden und charakterisiert die Moräne des dritten weichselzeitlichen Gletschervorstoßes während der Mecklenburg-Phase, der lokal fast die Pommersche Eisrandlage erreichte (RÜHBERG 1987).

Sein von den älteren weichselzeitlichen Kleingeschiebespektren W1 und W2 abweichendes Kleingeschiebespektrum ist nach TGL 25232 (1971, 1980) eher charakteristisch für Tillablagerungen des jüngeren Saalevorstoßes (qs2, „Warthe“ s. str. WOLDTSTEDT 1938) und wurde vielfach über schieferreichen qw2-Moränen festgestellt (RÜHBERG & KRIENKE 1977). Damit ist der lithostratigraphische „Leitwert“ der baltischen Spektren eingeschränkt, hier kommt bei fehlenden biostratigraphischen Marker-Horizonten oder aushaltenden Zwischenmitteln in Zweifelsfällen den geologischen Lagerungsverhältnissen das Primat vor der KGZ bei der lithostratigraphischen Einstufung zu. Vor allem die Kartierarbeiten der vergangenen rund 40 Jahre in Verbindung mit lithostratigraphischen Untersuchungen haben gezeigt, dass gerade die jüngste Weichselmoräne (qw3) in ihrer lateralen Verbreitung zahlreiche Lücken unterschiedlicher Genese aufweist, in denen wie in geologischen Fenstern ältere Ablagerungen an der Geländeoberfläche anstehen. Schwer zu detektieren sind Abweichungen durch lokale Schlierenbildung oder aufgenommene Schollen älterer Tills, die nur mit lithostratigraphischen Untersuchungen, vor allem durch KGZ erkannt werden können, ohne dass diese allerdings die Aussagesicherheit biostratigraphischer Befunde erreichen.

Es werden fünf Untersuchungsgebiete (UG) vorgestellt, in denen die skizzierten Probleme behandelt werden. Im Raum Pasewalk bis Belling/Sandförde (s. Abb. 1: UG-1 und 2) lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Verifizierung des qw3R-Außenrandes anhand eines Wechsels in den KGS. Nördlich von Pasewalk führt die Trasse durch das weichselspätglaziale sogenannte Haffstauseegebiet, dessen Sedimente direkt Relikten einer älteren Weichsel- oder einer baltisch geprägten Moräne aufliegen. Bei Ferdinandshof (UG-3) überquert die Trasse eine aus den Haffstauseesedimenten herausragende, vermutliche qw3-Hochfläche, die mehrfach beprobt wurde. Das Gebiet Stolpe-Peenequerung (UG-4) ist wegen seiner biostratigraphischen und lithologischen Untersuchungen für die lithostratigraphische Korrelation horizontaler und vertikaler Moränenfolgen methodisch bedeutsam. Im nördlichsten Gebiet Moeckowberg-Lubmin (UG-5) wird die Velgaster Randlage gequert. Eine Änderung der Geschiebeführung innerhalb des qw3 an dieser Randlage würde eine weitere Verlagerung des Gletscherstromstrichs (WENNBERG 1949) indizieren und damit die Diskussion einer Zweigliederung innerhalb des qw3 neu beleben (LUDWIG 1964, RÜHBERG 1987).

5. Regionale Untersuchungsgebiete

5.1 Charakteristik der Ablagerungen zwischen Damerow und Pasewalk (UG-1)

Im SE von Mecklenburg-Vorpommern quert die OPAL-Trasse glazigene Ablagerungen der Pommern-Phase (qw2) südlich von Pasewalk bis Damerow/Züsedom. Ihre leicht kuppige Grundmoränenebene liegt hier um 60 m NHN. Der ca. 6 km lange OPAL-Aufschluss zeigte an der Oberfläche eine Abfolge aus geringmächtigen gelblich-braunen sandigen Tillablagerungen, unter denen Sande bzw. Kiessande folgen. Neben den Sanden treten aber auch intensiv rotbraun gefärbte tonige Schluffe mit vereinzelter Geschiebeführung (geschiebearmer Till?) auf (Abb. 2 – 3).

Durch den glazidynamischen Schub des jüngsten weichselzeitlichen Eisvorstoßes treten die Sande wie auch die rotbraunen Schluffe zumeist in gestörter Lagerung im Kontaktbereich zum hangenden gelblich-braunen Till auf. Neben der geringen Kleingeschiebeführung fielen im rotbraunen Schluff viele Karbonat-Sekundärbildungen auf, was für eine länger andauernde oberflächennahe Verwitterung und damit vielleicht auch für ein höheres Ablagerungsalter sprechen könnte. Der oberflächennahe gelblich-braune Till wies ebenfalls kräftige pedogenetische Verwitterungsspuren auf, die lokal zu Entkalkungen bis > 3,5 m Tiefe führten. Trotz der tiefgründigen Verwitterung konnten fünf unverwitterte Proben aus diesem Till entnommen und kleingeschiebeanalytisch untersucht werden. Weitere sieben Tillproben zeigten anhand der mikroskopischen Kontrolle Verwitterungsspuren (u. a. Reduzierung der Kalkgeschiebe), so dass diese Proben nicht für die standardgemäße KGZ-Auswertung verwendet werden konnten.



Abb. 2: Oberer gelblich-brauner Till über glazidynamisch eingestauchten Sanden und rotbraunem Till

Fig. 2: Upper yellow-brownish till overlying glaciodynamically compressed lower sands and red-brown tills



Abb. 3: Oberer gelblich-brauner Till über glazidynamisch eingestauchten Sanden und rotbraunem Till im Detail

Fig. 3: Upper yellow-brownish till overlying glaciodynamically compressed lower sands and red-brown tills in detail

Vom südlichsten beprobten Punkt in Mecklenburg-Vorpommern bis zum Seegraben bei Rollwitz südlich der Rosenthaler Randlage (qw3R) im Verbreitungsgebiet der Pommern-Phase liegen KGZ von drei Proben aus der oberen Moräne vor, die jedoch vermutlich wegen der zu geringen Probenanzahl nicht repräsentativ sind. Die überraschenderweise analysierten W3-Kleingeschiebespektren (= W3-KGS) charakterisieren den Till mit auffallend stark schwankenden Anteilen aller Komponenten in %: NK (32 – 40) und PK (30 – 44), woraus sich das Verhältnis NK/PK zwischen 0,7 – 1,4 ergibt. PS sind mit 4 – 6, S mit 6 – 9 und D nur gering vertreten. Die wichtigen Quotienten für eine lithostratigraphische Einstufung sind hier (PK+D)/S mit ~3,9 – 5,9 (σ : 4,8) und (PK+D)/(S+PS) mit ~1,9 – 3,4 (σ : 2,7). Eine etwa 1,5 km südlich des

hiesigen OPAL-Aufschlusses nördlich der Ortschaft Schönfeld von KRIENKE (1977) bearbeitete Aufschlussprobe weist das gleiche W3-KGS der qw3-Moränen auf.

Erst nördlich des Seegrabens bei Rollwitz, fast an der Rosenthaler Randlage aber im qw2-Verbreitungsgebiet, finden sich in zwei Proben (ergänzt durch eine OPAL-Probe aus Schönfeld/Brandenburg, leg. et det. JUSCHUS 2011, schriftl. Mitt.) die hier zu erwartenden W2-KGS der qw2-Moräne mit schwankenden Anteilen von NK (24 – 41) und PK (28 – 36), daraus resultierendem NK/PK-Verhältnis von ~ 0,8 – 1,5, PS ~ 7 – 8 und S ~ 12 sowie mit den Quotienten (PK+D)/S von ~ 2,4 und (PK+D)/(S+PS) von ~ 1,5 (vgl. Tab. 1). Von Rollwitz bis an den Talrand der Uecker, die die qw3R-Randlage südlich Pasewalk (Pasewalker Kirchenwald) angeschnitten hat, zeigen die Analysen W3-KGS. Im Tal der Uecker wurden tiefer gelegene Proben aus zwei im Vorfeld der OPAL-Querung der Flusstalung der Uecker niedergebrachten ingenieurgeologischen Bohrungen (SCHÄTZCHEN 2009) untersucht. Die unterhalb -5 m NHN (ca. 15 m unter Geländeoberkante = u. GOK) angetroffenen Tills hatten deutliche S2-KGS, die zusammen mit der Höhendifferenz zu den weichselglazialen Grundmoränenhochflächen Verwechslungen der tiefer gelegenen Saale- (qs2) mit der 15 m höher lagernden qw3-Moräne ausschließen lassen. In einer Probe aus dem Ueckertal bei 4,5 m u. GOK und in sechs weiteren Proben auf der nördlich anschließenden Grundmoränenhochfläche sind ebenfalls W3-KGS nachweisbar, die sich kaum von den KGS der Proben südöstlich des Ueckertals unterscheiden (vgl. Tab. 1).

Von Rollwitz über das Ueckertal bis westlich Pasewalk zeigen die bis 4,5 m u. GOK entnommenen 10 Proben der qw3-Grundmoränenhochfläche einen relativ einheitlichen Kleingeschiebebestand. Insgesamt sind die W3-KGS-Werte von S nach N im Vor- und Rückland der Randlage kaum zu differenzieren, abgesehen von einem leichten Anstieg der S-Gehalte in nördlicher Richtung. Die S-Gehalte steigen im qw2 nochmals an, dessen KGS außerdem durch niedrigere PK- sowie höhere PS-Werte im Vergleich zum W3-KGS charakterisiert werden.

Südlich der morphostratigraphisch definierten Rosenthaler Randlage steht im qw2-Verbreitungsgebiet Material mit W3-KGS an der Oberfläche an. Falls die Interpretation der KGZ zutrifft, hat dieser Befund Auswirkungen auf die bisherige Auffassung der ausschließlichen qw3-Verbreitung im Rückland der kartierten qw3R-Randlage. Es besteht die Möglichkeit, dass die Rosenthaler Randlage südlich von Pasewalk (Pasewalker Kirchenwald) noch nicht der Außenrand der bisher kartierten Mecklenburg Phase ist. Für die Klärung des Vorkommens von W3-KGS weiter südlich an der Landesgrenze zu Brandenburg im Gebiet der Pommern-Phase müssen die Ergebnisse der OPAL-KGZ aus Brandenburg abgewartet werden. Alternativ zu dieser Interpretation könnten auch Änderungen des Gletscherstromstrichs am Ende der Pommern-Phase den Geschiebebestand „baltischer getönt“ haben und so verstärkt zu Unschärfen bei der auf lithostratigraphischen Befunden basierenden Trennung von qw2- und qw3-Moränen führen.

Lage/ Einstufung nach KGS	Mittelwert in %							n	Quotienten		
	NK	PK	PS	D	F	S	MK		NK/PK	(PK+D)/ S	(PK+D)/ (S+PS)
W3 im qw2-Gebiet (südl. Pasewalk)	37,2	36,1	6,4	0,6	2,8	7,8	4,8	3	1,0	4,7	2,6
W2 südl. qw3R (südl. Pasewalk)	32,1	30,9	8,1	0,2	1,2	12,4	10,4	2+1	1,0	2,5	1,5
W3 südl. qw3R (südl. Ueckertal)	41,7	35,4	3,0	0,2	1,6	9,7	5,2	3	1,2	3,7	2,8
W3 nördl. Ueckertal	38,2	36,9	4,0	0,3	2,3	11,4	4,8	7	1,0	3,3	2,4

Tab. 1: Mittelwerte der Kleingeschiebegruppen in % und petrographische Quotienten südlich und westlich Pasewalk (vom Durchschnitt abweichend hohe Werte fettgedruckt, geringe Werte kursiv)

Legende Tab. 1 – 7:

Lithostratigraphische Einheiten: W3 – Till der letzten weichselhochglazialen Vorstoßphase (Mecklenburg-Phase, qw3); W2 – Till der zweiten weichselhochglazialen Vorstoßphase (Pommern-Phase, qw2); W1 – Till der ersten weichselhochglazialen Vorstoßphase (undiff. Brandenburg- und Frankfurt-Phase, qw1); S2 – Till des Jüngeren Saalevorstoßes (Warthe-Stadium i. S. v. WOLDSTEDT 1938, qs2); S1 – Till des Älteren Saalevorstoßes (Drenthe-Stadium i. S. v. WOLDSTEDT 1938, qs1)

Glaziale/Eisrandlagen (ERL) bzw. Randlagen:

qwPO – Pommersche ERL; qw3R – Rosenthaler Randlage

Petrographische Gruppen nach TGL 25232 (1971):

NK – Nordisches Kristallin; PK – Paläozoische Kalksteine; PS – Paläozoische Schiefertone; D – Dolomite; F – Mesozoische Feuersteine (Oberkreide); MK – Meso-Känozoische Kalksteine; S – Sandsteine und Quarzite; Q – Quarze; n – Anzahl der Proben

TK – Nummer Meßtischblatt 1 : 25; UG – Untersuchungsgebiet; LBDS – Landesbohrdatenspeicher

Tab. 1: Arithmetic average of gravel clast composition in % and petrographic quotients southern and western of Pasewalk (abnormal high-ranking data in bold and low-ranking data in cursive notation)

Legend tab. 1 – 7:

Lithostratigraphic units: W3 – Till of Mecklenburg phase (qw3); W2 – Till Pomranian Phase (qw2); W1 – Till of Brandenburg and/or Frankfurt Phase (qw1); S2 – Till of the youngest Saalian glaciation (Warthe stadium as defined by WOLDSTEDT 1938, qs2); S1 – Till of the oldest Saalian glaciation (Drenthe stadium as defined by WOLDSTEDT 1938, qs1)

Glaciation/ice extents = ERL:

qwPO – Pommern ERL; qw3R – Rosenthaler extent

Petrographic groups after TGL 25232 (1971):

NK – nordic crystalline; PK – paleozoic carbonates; PS – paleozoic shale clays; D – dolomites; F – Mesozoic flints (Upper Cretaceous); MK – Mesozoic carbonates; S – sandstones and quartzites; Q – quartz; n – number of samples

TK – number of ordinance survey map 1 : 25; UG – investigation area; LBDS – Geological data base Mecklenburg-Vorpommern

5.2 Der „qw3R-Sander“(?) zwischen Marienhof und Sandförde (UG-2)

Die OPAL-Trasse quert den qw3R-Sander (vgl. SCHULZ 1965) zwischen Marienhof und Sandförde. Dabei traten fast im gesamten Bereich geringmächtige Tilllagen über glazifluviatilen Sanden auf, die von SCHULZ (1965) als die Moräne eines spät-Rosenthaler Ückergletschers gedeutet werden. Die leicht hügelige Landschaft wird durch Sölle und generell NE–SW verlaufende rinnenartige Depressionen gegliedert. Ein markantes Schmelzwassertal verläuft parallel zum westlichen Rand des kartierten qw3R-Sanders bei Dargitz in einer vermoorten Niederung (Ochsenbruch) mit dem zentralen Dargitzer Os (SCHULZ 1965) in NNE–SSW-Richtung. In nordöstlicher Richtung querte die OPAL-Trasse die Fortsetzung dieses Schmelzwassertals, das westlich von Belling ebenfalls in einem als qw3R-Sander (?) kartierten Gebiet liegt. Hier war unter einer zum Top eines Kiessandrückens ausgedünnten Geschiebemergeldecke ein NE–SW orientierter subglazialer Schmelzwasserkanal mit randlich verstürzten Flanken und



Abb. 4: Subglazial angelegter Schmelzwasserkanal im Überblick (Profil ca. 1 km westlich von Belling)

Fig. 4: Subglacial meltwater channel in overview (profile appr. 1 km western of Belling)

beidseitig einfallenden Störungssystemen aufgeschlossen (Abb. 4 – 5).

Die als qw3R-Sander bzw. -Moräne des Ückergletschers über Sander interpretierten Ablagerungen (SCHULZ 1965) sind nach dem OPAL-Aufschlussbefund glazifluviatile Sande, die nordwestlich von Belling von einem Till diskordant überlagert werden (s. Abb. 6 – 8). Dagegen treten die glazifluviatilen Ablagerungen im direkt südlich angrenzenden Gebiet bei Dargitz-Marienhof in glazitektonischer Verstellung unter oder neben dem Till in einer glazidynamisch-progressiv gebildeten Schuppenstruktur auf. In dem Tillhorizont treten die Sande auch als Schollen auf, die komplett aus ihrem ursprünglichen Schichtverband herausgelöst sind. In Bereichen, wo die Schuppen und dislozierte Schollen des Sandes größere Mächtigkeiten aufweisen, dünnt der Till bis zu einer Steinsohle aus. Die glazitektonischen Deformationsstrukturen haben eine WSW- bis SW-Vergenz (vgl. LAMPE in BÖRNER et al. 2011). Aus dem Till zwischen Belling im N und Marienhof im S sind in fünf KGZ nur W3-KGS nachweisbar, was für die liegenden Sande eine Genese als Sander der Rosenthaler Randlage unwahrscheinlich macht. In Belling selbst sind in einer Bohrung unweit des qw3-Randes 20 m qw3-Moräne (3 KGZ, BULL 1973) erbohrt. In diesem Profil wird qw3 unterlagert durch ein 7 m mächtiges Zwischenmittel, dem unterhalb -11 m NHN qs2 folgt, was eine Verwechslung beider Moränen ausschließt. Nach den OPAL-Befunden handelt es sich bei dem Material an der Oberfläche um Äquivalente einer, sich am Außenrand des qw3-Gletschers auflösende, morphologisch kaum in Erscheinung tretende Moränenzone, wie sie für den qw1-Rand bei der Spezialkartierung des Blattes Zarrentin (GK 25: 2431) nachgewiesen wurde, aber im Maßstab 1 : 25 000 nicht dargestellt werden konnte (BREMER & STREHL 1998). Der kartierte Sander südlich und westlich des qw3-Außenrandes würde am Nordende der Toteishohlform des Ochsenbruches enden, wo er gegen das ältere qw2-Toteis geschüttet wurde. Fünf KGZ aus Proben über dem kartierten qw3R-Sander (?) zwischen Belling und der Grenze zum Haffstauseegebiet haben durchweg W2-KGS ergeben (Tab. 2). Bei Dargitz ca. 2 km westlich Belling, wurden im Bohrprofil

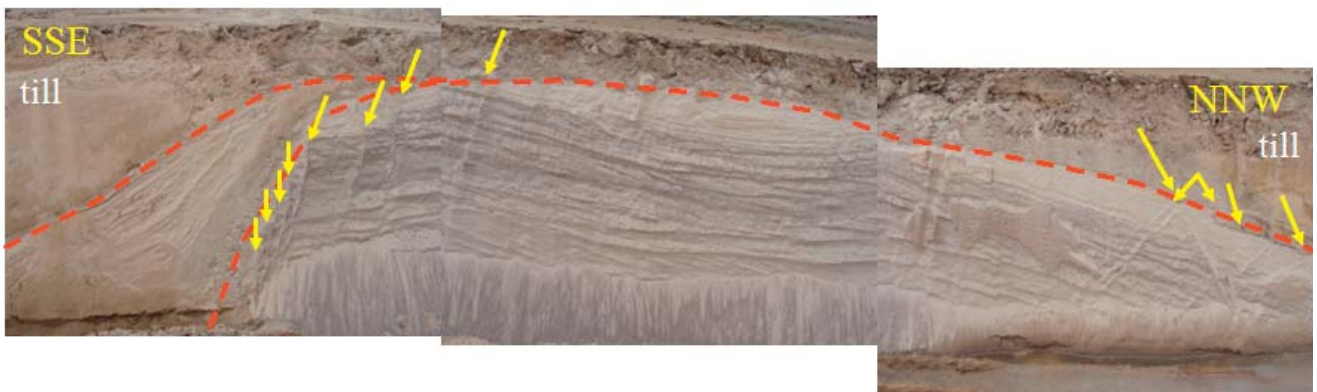


Abb. 5: Seitliche Abschiebungen und Eiszerfallsstrukturen am Rand eines subglazial angelegten Schmelzwasserkanals (Profil ca. 1 km westlich von Belling)

Fig. 5: Lateral faults on both edges of subglacial meltwater channel (profile appr. 1 km western of Belling)



Abb. 6: Überlagerung von Tills mit W2-KGS über glazifluviatilen Sanden (Profil ca. 1 km nordwestlich von Belling)

Fig. 6: Till cover with W2-till clast spectra overlying glaciofluvial sands (profile appr. 1 km northwestern of Belling)



Abb. 8: Profil Stolpe, 3,3 m u. GOK: Unvollständig aufgearbeitete graue Klasten eines älteren Tills in der Deformationszone des oberen braunen Tills

Fig. 8: Profile Stolpe, 3,3 m u. GOK: Fragmentary reworked older till clasts in upper brownish till matrix



Abb. 7: Überlagerung von Tills mit W2-KGS über glazifluviatilen Sanden im Detail (Profil ca. 1 km nordwestlich von Belling)

Fig. 7: Till cover with W2-till clast spectra overlying glaciofluvial sands in details (profile appr. 1 km northwestern of Belling)

Hy Dargitz 1/76 auf der Hochfläche westlich des Ochsenbruchs in fünf Proben zwischen 4 – 33 m ausschließlich W2-KGS identifiziert (KRIENKE 1976), womit auch der Befund der W2-KGS aus den OPAL-Proben bestätigt wurde. Ein hangender qw3 war in diesem Profil nicht nachweisbar. qw2- und qw3 sind im Raum Belling (Tab. 2) ähnlich ausgeglichen an NK und PK, unterscheiden sich aber anhand der höheren PS- und S-Gehalte im qw2 und den sich daraus ergebenden niedrigeren Werten des $(PK+D)/(S+PS)$ -Quotienten (RÜHBURG & KRIENKE 1977).

Nach der Querung des als „vermutet“ kartierten qw3R-Außenrandes (BREMER 2000), dessen Störungen in Kiesgruben im Raum Belling aufgeschlossen waren und als Beleg für einen spät-Rosenthaler Ückergletscher gedeutet wurden (SCHULZ 1965), verläuft die Trasse weiter nach N im Gebiet des Haffstausees. Dort sind unter weichselspätglazialen Beckensand (δas) und holozänen Bildungen vier W3-KGS ermittelt worden (Tab. 2). Dieser Befund stützt die durch ältere Kartierarbeiten vermutete Grenzziehung zwischen qw2 und qw3 ebenso wie die aktuellen Geländeaufnahmen an der OPAL-Trasse. Die guten Aufschlussverhältnisse der OPAL zeigen für den kartierten qw3R-Sander westlich von Belling ein von den bisherigen genetischen Deutungen abweichendes

Lage/ Einstufung nach KGS	Mittelwert in %							n	Quotienten		
	NK	PK	PS	D	F	S	MK		NK/PK	(PK+D)/ S	(PK+D)/ (S+PS)
W2 über/neben qw3R-Sanden (?)	35,3	33,9	8,0	0,5	1,4	13,5	4,6	5	1,0	2,5	1,6
W3 Haffstausee	38,3	35,5	2,1	0,8	3,6	9,0	5,7	4	1,1	4,0	3,3

Tab. 2: Mittelwerte der Kleingeschiebegruppen in % und petrographische Quotienten im Raum Belling-Jatznick (vom Durchschnitt abweichend hohe Werte fettgedruckt, geringe Werte kursiv; Kürzel vgl. Tab. 1)

Tab. 2: Arithmetic average of gravel clast composition in % and petrographic quotients in qw3R-area of Belling-Jatznick (abnormal high-ranking data in bold and low-ranking data in cursive notation; acronyms see tab. 1)

Bild. Offensichtlich treten unterschiedlich alte diamiktische Sedimente (qw2 und qw3) hier häufiger auf, als nach den Ergebnissen der geologischen Kartierung zu erwarten war.

Derartige, den qw3 charakterisierende KGZ-Ergebnisse sowie die Aufschlüsse aus dem Raum Belling trugen zur Akzeptanz des „W3“ (heute qw3) als eigenständiges „Mecklenburger Stadium“ (heute Mecklenburg-Phase) bei (EIERMANN 1984). Diese Befunde führten zur Aufnahme in den Stratigraphie-Standard der DDR (TGL 25234, 1981) und manifestierten so eine Dreiteilung des Weichsel-Hochglazials in NE-Deutschland.

5.3 Die Durchragung im Haffstausee bei Ferdinandshof-Heinrichsruh (UG-3)

Das UG-3 liegt im weichselspätglazialen Haffstauseegebiet nordöstlich der Rosenthaler Randlage und der in ihrem Vorland ausgeschürften Friedländer Großen Wiese mit dem Galenbecker See. Etwa zwischen Heinrichsruh und Ferdinandshof führt die OPAL-Trasse über eine aus den Haffstauseesedimenten herausragende Grundmoräneninsel, für welche fünf KGZ vorliegen. Nördlich dieser Aufragung, in Richtung Altwigshagen, konnten weitere, unter holozänem Torf und weichselspätglazialen Beckensand des Haffstausees entnommene Proben analysiert werden. Die Unterschiede zwischen qw2-Till am südlichen Rand der Aufr-

gung und qw3-Till in ihrem Zentrum sowie nördlich davon sind deutlich: erhöhte MK-, PS- und S-Gehalte im qw2 und niedrigere PK-Werte als im qw3. Der Quotient (PK+D)/(S+PS) verdeutlicht die Differenzen zwischen qw2 und qw3 und erweist sich als brauchbar für ihre Trennung (Tab. 3).

Wegen der geringen Anzahl der Oberflächenproben wurden zum Vergleich KGZ-Ergebnisse aus Bohrprofilen auf der Moräneninsel angeführt, wobei auffällt, dass in den Tabellen 3 und 4 wenige W2-KGS-Werte vorhanden sind, daher für qw2 auch nur Zufallsbefunde darstellen können und nicht repräsentativ sind. Deutlich werden dagegen die Ähnlichkeiten zwischen qw3 und qs2. Die Unterschiede der W3-KGS-Werte aus den Trassenaufschlüssen (Tab. 3) und den Bohrproben (Tab. 4) sind vergleichsweise gering. Das S2-KGS aus den 15 – 20 m tiefer liegenden qs2-Tills zeichnet sich gegenüber dem W3-KGS durch höhere PK- und niedrigere S- und PS-Werte aus, was auch deutlich in den hohen Quotienten (PK+D)/S und (PK+D)/(S+PS) zum Ausdruck kommt.

Wie im UG-4 unterscheiden sich in den qw2- und qw3-Moränen die NK/PK-Werte nur unwesentlich, was in dieser Form für qw2 selten ist. Eine Erklärung dafür könnte in der Gletscherdynamik zu suchen sein: Schon die älteren Weichsel-Gletscher haben beim Tiefschurf bis in das Niveau des qs2 das Saale-Material aufgenommen. Der qw3-Gletscher hat aus nordöstlicher Richtung kommend das Becken der Friedländer Großen Wiese dann endgültig bis -14 m NHN

Lage/ Einstufung nach KGS	Mittelwert in %							n	Quotienten		
	NK	PK	PS	D	F	S	MK		NK/PK	(PK+D)/ S	(PK+D)/ (S+PS)
W3 (Ferdinandshof)	33,0	44,9	5,5	1,0	3,2	5,6	4,9	6	0,7	8,2	4,1
W2 (südlich Ferdinandshof)	29,2	35,5	9,3	0,7	1,3	10,6	10,6	2	0,8	3,4	1,8

Tab. 3: Mittelwerte der Kleingeschiebegruppen in % und petrographische Quotienten für die oberflächennahen Weichsel-Tills W3 und W2 im UG-3 im Raum Ferdinandshof-Heinrichsruh (vom Durchschnitt abweichend **hohe** Werte fettgedruckt, geringe Werte kursiv; Kürzel vgl. Tab. 1)

Tab. 3: Arithmetic average of gravel clast composition in % and petrographic quotients of W2- and W3-tills near Ferdinandshof-Heinrichsruh, investigation area UG-2 (abnormal high-ranking data in **bold** and low-ranking data in cursive notation; acronyms see tab. 1)

Einstufung nach KGS	Mittelwert in %							n	Quotienten		
	NK	PK	PS	D	F	S	MK		NK/PK	(PK+D)/ S	(PK+D)/ (S+PS)
W3	34,4	38,9	4,6	1,9	2,3	8,6	2,7	9	0,9	4,7	3,1
W2	36,2	34,8	8,1	1,3	2,8	10,7	3,7	3	1,0	3,4	1,9
S2	35,9	42,6	3,6	2,9	2,0	6,7	3,9	12	0,8	6,8	4,3

Tab. 4: Vergleich der Kleingeschiebegruppen in % und petrographischen Quotienten von W3-, W2- und S2-Tills aus Bohrungen (LBDS, TK 2349, 2012) in Trassennähe (vom Durchschnitt abweichend **hohe** Werte fettgedruckt, geringe Werte kursiv; Kürzel vgl. Tab. 1)

Tab. 4: Comparison of arithmetic average of gravel clast composition in % and petrographic quotients of W3-, W2- and S2-tills from drillings near Ferdinandshof-Heinrichsruh (abnormal high-ranking data in **bold** and low-ranking data in cursive notation; acronyms see tab. 1)

(SCHULZ 1965) ausgeschürft und sich an den prä-existenden saalezeitlichen Brohm-Jatznicker Höhen (zuletzt KRIENKE 2003) festgefahren. Während der Exaration wurden die qw1- und qw2-Moränen weitgehend ausgeräumt und Material aller drei älteren Tills vom jüngsten weichselzeitlichen Gletschervorstoß aufgenommen. Wegen des relativ kurzen Transportweges ist damit zu rechnen, dass vielfach „unverdautes“ Material dieser älteren Ablagerungen im qw3, das originäre, eher baltisch geprägte W3-KGS beeinflussen kann (s. Abb. 8). Im qw3 indizieren überdurchschnittlich hohe PK-Werte von max. 51,5 % die zusätzliche lokale Anreicherung von PK aus aufgearbeitetem qs2-Material, was aber ebenso für die älteren Weichsel-Tills zutreffen dürfte, wie auch Tabelle 4 mit W2-KGS aus der der Trasse nahe gelegenen Bohrungen zeigt (LBDS-2349 2012). Deutlich ist andererseits die Übereinstimmung der relativ geringen MK-Werte zwischen qw3-Material aus den Bohrungen und von der Oberfläche. Von Pasewalk bis zur Haffstausee-Durchragung bei Ferdinandshof ist der qw2 durch ausgeglichene NK/PK-Verhältnisse gekennzeichnet, in Richtung Norden bis zur Ostsee tritt dann eine deutliche Veränderung zugunsten der NK-Gehalte ein. NK/PK-Werte > 1 in OPAL-Proben sind allerdings erst in der Nähe der Peenequerung nachweisbar. Bis dahin konnten nur W3-KGS mit einem Quotienten NK/PK < 1 festgestellt werden. Über eine derartige Distanz ist diese Änderung der NK/PK-Verhältnisse mit der lokalen Aufnahme älteren qs2-Materials aus dem Untergrund allein nur schwer erklärbar. Alternativ dazu erscheint dieser Wechsel aufgrund einer Änderung des Gletscherstromstrichs die plausible Deutung für dieses großräumige Phänomen zu sein.

4.4 Die Grundmoränenebene südlich des Peenetales bei Stolpe und die OPAL-Peenequerung (UG-4)

Das Gebiet unmittelbar südlich des von W nach E verlaufenden Peenetales, ca. 700 m östlich der Ortschaft Stolpe, ist durch eine relativ ebene Grundmoränenfläche geprägt. Bei der Ortschaft Stolpe wird das Peenetal sowohl im N als auch im S von Grundmoränenhochflächen um 15 m NHN umgrenzt. An der Oberfläche streicht Till des jüngsten weichselglazialen Eisvorstoßes am Talrand aus und wird hier ab ca. 10 m u. GOK von Sanden unterlagert. Im OPAL-Grabenauflschluss waren die oberen 3 – 5 m aufgeschlossen. Der an der Oberfläche verlehnte, obere braune Till ist bis in ca. 2 m Tiefe durch ein orthogonales Kluftsystem mit eng angeordneten Horizontalklüften strukturiert und geht nach S an seiner Basis in eine über mehrere Kilometer sichtbare Vergesellschaftung mit deformierten Sanden und Kiessanden über. Häufig sind diese Sande von zahlreichen Scherfugen durchzogen, die durch glazidynamische Beanspruchung im subglazialen Kontaktbereich zum Substratum angelegt wurden. Durch die glazidynamische Scherbelastung wurden auch Sandlinsen in den Till eingepresst. Lokal treten feinkörnige Sande und Schluffe auf, die als dislozierte Schollen durch den Eisvorschub in Richtung S bis SW zu Sandfahnen (clast and tail) im oberen Till ausgewalzt wurden. In der Deformationszone des Tills wurden unvollständig auf-

gearbeitete graue Klasten eines älteren Tills nachgewiesen (Abb. 8). Die Konsistenz dieser Tillklasten ist deutlich fester als die eher lockere Matrix des oberen braunen Tills. In einer bis zu 6 m tiefen Aufschlussgrube im Bereich der Peenequerung wurde bei 4,5 – 5 m u. GOK unter oberem Till und deformierten Kiessanden eine 0,2 – 0,5 m mächtige Steinsohle mit Geschieben bis 0,5 m angetroffen, die wiederum von einem mit diagonalen Scherklüften durchsetzten Till unterlagert wurde (s. Abb. 9). Die Geschiebesohle wurde nur hier am Südrand der Peeneniederung und nicht im angrenzenden Umland nachgewiesen. Es handelt sich vermutlich um eine inglaziale Geschiebeanreicherung, die durch lokal begrenzte glazidynamische Prozesse während der qw3-Vorstoßphase am Hang der prä-existenden Peenetalung (vgl. MENG et al. 2009) ausgebildet wurde. Die gla-



Abb. 9: Profil Stolpe, 4,5 – 5,5 m u. GOK: Steinsohle im unteren, mit Scherklüften und deformierten Sandlinsen durchsetzten Till

Fig. 9: Profile Stolpe, 4,5 – 5,5 m u. GOK: Boulder pavement in lower till layer within shear planes and deformed stray sand



Abb. 10: Profil Stolpe, 3,5 m u. GOK: Oberer brauner Till mit glazidynamisch deformierten Sandlinsen

Fig. 10: Profile Stolpe, 3,5 m u. GOK: Upper brownish till and glaciodynamically incorporated stray sand

zitektonische Beanspruchung am Südhang des Peenetales wurde auch durch zahlreiche Scherfugen im deformierten Till-Sandschollen-Komplex dokumentiert. Für die ca. 65° ($\pm 5^\circ$) nach ENE einfallenden Scherfugen wurde ein gemittelter Streichen von 165° ($\pm 10^\circ$, $n = 69$) ermittelt (vgl. BÖRNER et al. 2011). Die Vielzahl von Diagonalfugen im unteren Till und den gestauchten Sanden (Abb. 9 – 12) zeigen hier eine generelle Druckbeanspruchung aus Richtung ENE. Die genetische Zusammengehörigkeit dieses deformierten Till-Sandschollen-Komplexes mit dem oberen, mehr sandig ausgeprägten Tillhorizont wird auch durch drei KGZ mit relativ einheitlichem W3-KGS gestützt, obwohl die o. g. Steinsohle die tiefste von den beiden höheren Proben trennt. Auffällig war der hohe PK-Gehalt der unteren Probe (49,6 %), der augenscheinlich durch die nach unten abnehmenden Verwitterungseinflüsse bedingt ist.

Bei Stolpe quert die Trasse den Fluss Peene, was mit besonderem Aufwand für die Erkundung des Untergrundes verbunden war. Es wurden 14 Liner-Bohrungen bis 40 m abgeteuft, die qualitativ und quantitativ ausreichend gutes Probenmaterial aus 13 Bohrungen für 53 KGZ erbrachten. In der in der Flussmitte niedergebrachten Bohrung Ig Stp 8/007 wurden zwischen 23 und 25 m limnisch-fluviatile Ablagerungen des Eem-Interglazials angetroffen (MENG et al. 2009). Das durch paläontologische, sedimentologische sowie lithostratigraphische Untersuchungen abgesicherte, singuläre Eemvorkommen ist als biostratigraphischer Eichhorizont für die lithostratigraphische Einstufung der erbohrten Grundmoränen dieser Region von Bedeutung, weil vielfach „baltisch“ geprägte qw3-Tills ohne Zwischenmittel ebenfalls „baltische“ qs2-Tills überlagern und offenbar die älteren Weichsel-Moränen qw1 und qw2 nur reliktilsch vorhanden sind. Die Tabelle 5 zeigt die Hauptkomponenten mit den Mittelwerten der 53 KGZ der Peenequerung und deren lithostratigraphische Einstufung (in MENG et al. 2009, Abb. 2, S. 64). Wie im UG-3 lassen sich nur geringfügige Unterschiede zwischen dem weichselzeitlichen qw3 und dem saalezeitlichen qs2 erkennen. In den tiefsten Teilen des Tales liegt die Basis des qw3 ca. 20 m tiefer als unter den seitlichen Hochflächen und damit im Niveau der Oberflä-



Abb. 11: Profil Stolpe, 3,8 m u. GOK: Oberer brauner Till mit Scherfugen und rötlicher „Fahne“ eines glazidynamisch ausgewalzten Kristallingschiebes

Fig. 11: Profile Stolpe, 3,8 m u. GOK: Upper brownish till within shear planes and reddish trace of glaciodynamically milled magmatic clast



Abb. 12: Profil Stolpe: Oberer brauner Till über glazidynamisch deformierten Beckensanden und zerschertem deformiertem Till (Profilhöhe 3,3 m)

Fig. 12: Profile Stolpe: Upper brownish till within glaciodynamically deformed sands and sheared deformation till (profile basement 3,3 m)

Lage/ Einstufung nach KGS	Mittelwert in %							n	Quotienten		
	NK	PK	PS	D	F	S	MK		NK/PK	(PK+D)/ S	(PK+D)/ (S+PS)
W3	41,7	37,1	3,2	1,0	1,8	6,2	4,4	25	1,1	6,1	4,0
W2	38,2	33,0	8,2	0,5	1,0	11,3	4,4	4	1,2	3,0	1,7
S2	47,7	34,5	1,8	1,2	2,1	5,4	4,8	9	1,4	6,5	5,0
S1	46,5	25,8	3,0	0,4	4,9	8,9	7,1	15	1,8	2,9	2,2

Tab. 5: Kleingeschiebegruppen in % und petrographische Quotienten von weichselzeitlichen (W3, W2) und saalezeitlichen (S2, S1) Tills aus 13 Liner-Bohrungen für die OPAL-Peenequerung (vgl. MENG et al. 2009) nahe Stolpe (vom Durchschnitt abweichend hohe Werte fettgedruckt, geringe Werte kursiv; Kürzel vgl. Tab. 1)

Tab. 5: Comparison of arithmetic average of gravel clast composition in % and petrographic quotients of Weichselian (W3, W2) and Saalian (S2, S1) tills from 13 engineering drillings from OPAL traverse of Peene valley near Stolpe (see MENG et al. 2009; abnormal high-ranking data in bold and low-ranking data in cursive notation; acronyms see tab. 1)

Einstufung nach KGS	Mittelwert in %							n	Quotienten		
	NK	PK	PS	D	F	S	MK		NK/PK	(PK+D)/S	(PK+D)/(S+PS)
W3	35,7	39,2	4,6	0,5	2,1	8,5	6,5	10	0,9	4,7	3,0
W2	37,0	26,1	9,0	0	2,0	13,2	7,7	2	1,4	2,0	1,2

Tab. 6: Kleingeschiebegruppen in % und petrographische Quotienten für W3- und W2-Tills im UG-4 der OPAL-Trasse (vom Durchschnitt abweichend hohe Werte fettgedruckt, geringe Werte kursiv; Kürzel vgl. Tab. 1)

Tab. 6: Arithmetic average of gravel clast composition in % and petrographic quotients of W2- and W3-tills from OPAL (UG-4; abnormal high-ranking data in bold and low-ranking data in cursive notation; acronyms see tab. 1)

che des qs2, so dass hier ohne biostratigraphischen Marker auch das Kriterium Lagerungsverhältnisse zur Unterscheidung versagt hätte. Auffallend in den Bohrproben aller vier Tillhorizonte sind die gegenüber den oberflächennah entnommenen Aufschluss-Proben deutlich überrepräsentierten NK-Gehalte, die wahrscheinlich durch das Bohrverfahren verursacht werden. Der überhöhte NK-Gehalt verschleiert so den „baltischen“ Charakter, der für die Oberflächenproben aus dem qw3 deutlicher wird (Tab. 6).

In beiden OPAL-Probenreihen sind W3- und W2-KGS anhand ihrer S- und PS-Gehalte unterscheidbar: qw2-Material ist hier sowohl an der Oberfläche mit lateraler Verbreitung als auch in den Ig-Bohrungen der Peenequerung (Tab. 5) und weiteren Bohrprofilen in Trassennähe festgestellt worden, wobei es sich in den vertikalen Bohrprofilen meistens um Einzelproben handelt.

5.5 Die Moränenlandschaft im Bereich der Velgaster Staffel zwischen Moeckowberg-Lubmin (UG-5)

Im UG-5 verläuft die OPAL-Trasse zwischen Lubmin im N und nahe Lühhannsdorf im S. Sie quert dabei westlich Wolgast die Velgaster Randlage (qw3V) sowie deren Sander und erreicht bei Wrangelsburg die südlich anschließende Hochfläche. Die Mittelwerte der 20 auswertbaren KGZ (Tab. 7) zeigen für die beiden qw2- und qw3-Moränen die deutlichsten Unterschiede in den Gehalten der PK und S bei konstanten Werten für NK.

Im qw3 überwiegen die PK die NK, so dass häufig $NK < PK$ ist, während im qw2 deutlich weniger PK als NK fest-

gestellt wurden und das Verhältnis sich daher umkehrt. Die Anzahl der Sandsteine ist im qw2 fast doppelt so hoch wie im qw3. Daraus ergibt sich, dass auch im UG-5 der Quotient aus $(PK+D)/(S+PS)$ im qw3 fast immer > 2 und im qw2 < 2 und damit regional anwendbar für die Unterscheidung beider Moränen ist. Die 15 Proben aus dem qw3 zeigen keine größeren Abweichungen voneinander, obwohl 13 von ihnen im nördlichen Rückland der Velgaster Randlage und zwei südlich der Randlage unter deren Sander entnommen wurden. Die Gleichförmigkeit der W3-KGS über die Randlage hinweg spricht gegen eine eigene Grundmoräne der Velgaster Randlage. Die Mächtigkeiten der qw3-Grundmoräne erreichen in den der Trasse nächstgelegenen Bohrprofilen 13 m (Hy KIBu 2/009, MÜLLER 2009), wobei qw3-Till in diesem Profil einen 12 m mächtigen qw2-Till überlagert.

Die fünf KGZ aus qw2 entstammen sowohl dem Sandergebiet als auch der südlich anschließenden Hochfläche mit dem Moeckower Berg. Im weiteren Tassenverlauf bis zur Peene im S steht fast durchgehend qw3 an der Oberfläche an, der mit Annäherung an einzelne morphologische Vollformen ausdünn. Diese schwachen, die Umgebung ca. 10 m überragenden morphologischen Vollformen nördlich Groß Bünzow (Vierberg, Bömitzer Berg), die auf der GK 25: 2047 (EIERMANN & LANGER 1962) als Endmoränen-Bildungen ausgehalten werden, bestehen nach fünf durchgeführten KGZ aus W2-Material. Wie am Moeckower Berg, wo in der Bohrung UG Moe 1/007 zwischen 0 – 33 m qw2 nachgewiesen wurde (MÜLLER 2007), werden auch hier die OPAL-Analysen durch das Bohrprofil der Hy KIBu 1/77 (BULL 1977) ca. 750 m südöstlich des Vierberges in Groß Bünzow bestätigt, in dem ebenfalls unterhalb der Gelän-

Einstufung nach KGS	Mittelwert in %							n	Quotienten		
	NK	PK	PS	D	F	S	MK		NK/PK	(PK+D)/S	(PK+D)/(S+PS)
W3	38,6	41,0	5,2	0,2	1,1	7,6	3,9	15	0,9	5,4	3,2
W2	38,1	28,9	7,6	0,3	2,1	14,9	9,8	5	1,3	2,0	1,3

Tab. 7: Kleingeschiebegruppen in % und petrographische Quotienten für W3- und W2-Tills im UG-5 der OPAL-Trasse (vom Durchschnitt abweichend hohe Werte fettgedruckt, geringe Werte kursiv; Kürzel vgl. Tab. 1)

Tab. 7: Arithmetic average of gravel clast composition in % and petrographic quotients of W2- and W3-tills from OPAL (UG-5; abnormal high-ranking data in bold and low-ranking data in cursive notation; acronyms see tab. 1)

deoberfläche 33 m qw2 über qs2 angetroffen wurde. Bei den genannten Vollformen handelt es sich um ältere, vermutlich aufgestauchte Durchragungen, die nicht von einer qw3-Moräne bedeckt sind.

In dem an der Oberfläche anstehenden Till dieses Gebietes nahe der Velgaster Randlage (qw3V) wurden häufig Lagen einer roten Matrix angetroffen, die zuerst als rote Bänderung innerhalb der stationären Abschmelzphase des letzten Eisvorstoßes interpretiert wurde. Mehrere Detailaufnahmen dieser auffälligen Strukturen zeigten, dass diese „rote Bänderung“ in geschiebereichen Scherklüften durch glazidynamisches Auswalzen zersetzter rötlicher Geschiebe (vorran-

gig rote Sandsteine) gebildet wurden (s. Abb. 13 und 14). Da diese Scherkörper vor allem im direkten Rückland der Velgaster Randlage bei Kühlenhagen dokumentiert wurden, könnten sie als wichtiger Beleg für eine letzte kurze aktive Transgressionsphase oder als Oszillationsphase des Eises im quasistationären Gleichgewicht in dieser Region gedeutet werden, die letztlich zur Akkumulation der Velgaster Randlage (s. Abb. 1: qw3V) führte. Dieser rote ostbaltische Till kann auch ein Hinweis auf inglaziale Eisströme sein (MEYER 2012).

Zusammenfassung

Die für weichselglaziale Moränen untypischen „baltischen“ Kleingeschiebespektren (KGS) sind neben ihrem Habitus das Hauptmerkmal der Grundmoräne der Mecklenburg-Phase (qw3) des Weichsel-Glazials. Kleingeschiebezählungen (KGZ) parallel zur polnisch-deutschen Grenze über mehr als 100 km N–S-Erstreckung erlauben eine genauere Charakterisierung der Geschiebeinhalte sowie der lateralen Verbreitung des qw3. Die seit HESEMANN (1932) bekannte Vormacht ostfennoskandischer Geschiebe im Moränenmaterial der Rosenthaler und Velgaster Randlagen wird durch die KGZ aus der OPAL-Trasse bestätigt. Die einheitliche qw3-Moräne reicht danach durchgehend von der Ostsee bis nach Pasewalk, wobei ihre „baltischen“ Geschiebespektren nur graduelle Veränderungen zwischen Norden (UG 3-5) und Süden (UG 1-2) aufweisen. Einzelne ältere qw2-Komplexe, charakterisiert durch ihren deutlich anderen Geschiebebestand aus westlicheren Regionen Skandinaviens mit höheren Gehalten an Sandsteinen und Paläozoischen Schiefern, durchragen lokal die qw3-Ablagerungen.

Südlich Pasewalk steht im qw2-Verbreitungsgebiet Tillmaterial mit W3-KGS an, zu dessen Verifizierung die Ergebnisse der lithostratigraphischen Untersuchungen an OPAL-Proben in Brandenburg abgewartet werden müssen. Für die Trennung von qw2 und qw3 ist der Quotient $(PK+D)/(S+PS)$ gut geeignet. Eine Unterscheidung zwischen qs2 und qw3 anhand ihrer Spektren ist ohne biostratigraphische Markerhorizonte und die Kenntnis der Lagerungsverhältnisse nicht möglich. Die gleiche „baltische“ Prägung indiziert, dass qw3- wie qs2 die jüngsten Eisvorstöße ihrer Glaziale repräsentieren.

Summary

The OPAL pipeline project crossed Western Pomerania in a 105 km long and 3,5 – 5,0 m deep trench between Lubmin in N to S of Pasewalk. The pipeline trench gave excellent insights into the uppermost Quaternary sections. For a research project about till gravel composition of uppermost till the geological survey took 152 samples in short distance (< 1 km) for petrographical analysis of small gravel till clasts using standard TGL 25232 (1971, 1980). The majority of samples from upper till contains



Abb. 13: Profil Kühlenhagen, 1,5 m u. GOK: Oberer entkalkter Till mit Lagen roter Matrix, die durch glazidynamisches Auswalzen von zersetzten roten Geschieben entstanden.

Fig. 13: Profile Kühlenhagen, 1,5 m u. GOK: Upper brownish till within layers of reddish matrix, caused by glaciodynamically shearing and milling of decayed red boulders.



Abb. 14: Profil Kühlenhagen, 1,5 m u. GOK: Oberer entkalkter Till mit Lagen roter Matrix, im Detail

Fig. 14: Profile Kühlenhagen, 1,5 m u. GOK: Upper brownish till within layers of reddish matrix, in details

are dominated by clasts from eastern baltic region (PK and D) with minor contents of petrographical groups S and PS, whose representing a typical clast composition (CC) of further MIS 2 tills of Weichselian glaciation qw1 and qw2. Such typical W2-CC were identified in investigation areas near Belling (UG-2) and Moeckow (UG-5), where in some local exposed locations older Weichselian deposits stick out of the qw3 till cover. The evidence of wide distributed W3-CC in Western Pomerania region confirms the baltic origin of uppermost Weichselian tills, which were described in several publications by RÜHBERG & KRIENKE (1977). The numerous evidence of deformation structures shear planes in deformation tills and rafting sand deposits (cf. UG-4 and Fig. 9 – 14) shows an ice pressure direction E–W and NE–SW, which is in good agreement to ‘baltic’ W3-CC of tills from youngest Weichselian ice advance in NE-Germany. The petrographical quotient (PK+D)/(S+PS) (introduced by RÜHBERG 1987) shows the best results for petrographical separation of W3-CC from other Saalian and Weichselian tills. Documented examples comprehend the ‘baltic’ W3-CC is the most distributed clast composition of morainic deposits in Western Pomerania. The geological mapping of the OPAL-trench helps to improve the knowledge of the near-surface geology, especially the lithological succession and glaciotectonical deformation structures of the late Weichselian. Detailed investigations of selected pipeline sections gave important facts about type and age of processes that determine landscape evolution.

Danksagung

Die WINGAS GmbH & Co. KG unterstützte die geowissenschaftlichen Arbeiten in Begleitung des Trassenprojektes nicht nur durch die Erlaubnis der regelmäßigen Aufschlussbefahrung, sondern förderte das Kartierungsprojekt zusätzlich mit einem Projektmittelfond, wofür dem Unternehmen und insbesondere den Herren Rainer Magde und Holger Illian gedankt wird. Die Autoren möchten auch allen weiteren, bei der Kartierung der Erdgastrasse aktiven Kolleginnen und Kollegen aus dem Geologischen Dienst, insbesondere Frau Karin Schätzchen, Herrn Karsten Schütze, Herrn Hans-Werner Lübcke für die Unterstützung bei der Probennahme und Herrn Jürgen Nilson für die zeitnahe Probenaufbereitung danken. Für die Unterstützung und Genehmigung der Geländearbeiten wird dem Leiter des Geologischen Dienstes, Herrn Prof. Ralf-Otto Niedermeyer gedankt.

Literatur

BÖRNER, A., JANKE, W., LAMPE, R., LORENZ, S., OBST, K. & K. SCHÜTZE (2011): Geowissenschaftliche Untersuchungen an der OPAL-Trasse in Mecklenburg-Vorpommern – Geländearbeiten und erste Ergebnisse. – Brandenburg. Geowiss. Beitr. **18**, 1/2, S. 9 – 28, Cottbus

- BREMER, F. (2000): Geologische Übersichtskarte von Mecklenburg-Vorpommern 1 : 500 000. – LUNG Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow
- BREMER, F. (2004): Glaziale Morphologie. – In: KATZUNG, G. (Hrsg.): Geologie von Mecklenburg-Vorpommern. – S. 284 – 291, Stuttgart
- BREMER, F. & E. STREHL (1998): Geologische Karte von Mecklenburg-Vorpommern 1 : 25 000, Blatt 2431 Zarrentin. – GLA Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin
- BULL, A. (1973): Aufnahme und lithostratigraphische Einstufung (KGZ) der hydrogeologischen Bohrung Hy Belling 1/73, TK 2449. – Bericht Geologische Forschung und Erkundung, Schwerin (unveröff.)
- BULL, A. (1977): Aufnahme und lithostratigraphische Einstufung (KGZ) der hydrogeologischen Bohrung Hy Klein Bünzow 1/77, TK 2247. – Bericht Geologische Forschung und Erkundung Nord, Schwerin (unveröff.)
- CEPEK, A. G. (1965): Stratigraphie der quartären Ablagerungen des Norddeutschen Tieflandes. – In: GELLERT, F. (Hrsg.): Die Weichsel-Eiszeit im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. – S. 45 – 65, Berlin
- CEPEK, A. G. (1973): Zur stratigraphischen Interpretation des Quartärs der Stoltera bei Warnemünde nach neuen Geschiebeanalysen. – Z. geol. Wiss. **1**, S. 1155 – 1171, Berlin
- EIERMANN, J. (1984): Ein zeitliches, räumliches und genetisches Modell zur Erklärung der Sedimente und Reliefformen im Pleistozän. – Umweltforschung zur Analyse und Diagnose der Landschaft, S. 169 – 183, Gotha
- EIERMANN, J. & H. LANGER (1962): GK 25: 2047-Züssow, Geologische Karte 1 : 25 000 für die Karte der an der Oberfläche anstehenden Bildungen im Maßstab 1 : 100 000. – Geologische Forschung und Erkundung Nord, Schwerin (unveröff.)
- ELBERT, J. (1907): Die Entwicklung des Bodenreliefs von Vorpommern und Rügen sowie in den angrenzenden Gebieten der Uckermark und Mecklenburgs während der letzten diluvialen Vereisung. – Jahresberichte der Geographischen Gesellschaft Greifswald **10**, S. 161 – 221, Greifswald
- HESEMANN, J. (1932): Zur Geschiebeführung und Geologie des Odergletschers. 1. Äußere Rosenthaler und Velgaster Randlage. – Jahrbuch der Preußischen Landesanstalt **53**, S. 70 – 84, Berlin
- JANKE, W. (1978): Schema der spät- und postglazialen Entwicklung der Talungen der spätglazialen Haffstauseeabflüsse. – Wiss. Z. d. E.M.A.-Universität, Math. nat. Reihe **1**, S. 39 – 41, Greifswald

- JANKE, W. (1992): Ausgewählte Aspekte der jungweichselzeitlichen Entwicklung in Vorpommern. – In: BILLWITZ, K., JÄGER, D. & W. JANKE [Hrsg.]: Jungquartäre Landschaftsräume. Aktuelle Forschungen zwischen Atlantik und Tienschan. – S. 3 – 15, Berlin
- KEILHACK, K. (1899): Die Stillstandslagen des letzten Inlandeises und die hydrographische Entwicklung des Pommerschen Küstengebietes. – Jahrbuch der Preußischen Geologischen Landesanstalt **19**, S. 90 – 152, Berlin
- KLIEWE, H. & W. JANKE (1972): Verlauf und System der Marginalzonen der letzten Vereisung auf dem Territorium der DDR. – Wiss. Z. d. Univ. Greifswald, math.-nat. R. **21**, 1, S. 31 – 37, Greifswald
- KRIENKE, H.-D. (1976): Lithostratigraphische Einstufung (KGZ) der hydrogeologischen Bohrung Hy Dargitz 1/76 - Bohrungsaufnahme A. BULL, TK 2449. – VEB Geologische Erkundung Nord, Schwerin (unveröff.)
- KRIENKE, H.-D. (1977): Zählprotokoll der Kleingeschiebeanalyse zur Probe AS nördlich Schönfeld. – VEB Geologische Erkundung Nord, Schwerin (unveröff.)
- KRIENKE, H.-D. (2001): Karte der quartären Bildungen – Oberfläche bis fünf Meter Tiefe 1 : 200 000, Blatt Neubrandenburg/Torgelow. – LUNG Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow
- KRIENKE, H.-D. (2003): Neue Ergebnisse zu den Lagerungsverhältnissen des Quartärs im Stauchmoränenkomplex der Rosenthaler Staffel bei Jatznick. – Neubrandenburger Geologische Beiträge **3**, S. 29 – 34, Neubrandenburg
- LBDS-2349 (2012): Landesbohrdatenspeicher Geologie Mecklenburg-Vorpommern-Auszug TK 25: 2349. Archivnummer/Bohrung/KGZ-AUTOR: 45/Hy (Kb) Fedi 3/960/ KRIENKE, 118/Hy Fedi 5/960/KRIENKE, 137/Hy Whmg 1/72/KRIENKE, 145/Hy LueUe 1/75/KRIENKE, 148/Hy Whmg 3/75/KRIENKE, 166/Hy Hru 1/79/KRIENKE, 169/Hy Fedi 4/79/KRIENKE). – Güstrow
- LANGER, H. & W. SCHULZ (1971): Karte der an der Oberfläche anstehenden Bildungen 1 : 100 000, Einheitsblatt 22 (Greifswald). – Berlin
- LIPPSTREU, L., BROSE, F. & J. MARCINEK (1995): Brandenburg – Stratigraphische Abfolge und Schichtenfolge. – In: BENDA, L. (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands. – S. 119 – 147, Berlin, Stuttgart
- LITT, T., BEHRE, K.-E., MEYER, K.-D., STEPHAN, H.-J. & S. WANSA (2007): Stratigraphische Begriffe für das Quartär des nordischen Vereisungsgebietes. – Eiszeitalter und Gegenwart (Quaternary Science Journal) **56**, 1-2, S. 7 – 65, Stuttgart
- LUDWIG, A. O. (1964): Stratigraphische Untersuchung des Pleistozäns der Ostseeküste von der Lübecker Bucht bis Rügen. – Geologie **13**, Beiheft 42, S. 1 – 143, Berlin
- MENG, S., BÖRNER, A., STRAHL, J. & H. U. THIEKE (2009): Bio- und lithostratigraphische Untersuchungen an fluviolimnischen Sedimenten aus dem Eem-Interglazial im unteren Peenetal (NO-Deutschland). – Brandenburg. geowiss. Beitr. **16**, 1-2, S. 63 – 78, Cottbus
- MEYER, K.-D. (2012): Åland-Geschiebe in mittelalterlichen Kirchen Dänemarks und Norddeutschlands – Indikatoren für Paläo-Eisströme. – Geschiebekunde aktuell **28**, 3-4, S. 69 – 92, Greifswald
- MÜLLER, U. (2007): Bericht über die Stratifizierung der Bohrung UG Moeckow 1/007 anhand von Kleingeschiebeanalysen. – Bericht LUNG M-V, 4 S., Güstrow (unveröff.)
- MÜLLER, U. (2009): Lithostratigraphische Einstufung (KGZ) der hydrogeologischen Bohrung Hy Klein Bünzow 2/009. TK: 2047. – Bericht LUNG M-V, Güstrow (unveröff.)
- RÜHBERG, N. (1987): Die Grundmoräne des jüngsten Weichselvorstoßes im Gebiet der DDR. – Z. geol. Wiss. **15**, 6, S. 759 – 767, Berlin
- RÜHBERG, N. (1999): Über den Wert der Kleingeschiebezählungen (KGZ). – Geschiebekunde aktuell **15**, 3, S. 87 – 100, Hamburg
- RÜHBERG, N. & H.-D. KRIENKE (1977): Zur Geschiebeführung der Weichselgrundmoräne im westlichen Odermündungsgebiet. – Z. geol. Wiss. **5**, 6, S. 805 – 813, Berlin
- RÜHBERG N., SCHULZ, W., BÜLOW, W. v., MÜLLER, U., KRIENKE, H.-D., BREMER, F. & T. DANN (1995): Mecklenburg-Vorpommern. – In: BENDA, L. (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands. – S. 99 – 105, Berlin, Stuttgart
- SCHÄTZCHEN, K. (2009): Aufnahme der ingenieurgeologischen Bohrungen Ig Psw 1/009 & Ig Psw 2/009 zur Querung der OPAL-Gaspipeline. – Aufnahmebericht LUNG M-V, 2 S., Güstrow (unveröff.)
- SCHNEYER, B. (1964): Aufnahmebericht zur Geologischen Übersichtskartierung 1 : 100 000: Blätter 2248-Ducherow, 2247-Spantekow, 2147-Medow. – Geologische Karte 1 : 25 000 für die Karte der an der Oberfläche anstehenden Bildungen im Maßstab 1 : 100 000, VEB Geologische Erkundung Nord, 48 S., 4 Anl., Schwerin
- SCHULZ, W. (1965): Die Stauchmoräne der Rosenthaler Staffel zwischen Jatznick und Brohm in Mecklenburg und ihre Beziehung zum Helpter Berg. – Geologie **14**, 5-6, S. 564 – 588, Berlin

- SCHULZ, W. (1971): Die quartärgeologische Kartierung in den Bezirken Rostock, Schwerin und Neubrandenburg bis zum Jahre 1967. – *Petermanns Geograph. Mitt.* **115**, 4, S. 307 – 315, Gotha
- STEPHAN, H.-J. (2001): The Young Baltic advance in the western Baltic depression. – *Geological Quarterly* **45**, 4, S. 359 – 363, Warszawa
- TGL 25 232 (1971): Fachbereichsstandard Geologie - Analyse des Geschiebebestandes quartärer Grundmoränen. – Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- TGL 25232/ 01-05 (1980): Fachbereichsstandard Geologie, Analyse des Geschiebebestandes quartärer Grundmoränen. – Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- TGL 25234 (1981): Fachbereichsstandard Stratigraphische Skala der DDR, Quartär. – Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- WENNBERG, G. (1949): Differentialrörelser i Inlandsisen sista Istiden i Danmark, Skåne och Östersjön. – *Medd. Lunds Geol. Miner. Inst.* **114**, S. 1 – 201, Lund
- WOLDTSTEDT, P. (1938): Über Vorstoß- und Rückzugsfronten des Inlandeises in Norddeutschland. – *Geol. Rundschau* **29**, S. 482 – 490, Stuttgart

Anschrift der Autoren:

Dr. Andreas Börner
Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Goldberger Str. 12
18273 Güstrow
andreas.boerner@lung.mv-regierung.de

Dipl. Geol. Ulrich Müller
Bleicherstr. 42
19053 Schwerin
umschwerin@t-online.de