

Neubewertung der geomorphologischen Entwicklung der Umgebung des Rangsdorfer Sees

CHRISTOPHER LÜTHGENS & MARGOT BÖSE ^{*)}

Kurzfassung: Für eine Neubewertung der geomorphologischen Entwicklung der Umgebung des Rangsdorfer Sees wurde eine Strategie entwickelt, die die technischen Analysemöglichkeiten eines GIS mit der geomorphologischen Arbeit im Gelände kombiniert.

Die digitale Aufarbeitung von geologischen und topographischen Karten verschiedenen Alters bildet die Datengrundlage für die Arbeit im GIS. Im Zentrum stand hierbei die Aktualisierung der Preußischen Geologischen Karten aus dem ausgehenden 19. Jahrhundert. Nach der Verschneidung dieser Daten mit einem eigens erstellten DGM konnte ein vorläufiges Modell zur geomorphologischen Entwicklung mit folgenden wesentlichen Punkten erstellt werden: Ein durch saalezeitliche Stauchungskomplexe vorgeprägtes Ausgangsrelief unterliegt weichselzeitlich einer intensiven Zerschneidung durch subglaziale Schmelzwässer. Im Zuge der Eisfreiwerdung kommt es zu subaerischen Abflüssen mit vorwiegend akkumulierender Wirkung und damit in den Rinnenbereichen zur Verschüttung großer Mengen an Toteis, deren späteres Austauen zur Entstehung einer ausgedehnten Seenlandschaft führt. Im Spätglazial werden Dünen aufgeweht. Im Holozän dominieren akkumulative Prozesse, was eine Nivellierung des Reliefs zur Folge hat.

Bei der Verifizierung dieses Modells mit Hilfe von Geländearbeiten zeigte sich, dass die saalezeitliche Vorprägung des Reliefs von noch größerer Bedeutung ist als zunächst angenommen: Sowohl die Vollformen als auch die Tiefenlinien waren bereits saalezeitlich angelegt. Für das Weichsel-Glazial konnte die auf den Hochflächen vorwiegend glazial-erosive und im Bereich der Niederungen vorwiegend glazial-akkumulative Prägung bestätigt werden.

[Reassessment of the geological development of the Rangsdorf lake area]

Abstract: In order to reassess the geomorphologic development of the Rangsdorf lake area a strategy combining the technical potentials of a GIS with geomorphologic fieldwork was developed.

As a basis for the GIS-analysis topographic and geologic maps of different age were digitally processed. The main focus was on updating the Prussian Geological Maps from the 19th century. After the combination with a specially developed DEM, a preliminary model of the geomorphologic development was constructed: In Weichselian time subglacial meltwater deeply incised into a push-morainic area of Saalian age, creating a braided system of meltwater channels. In the course of the meltdown of the ice subaeric meltwater runoff and with it accumulative processes set in. Large masses of dead ice were buried especially within the overdeepened meltwater channels. Later, as the dead ice started to melt a broad lake system evolved. Dunes were formed in lateglacial time. The Holocene was dominated by accumulative processes which caused a relative levelling of the relief.

In the course of the verification of that model by fieldwork it became clear that the Saalian formation is of even greater meaning than assumed before: Not only full forms but also channels originate from Saalian time. The predominance of glacially-erosive processes on the till plains and glacially-accumulative processes within the meltwater channels throughout the Weichselian Glaciation was supported by the field evidence.

Keywords: Weichselian Glaciation, Saalian Glaciation, geomorphological mapping, Brandenburg, Rangsdorfer See

* Anschrift der Verfasser: C. LÜTHGENS, Prof. Dr. M. BÖSE, Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften, Institut für Geographische Wissenschaften, Physische Geographie, Malteserstraße 74-100, D-12249 Berlin, cluethg@geog.fu-berlin.de, mboese@geog.fu-berlin.de

1 Einführung

Die geomorphologischen Untersuchungen zur Umgebung des ca. 10 km südlich der Berliner Stadtgrenze gelegenen Rangsdorfer Sees betreffen ein Gebiet, dessen glazialmorphologische Genese hinsichtlich des Verlaufs der Brandenburger Eisrandlage, deren Bedeutung als Grenze der Maximalvereisung und insbesondere die umstrittene Gliederung der Rückzugsstufen zwischen Brandenburger und Frankfurter Eisrandlage bisher kontrovers diskutiert werden.

Problemstellung

Ziel dieser Arbeit ist die Erarbeitung eines Modells zur pleistozänen Geomorphogenese des Untersuchungsgebietes. Ausgehend von der erstmaligen glazialen Überformung des präquartären Untergrundes in der Elster-Eiszeit liegt der Schwerpunkt der Untersuchungen auf den glazialen und glazifluvialen Entwicklungen der Saale- und Weichsel-Eiszeit. Können im Bereich des Untersuchungsgebietes weichselzeitliche Eisrandbildungen (im Rahmen einer Rückzugsstufe zwischen Brandenburger und Frankfurter Eisrandlage) nachgewiesen werden? Inwieweit hatten präweichselzeitliche Entwicklungen Anteil an der Genese des rezenten Reliefs und welchen Anteil hatte die Formenwirksamkeit des weichselzeitlichen Eises? Die Möglichkeit der präweichselzeitlichen Anlage ist auch in Hinsicht auf die glazifluviale Prägung des Untersuchungsgebietes zu überprüfen. Der Einfluss der unterschiedlichen toteisbedingten Prozesse (formengebend aber auch konservierend) auf die Reliefgenese des Untersuchungsgebietes ist zu klären. Hierbei ist insbesondere auch auf die Genese der Seebecken im Bereich glazialer Rinnen einzugehen. Hinsichtlich der periglaziären und äolischen Überformung des Untersuchungsgebietes nach der Eisfreiwerdung bis ins frühe Holozän liegt der Schwerpunkt auf der Betrachtung periglazialer Talbildungsprozesse und der Bildung von Altdünen. Die spätere holozäne Geomorphogenese des Untersuchungsgebietes wird im

Rahmen dieser Arbeit nur am Rande thematisiert. Von größerem Interesse ist sie jedoch dann, wenn sie Rückschlüsse auf die frühere Entwicklung zulässt.

Methodisches Konzept

Zunächst wurde mit Hilfe einer GIS-gestützten geomorphologischen Analyse ein vorläufiges Genesemodell des Untersuchungsgebietes erstellt. Die Validierung dieses Modells erfolgte dann mit Hilfe von geomorphologischer Arbeit im Gelände. Nach den geomorphologischen Fragen ist diese methodische Komponente als weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit hervorzuheben.

Die auf der Basis der Methodik für die Erstellung geomorphologischer Detailkarten (LESER & STÄBLEIN 1975; DEMEK 1976) für diese Arbeit entwickelte Vorgehensweise ist in folgende Schritte untergliedert:

- Auswahl und Abgrenzung eines der Zielstellung dienlichen Arbeitsgebietes als Basis für spätere Analysen und Interpretationen,
- Zusammenfassung des Forschungsstandes,
- Recherche, Aufbereitung und Digitalisierung der verschiedenen Datengrundlagen und deren Analyse in einem geographischen Informationssystem (GIS),
- Geländearbeiten zur Validierung des mit Hilfe der GIS-gestützten Analysen erstellten Modells,
- Neubewertung der geomorphologischen Entwicklung der Umgebung des Rangsdorfer Sees in Form einer Synthese der Ergebnisse aus den beiden vorangegangenen Arbeitsschritten.

Lage und Gliederung des Untersuchungsgebietes

Die Größe des Untersuchungsgebietes beträgt knapp 100 km². Großflächig betrachtet liegen die Höhen im Untersuchungsgebiet zwischen 37 m ü. NN und 45 m ü. NN. Die aus den Flächen herausragenden Kuppen erreichen im Schnitt Höhen von 50 bis 60 m ü. NN. Die höchsten Höhen erreichen der Weinberg am Nordrand der

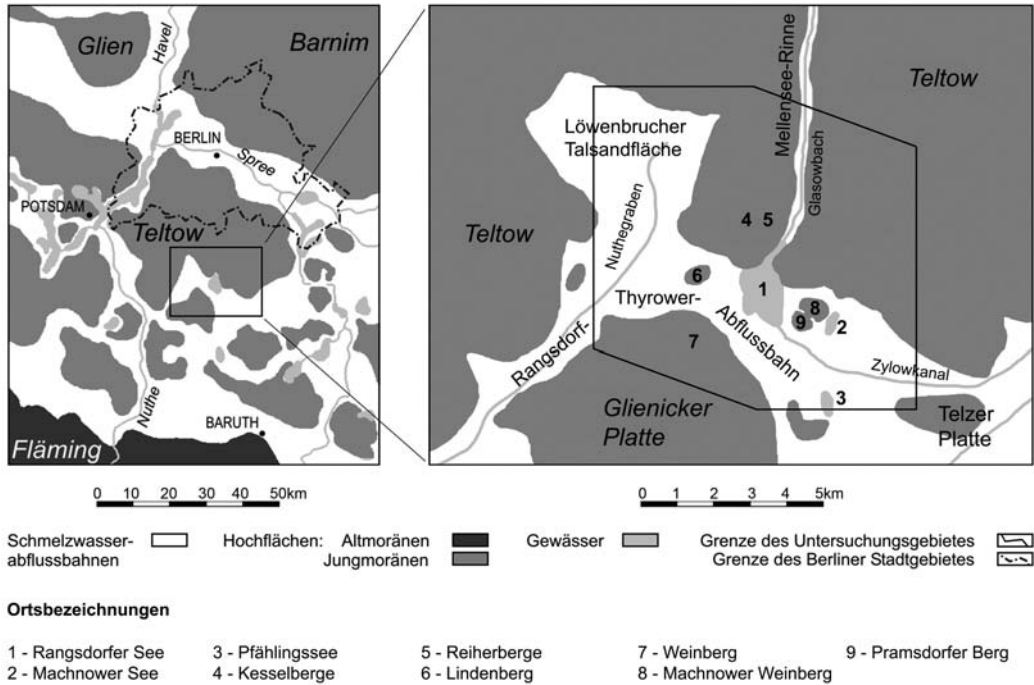


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes im Jungmoränengebiet südlich Berlins, Übersicht und Detail, Kartengrundlage: Geologische Übersichtskarte 1:200.000, CC 3942 Berlin.

Fig. 1: Location of the research area in the young morainic landscape south of Berlin, overview and detail, based on: Geological Map 1:200,000, CC3942 Berlin.

Glienicker Platte (85 m ü. NN) und die Reiherberge auf der Teltow Platte (72,3 m ü. NN). Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der brandenburgischen Landschaft der Platten und Urstromtäler (LIEDTKE & MARCINEK 1995). Die für das Jungmoränengebiet südlich von Berlin charakteristische enge Kammerung der Landschaft (JUSCHUS 2000), die durch den Wechsel von kleineren Platten und ausgedehnten Talsandflächen hervorgerufen wird, bestimmt auch die Gliederung des Untersuchungsgebietes (vgl. Abb. 1 links) in drei Haupteinheiten:

Die Teltow Platte

Etwa die Hälfte des Untersuchungsgebietes liegt im Bereich der Teltow Platte. Die Hochfläche liegt hier auf einem Höhenniveau um 45 m ü. NN. Insbesondere am Südrand der Platte ragen jedoch Erhebungen bis fast 30 m über dieses

Flächenniveau hinaus. Die höchsten Erhebungen bilden dabei die Reiherberge. Weiterhin wird dieser Teil des Untersuchungsgebietes durch mehr oder weniger Nord-Süd ausgerichtete Tiefenlinien geprägt, die ein leichtes Gefälle von ca. 37 m ü. NN im Norden des Untersuchungsgebietes auf ca. 36 m ü. NN beim Übergang in die Rangsdorf-Thyrower Niederung am Südrand des Teltows aufweisen. Im Bereich dieser Tiefenlinien liegen mehrere Seen, zu denen auch die Krumme Lanke, die nördliche Verlängerung des Rangsdorfer Sees, zählt.

Die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn

Die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn nimmt, die Löwenbrucher Talsandfläche mit eingeschlossen, einen Großteil der anderen Hälfte der Fläche des Untersuchungsgebietes ein. Die auf einem Höhenniveau von ca. 37 m ü. NN gelegene

Fläche wird durch eine Vielzahl flacher, allseits geschlossener Hohlformen unterschiedlichster Größe geprägt. Der Höhenunterschied vom tiefsten Punkt einer Hohlform zur umgebenden Fläche liegt in der Regel unter einem Meter. Nur zwei der Hohlformen sind wassergefüllt. Es handelt sich hierbei einerseits um den Pfählingssee, der von der Südgrenze des Untersuchungsgebietes gequert wird, und andererseits um den Rangsdorfer See, der mit einer Fläche von ca. 2,5 km² (einschließlich der nach Norden in den Bereich des Teltows hineinragenden Krümmen Lanke) das mit Abstand größte Flächengewässer im Bereich des Untersuchungsgebietes darstellt. Insgesamt weist die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn heute kein gleichsinniges natürliches Gefälle mehr auf. Das Gefälle des zur Entwässerung des Gebietes angelegten Kanalsystems ist anthropogenen Ursprungs. Unterbrochen wird das flache Relief der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn von drei deutlichen Erhebungen: dem östlich des Rangsdorfer Sees gelegenen Lindenberg (56,9 m ü. NN), dem Machnower Weinberg östlich des Rangsdorfer Sees (53,7 m ü. NN) und dem etwas südlicher gelegenen Pramsdorfer Berg (45,7 m ü. NN).

Die Glienicker und die Telzer Platte

Die Telzer Platte hat den flächenmäßig geringsten Anteil am Untersuchungsgebiet, da nur ihr nordwestlichster Rand mit eingeschlossen ist. In diesem Bereich liegen die Höhen auf einem Niveau um 50 m ü. NN. Der flächenmäßige Anteil der Glienicker Platte am Untersuchungsgebiet ist deutlich größer. Die Höhen am Nordrand der Glienicker Platte liegen auf einem Niveau um 50 m ü. NN. Die Hochfläche der Glienicker Platte hat in diesem Bereich einen wenig flächenhaften Charakter, prägend ist vielmehr die starke Zertalung des kuppigen Reliefs.

2 Forschungsstand

2.1 Zur Gliederung der weichselzeitlichen Eisrandlagen

Für den Raum zwischen Brandenburger und

Frankfurter Eisrandlage ist die Ausgliederung verschiedener Rückzugsstadien stark umstritten, die daraus resultierende Unklarheit der Geomorphogenese des Raumes wird von verschiedenen Autoren betont (LIEDTKE 1975; LIPPSTREU 1995; BÖSE 1979, 1989; JUSCHUS 2000; LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE 1997). Im Folgenden wird deshalb ein Überblick über die verschiedenen Deutungsansätze gegeben, um dann schließlich eine Einordnung des Untersuchungsgebietes vornehmen zu können.

Im Rahmen der Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte 1:300.000 von Brandenburg (GÜK 300, LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG 1997) wurde trotz abschnittsweise fehlender geologischer Befunde versucht, eine Randlagenverknüpfung auch im Gebiet zwischen Brandenburger Stadium und Frankfurter Staffel zu erstellen. Hinsichtlich der Konstruktion dieser Zwischenrandlagen wird jedoch betont, dass es sich dabei zum Teil auch um ältere, überfahrene Stauchmoränen handelt.

BÖSE (1979) fasst aus der Literatur insgesamt vier Eisrandlagen zwischen Brandenburger Stadium und Frankfurter Staffel zusammen. Die südlichste verläuft 4 bis 10 km nördlich des Brandenburger Stadiums und damit außerhalb des Untersuchungsgebietes. Die nächste nach Norden hin anschließende Staffel, die Babelsberger Staffel, verläuft über den Teltow und die Nauener Platte. Die wiederum nächst nördlichere Eisrandlage, die auch über den Teltow verläuft, kann nur über voneinander isolierte Endmoränenreste rekonstruiert werden. Die vierte, nördlichste Rückzugsstaffel verläuft ebenfalls über den Teltow, jedoch nördlich des Untersuchungsgebietes. Alle vier Staffeln können wiederum in Unterstaffeln aufgegliedert werden. Nördlich des Berliner Urstromtales bilden die vereinzelt auf den Grundmoränenplatten vorkommenden Stauchmoränen keine zusammenhängenden Staffeln mehr.

Der Verlauf der Brandenburger Eisrandlage wird insbesondere für den Bereich südlich des Untersuchungsgebietes weiterhin diskutiert. JUSCHUS (2000) lehnt eine Interpolation

der fehlenden Abschnitte ab und geht von einem völligen Fehlen einer Rückzugsstaffel im Hinterland der Brandenburger Eisrandlage und dafür aber von einem Maximalvorstoß des Weichseleises von 2 bis 12 km über die Brandenburger Eisrandlage hinaus aus.

Trotz bzw. gerade wegen der Unübersichtlichkeit und teilweise auch Widersprüchlichkeit der Interpretation der Eisrandlagen zwischen Brandenburger Stadium und Frankfurter Staffel bleiben folgende Punkte festzuhalten:

- Das Untersuchungsgebiet liegt in einem Bereich, in dem von verschiedenen Autoren Rückzugsstaffeln des Eisrandes nach der Aufgabe der Brandenburger Eisrandlage rekonstruiert werden.
- Der Verlauf der Rückzugsstaffeln variiert je nach Autor stark, einige Autoren schließen die Bildung von Rückzugsstaffeln zwischen Brandenburger und Frankfurter Eisrandlage komplett aus. Für das Untersuchungsgebiet liegen dementsprechend widersprüchliche Deutungen der Morphologie und Stratigraphie vor. Auf die Zuordnung des Untersuchungsgebietes zu einer bestimmten Rückzugsstaffel wird in der vorliegenden Arbeit aus diesen Gründen verzichtet.
- Trotz allem muss im Untersuchungsgebiet mit dem Vorkommen von Eisrandbildungen gerechnet werden.

2.2 Genese der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn

Die Entwicklung von Urstromtälern und Schmelzwasserabflussbahnen ist eng mit der Abfolge und dem Verlauf der Eisrandlagen verknüpft. Die Deutungen sind dementsprechend kontrovers (SOLGER 1959; MARCINEK et al. 1995; JUSCHUS 2000). Folgende Hauptursachen sind für die Zerteilung der Landschaft zu nennen (MARCINEK & NITZ 1973):

- die präweichselzeitliche sowie die weichselzeitliche Anlage des Reliefs (Differenzierung in Höhen- und Tiefenbereiche),
- die Wirkung des weichselzeitlichen Inlandeises (insbesondere die Anlage von subglazialen Rinnen),

- die durch das Niedertauen des Eises bedingte sukzessive Verlegung von Schmelzwasserabflussbahnen.

JUSCHUS (2000) unterscheidet insgesamt vier Hauptabflussphasen für das Jungmoränenland südlich Berlins. Eine einfache Zuordnung der Urstromtalungen zu einzelnen Eisrandlagen ist somit nicht mehr möglich. Allein für das Baruther Urstromtal unterscheidet er vier Abflussphasen, die jedoch ohne ein zwischenzeitliches Trockenfallen des Tales aufeinander folgten. Die jüngste Baruther Abflussphase fällt dabei bereits in die Zeit nach der Aufgabe der Brandenburger Eisrandlage.

Die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn wurde erst während der jüngsten Abflussphase in Richtung Potsdam (während der dritten Hauptabflussphase, JUSCHUS 2000) von Osten nach Westen durchflossen. Diese Abflussphase markiert gleichzeitig den Beginn der Bildung des östlich von Berlin gelegenen Teils des Berliner Urstromtales. Obwohl die Schmelzwässer in dieser Phase eher akkumulierend als erosiv wirkten, sind die Abflussbahnen in einigen Bereichen, wenn auch nur undeutlich, terrassiert. Unterschneidungskanten in den Übergangsbereichen zu den Hochflächen kommen somit zwar vor, sind aber eher selten und insofern als ein weiterer Beleg für die geringe erosive Wirkung der Schmelzwässer zu werten. Die vorherrschende Akkumulation von glazifluvialen Sedimenten im Bereich der Schmelzwasserabflussbahnen und Talsandflächen führte weiterhin zur Verschüttung großer Mengen von Toteis. Besonders intensiv war dieser Prozess in Bereichen, in denen Schmelzwasserabflussbahnen von glazialen Rinnen gequert wurden. Eine solche Situation liegt auch im Bereich des Untersuchungsgebietes vor. Heute ist die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn durch einen oberflächennahen Wasserstand und mächtige holozäne Torfbildungen gekennzeichnet (VEB HYDROLOGIE BT TORGAU 1977).

2.3 Genese Glazialer Rinnen

Mit der Mellensee-Rinne durchschneidet eine glaziale Breitrinne (JUSCHUS 2000) das gesamte Untersuchungsgebiet. Vom Berliner Urstromtal

kommend, verläuft sie über den Teltow, erreicht an dessen Südrand das Untersuchungsgebiet, führt dann weiter nach Süden über den Rangsdorfer See und verlässt das Untersuchungsgebiet schließlich an dessen Südrand. Die Rinne endet am Südrand des Mellensees, wo ihre Schmelzwässer während des Brandenburger Stadiums einen Kegelsander schütteten. Die Mellensee-Rinne blieb jedoch auch nach der Aufgabe der Brandenburger Eisrandlage aktiv, so dass auf einem niedrigeren Niveau ein Schlauchsander geschüttet wurde. Da zu dieser Zeit das Eis stagnierte und niedertaute, ist ein Einsturz der Rinnendecke wahrscheinlich, womit die letzten über die Rinne abfließenden Schmelzwässer auch subaerisch geflossen sein können. Östlich von und in etwa parallel zur Mellensee-Rinne verlaufen im Bereich des Untersuchungsgebietes mehrere Schmalrinnen (JUSCHUS 2000). Diese häufig vorkommende Aufspaltung von Breitrinnen in mehrere Schmalrinnen, bzw. das Abzweigen einzelner Schmalrinnen von einer Breitrinne ist ein typisches Merkmal der glazialen Rinnen im Brandenburgischen Jungmoränenland. Die Einschneidung der glazialen Rinnen gilt weiterhin als entscheidender Faktor bei der Anlage tiefer Seebecken. So liegen die meisten der rezenten Seen im südbrandenburgischen Jungmoränenland, wie z.B. der Rangsdorfer See, im Bereich von Rinnen (JUSCHUS 2000).

2.4 Aufbau der Platten im Untersuchungsgebiet

Die Platten nördlich der Brandenburger Eisrandlage werden weitestgehend von Grundmoränenflächen eingenommen. Typisch ist das Vorkommen nur eines weichselzeitlichen Geschiebemergels von geringer Mächtigkeit (selten über 2 m), der vielerorts sogar völlig fehlt (sowohl primäres Fehlen als auch sekundäres durch jüngere Abtragungsprozesse). Trotz dieses Fehlens handelt es sich bei diesen Bereichen um ein subglazial geprägtes Relief, das somit auch als Grundmoräne bezeichnet wird. Die weichselzeitlichen Vorschüttssande erreichen hingegen Mächtigkeiten von bis zu

35 m, insbesondere in saalezeitlichen Stauchungsbereichen können sie aber auch völlig fehlen, so dass hier saalezeitliche Ablagerungen an der Oberfläche anstehen. Auf dem Teltow-Plateau konnte bisher nur eine saalezeitliche Grundmoräne nachgewiesen werden. Die Geschiebemergeloberkante liegt weitflächig bei 30 bis 35 m über NN, lokal aber auch deutlich höher. Da saalezeitliche Nachschüttsedimente weitgehend fehlen, lagert der weichselzeitliche Geschiebemergel vielerorts direkt diskordant darüber. Aufgrund des Aussetzens des Eisnachsches bald nach Aufgabe der Brandenburger Eisrandlage entstand ein breiter Gürtel stagnierenden Eises, der großflächig niedertaute. Es kam zur Ablagerung eines weichselzeitlichen meltout tills im Hangenden des lodgement tills. Die flächenhafte Bedeckung mit Toteis bewirkte eine Konservierung der überdeckten Formen und Sedimente, so dass weichselzeitliche Nachschüttsedimente weitgehend fehlen. Lokal werden die glazialen Sedimente von periglazialen Verlagerungssedimenten und Dünen überdeckt (HERMSDORF 1995). Die weichselzeitliche morphologische und geologische Gestaltung der Hochflächen erfolgte in erster Linie durch die erosive Wirkung der Schmelzwässer.

Hervorzuheben sind die Lagerungsverhältnisse im Bereich der Tongrube Glienick (im Bereich des Glienicker Weinberges). Das Liegende bildet hier ein dunkelgrauer bis blaugrauer glazilimnischer Ton, der kräftige Stauchungsspuren aufweist. Überlagert wird dieser Ton von mehreren Meter mächtigen glazifluvialen Sanden und einem tonigen Till mit saalezeitlichem Geschiebespektrum. Auch diese Schichten weisen kräftige Stauchungsspuren auf. Diskordant überlagert wird diese Folge von wiederum mehrere Meter mächtigen, aber ungestörten glazifluvialen Sanden und einem weichselzeitlichen, ungestört lagernden Till. Die beschriebene Folge ermöglicht es eindeutig, die kräftigen glazialen Stauchungen dem Saale-Glazial zuzuschreiben (BLASSKIEWITZ et al. 2002). Das Weichseis dagegen hat den Raum ohne größere Wirkung überfahren, was auch das Fehlen subglazialer Kleinformen, insbesondere von Drumlins erklärt (JUSCHUS 2000).

Im Gegensatz zur Nordhälfte gliedert sich der Südteil des Teltows in mehr oder weniger große Hochflächenreste, die von Talsandflächen und Talbildungen umgeben sind (HERMSDORF 1995). Im Bereich des Untersuchungsgebietes ist die starke Zertalung des Teltow-Südrandes besonders intensiv (Verlauf der Mellensee-Rinne). Die Platte zerfällt hier in inselartige Hochflächenreste (VEB HYDROLOGIE BT TORGAU 1977).

Auch der Aufbau der Glienicker Platte ist zweigeteilt. Der Westteil liegt kaum über dem Talsandniveau der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn. Die Niederungsgebiete greifen deshalb buchtenartig in die Hochfläche hinein. Nach Osten hin steigt die Platte jedoch deutlich an. Die in diesem Bereich flachwellige Grundmoränenlandschaft wird von einigen, insbesondere am nordöstlichen Plattenrand gelegenen Einzelbergen überragt. Nach Osten hin ist der Plattenrand scharf ausgebildet. Es handelt sich hierbei um den Einschnitt der Mellensee-Rinne (JUSCHUS 2000).

2.5 Vorkommen von Elbekiesen

Nur in einer aufgelassenen Sandgrube am Nordrand des Lindenberg bei Jühnsdorf sind die fluvial transportierten südlichen Gerölle des Berliner Elbelaufes im Bereich des Untersuchungsgebietes aufgeschlossen. Es handelt sich hierbei um scheinbar ungestört lagernde Kiessande, die aber ca. 30 m höher liegen als es ihre stratigraphische Position eigentlich erlaubt. In einigen Bereichen der Grube werden die Elbekiese von einem lückenhaften, sehr sandigen weichselzeitlichen Till überlagert (BLASSKIEWITZ et al. 2002). In den 50er Jahren konnte über Bohrungen und in damals noch offen liegenden Aufschlüssen ein Schollenbau des Lindenberg nachgewiesen werden (GENIESER & MIELECKE 1957). Der Nordostteil des Lindenberges ist vorwiegend aus gestauchten glazialen Sedimenten, Schmelzwassersanden und Geschiebemergel aufgebaut. Die Steinbestreuung, die mehr oder weniger den ganzen Lindenberg überzieht, setzt sich in diesem Bereich vorwiegend aus nordischen

Geschieben zusammen und wird als Rest eines ausgewaschenen Tills gedeutet. Im westlichen Teil finden sich dagegen vorwiegend südliche, oft zu Windkantern geschliffene Gerölle, deren Häufung mit der Deflation ehemals höher aufragender Schichtenserien erklärt wird. Im Untergrund des südwestlichen Teils des Lindenberg wird der Schollenbau deutlich. Hier finden sich in den ungestört nach NNO einfallenden Elbekiesen mehrere Zwischenlagen aus Geschiebemergel. Es ist deshalb davon auszugehen, dass diese Elbekies-Schollen während eines saalezeitlichen Eisvorstoßes in gefrorenem Zustand aufgenommen und dann übereinander gestapelt wurden (Stapelmoräne) (GENIESER & MIELECKE 1957). Da in den Kiesen auch große Blöcke schwimmen, deren Transport in den Bereich des Berliner Elbelaufes nur über schweren Eisgang erklärt werden kann, ist eine kaltzeitliche Genese (spätelsterzeitlich bzw. frühsaalezeitlich) anzunehmen. Eine frühsaalezeitliche Genese erscheint dabei als wahrscheinlicher, da der Anteil an nordischen Komponenten äußerst gering ist. Die fluviale Erosion hatte schon längere Zeit gewirkt und den Großteil der erreichbaren glazialen Sedimente ausgeräumt. Bei den am Lindenberg aufgeschlossenen Elbekiesen handelt es sich demzufolge um die sogenannten Wietstocker Kiese (GENIESER & MIELECKE 1957).

2.6 Periglazialer Prozessbereich

Mit dem Niedertauen des Eises und mit der Verlagerung des Schmelzwasserabflusses nach Norden ins Warschau-Berliner Urstromtal begann im Untersuchungsgebiet die Überformung der Glaziallandschaft durch periglaziale Prozesse. Die Ausbildung von Permafrostböden ist für die geomorphologische Entwicklung des Untersuchungsgebietes von großer Bedeutung, da es erst dadurch auch auf eigentlich stark versickerungsfähigen Sedimenten zu Oberflächenabfluss und somit zur Anlage von Tälern kommen konnte. Typische Merkmale dieser heutigen Trockentäler sind Fließerden im Bereich der Talflanken und Steinanreicherungen und Steinsohlen im Bereich der Talsohle. Vie-

lerorts werden diese jedoch von Deckserien unterschiedlicher Genese überlagert (HERMSDORF 1995; EHLERS 1994).

2.7 Gewässerentwicklung und rezente Hydrologie

Die Hauptwasserscheide zwischen Havel und Spree verläuft im Bereich des Untersuchungsgebietes über den Teltow, die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn und die Glienicker Platte. Die Entwässerung nach Westen zur Havel erfolgt über den Nuthegraben, jene nach Osten zur Spree über den Glasowbach, den Rangsdorfer See und den Zülowkanal. Im Bereich der Hochflächen erfolgt die Entwässerung in die umgebenden Niederungen über das Grundwasser, oberflächliche Abflüsse fehlen. An den Übergängen zu den Niederungen kommt es dabei lokal zu Rückstauerscheinungen und somit zu flächenhaften Grundwasseraustritten. Die Niederungsbereiche zeichnen sich generell durch einen oberflächennahen Grundwasserstand aus.

Im Bereich des Untersuchungsgebietes sind zwei Grundwasserleiter anzutreffen, wobei der untere durch eine Schicht holsteinzeitlichen Paludinentons flächenhaft abgedichtet wird. Die Struktur des oberen Grundwasserleiters ist weitaus heterogener, da er aus sandigen Folgen des Saale- und des Weichsel-Glazials aufgebaut ist (VEB HYDROLOGIE BT TORGAU 1977).

Alle Seen des Untersuchungsgebietes liegen im Bereich glazialer Rinnen, wobei sich der Rangsdorfer See im südlichen Teil weit über die Rinnenränder hinaus erstreckt. Eine Klassifizierung der Seen nach ihrer Genese wurde mit Ausnahme des Rangsdorfer Sees bisher nicht vorgenommen. Der Rangsdorfer See wird nach MARCINEK (1976) als Einbettungssee (entstanden durch das Austauen verschütteter Toteiskörper) eingestuft, obwohl auch er im Bereich einer glazialen Rinne liegt (JUSCHUS 2000). Im Zentrum des Sees wurden 28,5 m mächtige spätpleistozäne und holozäne Sedimente, vorwiegend Kalk- und Organomudden, selten Silikatmudden, über liegenden Sanden erbohrt (freundliche mündliche Mitteilung von

Dr. Bernd Wünnemann 2004). Der Beginn der Verfüllung des Seebeckens und damit auch der Beginn der eigentlichen Seebildungsphase mit dem Ausschmelzen des Toteises werden für den Rangsdorfer See bei 13.000 BP angesetzt.

3 Geomorphologische Analysen im GIS

Die vorangegangene Zusammenfassung des Forschungsstandes dient als Interpretationsgrundlage für die geomorphologischen Analysen im Rahmen des GIS. Für die Erstellung des Modells zur geomorphologischen Entwicklung werden folgende weitere Eingangsparameter mit einbezogen: verschiedene Topographische und Geologische Karten des Untersuchungsgebietes, die Lithofazieskarte Quartär sowie archivierte Bohrdaten (mit freundlicher Genehmigung des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg). Vor der Durchführung der GIS-gestützten Analysen waren jedoch umfangreiche Vorarbeiten zu leisten.

3.1 Aufbereitung und Digitalisierung der Datengrundlage

Für die Arbeiten im GIS kam mit ArcMap 8 Software der Firma ESRI zum Einsatz. Das Programm ermöglicht die Verschneidung unterschiedlicher Datensätze in einem Layer-Verfahren, bei dem die verschiedenen Informationsebenen übereinander gelegt werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass alle Datensätze in einer einheitlichen Projektion vorliegen. Um dieses zu gewährleisten, erfolgte nach dem Scannen der vorliegenden Karten in einem ersten Arbeitsschritt die Georeferenzierung der Topographischen Karten im Maßstab 1:10.000. Hierbei werden den vorliegenden Rasterdaten (Bilddateien der Karten) die realen Kartenkoordinaten im Gauss-Krüger Koordinatensystem zugewiesen und in einer neuen Rasterdatei mit den neuen Kartenkoordinaten gespeichert. Einhergehend mit der Georeferenzierung erfolgte automatisch eine Entzerrung der Kartengrundlage (Rektifizierung, LIEBIG & MUMMENTHEY 2002). Die Georeferenzie-

zung des historischen Kartenmaterials erfolgte aufgrund der fehlenden Angaben zur Lage der Kartenblätter in einem Koordinatensystem mit Hilfe von Referenzpunkten der bereits georeferenzierten TK 10. Hierbei wurden möglichst ortstreue Punkte wie Kirchengebäude, große Weg- und Straßenkreuzungen sowie Bahnlinien ausgewählt. Dieses ermöglichte eine ausreichend genaue Georeferenzierung des historischen Kartenmaterials.

In einem nächsten Schritt erfolgte dann die Vektorisierung des Karteninhalts. Hierbei werden die Inhalte des Kartenmaterials (z.B. Höhenlinien, Höhenpunkte, Gewässernetz, etc.) in unterschiedlichen Ebenen digitalisiert und gespeichert (Layer-Verfahren). Die bei der Arbeit im GIS extreme Abhängigkeit von der Qualität und Dichte der Ausgangsdaten wurde an dieser Stelle besonders deutlich. Die im Zusammenhang mit den Geologischen Karten der Preußischen Landesaufnahme und der Interpolation von Bohrdaten aufgetretenen Probleme werden anschließend gesondert erläutert. Schließlich folgte in einem abschließenden Arbeitsschritt der Digitalisierung die Attributierung der Vektordaten. Hierbei werden relevante Sachdaten (z.B. geologische Informationen) mit den zugehörigen Punkten, Linien oder Polygonen verknüpft. Die Daten werden in Form sog. Attributtabelle gespeichert.

3.2 Die Geologischen Karten der Preußischen Landesaufnahme

Die großmaßstäbigsten geologischen Karten liegen für das Untersuchungsgebiet im Maßstab 1:25.000 vor. Es handelt sich hierbei jedoch um Blätter der Preußischen Landesaufnahme aus dem 19. Jahrhundert (Sectionen Zossen und Lichtenrade, nach aktuellem Blattschnitt die Blätter 3646 Blankenfelde und 3746 Zossen). Die Geologischen Karten der Preußischen Landesaufnahme basieren auf der für das Untersuchungsgebiet bis heute detailliertesten Geländeaufnahme. Neuere geologische Kartenwerke stützen sich zu einem großen Teil noch immer auf diese Datengrundlage, geben sie aber nur in kleineren Maßstäben wieder und sind zudem

für das Untersuchungsgebiet nicht flächendeckend verfügbar. Das Alter der Karten bringt bezüglich der generellen Verwendbarkeit im Rahmen dieser Arbeit ein entscheidendes Problem mit sich: Die Legende spiegelt eine Interpretation der im Gelände aufgenommenen Daten nach dem damaligen Forschungsstand wider. Es wurde demzufolge eine Aktualisierung der nach dem veralteten Forschungsstand erstellten Legende der Karten vorgenommen. Als Grundannahme galt dabei: Von den ursprünglich rein stratigraphisch verwendeten Bezeichnungen eines Unteren und eines Oberen Geschiebemergels in den Preußischen Geologischen Karten (BEHRENDT & BRAUNS 1882; BEHRENDT & DULK 1882) kann nach neueren Erkenntnissen der Obere Geschiebemergel chronostratigraphisch der Weichselvereisung zugeordnet werden (JUSCHUS 2000). Da im Bereich des Untersuchungsgebietes nur jeweils ein saalezeitlicher („Warthe“) und ein weichselzeitlicher („Brandenburger“) Geschiebemergel bekannt ist, kann der Untere Geschiebemergel als warthezeitlich gedeutet werden.

Im Zuge der Verwendung der Geologischen Karten der Preußischen Landesaufnahme im Rahmen dieser Arbeit wurden Möglichkeiten und Grenzen der Synthese von alten Daten, Geländebefunden und Kartenmaterial mit Hilfe eines GIS deutlich. Nach der Digitalisierung aller Daten war es mit Hilfe von SQL-Abfragen möglich zu analysieren, welche Gebiete in den Referenzmaterialien einheitlich als eine bestimmte Fazies ausgewiesen waren. Der Abgleich der flächenhaft vorliegenden Informationen (Karten) war dabei für das gesamte Untersuchungsgebiet möglich. Für einen flächendeckenden Abgleich mit den punkthaft vorliegenden Bohrdaten (bereitgestellt vom Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg – LGRB) hätte in jedem Bereich eines Faziesvorkommens auf den Karten auch eine Bohrung verzeichnet sein müssen. Dieses war jedoch nicht der Fall. Bei einem Großteil der vorliegenden Bohrungen handelt es sich um Brunnenbohrungen. Die Bohrungen sind somit nicht gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt, sondern konzentrieren sich im Wesentlichen auf die

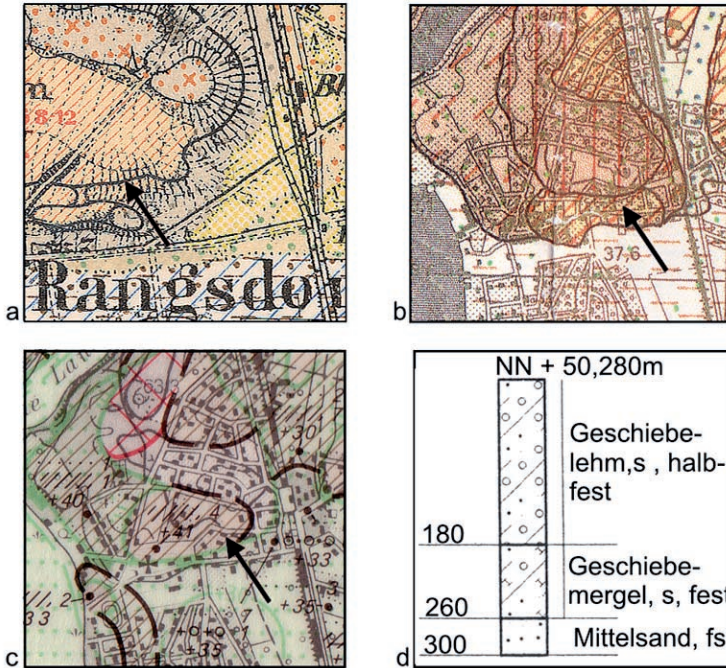


Abb. 2: Beispiel für die Fazies „Oberer Diluvialmergel“: a) Preußische Geologische Karte; b) GK 50; c) Lithofazieskarte Quartär; d) Bohrverzeichnis Rangsdorf, 26; Pfeil markiert die ungefähre Lage der Bohrung (d).

Fig. 2: Example for the facies „Oberer Diluvialmergel“: a) Geological Map of Prussia; b) GK 50; c) Map of the „Lithofacies“ of the Quaternary; d) drilling-archive Rangsdorf, 26; arrow marks the approximate position of the drilling (d).

Siedlungsbereiche. Von einer technisch möglichen Interpolation der punkthafte Bohrdaten in die Fläche musste aus diesem Grund ebenfalls abgesehen werden. Ein flächendeckender automatisierter Abgleich aller Referenzmaterialien für das gesamte Untersuchungsgebiet war somit leider nicht durchführbar. Es musste also auf ein Stichprobenverfahren zurückgegriffen werden. Für jede in den Preußischen Geologischen Karten verzeichnete Fazies wurden im Rahmen der Aktualisierung nach dem Zufallsprinzip mehrere Vorkommen ausgewählt. Für jedes Vorkommen erfolgt ein Abgleich der Deutung der vorliegenden Schichtenfolge mit allen für die jeweilige Lokalität vorliegenden Referenzmaterialien (vgl. Abb. 2). War der Abgleich der Stichproben erfolgreich, so konnten die entsprechenden Layer der verschiedenen Karten miteinander verschnitten werden. Zur Aktualisierung des Gewässernetzes wurde die neu erstellte Geologische Karte mit dem entsprechenden Layer der zuvor digitalisierten TK10 verschnitten. Die Zusammenfassung der Ergebnisse kann der aktualisierten Geologischen Karte (Karte 1 im Anhang) entnommen werden.

Weiterhin war im Rahmen der Aktualisierung zu beachten, dass zeitbedingte Divergenzen zwischen den verschiedenen Referenzmaterialien auftraten, für die ein automatisierter Abgleich nicht sinnvoll gewesen wäre. Als ein Beispiel seien hier die Elbekiese des Lindenberges genannt. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Preußischen Geologischen Karte waren die Elbekiese noch gar nicht als solche erkannt worden. Der entsprechende Eintrag „Flussablagerungen des Berliner Elbelaufes“ wurde deshalb 1:1 aus der Geologischen Karte 1:50.000 übernommen. Da Stauchungsgebiete in den Preußischen Geologischen Karten auch nicht verzeichnet wurden, wurden sie im Rahmen der aktualisierten Geologischen Karte auf der Grundlage des neueren Kartenmaterials ausgewiesen. Die in den Preußischen Geologischen Karten ausgewiesenen Wiesenkalke und Moormergel wurden in der aktualisierten Geologischen Karte nicht verzeichnet, da deren Verteilung anhand der Referenzmaterialien (und auch anhand der später erfolgten Geländearbeiten) nicht verifizierbar war. Auf weitere spezielle, faziesabhängige Probleme

me, die bei der Aktualisierung der Geologischen Karte auftraten, kann hier im Einzelnen nicht eingegangen werden.

3.3 Erstellung des Digitalen Geländemodells (DGM) und Parametrisierung des Reliefs

Die Erstellung des Digitalen Geländemodells (DGM) erfolgte auf der Grundlage der georeferenzierten und rektifizierten Topographischen Karte 1:10.000 (LIEBIG & MUMMENTHEY 2002). Als Ausgangsdaten für die notwendige Interpolation dienten hierbei die als Vektordatensätze vorliegenden Höhenlinien, Höhenpunkte sowie Strukturlinien. Mit Hilfe der für das Untersuchungsgebiet vorliegenden Urmesstischblätter war es weiterhin möglich, anthropogene Veränderungen des Reliefs seit der Kartenaufnahme Mitte des 19. Jahrhunderts zu identifizieren. Bei vielen kleineren, allseits geschlossenen Hohlformen handelt es sich z.B. um aufgelassene Mergelgruben, die bei der Erstellung des DGMs dementsprechend nicht berücksichtigt wurden. Als Interpolationsverfahren kam das sog. TIN-Verfahren (Triangulated Irregular Network) zum Einsatz. Hierbei werden ausgehend von den vorhandenen Höheninformationen mittels Delaunay-Triangulation Dreiecke (Triangles) erzeugt. Diese Dreiecke werden durch Punkte gebildet, die sich an unregelmäßigen (Irregular) Positionen auf der Oberfläche befinden. Jedes dieser Dreiecke enthält Informationen bezüglich seiner Nachbardreiecke,

mit denen es ein Netzwerk (Network) bildet. Da im TIN für jede beliebige X-Y-Koordinate ein Höhenwert interpoliert wird, eignet es sich zur Abbildung kontinuierlicher Oberflächen. Da bei der Digitalisierung anthropogene Veränderungen (z.B. Mergelgruben, Verlauf von Straßen, vgl. Abb. 3) außen vor gelassen wurden, stellt das DGM eine Annäherung an das ehemalige natürliche Relief des Untersuchungsgebietes dar.

Als Grundlage für die Interpretation der Geomorphologie des Untersuchungsgebietes war es nun möglich, verschiedene Reliefparameter direkt aus dem DGM abzuleiten. Zum Einsatz kamen hierbei verschiedene Werkzeuge der Arc-Toolbox. Abgeleitet wurden Höhengschichtung (range), Schummerung (hillshade), Hangneigung (slope), Exposition (aspect), Wölbung (curvature) sowie Abflussnetz (streamnet), Einzugsgebiete (watershed) und abflusslose Senken (sinks). Die Verschneidung von Höhengschichtung und Schummerung in einem geschummerten Höhengschichtenmodell dient dabei in erster Linie der Visualisierung des Untersuchungsgebietes. Multiparametrische SQL-Abfragen ermöglichen weiterhin die Verschneidung der hergeleiteten Reliefparameter mit den reliefunabhängig vorliegenden Vektor- und Attributdaten (z.B. Ausgabe allseits geschlossener Hohlformen in Abhängigkeit von der Oberflächengeologie).

3.4 Formenelemente

Anhand der im GIS gewonnenen Daten wurden nun zunächst grundlegende Formenelemente des Untersuchungsgebietes klassifiziert. Im Anschluss an die Klassifizierung erfolgte auf der Basis der räumlichen Verteilungsmuster und der Vergesellschaftungen der Formen, unter Einbeziehung der geologischen Informationen (Karte 1 im Anhang) sowie des in Kapitel 2 zusammengefassten Forschungsstandes, eine geomorphologische Gliederung des Untersuchungsgebietes (vgl. Karte 2 im Anhang) in die im Folgenden erläuterten Einheiten. Die Interpretation dieser geomorphologischen Bestandsaufnahme sowie die zusammenfassende

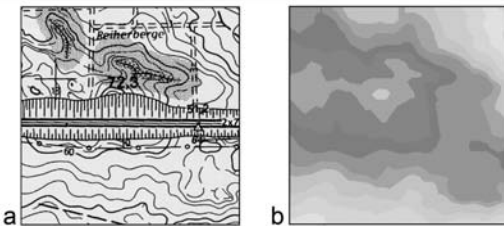


Abb. 3: a) Anthropogen beeinflusstes Relief in der TK10; b) Näherung an das natürliche Relief (abgeleitet aus dem DGM).

Fig. 3: a) Anthropogenic changes of the relief in TK10; b) approximation to the natural relief (derived from the DEM).

Darstellung des GIS-basierten Modells zur Geomorphogenese erfolgt zusammen mit der Interpretation der Geländebefunde in Kapitel 5.

Die Grundmoränenplatte des westlichen Teltows

Der westliche Teltow zeichnet sich in geologischer Hinsicht durch einen Wechsel von Zonen oberflächlich anstehenden Geschiebelehm und -mergels (Brandenburger Stadium der Weichsel-Eiszeit) mit Bereichen, in denen dieser über älteren Bildungen nur noch in Form von Erosionsresten oder Steinbestreuung erhalten ist, aus. Teilweise fehlen der Geschiebelehm und -mergel völlig, so dass Schmelzwasservorschütsande an der Geländeoberfläche anstehen. Im nördlichen Teil sind die Täler mit periglaziären Ablagerungen verfüllt. Der beschriebene Wechsel zeichnet den welligen Grundcharakter des Geländes nach (Geschiebelehm und -mergel bilden langgestreckte von Nordost nach Südwest streichende Rücken, im Bereich der parallel verlaufenden Trockentäler stehen Schmelzwasservorschütsande an). Dieser Bereich des Teltows kann deshalb als flachwellige Grundmoräne, auf der ein System flacher, periglazialer Trockentäler ausgebildet ist, angesprochen werden. Gestört wird dieses relativ ruhige Relief durch parabelförmige Vollformen. Diese aus Windablagerungen aufgebauten Formen sind als Parabeldünen anzusprechen. Die auf das Großrelief aufgesetzten, kuppig-kesseligen Bereiche im Umfeld der Dünen werden durch äolische Kleinformen geprägt (siehe fleckenhafte Verteilung äolischer Sedimente auf Karte 1 im Anhang). Eine konkretere Klassifikation der äolischen Bildungen ist trotz der großmaßstäbigen Kartengrundlage des DGMS ohne eine Ansprache im Gelände nicht möglich.

Im südlichen Bereich dieser geomorphologischen Einheit wird das bisher beschriebene Muster durch Vollformen eines anderen Typs unterbrochen. Die Ausrichtung der Längsachsen dieser Formen ist weniger einheitlich, verläuft jedoch eher von Nordwest nach Südost und quert damit die Streichrichtung der welli-

gen Grundmoränenbereiche. Weiterhin werden deutlich größere Höhen von durchschnittlich 60 m über NN bis maximal 85 m über NN erreicht. Die Höhenunterschiede zu den umgebenden Gebieten liegen bei durchschnittlich 20-25 m. Diesen Formentyp kennzeichnet eine intensive Zertalung der Hänge.

Der glaziale Rinnenbereich des östlichen Teltows

Dieser Bereich des Teltows wird durch ein ausgedehntes, verzweigtes Talungssystem geprägt. Zwar weisen die Talungen in ihrem Verlauf eine generelle Erniedrigung des Talbodens auf, sie haben jedoch kein gleichgerichtetes Längsgefälle. Eine Vielzahl von allseits geschlossenen Hohlformen verursacht ein vielerorts rückläufiges Gefälle. Ebenfalls typisch für dieses Talungssystem ist die wiederholte Aufspaltung in kleinere Rinnenstrukturen und deren Wiedereingliederung. Der für den westlichen Teltow beschriebene Grundmoränencharakter geht durch die intensive Zerschneidung in diesem Bereich verloren. Die Hochfläche ist in inselartige Reste aufgelöst. Das Talungssystem ist Teil der von Norden in das Untersuchungsgebiet eintretenden Mellensee-Rinne, die sich im Bereich des Untersuchungsgebietes in mehrere Arme aufspaltet. Zusätzlich mündet von Nordosten herkommend eine weitere glaziale Rinne in die Mellensee-Rinne. Beide Rinnen lassen sich auf der Geologischen Übersichtskarte von Berlin und Umgebung bis zum Warschau-Berliner Urstromtal verfolgen.

Die Hochfläche wird von diesen zwei Hauptarmen und ihren kleineren Verzweigungen in ein Mosaik von Plattenresten zerschnitten. Auf den Aufbau der am Südrand des Teltows gelegenen, kleineren Plattenreste wird im nächsten Unterpunkt eingegangen. Der größte zusammenhängende Plattenrest wird von den zwei Hauptarmen der Mellensee-Rinne umschlossen. Er ist im Wesentlichen aus Geschiebelehm und -mergel des Brandenburger Stadiums der Weichsel-Eiszeit sowie weichselzeitlichen Schmelzwasservorschütsanden aufgebaut. Im Westteil ist ein System kleinerer

Rinnen erkennbar. Diese Nebenrinnen zweigen vom westlichen Hauptarm der Mellensee-Rinne ab. Der Ostteil des Plattenrestes weist einen flächenhaften Charakter auf. Mit einer maximalen Höhe von um 50 m über NN liegt er auf einem Niveau mit den welligen Grundmoränenbereichen des östlichen Teltows. Ein ähnlich regelhafter sedimentologischer Aufbau wie dort ist jedoch nicht erkennbar. Die Anlage der Täler, in denen zumeist periglaziale Ablagerungen anstehen, erfolgte ausgehend vom höchsten Punkt des Plattenrestes mehr oder weniger radial. Da die Täler rezent nicht durchflossen sind, können sie als periglaziale Trockentäler eingestuft werden. Zum Charakter der Rinnen: In weiten Bereichen ist der Rinnencharakter durch die Überprägung durch spätere Prozesse weitgehend verloren gegangen. Als Sedimentfüllung werden auf Karte 1 (im Anhang) in erster Linie Talsande angegeben, die zu einem großen Teil von periglaziären Ablagerungen überdeckt werden. In den meisten der im Rinnenbereich vorkommenden, allseits geschlossenen Hohlformen ist die Verfüllung mit holozänen organischen Sedimenten weit fortgeschritten. Die ehemalige Existenz einer noch weit größeren Anzahl an Hohlformen dokumentiert sich in Form von morphologisch ebenen Bereichen, in denen limnische Sedimente bzw. Niedermoor-torf anstehen. Diese Verfüllungsbereiche treten insbesondere dadurch hervor, dass aufgrund der großen Mächtigkeiten keine liegenden Sedimente verzeichnet sind. Nur wenige kleine Hohlformen sind heute noch wassererfüllt. Infolge dieser Verfüllung weisen die zwei Hauptarme der Mellensee-Rinne heute ein Sohlentalprofil auf. Die Breite des Talbodens beträgt im Bereich des östlichen Hauptarmes bis zu 1 km. Dieser Teil der Rinne ist demzufolge als Breitrinne zu bezeichnen. Erst im Übergangsbereich zur Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn, beim Durchbruch der Talungen durch die Kette der am Südrand des Teltows aufgereihten Erhebungen, verengt sich der Talboden auf eine Breite von ca. 300 m. Der westliche Hauptarm hat einen weitaus deutlicheren Rinnencharakter. Die Breite des Talbodens liegt hier durchweg unter 500 m. Dieser Hauptarm der Rinne ist

somit als Schmalrinne anzusprechen. Auch im Bereich der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn lässt sich der weitere Verlauf des Mellensee-Rinnensystems nach Süden verfolgen.

Die glazialen Stauchungsgebiete am Südrand des Teltows

Am Südrand der Teltow Platte reihen sich die bereits oben beschriebenen Vollformen auf. Hinsichtlich der Geologie unterscheiden sie sich nicht von den beschriebenen flächenhaften Bereichen des Teltows. Die morphologischen Aufragungen, es werden Höhen von durchschnittlich 60 m erreicht, werden durch die Talungen des glazialen Rinnensystems voneinander getrennt. Im Rahmen der Geologischen Karte werden sie als glaziale Stauchungsgebiete ausgewiesen. Die zeitliche Einordnung der Stauchungsvorgänge in das Weichsel- bzw. Saale-Glazial ist jedoch unklar.

Typische Merkmale der Stauchungsbereiche sind die steilen Hänge (in weiten Bereichen 5-15°) sowie deren intensive Zertalung durch periglaziale Trockentäler (vgl. Karte 3 im Anhang, Ausschnittsvergrößerung). Der im Bereich der steilsten Hänge besonders intensive Materialabtrag führte vielerorts zur Ausbildung deutlicher Hangfußstrukturen, die aus periglaziären Sedimenten aufgebaut sind.

Die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn

Der Verlauf des östlichen Hauptarms der Mellensee-Rinne, der sich vor seiner Einmündung in den Niederungsbereich an einem Plattenrest in drei Arme spaltet, kann über die Aneinanderreihung verschiedener allseits geschlossener Hohlformen rekonstruiert werden. Besonders auffällig ist die Situation südwestlich des Machnower Sees: Während die Hangwinkel allseits geschlossener Hohlformen, bedingt durch die weit fortgeschrittene Verfüllung, in der Regel unter 1° liegen, markieren hier zwei deutlich ausgebildete Geländekanten den Rinnenverlauf. Die weitere Rekonstruktion über verschiedene Hohlformen bis zum Pfählingssee bleibt dagegen unsicher (vgl. auch Karte 2 im Anhang).

Während die Krumme Lanke den Verlauf des westlichen Hauptarms der Mellensee-Rinne bei ihrem Übergang in die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn deutlich nachzeichnet, kann der exakte Rinnenverlauf im Bereich des sich großflächig ausdehnenden Rangsdorfer Sees nur vermutet werden. Der Rangsdorfer See liegt im Bereich einer allseits geschlossenen Hohlform, die sich weit über die rezente Ausdehnung des Sees hinaus erstreckt. Der außergewöhnliche Umriss dieser Hohlform ermöglicht südlich des Rangsdorfer Sees eine relativ genaue Rekonstruktion des Rinnenverlaufs. In Karte 1 (im Anhang) wird er durch mächtige Niedermoorreste nachgezeichnet. Morphologisch tritt die Rinne erst wieder kurz vor dem Verlassen des Untersuchungsgebietes nach Süden in Form einer deutlich ausgeformten Geländekante in Erscheinung.

Ein weiteres prägendes Element der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn sind die vereinzelt aufragenden Hochflächenreste. Die gesonderte Stellung des Lindenberges als aus Sanden und Kiesen des „Berliner Elbelaufs“ aufgebaute Stapelmoräne wurde bereits beschrieben. Der westliche Bereich des Lindenberges wird dabei von weichselzeitlichem Geschiebelehm und -mergel überlagert.

Als weitere Besonderheit sind im Bereich der Abflussbahn kleinere Längsdünenkomplexe, die sich durch einen zu den Hochflächenrändern parallelen Verlauf auszeichnen, hervorzuheben.

Der Nordrand der Glienicker Platte

Der Nordrand der Glienicker Platte ähnelt in seinem geologischen und morphologischen Aufbau stark dem des westlichen Teltows. Es werden jedoch größere Höhen erreicht. Als glaziales Stauchungsgebiet ist jedoch nur der Bereich des Glienicker Weinberges, der mit einer Höhe von 85 m über NN die höchste Erhebung des Untersuchungsgebietes darstellt, ausgewiesen. Die deutlich höhere Reliefenergie als im westlichen Bereich des Teltows hatte zur Folge, dass sich das periglaziale Talsystem deutlich tiefer einschnitt. Der Bereich, in

dem das Haupttal in die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn mündet, wird durch den Verlauf der Hauptwasserscheide zwischen Spree und Havel gekennzeichnet. Während der östliche Teil dieser geomorphologischen Einheit von NW-SO orientierten Vollformen beherrscht wird, prägen den Westteil NO-SW orientierte Formen. Die Anlage des Talsystems folgt strikt dieser Anordnung. Im Nordwesten dieser geomorphologischen Einheit fallen zwei Vollformen besonders auf, da ihr morphologischer Aufbau dem eines Drumlins entspricht: stromlinienförmige Hügel, steile Luvseite hier NO, flache Leeseite hier SW, Breite ca. ein Drittel der Länge, relativer Höhenunterschied zum umliegenden Gelände hier ca. 15 m, Sedimentinhalte sind Geschiebelehm und -mergel des Brandenburger Stadiums sowie Schmelzwasservorschüttssande der Weichsel-Eiszeit.

4 Geomorphologische Analysen im Gelände

Als Grundlage für die Validierung des GIS-basierten Modells zur geomorphologischen Entwicklung der Umgebung des Rangsdorfer Sees wurden umfassende Geländearbeiten durchgeführt. Da sich die geomorphologische Situation im südlichen Bereich des Teltows und insbesondere in der näheren Umgebung der Krummen Lanke als besonders komplex herausgestellt hat, lag hier der Schwerpunkt der Geländearbeiten. Neben der Aufnahme der im Bereich des Untersuchungsgebietes zugänglichen Aufschlüsse wurden weiterhin mehrere Schürfe angelegt und etwa 70 Peilungen mit Hilfe eines Linnemann-Bohrers niedergebracht (Tiefe 2-5 m).

Im Folgenden werden zunächst einige als exemplarisch hervorzuhebende Aufschlüsse detailliert vorgestellt. Eine zusammenfassende Darstellung der gewonnenen Erkenntnisse und deren Einordnung in die geomorphologische Gesamtsituation des Untersuchungsgebietes sowie schließlich die Validierung des GIS-basierten Modells erfolgen in Kapitel 5.

4.1 Schurf im Bereich eines Trockentales (R⁴⁵⁹²²⁴⁶/H⁵⁷⁹⁸³⁸³) – westlicher Teltow

Im Bereich eines von der Grundmoränenfläche des östlichen Teltows nach Westen in Richtung der Löwenbrucher Talsandfläche abfallenden Trockentales wurde im Taltiefsten ein Schurf angelegt. Es zeigte sich ein für das Untersuchungsgebiet typisches Profil (Abb. 4). An der Basis des Schurfes wurde zusätzlich eine Linnemann-Bohrung niedergebracht, so dass insgesamt eine Aufschlusstiefe von 200 cm erreicht wurde. Die dargestellte Schichtenfolge kann folgendermaßen interpretiert werden: Die Basis des Profils bilden weichselzeitliche Schmelzwasserverschüttssande. Im Hangenden schließt sich ein geringmächtiger (80 cm), kalkhaltiger weichselzeitlicher lodgement till an. Die auflagernde Schicht deutlich sandigeren Lehms kann als meltout till angesprochen werden. An der Oberkante des Geschiebemergels liegt eine Steinsohle (ca. 40 cm unter Gelände). Einige der im Bereich dieser Steinsohle lagernden Geschiebe konnten als unreife Wind-

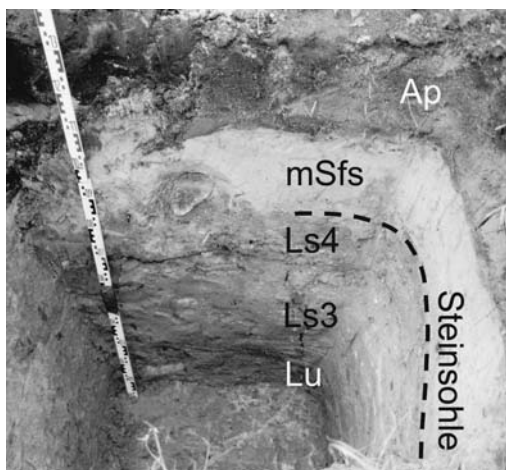


Abb. 4: Schurf AI (R⁴⁵⁹²²⁴⁶, H⁵⁷⁹⁸³⁸³), Tiefe 140 cm: Flugsanddecke mit deutlichem Pflughorizont, Steinsohle mit unreifem Windkanter in ca. 40 cm Tiefe, liegend Geschiebemergel, Aufnahme 2003.

Fig. 4: Outcrop AI (R⁴⁵⁹²²⁴⁶, H⁵⁷⁹⁸³⁸³), depth 140 cm: aeolean sand with plough layer, pebble layer with ventifact in initial stadium in a depth of 40 cm, underlain by till, photo 2003.

kanter angesprochen werden. Den Abschluss des Profils bildet eine Schicht feinsandigen Mittelsandes, die als Flugsanddecke angesprochen werden kann. In diesen Flugsanden ist ein deutlicher Pflughorizont ausgebildet.

Der aufgeschlossene Geschiebemergel, der im Rahmen der Geländeaufnahme aufgrund der Lagerungsverhältnisse und seiner Zusammensetzung als weichselzeitlich anzusprechen war, wurde zusätzlich geschiebepanalytisch bearbeitet. Das Ergebnis der Zählung nach TGL25232 (1980) war insofern überraschend, als dass der Geschiebemergel ein typisch saalezeitliches Geschiebespektrum aufweist (NK (Kristallin) 36,7%, PKgesamt (Paläoz. Kalke) 34,8%, D (Dolomit) 0,7%, PS (Paläoz. Schluffsteine) 2,2 %, Fgesamt (Flint) 6,4%, S (Sandsteine/Quarzite) 8,6%, Q (Quarz) 4,1 %, Sonstige 5,2%, nicht bestimmbar 1,2%)

. Dass es sich dennoch um einen weichselzeitlichen Geschiebemergel handeln kann, ist folgendermaßen zu begründen: Die nur geringe Mächtigkeit des lodgement tills bedingte eine basisnahe Probenentnahme. Da es an der Basis des Geschiebemergels zur Aufnahme und Einarbeitung lokal anstehender Gesteine kommt, zeigen solche Proben typischerweise ein dementsprechend verändertes Spektrum.

Insgesamt zeigt der Schurf einerseits hinsichtlich der periglazialen Talbildungsprozesse und andererseits hinsichtlich der typischen faziellen Abfolge im Bereich des Teltows ein mustergültiges Profil.

4.2 Sandgrube im Bereich der Kesselberge - westlicher Teltow

Direkt nördlich des Berliner Autobahnringes befindet sich eine aufgelassene Grube, in der im Rahmen der Autobahnsanierung Anfang der 90er Jahre Sande abgebaut wurden. Die Grube ist zu einem großen Teil wieder bewaldet, die Aufschlusswände sind in weiten Bereichen verstimmt. Dennoch bietet sie, an einem hinsichtlich der geomorphologischen Genese des gesamten Untersuchungsgebietes entscheidenden Punkt gelegen, einen guten Einblick in die Lagerungsverhältnisse. Die Grube liegt im

Grenzbereich zweier Faziestypen. Das Gebiet östlich der Grube bis hin zur Mellensee-Rinne wird laut geologischer Karte (vgl. Karte 1 im Anhang - Geologie) als weichselzeitliche Schmelzwasservorschüttbildung ausgewiesen, der Bereich westlich der Grube als Geschiebelehm und Geschiebemergel des Brandenburger Stadiums. Die unmittelbare Nähe der Grube zu den Dünengebieten der Kesselberge bedingt stellenweise die Überlagerung dieser Sedimente durch äolische Bildungen.

Im Bereich der nördlichen Aufschlusswand stellen sich die Lagerungsverhältnisse wie folgt dar: Im westlichen Teil der Wand steht ein Geschiebemergel ca. 2 m unter der Geländeoberfläche an. Im Hangenden lagern über 2 m mächtige, geschichtete Sande (dominant Mittelsand, Einschaltung grobsandiger, kiesiger aber auch schluffiger Bänder, vereinzelt bis zu kopfgroße Geschiebe). Eine Vielzahl von Kryoturbationserscheinungen zeugt von einer intensiven Beeinflussung dieser Sande durch periglaziale Prozesse. Überlagert wird das gesamte Profil von einer ca. 40 cm mächtigen periglazialen Deckschicht. Im weiteren Verlauf der Aufschlusswand nach Osten taucht der Geschiebemergel bei einem gleichzeitigen Anstieg der Geländeoberfläche unter den an Mächtigkeit zunehmenden hangenden Sanden in größere Tiefen ab. Gleichzeitig streicht auch an der Geländeoberfläche die periglaziale Deckschicht aus, bis sie schließlich nur noch in Form einer Steinsohle an der Geländeoberfläche zu erkennen ist. Diese kann aufgrund ihres hohen Anteils an reifen Windkantern als Windkantersohle bezeichnet werden. In eben diesem Übergangsbereich ändert sich auch allmählich die Charakteristik der Sande im Hangenden des Geschiebemergels. Da die periglaziale Deckschicht hier ausstreicht, fehlen die über bodenbildende Prozesse verlagerbaren Kornfraktionen fast völlig. Aus diesem Grund fehlt hier die einige Meter weiter östlich noch typische Entwicklung einer Bänderparabraunerde in den Sanden. Auch stellt sich die Korngrößenzusammensetzung nunmehr homogener dar (dominant Mittelsande, feinsandig, keine Geschiebe). Am östlichen Ende der Wand stellt

sich die Aufschlussituation wie folgt dar: Im Liegenden der Windkantersohle sind mehrere Meter ungeschichteter homogener Mittelsande aufgeschlossen. Im Hangenden der Windkantersohle stehen feinsandige Mittelsande mit einer Mächtigkeit von ca. 20 cm an. Sie können als Flugsande eingestuft werden. Diese Schichtenfolge setzt sich bei zunehmender Mächtigkeit der Flugsande im Hangenden der Windkantersohle innerhalb der gesamten östlichen Aufschlusswand der Grube fort.

Die Auswertung einer Geschiebezählung nach TGL25232 (1980) weist den hier anstehenden Geschiebemergel als weichselzeitlich aus (NK 37,7%, PKgesamt 30,8%, PS 8,2%, Fgesamt 5,7%, MK (Mesoz. Kalke) 1,2%, S 6,9%, Q 4,4%, Sonstige 2,5%, nicht bestimmbar 2,5%). Die hangenden Sande lassen sich somit stratigraphisch als weichselzeitliche Nachschüttbildungen und nicht wie in der geologischen Karte als Vorschüttbildungen deuten. Hinsichtlich der geomorphologischen Deutung der Strukturen in der Umgebung der Grube ergibt sich somit folgendes Bild: „Rechnet“ man sozusagen die aufgesetzten äolischen Bildungen der Reiher- und Kesselberge aus dem Relief heraus, so wird deutlich, dass die Grube im Ansatzbereich des Tales liegt, in dem der oben beschriebene Schurf angelegt wurde. In diesem Aufschluss fehlen die im Bereich der Grube in Mächtigkeiten von mehreren Metern aufgeschlossenen, geschichteten Sande völlig. Es handelt sich demzufolge um eine kleinräumige Bildung, die als Kamesschüttung gegen ein Widerlager aus Toteis und den Hang des glazialen Stauchungsbereiches der Reiherberge angesprochen werden kann. Gelisolifluidale Verlagerungsprozesse führten dann unter periglazialen Bedingungen zu einer sekundären Ausbildung der Deckschicht im Bereich des Aufschlusses. Durch Ausblasungsprozesse im Luv des Anstieges auf die Höhen der Reiherberge nach Osten kam es weiterhin zur Ausbildung der Windkantersohle. Die ausgeblasenen Sande wurden zu einem großen Teil direkt im Lee der Erhebung wieder abgelagert.



Abb. 5: Weichselzeitlicher Till im Hangenden der Wietstocker Kiese am Nordrand des Lindenberg (R ⁴⁵93745, H ⁵⁷5796593), Aufnahme 2003.

Fig. 5: Weichselian till underlain by the „Wietstocker Kiese“ at the northern edge of the Lindenberg (R ⁴⁵93745, H ⁵⁷96593), photo 2003.

4.3 Der Lindenberg

Auf die Genese des Lindenberges als saalezeitliche Stapelmoräne soll hier nicht näher eingegangen werden. Hinsichtlich der geomorphologischen Entwicklung des Untersuchungsgebietes ist jedoch die Überkleidung des westlichen Bereiches mit einem weichselzeitlichen Till (vgl. Karte 1 im Anhang) von Interesse. Dieser wurde hier im Rahmen der Geländearbeiten in seiner tiefsten morphologischen Position im gesamten Untersuchungsgebiet (ca. 37 m über NN, R ⁴⁵93745, H ⁵⁷96593) aufgeschlossen. Dieser in situ ungestört über den Elbekiesen lagernde, sehr sandige Till (Abb. 5) belegt, dass die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn wenigstens im Bereich des Lindenberg bereits zur Zeit des weichselzeitlichen Eisvorstoßes als ein Tiefenbereich angelegt war.

4.4 Ergebnisse der Peilungsbohrungen

Nach der Auswertung der Peilungsbohrungen kann davon ausgegangen werden, dass weitaus

größere Flächen des Teltows mit äolischen Sedimenten überdeckt sind als bisher angenommen. Es handelt sich hierbei in erster Linie um mehrere Dezimeter mächtige Flugsanddecken. Weiterhin stand die Klärung der weichselzeitlichen Überformung der glazialen Stauchungsgebiete im Mittelpunkt. Im Rahmen der Geländearbeiten konnten keinerlei Anhaltspunkte für weichselzeitliche Stauchungen gefunden werden. Bei verschiedenen Sondierungen konnten die intensiven Hangabtragsprozesse im Bereich der Stauchungsgebiete in Form von mehrere Meter mächtigen Kolluvien am Hangfuß nachgewiesen werden.

5 Neubewertung der geomorphologischen Entwicklung der Umgebung des Rangsdorfer Sees

5.1 GIS-basiertes Modell zur geomorphologischen Entwicklung

Nach der in Kapitel 3.4 erfolgten GIS-basierten geomorphologischen Bestandsaufnahme wird nun ein umfassendes Modell zur geomorphologischen Entwicklung des Untersuchungsgebietes aufgestellt. Hierzu erfolgt zunächst eine separate Betrachtung der geomorphologischen Schwerpunkte dieser Arbeit (vgl. Karte 2 im Anhang) und anschließend eine chronologische Zusammenfassung.

Zur Frage der weichselzeitlichen Eisrandbildungen

Die generelle Ausrichtung der Wellenstruktur der Grundmoränenbereiche einschließlich drumlinähnlicher Vollformen ermöglicht die Rekonstruktion einer Eisvorstoßrichtung aus Nordosten. Es ist jedoch unklar, inwieweit diese Strukturen durch periglaziale Talbildungsprozesse überformt wurden. Hier wären weitergehende Untersuchungen (insbesondere Geschiebeeinregelungsmessungen) notwendig, um diese Annahme zu untermauern. Betrachtet man die dazu quer verlaufende Aufreihung glazialer Stauchungsgebiete am Südrand des Teltows, so würde sich auf den ersten Blick

deren Deutung als Stauchendmoränen einer Eisrückzugsstaffel zwischen Brandenburger Stadium im Süden und Frankfurter Staffel im Norden anbieten. Das komplette Fehlen von südlich vorgelagerten Sanderflächen ließe sich über glazifluviale Erosionsprozesse im Bereich der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn erklären. Neben der generell geringen Formungswirksamkeit des weichselzeitlichen Eises stellen sich jedoch weitere Punkte bezüglich dieses Deutungsansatzes als problematisch heraus:

- Die potenzielle Endmoränenlage wird mehrfach von subglazialen Rinnen des Mellensee-Rinnensystems durchschnitten. Da die Anlage dieses Systems dem Brandenburger Stadium der Weichsel-Eiszeit zugeschrieben wird, ist die Genese der Stauchungsgebiete als älter einzustufen. Es kann sogar angenommen werden, dass erst die Existenz solcher präweichselzeitlichen Stauchendmoränen die Ausprägung des Rinnensystems in der vorliegenden Form ermöglicht hat.
- Im Rahmen bisheriger Untersuchungen wurden keine wesentlichen Stauchungsstrukturen in weichselzeitlichen Sedimenten beschrieben, in saalezeitlichen dagegen schon.
- Das Vorkommen der Stauchungen betrifft nicht nur den Südrand des Teltows, sondern auch Plattenreste im Bereich der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn (Lindenbergl) sowie den Nordrand der Glienicker Platte.

Die in der Geologischen Karte für die Stauchungsgebiete verzeichneten Sedimente (weichselzeitliche Vorschütt-sedimente sowie Geschiebelehme und -mergel) suggerieren zwar zunächst eine weichselzeitliche Genese, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass hier nur oberflächennahe Sedimente dargestellt werden (z.B. GK 50: Angabe bis maximal 5 m Tiefe und bis maximal zwei Schichten). Auch die Einbeziehung der Lithofazieskarte Quartär, die einen Einblick auch in tiefere Schichten ermöglicht, trägt nicht zu einer endgültigen Klärung bei. Die Stauchungen sind vorrangig für saalezeitliche, jedoch auch für weichselzeitliche Sedimente angegeben. Zusammenfassend ist jedoch eine primär saalezeitliche Anlage der Stauchungskomplexe anzunehmen.

Der glazifluviale Prozessbereich

Wie bereits mehrfach betont, wird die Morphologie des Untersuchungsgebietes wesentlich durch das verzweigte glaziale Rinnensystem geprägt. Entscheidenden Einfluss auf die Ausprägung des Systems hatte das präweichselzeitliche Relief. Im Zuge des Eisvorstoßes des Brandenburger Stadiums wirkten die saalezeitlich angelegten Stauchungsbereiche als Hindernisse unter dem Eis. Die verzweigte Struktur des Systems im Bereich des Untersuchungsgebietes ist typisch für die Rinnen des südbrandenburgischen Jungmoränenlands, es ist jedoch davon auszugehen, dass die Rinnenverzweigungen nie gleichzeitig aktiv waren. Die Vielzahl der allseits geschlossenen Hohlformen im Bereich des Rinnensystems lässt auf die Verschüttung großer Mengen Toteises schließen. Vor dem Einsetzen der Verfüllungsprozesse seit dem Bölling/Alleröd-Komplex ist im Untersuchungsgebiet von der Existenz eines ausgebildeten Seensystems auszugehen. Rezent ist die Verfüllung soweit fortgeschritten, dass – abgesehen von Söllen im Bereich besonders tiefer Toteisaustauhohlformen (exemplarisch zu beobachten südwestlich des Glienicker Weinberges) – nur der Machnower See, der Pfählingssee und der Rangsdorfer See noch nicht verlandet sind. Einen wesentlichen Anteil an der Bildung der Seebecken hatte die Tiefenerosion der subglazialen Schmelzwässer im Mellensee-Rinnensystem. Die Genese der Seebecken als reine Einbettungsseen ist somit nicht mehr haltbar.

Die Vielzahl der in der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn vorkommenden Hohlformen ist ein Indiz dafür, dass die subaerischen Schmelzwässer eher konservierend als erosiv auf diesen Bereich einwirkten. Interpretiert man die streckenweise deutliche Ausprägung der Rinnen im Bereich der Abflussbahn in Form von Geländekanten als ein Resultat glazifluvialer Erosionsprozesse und nicht nur als Sackungen in Folge des Austauens von Toteis, so lässt dies folgenden Schluss zu: Gleichzeitig mit dem Schmelzwasserabfluss über die Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn in Richtung Potsdam wurden über die Rinnen von Norden

her zusätzliche Schmelzwässer subaerisch herangeführt.

Für eine präweichselzeitliche Anlage der schmelzwasserbedingten Formen finden sich im Rahmen der GIS-gestützten Analysen keinerlei keinerlei Anhaltspunkte.

Auswirkungen von Toteis

Infolge des Austauens von verschüttetem Toteis kam es im Bereich des Untersuchungsgebietes zur Entstehung einer Vielzahl von allseits geschlossenen Hohlformen. Diese treten zwar vermehrt im Bereich des Rinnensystems auf, bleiben jedoch nicht auf dieses beschränkt. Die größten Hohlformen liegen im Bereich der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn und der Löwenbrucher Talsandfläche, aber auch im Bereich der Hochflächen finden sich viele kleinere Hohlformen. In den meisten der im Rinnenbereich vorkommenden allseits geschlossenen Hohlformen ist die Verfüllung mit holozänen organischen Sedimenten weit fortgeschritten. Die ehemalige Existenz einer noch weit größeren Anzahl an Hohlformen dokumentiert sich in Form von morphologisch ebenen Bereichen, in denen See- und Altwassersande bzw. Niedermoortorf anstehen (vgl. Karte 1 im Anhang). Nur wenige der kleinen Hohlformen sind heute noch wassererfüllt.

Weiterhin können im Bereich des Untersuchungsgebietes keinerlei Schmelzwasser-Nachschüttbildungen (vgl. Karte 1 im Anhang) nachgewiesen werden. Nach dem aktuellen Forschungsstand liegt die Ursache hierfür in der flächenhaften Bedeckung des Teltowplateaus mit Toteis. Das erklärt zwar das Fehlen flächenhafter Nachschüttbildungen, jedoch nicht das Fehlen kleinräumiger Formen wie z.B. Kamesschüttungen.

Periglaziale und äolische Entwicklung

Im Bereich der Grundmoränenplatten findet man ein ausgedehntes System periglazialer Trockentäler. Typisch ist die intensive Zertalung der Hänge der aufragenden Vollformen durch ein enges System parallel verlaufender

Kerbtälchen. Der im Bereich der steilsten Hänge besonders intensive Materialabtrag führte vielerorts zur Ausbildung deutlicher Hangfußstrukturen, die aus periglaziären Sedimenten aufgebaut sind. Im Verlauf der allgemeinen Formenansprache stellte sich heraus, dass periglaziale Schwemmfächerbildungen weitgehend fehlen. Nur im nördlichen Bereich der Löwenbrucher Talsandfläche finden sich Formen, die als Schwemmfächer angesprochen werden können. Die Formen sind jedoch äußerst undeutlich ausgebildet. Von einem primären Fehlen weiterer Schwemmfächerbildungen kann jedoch nicht ausgegangen werden. Es ist vielmehr anzunehmen, dass sie von den in den Niederungsbereichen in großen Mächtigkeiten ausgebildeten holozänen Niedermoortorfen überdeckt werden.

Die Überformung durch äolische Prozesse ist dagegen deutlich im Höhenmodell erkennbar. Das Dünengebiet des westlichen Teltows wurde bereits eingehend beschrieben (vgl. Karte 2 im Anhang). Die Genese dieses Dünengebietes beginnt mit dem Trockenfallen der Löwenbrucher Talsandfläche. Unter dominant vorherrschenden Westwindbedingungen wurden aus den dort oberflächlich anstehenden glazifluvialen Sanden die äolisch verlagerbaren Kornfraktionen ausgeblasen und auf der nach Osten hin sanft ansteigenden Grundmoränenplatte des westlichen Teltows in Form von Dünen abgelagert. Als weitere prädestinierte Bereiche für die Ablagerung äolischer Sedimente sind die Leelagen der glazialen Stauchungsgebiete zu nennen (vgl. Karte 1 im Anhang - Geologie). Von besonderem Interesse ist weiterhin die Ausbildung von Längsdünen in der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn. Mit dem Zurückgehen der Schmelzwassermengen im Zuge der Verlagerung des Schmelzwasserabflusses in Richtung des Warschau-Berliner Urstromtales fielen zunächst die Niederterrassenbereiche trocken. Somit konnte es dort zur Aufwehung von Dünen kommen. Die bedingt durch die holozänen Verfüllungsprozesse rezente im Gelände nicht mehr erkennbare Terrassenkante wird von eben diesem Dünenkomplex nachgezeichnet. Zur Existenz und Verteilung flächenhafter pe-

riglazialer Deckschichten, insbesondere auch zur Ausdehnung der Flugsanddecken in der Umgebung der Parabeldünen, können auf der Basis der GIS-Analysen keine näheren Angaben erfolgen.

Chronologische Zusammenfassung des GIS-basierten Modells

Als Ausgangsrelief der weichselzeitlichen Entwicklungen wird von der Existenz eines unruhigen, durch saalezeitliche Stauchungsbereiche geprägten Reliefs ausgegangen. Eine genauere genetische Deutung dieser Stauchungsbereiche ist nicht möglich, denkbar wäre jedoch eine Anlage in Form von Stauchendmoränen oder aber als Drumlinherde. Während des weichselzeitlichen Eisvorstoßes des Brandenburger Stadiums kam es mit der Bildung der Mellensee-Rinne zu einer intensiven Zerschneidung des Reliefs durch subglaziale Schmelzwässer. Weiterhin kam es zur Überdeckung mit einem geringmächtigen weichselzeitlichen Geschiebelehm. Nach der Aufgabe der Brandenburger Eisrandlage bedingte der fehlende Eisvorschub die flächenhafte Ablagerung von Toteis, das die weichselzeitlichen Grundmoränenbildungen konservierte. Weichselzeitliche Nachschüttbildungen konnten somit im Bereich des Untersuchungsgebietes bislang nicht nachgewiesen werden. Mit der phasenweisen Verlegung des Hauptschmelzwasserabflusses vom Glogau-Baruther Urstromtal nach Norden kam es zur Einschneidung der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn. Gleichzeitig mit dem Betrieb dieser Hauptabflussbahn kam es im Bereich der Mellensee-Rinne zu subaerischen Abflüssen. Die eher akkumulierende Wirkung der Schmelzwässer führte zur Verschüttung großer Mengen an Toteis. Zeitgleich entwickelte sich unter periglazialen Bedingungen ein Talsystem. Dieses folgt in seiner Anlage den Strukturen des glazialen Ausgangsreliefs. Nach dem Trockenfallen der Niederungen wird aus den glazifluvialen Sanden der Löwenbrucher Talsandfläche ein Parabeldünenfeld auf den Grundmoränenbereich des westlichen Teltows

aufgeweht. Auf der Niederterrasse der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn kommt es zur Bildung von Längsdünenkomplexen. Einhergehend mit der Erwärmung im Bölling/Alleröd setzte das Austauen der verschütteten Toteiskörper ein, eine ausgedehnte Seenlandschaft entstand. Im weiteren Verlauf des Holozäns führte die intensive Akkumulation limnischer und organogener Sedimente zur Verfüllung der Hohlformen. Rezent liegt demzufolge in den Niederungsbereichen eine mehr oder weniger nivellierte Geländeoberfläche vor.

Die hier beschriebene Entwicklung wird zusammenfassend in Form einer geomorphologischen Übersichtskarte (Karte 3 im Anhang) dargestellt.

5.2 Interpretation der Geländebefunde

Die in Kapitel 4 vorgestellten Geländebefunde dienen als Grundlage für die Validierung des GIS-basierten Modells. An dieser Stelle werden deshalb zunächst die für die Validierung entscheidenden Ergebnisse der Geländearbeiten hinsichtlich der geomorphologischen Schwerpunkte dieser Arbeit zusammenfassend dargestellt.

Zur Frage der weichselzeitlichen Eisrandbildungen im Bereich des Untersuchungsgebietes

Da im Rahmen der Geländearbeiten keinerlei Anhaltspunkte für glazigene Stauchungsprozesse im Verlauf der Weichsel-Eiszeit gefunden wurden, wird lediglich von einer Überkleidung saalezeitlicher Formen durch weichselzeitliche Sedimente ausgegangen.

Der glazifluviale Prozessbereich

Die Schlüsselposition des weichselzeitlichen Geschiebemergels im Hangfußbereich des Lindenberges wirft ein neues Licht auf die Genese der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn. Es ist davon auszugehen, dass ihre Anlage einer bereits saalezeitlich angelegten Tiefenlinie folgte.

Auswirkungen von Toteis

Diesen Prozessbereich betreffend ist insbesondere die Deutung der Schmelzwassersedimente westlich der Reiherberge als Kameschüttung hervorzuheben. Es ist davon auszugehen, dass es sich bei dieser Bildung im Bereich des Untersuchungsgebietes nicht um einen Einzelfall handelt.

Periglaziale und äolische Entwicklung

Für den westlichen Teltow konnte eine großflächige äolische Überprägung nachgewiesen werden. Die aufgewehten Dünenkomplexe und Flugsandfelder sind als spätglazial einzuordnen. Anhaltspunkte für eine Reaktivierung der äolischen Prozesse im Holozän konnten nicht gefunden werden.

5.3 Validierung des GIS-basierten Modells

Während der Geländearbeiten stellte sich heraus, dass die saalezeitliche Vorprägung des Reliefs eine noch größere Rolle bei der Entwicklung der rezent vorliegenden Geomorphologie spielte, als nach der Interpretation der GIS-Analysen angenommen werden konnte. Wurde dort eine saalezeitliche Anlage schmelzwasserbedingter Formen noch abgelehnt, so muss diese Annahme nach der Auswertung der Geländebefunde revidiert werden. Eine Schlüsselposition nimmt hierbei der weichselzeitliche Geschiebelehm im Hangfuß des Lindenberges ein. Die Tatsache, dass er hier *in situ* ungestört in einer Höhe von 37 m über NN ansteht, lässt nur den Schluss zu, dass die Talung der Rangsdorf-Thyrower Abflussbahn zumindest in Teilen saalezeitlich vorgeprägt ist. Weiterhin können weichselzeitliche Stauchungsprozesse jetzt als formgebender Prozess im Verlauf der Geomorphogenese des Untersuchungsgebietes ausgeschlossen werden.

In den wesentlichen Punkten stützen die Ergebnisse der Geländearbeiten jedoch das auf der Basis der GIS-Analysen erarbeitete Modell zur geomorphologischen Entwicklung der Umgebung des Rangsdorfer Sees: Als Ausgangs-

relief der weichselzeitlichen Entwicklung wird weiterhin von der Existenz eines unruhigen saalezeitlichen Reliefs ausgegangen, in dem sowohl die Vollformen, als auch die Tiefenlinien, die bis heute das Landschaftsbild prägen, bereits angelegt waren. Hierunter fällt sowohl die Kette der glazialen Stauchungsgebiete als auch eine dazu mehr oder weniger parallel verlaufende Tiefenlinie, die aller Wahrscheinlichkeit nach als ein Stauchendmoränenbogen mit einer vorgelagerten Schmelzwasserabflussbahn im Sinne der klassischen glazialen Serie in Erscheinung traten. Die Genese dieser Formen kann im Hinblick auf den Forschungsstand dem Warthe-Stadium des Saaleglazials zugeordnet werden. Für das Eem-Interglazial ist eine relative Formungsruhe anzunehmen. Mit dem weichsel-hochglazialen Brandenburger Hauptvorstoß begann im Bereich des Untersuchungsgebietes eine erneute glaziale Überprägung. In erster Linie formenwirksam waren die subglazialen Schmelzwässer der weichselzeitlichen Gletscher. Die Zerschneidungsprozesse im Zuge der Ausbildung der Mellensee-Rinne hatten eine intensive Zertalung des Reliefs zur Folge. Weiterhin kam es zur Überdeckung mit einem geringmächtigen weichselzeitlichen Geschiebemergel. In diesen wie in den folgenden Punkten kann die in Kapitel 5.1 beschriebene Entwicklung übernommen werden: die flächenhafte Ablagerung von Toteis, die daraus resultierende Konservierung der weichselzeitlichen Grundmoränenbereiche sowie das flächenhafte Fehlen weichselzeitlicher Nachschüttbildungen. Kleinräumig konnten im Zuge der Geländearbeiten jedoch Schmelzwassernachschüttbildungen in Form einer Kameschüttung nachgewiesen werden. Auch hinsichtlich der Intensität der äolischen Prozesse können nun genauere Aussagen getroffen werden. Für den westlichen Bereich des Teltows ist im Spätglazial eine mehr oder weniger vollständige Überdeckung mit Flugsanden anzunehmen. Für die weitere Entwicklung stützen die Geländebefunde die GIS-basierte Argumentation. Die Festlegung der Flugsandfelder und Dünenkomplexe ist gegen Ende des Spätglazials (Jüngere Dryas) anzunehmen.

Auch hinsichtlich der Seebeckengenese kann die GIS-basierte Herleitung verifiziert werden: die intensiven Verlandungsprozesse im Holozän konnten im Rahmen verschiedener Bohrungen bestätigt werden.

Zusammenfassend lässt sich im Bereich des Untersuchungsgebietes für das Saale-Glazial eine vorwiegend glazial-akkumulative Prägung, für das Weichsel-Glazial eine auf den Hochflächen vorwiegend glazifluvial-erosive und in den Niederungen glazifluvial-akkumulative sowie für das Holozän eine vorwiegend biogen-akkumulative Prägung ableiten.

Hinsichtlich der Detailgenauigkeit hat das GIS-basierte Modell aufgrund seiner Abhängigkeit vom Maßstab der Eingangsdaten Schwächen in Bezug auf das Vorkommen kleinräumiger Schmelzwassernachschüttbildungen sowie die Ausdehnung von Flugsanddecken gezeigt. Die auf der Basis der GIS-Analysen erstellte Geomorphologische Übersichtskarte (Karte 3 im Anhang) stellt die erläuterten großräumigen Zusammenhänge jedoch ausreichend genau dar. Die Erstellung einer geomorphologischen Detailkarte wäre jedoch ohne weitaus aufwändigere Geländearbeiten nicht zu leisten. Hinsichtlich der angewandten Methodenkombination ist festzustellen, dass sie sich zur Klärung der großräumigen geomorphologischen Entwicklung des Untersuchungsgebietes als geeignet erwiesen hat. Die erzielten Ergebnisse rechtfertigen auch den großen (insbesondere zeitlichen) Aufwand zur Digitalisierung der in der Regel analog vorliegenden Daten.

6. Ausblick

Die bei der Aktualisierung der Geologischen Karten der Preußischen Landesaufnahme durchgeführte stichprobenartige Überprüfung der verschiedenen Faziestypen konnten im Zuge der Geländearbeiten als zuverlässige Methode für die Verschneidung alter Karten und Geländebefunde bestätigt werden. Interessant wäre es nun, ausgehend von den bereits vorliegenden Bohrdaten, ein flächendeckendes Raster an Bohrungen zu erarbeiten, um ein Untergrundmodell für das Untersuchungsgebiet erstellen zu kön-

nen. Vor dem Hintergrund des großen Einflusses des saalezeitlichen Reliefs auf die weichselzeitliche Morphogenese wäre die Modellierung dieser Schichtfläche von besonderem Interesse. Hinsichtlich der Seen- und Flussgeschichte des Untersuchungsgebietes wäre es weiterhin von Interesse, das Relief ohne die holozänen Decksedimente zu modellieren.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde deutlich, dass eine geomorphologische Formenansprache im Gelände unverzichtbar bleibt, da gerade geomorphologische Kleinformen allein über das GIS (maßstabsbedingt) nicht gedeutet werden können. Hier sind zur weiteren Untermauerung und insbesondere zur Verfeinerung des erstellten Modells in einem nächsten Schritt intensive Gelände- und Laborarbeiten (Geschiebeeinregelungsmessungen, Datierungen, weitere Geschiebezählungen, etc.) in ausgewählten Teilräumen des Untersuchungsgebietes zu leisten. Trotzdem eignet sich eine GIS-gestützte Analyse zur Deutung geomorphologischer Abläufe und ist als eine wichtige Ergänzung und insbesondere als wichtige Vorbereitung der geomorphologischen Arbeit im Gelände einzustufen.

7 Danksagungen

Für die freundliche Unterstützung bei den Geschiebezählungen danken wir Dipl. Geogr. Jens Lock. Für den Zugang zu den Bohrdaten und die freundliche Unterstützung bei der Auswertung des Archivmaterials danken wir dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB).

8 Literatur

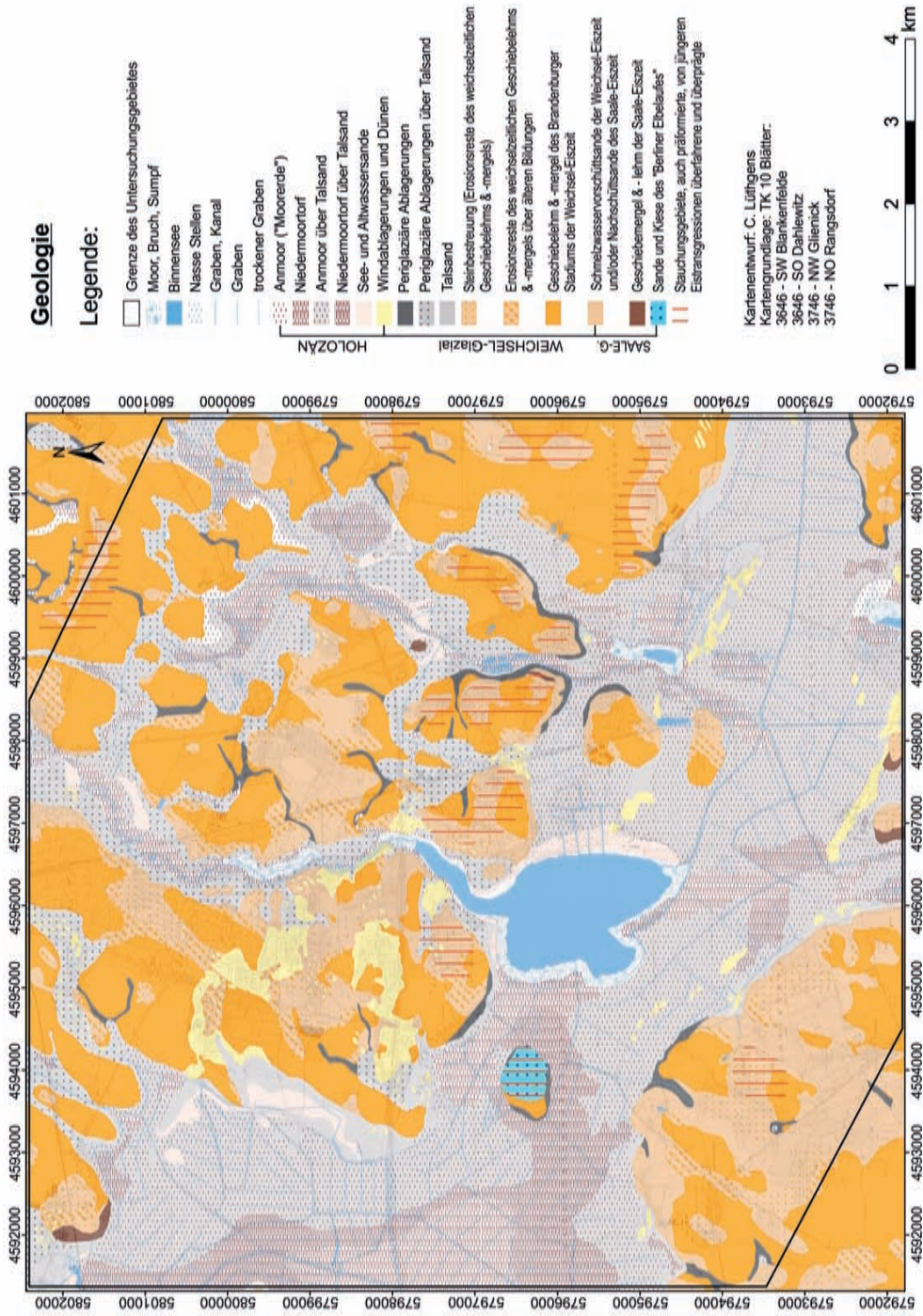
- BERENDT, G. & BRAUNS, D. (1882): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten - Blatt Zossen. – (Erläuterungen von Berendt, G.); Berlin.
- BERENDT, G. & DULK, L. (1882): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten - Blatt Lichtenrade. – (Erläuterungen von Dulk, L.); Berlin.
- BLASSKIEWITZ, M., DE BOER, W. M., HERMSDORF, N. & JUSCHUS, O. (2002): Die Brandenburger Eis-

- randlage. – DEUQUA 2002 – Exkursionsführer: 170 S.; Berlin.
- BÖSE, M. (1979): Die Geomorphologische Entwicklung im westlichen Berlin nach neueren stratigraphischen Untersuchungen. – Berliner Geographische Abhandlungen, **28**: 43 S.; Berlin.
- BÖSE, M. (1989): Methodisch-stratigraphische Studien und paläomorphologische Untersuchungen zum Pleistozän südlich der Ostsee. – Berliner Geographische Abhandlungen, **51**: 113 S.; Berlin.
- DEMEK, J. (Hrsg.) (1976): Handbuch der geomorphologischen Detailkartierung. – 462 S.; Wien (Hirt).
- EHLERS, J. (1994): Allgemeine und historische Quartärgeologie. – 358 S.; Stuttgart (Enke).
- GENESER, K. & MIELECKE, K. (1957): Die Elbekiese auf der Teltowhochfläche südlich von Berlin. – Ber. Geol. Ges. DDR, **2**: 242-263; Berlin.
- HERMSDORF, N. (1995): Zur quartären Schichtenfolge des Teltowplateaus. – Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, **1**: 27-38; Kleinmachnow.
- JUSCHUS, O. (2000): Das Jungmoränenland südlich von Berlin – Untersuchungen zur jungquartären Landschaftsentwicklung zwischen Unterspreewald und Nuthe – Diss. Humboldt-Universität zu Berlin: 251 S.; Berlin.
- LANDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE BRANDENBURG (Hrsg.) (1997): Erläuterungen zur Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300.000. – Potsdam.
- LESER, H. & STÄBLEIN, G. (Hrsg.) (1975): Geomorphologische Kartierung. – Berliner Geographische Abhandlungen, Sonderheft: 39 S.; Berlin.
- LIEBIG, W. & MUMMENTHEY, R. (2002): ArcGIS - Arc View 8 - Das Buch für den Anwender. – 453 S.; Norden (Points).
- LIEDTKE, H. (1975): Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. – Forsch. Dt. Landeskunde: 160 S.; Bonn.
- LIEDTKE, H. & MARCINEK, J. (Hrsg.) (1995): Physische Geographie Deutschlands. – 559 S.; Gotha (Perthes).
- LIPPSTREU, L. (1995): Brandenburg. – In: BENDA, L. (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands: 116-147; Berlin (Bornträger).
- MARCINEK, J. & NITZ, B. (1973): Das Tiefland der Deutschen Demokratischen Republik. – 288 S.; Gotha (Haack).
- MARCINEK, J. (1976): Das Wasser des Festlandes - Eine Einführung. – 224 S.; Leipzig (Haak).
- MARCINEK, J., SEIFFERT, S. & ZAUMSEIL, L. (1995): Zur Anlage des Gewässernetzes in Brandenburg. – Berichte zur deutschen Landeskunde, **69**: 205-228; Trier.
- SOLGER, F. (1959): Die Nuthe-Notte-Niederung. – Heimatkalender für den Kreis Zossen: 114-120; Berlin.
- VEB HYDROLOGIE BT TORGAU (Hrsg.) (1977): Hydrologischer Ergebnisbericht - Detailerkundung Groß Schulzendorf (Rangsdorfer See). – [unveröffentlicht].

9 Kartenverzeichnis

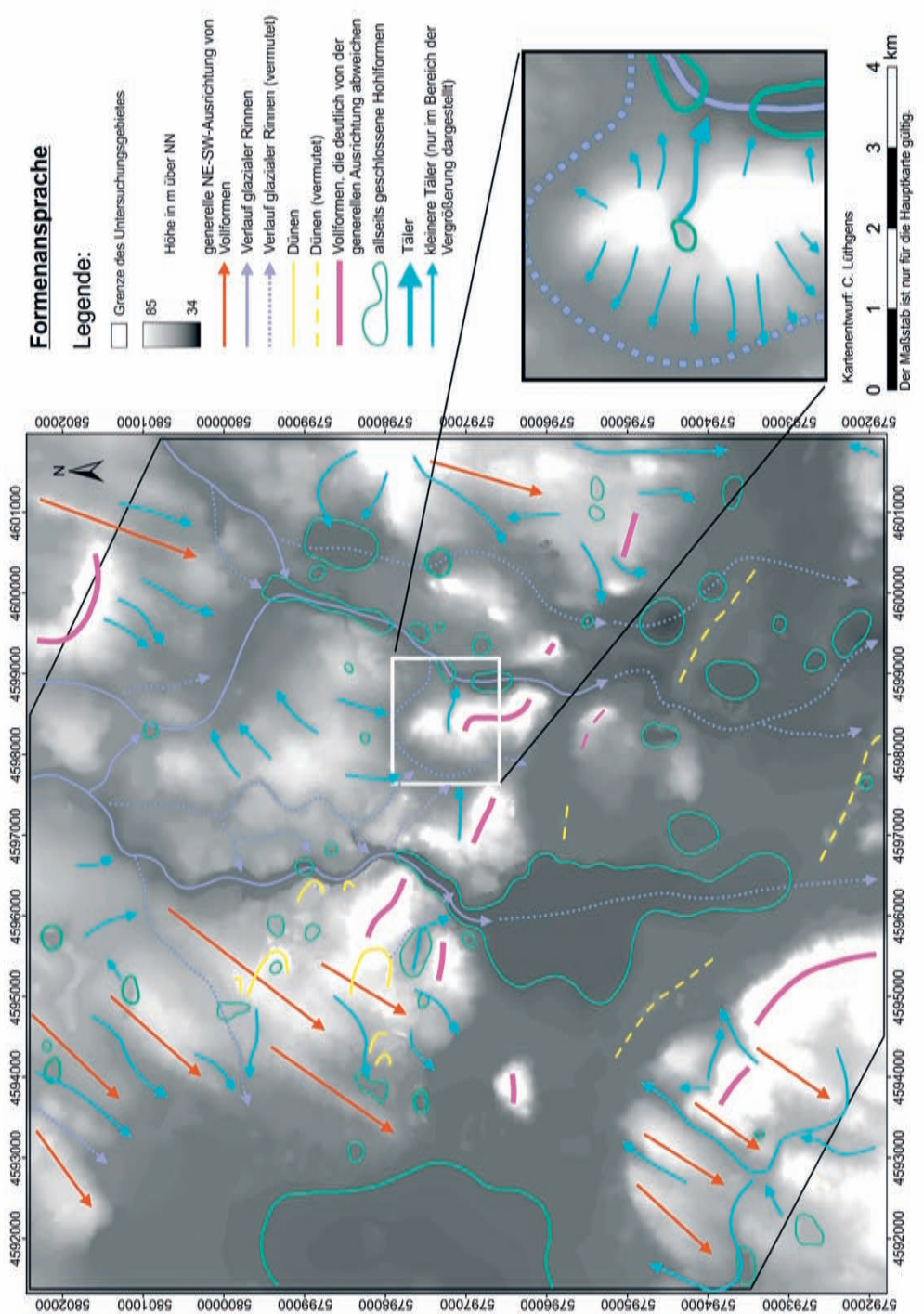
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (Hrsg.): Geologische Übersichtskarte 1:200.000, Blatt CC 3942 Berlin, Ausgabe 1998, Hannover.
- Geologische Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten 1:25.000, Sect. Zossen (3746 Zossen), Ausgabe 1875, Berlin.
- Geologische Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten 1:25.000, Sect. Lichtenrade (3646 Blankenfelde), Ausgabe 1878, Berlin.
- Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (Hrsg.): Lithofazieskarten Quartär 1:50.000 (LKQ 50), Blatt 2167 Ludwigsfelde, 7 Einzelkarten, Ausgabe 1977, Kleinmachnow.
- Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (Hrsg.): Geologische Karte 1:50.000, Blatt 0908-2 Zossen, Ausgabe 1993, Kleinmachnow.
- Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin (Hrsg.): Geologische Übersichtskarte von Berlin und Umgebung 1:100.000, Ausgabe 1995, Kleinmachnow, Berlin.
- Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit dem Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300.000, Ausgabe 1997, Potsdam.
- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Preussische Kartenaufnahme 1:25.000 Uraufnahme, Blatt 3746 Zossen, Ausgabe 1840 (Reprint), Potsdam.
- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Preussische Kartenaufnahme 1:25.000 Uraufnahme, Blatt 3646 Blankenfelde, Ausgabe 1869 (Reprint), Potsdam.
- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Preussische Kartenaufnahme 1:25.000 Uraufnahme, Blatt 3646 Blankenfelde, Ausgabe 1831 (Reprint), Potsdam.

- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Preussische Kartenaufnahme 1:25.000 Uraufnahme, Blatt 3746 Zossen, Ausgabe 1869 (Reprint), Potsdam.
- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Topographische Karte 1:25.000, Blatt 3646 Blankenfelde, Ausgabe 1993, Potsdam.
- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Topographische Karte 1:25.000, Blatt 3746 Zossen, Ausgabe 1994, Potsdam.
- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Topographische Karte 1:10.000, Blatt 3746 NW Glienick, Ausgabe 1994, Potsdam.
- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Topographische Karte 1:10.000, Blatt 3746 NO Rangsdorf, Ausgabe 1994, Potsdam.
- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Topographische Karte 1:10.000, Blatt 3646 SO Dahlewitz, Ausgabe 1993, Potsdam.
- Landesvermessungsamt Brandenburg (Hrsg.): Topographische Karte 1:10.000, Blatt 3646 SW Blankenfelde, Ausgabe 1993, Potsdam.
- (Nachdruck der Karten mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Brandenburg, GB 34/07)



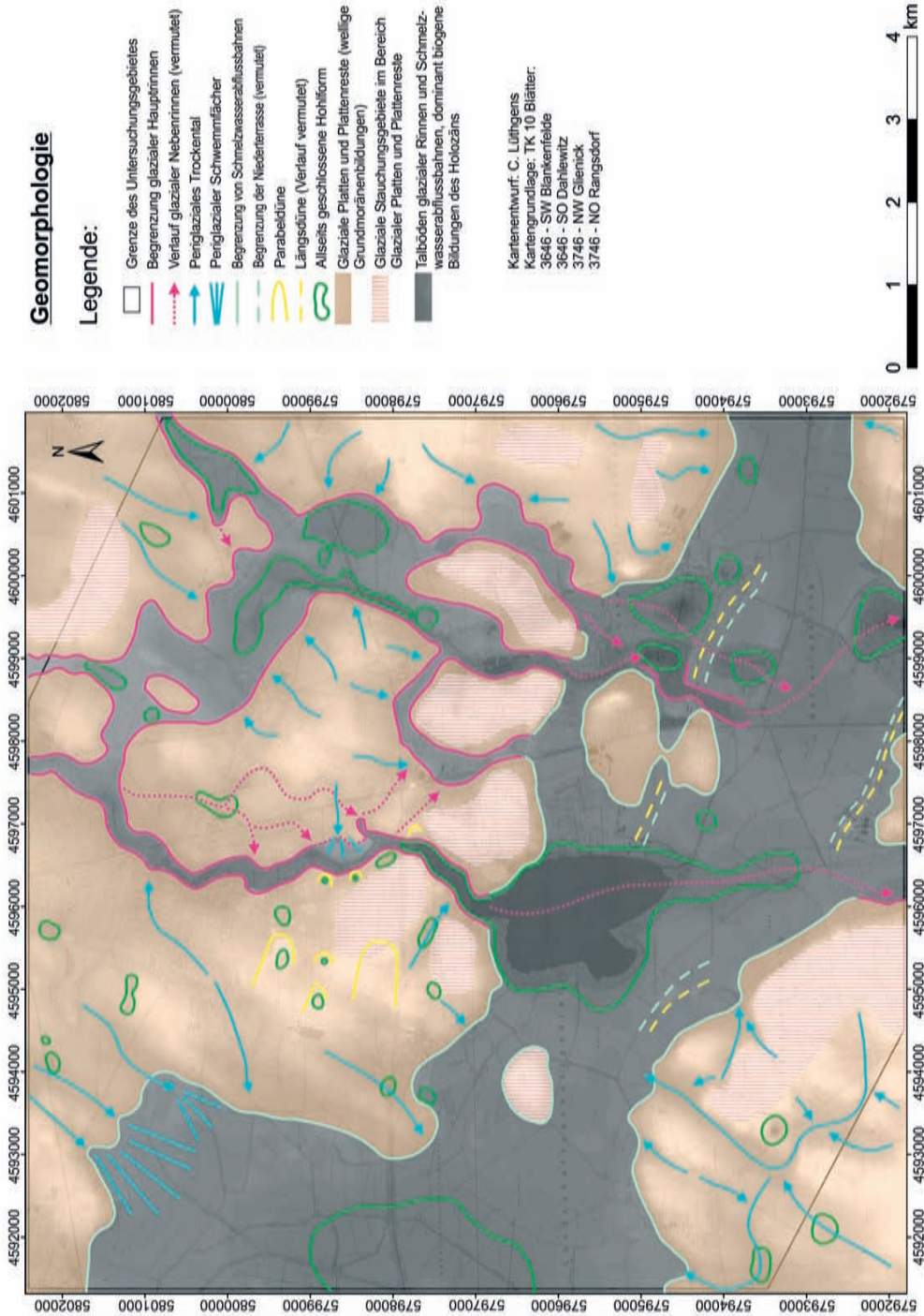
Karte 1: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes.

Map 1: Geological Map of the research area.



Karte 2: Formenansprache im Bereich des Untersuchungsgebietes.

Map 2: Landforms of the research area.



Karte 3: Geomorphologische Karte des Untersuchungsgebietes.

Map. 3: Geomorphological Map of the research area.