Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**14** (2007), 1	S. 51-63	5 Abb., 2 Tab., 53 Lit.

Glaziäre Kleinsenken des Potsdamer Gebiets

Glacial kettle holes of Potsdam Region

Roland Weisse

1. Ausgangssituation, Aufgabenstellung

Oberflächlich abflusslose Kleinsenken sind immanenter Bestandteil weichseleiszeitlicher Landschaften. Obwohl die Einzelform kleinflächig ist, bestimmt sie bei häufigem Auftreten die Landschaftsphysiognomie, im Gebiet des Brandenburger Stadiums vorwiegend der Sand-Kies-Landschaften (Döberitzer Heide; bei Kloster Lehnin vgl. Weisse 2004; bei Dobbrikow; nördlich Beelitz). In Nordgebieten Brandenburgs, z. B. in der Uckermark, und in Mecklenburg-Vorpommern, kehrt sich das Verhältnis zugunsten der Grundmoränensenken in mächtigen Basaltillen (Geschiebemergeln) um („Sölle-Landschaften", Lipp 2006). In Mecklenburg-Vorpommern treten Tille von zwei Glazialen (W2 und W3) auf, bei Potsdam handelt es sich meist um geringmächtigen W1-Till. Senken treten auch in Altmoränengebieten auf (Letzlinger Heide, vgl. Weisse 1987a; im Fläming u. a. Hermsdorf et al. 2007). Wie bezeichnet man jedoch die Glazialgenese der Kleinsenken von Altmoränengebieten (vgl. Garleff 1968)?

Die vorliegende Arbeit schließt an eine ältere Veröffentlichung an (Weisse 1987a). Das Anliegen dieses Beitrages besteht darin, in der Literatur behandelte Senkenaspekte zu eiszeitlichen Bildungsprozessen und Begriffen im Überblick zu skizzieren und auf Probleme hinzuweisen. Eindeutige Begriffsanwendung und differenzierte Genesevorstellungen sind für die Lösung ökologischer Aufgaben von großer Bedeutung. Daraus ergibt sich die Forderung, Baustile glaziärer Kleinsenken vielfältiger und komplexer darzustellen und zu erforschen. Daher ist die Kleinsenkenuntersuchung stets als Einheit von äußeren (Reliefmerkmalen und -strukturen) und inneren, bestimmenden Strukturen (Geneseart, Sedimente, Lagerungsweisen) aufzufassen, diese Betrachtungsweise wird hier praktiziert.
Die glaziären Senkentypen des Potsdamer Gebiets werden zur besseren Übersicht in Tabellen und graphischen Modellen vorgestellt. Um den Zugang zur komplizierten Senkengenese zu erleichtern, werden u. a. die glaziär-prozessual geprägten räumlichen Verteilungsmuster von Senken sowie Grundrisse und Größe oberirdischer Einzugsgebiete in Kartenskizzen zum Vergleich beigefügt. Einige Schnittaufnahmen verdeutlichen typische Senkenbaustile, weitere befinden sich in Weisse 1987a, morphographische Aspekte behandelte auch Haubold (1983). Diese Senkenbetrachtung möge anregen, der komplexen eiszeitlichen Senkenentstehung künftig die gleiche Aufmerksamkeit zu schenken, wie der holozänen Hohlformenforschung. Auf einige Unterschiede zu Mecklenburg-Vorpommern wird hingewiesen.

Geologisch gesehen sind jungglaziale Senken meist von kurzer Lebensdauer. Nachdem die meisten durch Toteis(tief)tauen im Weichselspätglazial und zu Beginn des Holozäns morphologisch sichtbar wurden, unterlagen sie Nachrutschungen, z. T. periglaziärer Teilverfüllung sowie limnischer Sedimentation, Verlandung und dem Eintrag erodierten Bodens. Die morphologische Lebensdauer von Kleinsenken beträgt daher nur 15 bis 20 000 Jahre. Da bereits etwa 12 000 Jahre verstrichen sind, verbleiben für Jungmoränensenken nur noch wenige tausend Jahre. Diese Zeit wird vom Menschen extrem verkürzt (vgl. Klafs & Lippert 2000), selten verlängert, z. T. mit negativen bio- und geoökologischen Auswirkungen.
Seit mehr als 100 Jahren gibt es Genesevorstellungen zu Kleinsenken, einst nichteiszeitlich (vulkanisch, Erdfälle), später eiszeitlich, durch Evorsion, Erosion, Toteisverschüttung und Nachsackung gedeutet (u. a. Geinitz 1879, 1880, Spethmann 1912, Wunderlich 1917, Röpke 1929). Mitte des 19. Jh. kamen periglaziäre Deutungen hinzu (Troll 1962). Den Begriff Soll als wissenschaftlichen Terminus technicus führte Geinitz ein (1879, 1880). Röpke verfasste eine grundlegende Arbeit zur Senkenentstehung ebener und flachwelliger Grundmoränen Mecklenburgs. Danach entstanden Senken durch in mächtigen Geschiebemergeln eingeschlossenes Gletschereis. Auf Seite 29 beschrieb er den Grundtyp des mecklenburgischen Solls und gab mit der Intramoräneneis-Schmelztheorie eine plausible Erklärung, die manche Kleinsenke glazialgenetisch überzeugend deutet. Allerdings wird mit dieser Theorie, dem Einbettungssediment Geschiebemergel (Setztill) und weichselspätglazialen sowie holozänen Verlandungssedimenten Mudde und Torf nur ein, wenn auch bedeutender, subaerisch abflussloser Kleingewässertyp mecklen- und nordbrandenburgischer Grundmoränen erklärt. Klafs et al. (1973) ergänzten die von Röpke definierte glazigene Sollgenese,

indem sie anthropogene Einflüsse berücksichtigten. Sie unterschieden neben typischen (ausgereiften) auch ertrunkene und verdeckte Sölle. Welcher Glazialgenese die durch mittelalterliche Landnahme und Ackerkultur beeinflussten Mulden mit wasserführenden „künstlichen Söllen“ (Janke & Janke 1970) bzw. Pseudosöllen sind, beschrieben Klafs et al. (1973, S. 294) sowie Klafs & Lippert (2000, S. 65) ungenau. Diese liegen ihrer Meinung nach in deutlichen Geländedepressionen. Wie entstanden jedoch diese Mulden?

Glazialmorphologie und -geologie beschäftigen sich meist mit großen Negativformen, wie See- und Beckenformen, deren Genese sich von Kleinsenken unterscheiden kann. Kleinsenken sind, von Ausnahmen abgesehen, glazialgenetisch wenig detailliert erforscht, so dass Gestaltbeschreibungen, Begriffsirritationen, Modellannahmen und/oder Pauschaldeutungen begünstigt werden, fehlerhafte Senkenrenaturierungen sind nicht auszuschließen. Auf weitere notwendige Forschungen machte Wilhelmy (1975, S. 99) aufmerksam: „Sölle: Rundliche steilwandige Kuhlen, deren Entstehung bisher nicht befriedigend geklärt ist, werden als subglaziale Strudellöcher oder Toteiskessel gedeutet …“. Auch Dreger (2002, S. 91) bemerkte: „Gerade bei Zusammenhängen zwischen der Ausprägung der biologischen Vielfalt an Söllen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Landschaftsräumen besteht noch ein großes Wissensdefizit.“ Und jüngst forderte Lipp (2006, S. 291) eine „weitere anwendungsorientierte Erforschung der Sölle“.
Wodurch erklärt sich der Kenntnisrückstand zur glaziären Senkenentstehung? Während Bohrungen seit Jahren erfolgreich zur Erfassung holozäner Senkensedimente und zur Lösung holozän-sedimentär-stratigraphischer und biologischer Aspekte eingesetzt werden, gibt es Schwierigkeiten bei der Interpretation und Korrelierung präholozäner Schichtfolgen. Sichere Kenntnisse zur Kleinsenkenentstehung und begriffliche Präzisierung glazialgenetischer Senkenaspekte sind jedoch Voraussetzung für die Erstellung exakter Bilanzen von Energie- und Stoffflüssen sowie für anthropogene Eingriffe, Biotopvernetzungen (u. a. Landgraf, L. & P. Notni 2003). Trotz mancher Vorteile hat der Einsatz von Bohrungen den Nachteil, dass mehrere Schnittkonstruktionen möglich sind und kleine, für Stoffflüsse bedeutungsvolle Lagerungsstrukturen und lithologische Änderungen der Kleinsenken nicht erfasst werden. Mühevoll sind ferner Schürfe und Aufgrabungen, zumal sie sich wegen Wasser und Torfmoor auf Senkenränder beschränken müssen, so dass man sich auch hypothetischer geologisch-geomorphologischer Modelle (vgl. Kaiser 2001, S. 23) bedienen muss. Dabei bleiben Fragen unbeantwortet, so z. B. bei Peterss et al. 2002). Wodurch erklären sich die Schichtwasserpfade zwischen Söllen, durch Lithologie und/oder Strukturen/Lagerungsweisen der Geschiebemergel? Wie gestaltete sich die glaziäre Sollanlage? Auch Schindler beurteilte seine Aussagen kritisch (1996, S. 43: „Offen bleiben des weiteren die Fragen, ob das versickernde Wasser als Grundwasserneubildung anzusehen ist, wie die Pfade zum Grundwasserleiter verlaufen und in welchem Umfang die Grundwasserspeisung erfolgt. Ebenfalls konnte nicht schlüssig nachgewiesen werden, ob und in welchem Umfang Wasser und Stoffe aus dem Soll tiefenverlagert werden.“ Schulzke (2002, S. 176) bewertet den Einfluss des Reliefs auf den Wasserhaushalt einer Senke weniger kritisch. Nach Schmidt (1994) sind aber exakte Aussagen zu Wasserpfaden ohne Kenntnis aller hydrologisch relevanten Einflussfaktoren schwer möglich. Auch die von Kalettka & Rudat (2006) ausgewiesenen hydrogeomorphologischen Kleinsenkentypen würden an Aussagekraft gewinnen, wenn sie durch eiszeitliche Geneseinterpretationen begründet werden. Durchgehende Transsektaufnahmen, kombiniert mit Bohrungen, spiegeln eben glaziäre Senkenbaustile komplexer und realitätsnäher wider. Lithologisch-strukturelle Schnitte veröffentlichten u. a. Stahr et al. 1983, Keding & Strahl 1996, Kaiser et al. 2000, Peterss et al. 2003, Berger & Nehring 2002, Krienke et al. 2006 sowie Schlaak et al. 2006.

2. Begriffssituation

Kleinsenken werden von zahlreichen wissenschaftlichen und volkstümlichen Begriffen abgebildet. Die Volkssprache kennt Pfuhle, Kuhle, Tümpel, Weiher, Fenn bzw. Sal (wend., russ. zalivnoij – überflutet). Weitere Bezeichnungen beziehen sich auf Nutzung (Schafstränke), Farbe (Schwarzer …), Form (Trog-), Wasser (See-, Spring-), Personen (Schulzen-, Knechte-), Tiere (Fuchs-, Kranich-) oder Vegetation (Birkpfuhl, Fenn). Bio- und geowissenschaftliche Senkenbegriffe sind ebenso zahlreich wie die Senken selbst: Soll (echtes, glazigenes, künstliches Soll, Sölle, Söller, Sollrinne, Brillensoll; Einsturz-, Ausspar-, Strudel- und Eindruckssoll; Feld- und Waldsoll; begrabenes Soll, Pseudosoll); Toteissenke und -loch; Eiszeitsenke, Auftau- und Austausenke, Kleinhohlform, Kolk; Kessel, Kesselsee, Kesselmoor. Englischsprachige Fachbegriffe sind kettle, kettle hole, kettle lake, sinkhole, pothole, hollow, pond, ice pit, depressional wetland. Im Russischen taucht häufig der Begriff termokarstovaja vpadina auf (Thermokarstsenke, periglaziär und glaziär definiert, Kotljakov 1984, S. 456). Üblich sind auch soll, voronka mjortvowo lda, lednikovaja voronka, kotlovina provalnaja. Kritisch betrachtet, spiegeln manche Begriffe die Kleinsenkenentstehung ungenau wider.

Außerdem strapazieren nicht wenige bio- und geowissenschaftliche Lehr-, Studien- und Fachwörterbücher die Kleinsenken-Begriffe Soll und Toteis**,** ohne die Entstehungsart im konkreten Fall eindeutig zu umreißen. So nimmt der Toteisbegriff eine Schlüsselstellung ein. Inhaltlich wird er vielfach weit gefasst, einerseits dient er zur Erklärung der Entstehung von Senken glazifluviatiler Sande (z. B. Kames- oder subglazifluviatile Rinnen-Senken), andererseits ist er Synonym für Sölle, also Senken in glazigenen Sedimenten. Tatsächlich spielte Toteis bei Senkenbildungen eine große Rolle: außer begrabenem führte jedoch auch unbegrabenes Tot- bzw. Stagnationseis zur Senkenanlage. Manche Autoren bezeichnen alle Senken als Sölle, unabhängig von Entstehungsart und Einbettungssediment, Wasser so-

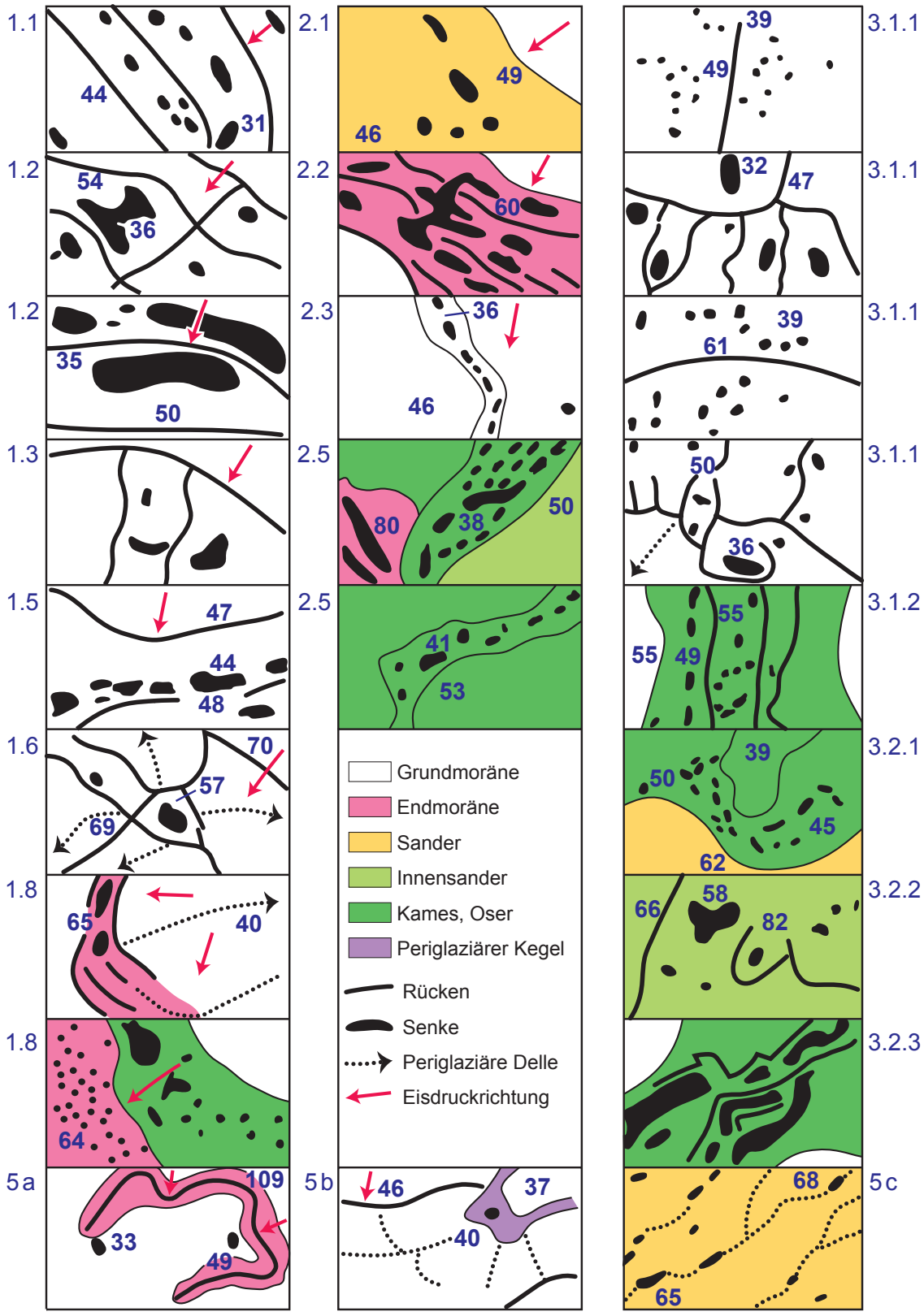

Abb. 1
Verschiedene charakteristische Verteilungs- und Grundrissmuster sowie Größe glaziärer Kleinsenkentypen und ihrer oberirdischen Einzugsgebiete; Genese nach Geländeaufnahmen, Topographie nach TK 1 : 10 und 1 : 25. Seitenlänge je Beispielareal etwa 1,5 x 2,5 km (vgl. Tab. 1 und 2)
Rücken: Stauchungs-, Pressungs- oder Injektions-Rücken, z. T. oberirdische Wasserscheiden, 70 - Höhenzahl m ü. M.

Fig. 1
Various characteristic patterns of distribution, ground-plains and size by glacial kettle hole-types. Length of area 1,5 x 2,5 km ridge: different from origin, flat ridge, water parting, 70 m above sea level

Tab. 1 *Glaziäre Kleinsenkentypen des Potsdamer Gebiets*
Tab. 1 *Types of glacial kettle holes of Potsdam Region*

Eisbilanz	**N>A**	**N=A**	**N<A**
Dynamik	Aktiver Gletscher	Passiver Gletscher	Rückschmelzender Gletscher
Gletscher Phase	**Glaziations-Phase**	**Quasistationäre Phase**	**Deglaziations-Phase**
Senken-Haupttyp	**1. Vorstoß-Senken**	**2. Meist Stillstands-Senken**	**3. Rückschmelz-Senken**
Glazidynamische Senken in Tills von Grundmoränen (Sölle) **Ohne Toteisbegrabung** 1.1 Undations-, Wellungs- bzw. Kompressions-Senken 1.2 Exarative (Ausquetschungs-) Senken **Mit Toteisbegrabung** 1.3 Subtilleis-Senken 1.4 Intratilleis-Senken (= Intramoräneneis-Schmelztheorie, RÖPKE 1929)		**Glazifluviatile u. gravitative Senken (Glazikarst-)Senken) (keine Sölle)** **Mit Toteisbegrabung** im Eisrandsaum 2.1 Sander-Senken 2.2 Satz- und/oder Ablations-endmoränen-Senken	**Glazistatische Senken in Tills von Grundmoränen (häufig Sölle)** **Ohne Toteisbegrabung** 3.1 Toteis-Auflast-(Belastungs-) Senken 3.1.1 Auflast-Flachsenken 3.1.2 Rand-Senken an Till-Diapir-Flachrücken (Kern-Oser) 3.1.3 Ringwall-Senken
Glazitektonische Senken (überfahrener) Erhebungen (selten Sölle) **Mit Toteisbegrabung** 1.5 Stapelungs-Senken in Grundmoränenrücken 1.6 Stauchungs-Senken hoher Grundmoränen 1.7 Stauchungs-Senken hoher Durchspießungsrücken 1.8 Stauchungs-Senken hoher Stauchendmoränenrücken (nicht überfahren)		**Erosive und evorsive Rinnen-Senken verschiedener Landschaften (selten Sölle)** **Mit Sturzeis plombiert** 2.3 Subglazifluviatile Senken in Vorstoßlandschaften 2.4 Senken quasistationärer Eisfronten 2.5 Senken in/vor Niedertaulandschaften - von Kame(s)platten - von Schmelzwasserterrassen (Urstromtäler…)	**Glazifluviatile Senken verkarsteter Stagnationseisfelder (Senken in Umkehrlandschaften) (keine Sölle)** **Mit Toteisbegrabung** 3.2.1 Kames-Senken 3.2.2 Innensander-Senken 3.2.3 Aufschüttungs-Os-Senken - in Niedertaulandschaften - in Grundmoränen 4. Anthropogene Senken 4.1 Senken beeinflusst,Torfabbau, Dränage, Renaturierte Senken…. 4.2 Senken (teil-) verfüllt 4.3 Anthropogene Senken Mergelgruben, Golfplatz-Seen 5. Sonderformen

wie Weichselspätglazial- und Holozänsedimente werden in diesen Fällen überbewertet. Sölle durch Tieftauen von Dauerfrostboden zu erklären (termokarstovaja vpadina), ist begrifflich unkorrekt. Denn nicht jedes Bodeneis stammte von einem Gletscher, wohl aber konnte Gletschereis auch als periglaziales Bodeneis auftreten.

Mehrdeutig werden auch einige Landschafts- und Substratbegriffe gehandhabt. So verwendet man Moränen- und Grundmoränen-Begriffe sowohl zur Gesteins- (Toteis-Verschüttung) als auch zur Bezeichnung glazialer Landschaften. Um Sinnverwechslungen von eiszeitlichen Sedimenten und Oberflächenformen zu vermeiden, sollte der Begriff Grundmoräne nur zur Landschaftsbezeichnung genutzt werden. Einbettungsgestein von (glazigenen) Söllen ist nicht Moräne, sondern Geschiebemergel (entkalkt Geschiebelehm). Denn der lithologische Moränenbegriff beinhaltet gemischte bis gut sortierte Körnungen sowie Schichtungslosigkeit oder Schichtung. Im Interesse eindeutiger, auch internationaler Verständigung sollte das glazigene Sediment daher als Till bezeichnet werden (vgl. PIOTROWSKI 1992, WEISSE 2001, LUKAS 2003/2004).

3. Die glaziäre Kleinsenkentypologie

Glaziäre Kleinsenken sind morphographische Konvergenzerscheinungen, die trotz gleicher oder ähnlicher äußerer Gestalt und Lage/Position glazialgenetisch unterschiedlich entstanden sein können. Unterschiedliche Entstehungsweisen erzeugen u. U. gleiches Relief, jedoch verschiedene Sedimente, Sedimentfolgen, Lagerungen, also unterschiedliche glaziäre Senkenbaustile mit typeigenen

Abb. 2
Senkrecht zum Eisvorstoß streichende bodentrockene Stauchungs-Senke mit 100 m langer Sohle (27 m über Havelniederung) und 500 m langen Flachhängen, Einzugsgebiet in 57 bis 69 m ü. M. Zentrum hohe Glindower Grundmoränenplatte, 1983, TK 25, Blatt Werder, 3643 (vgl. Abb. 1, Typ 1.6)

Fig. 2
In centre of the high ground moraine plateau Glindow squeeze-up kettle holes exist. Former was active glacier. Kettle hole example is orientated perpenticular to direction of ice flow. The bottom ist 100 m long and relative high 27 m over Havel-river plain tract, the draindistrict between 57 and 69 m absolute altitude

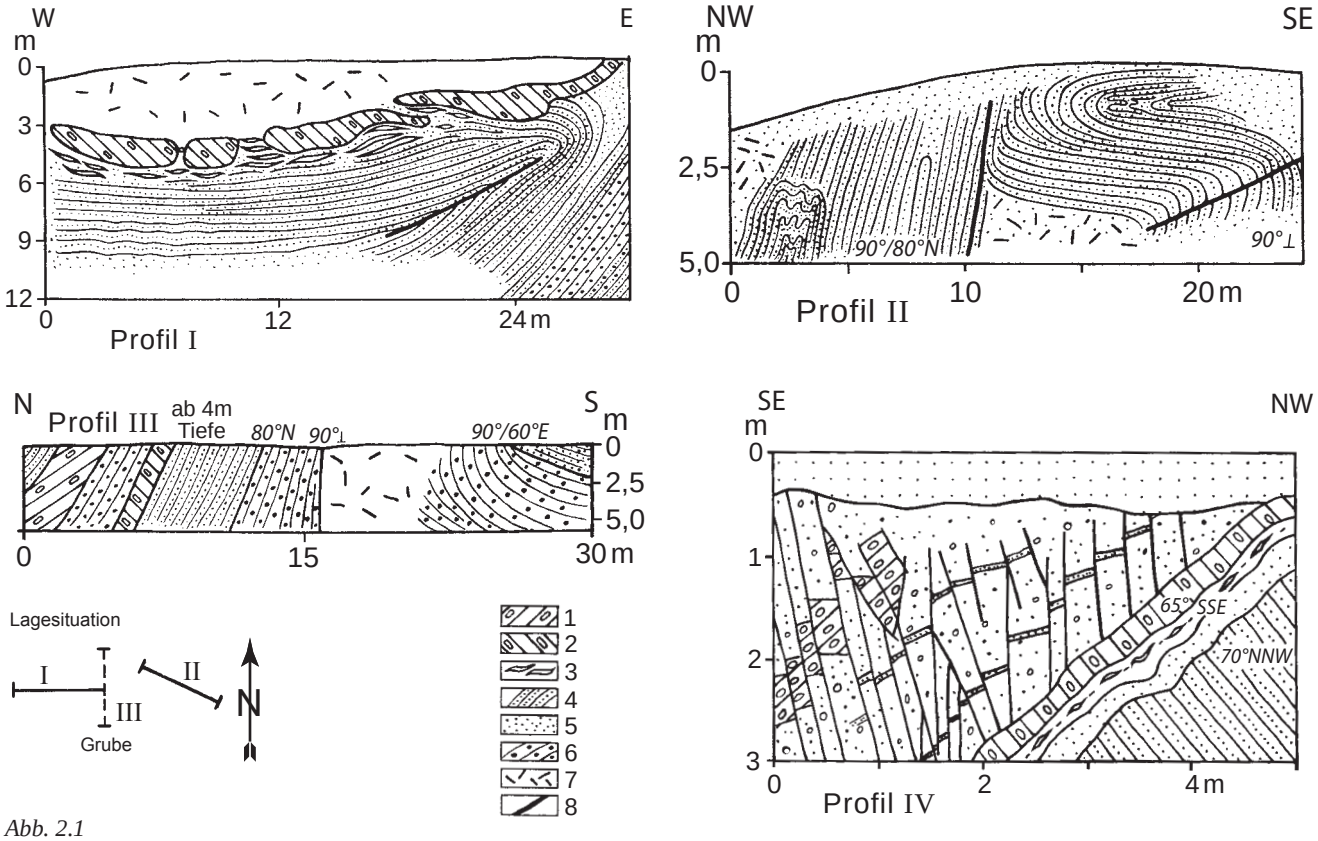

Abb. 2.1
Aufnahmeschnitte am Senkenrand (1983, 1986); I-III Einengungsstörungen, IV auch Abschiebungen durch Tieftauen von eingestauchtem Toteis in verschiedenen Sedimenten
1 Basaltill, braun, 2 Basaltill, rötlich, 3 Lehmstreifen, Schluffe, 4 Sande, geschichtet, 5 Sande, ungeschichtet, an Oberfläche humos, 6 Kiese, 7 Abraum, 8 Störungen

Fig. 2.1
Cross sections in the westside of kettle hole (1983, 1986): I-III shows ice pressed structures, IV also collaps faults, built by melting of buried dead ice in various glacial debris.
1 basaltill, brown, 2 basaltill, red, 3 silts, 4 bedded sand, steeply inclined, 5 non bedded sand, 6 gravel, 7 mining dump, 8 dislocations

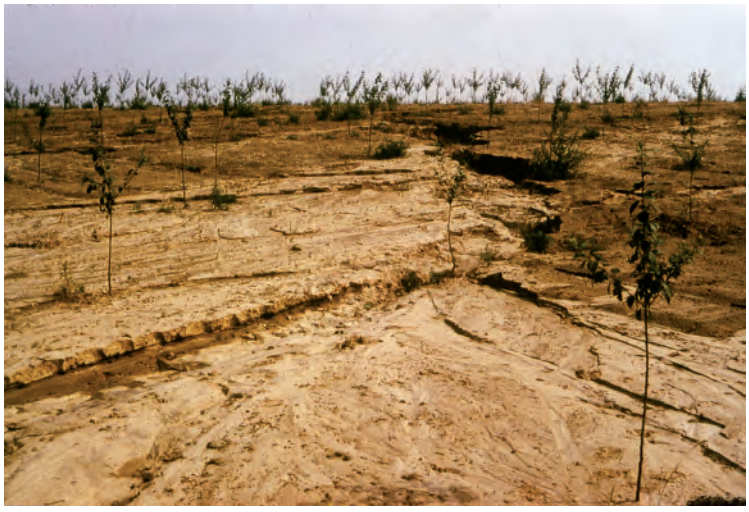

Abb. 2.2
Senkenrand mit Erosionsfurche, die auf Wasser sammelnder Tillschuppe ansetzt; Zuflusswasser versickert in bodentrockene Senkensohle. 1983

Fig. 2.2
The kettle east edge shows erosional channel, beginning on a little tillplain of a plantation. Waterflow infiltrated in the dry sandbottom to the groundwater in 20 m depth

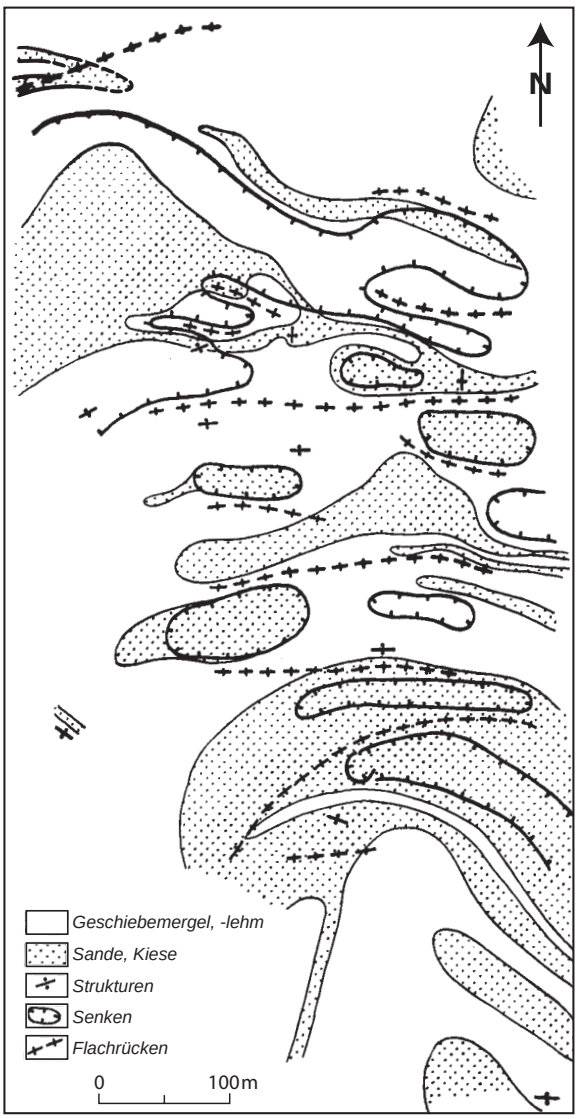

Abb. 2.3
Skizze morphologisch kaum erkennbarer begrabener Senken- (Ovale) und sehr flache Erhebungsreste (Strich mit Querstrich) in gestauchten Geschiebemergeln (weiß) und Sanden (punktiert); nordwestlich oben genannter Stauchungs-Senke, Aufnahme 1987

Fig. 2.3
Map of hardly discernible very flat kettle holes-rests (ovals), filled by sand, and flat ridges in squeezed-up tills and sands. NW of kettle hole, 1987

Migrationspfaden für Wasser und Schadstoffe. Dennoch ist die Erfassung morphographischer Senkenmerkmale und die Konstruktion topographischer Senkenprofile sinnvoll, wie RÖPKE (1929), GARLEFF (1968) und HAUBOLD (1983) belegen. Letzter klassifizierte im Potsdamer Jungmoränengebiet Senkensohlengrößen sowie Relief und Größe oberirdischer Einzugsgebiete und beschrieb den Einfluss geringer relativer Sohlenhöhe auf die Senkenfeuchte. Diese kann für die Ausbildung von Nasssenken sowie ständigen oder temporären Senkenüberflutungen bedeutsamer sein als die Größe oberirdischer Einzugsgebiete. Erklärt werden diese Fakten durch die Glazialgenese (abgesehen von Witterung bzw. Klima).

Die Autor-Typisierung der Kleinsenkenentstehungen und Senkenbegriffe beruht auf ausgewerteten Kartierungen von 2-5 m tiefen Leitungstrassen in Obst- und Ackerflächen sowie 4-10 m tiefer Abbaustellen und Baugruben, insbesondere oberflächennaher Schichten (WEISSE, Auswahl). Da jede Senke Teil eines größeren, analog gebauten Areals ist, kann man auch von Tagesaufschlussaufnahmen auf Baustile nahe gelegener Senken schließen. In den Vorschlag der glaziären Kleinsenkentypen gingen auch Anregungen aus Veröffentlichungen ein, u. a. zur glazialgenetisch bedingten Senkenanordnung (GRUNERT & JANKE 1981).
Obgleich die vorzulegende glazialgenetisch-topographische Kleinsenkentypologie wegen ihrer regionalen Ableitung inhaltlich unvollständig ist, verdeutlicht sie dennoch eine Entstehungsvielfalt. In der Praxis wird es nicht immer möglich sein, eiszeitliche Senkenschichten an querenden Trassen detailliert aufzunehmen, wie es dem Verfasser möglich war. Für diese Fälle hält der Typologievorschlag glazialgenetische Interpretationsvarianten bereit. Das Wissen möglicher glazialgenetischer Baustile hat heuristische Bedeutung für Wissenschaft und Praxis.
Um den vorgegebenen Rahmen nicht zu sprengen, werden periglaziäre Senkenbildungen, auch wegen zahlreicher Unsicherheiten, ausgeklammert. Lediglich zur Senkenbildung in Dellen und periglaziären Tälern liegen gesicherte Beobachtungen vor.

Nachfolgend einige Überlegungen:
a) Grundlage der glazialgenetischen Kleinsenkentypologie ist die klimatisch gesteuerte **Eisbilanz und die davon abhängige Gletscherdynamik**. Diese beeinflusste Energie/Kräfte, horizontale und vertikale Drücke bzw. Schübe, Gleiten und Faltung, Kompression und Extension, Last/Auflast und Entlastung, Geschwindigkeit und Dauer, u. a. glazigener und glazifluviatiler sowie glazilimnischer Stoffflüsse (Prozesse), modifiziert durch lokalspezifische notwendige und zufällige Bedingungen (angetroffenes Relief, Gletscherbett, Gestein, Schuttführung des Gletschers, verschiedene Tillmächtigkeit, -zusammensetzung und -struktur usw.). Die Gletscher machten in der Regel mehrere dynamische Phasen durch. Es sind die Vorstoßphase (positive Eisbilanz aktiver Gletscher), quasistationäre Eisfrontphase passiver Gletscher (fast ausgeglichene Eisbilanz) und Deglaziationsphase mit arealer Eisrückschmelze (negative Eisbilanz stagnierender, absterbender Gletscher und Toteisblöcke). Daraus ergeben sich drei Genesegruppen, die in verschiedene Typen unterteilt werden (Tab. 1). Ergänzt wird diese Systematik durch graphisch dargestellte topographische Merkmale ausgewählter Senken (Abb. 1), die in Tabelle 2 stichpunktartig erläutert werden.
b) Relativ häufig bildeten sich in Vorstoßphasen **Undations-** (bei Fahrland), **Ausquetschungs- (**nördliche Nauener Grundmoräne**), Subtilleis-** (Schmergow)**, Stapelungs-** (bei

Tab. 2
Beschreibung äußerer Kleinsenkenmerkmale umfaßt Typbegriff, Strukturen, Anordnung, Häufigkeit, Tiefe, Hydrographie (vgl. dazu Abb. 1)
Tab. 2
Description of outside kettle holes features: type, structures, distribution, frequency, depht, hydrography (see Fig. 1)

	Vorstoß-Senken		**Stillstands-Senken**		**Rückschmelz-Senken**
1.1.	**Undations-Senken** Faltensättel (Rücken) und -mulden (Senken) gerichtet, senkrecht zum Eisdruck, mäßig häufig, flach, nass	2.1	**Sanderwurzel-Senken** Einzelne Eisblöcke, Dehnungsstrukturen, richtungslos, mäßig häufig, flach, trocken	3.1.1.	**Kleine runde Auflast-Senken** regellos, netzartig, in Grundmoräne, an N-S streichendem, gepresstem Durchspießungsrücken exarativ modelliert, häufig, flach nass, See
1.2	**Kleine Exarations-Senken** gerichtet, Senkenachse senkrecht und/oder parallel Eisvorstoß, mäßig häufig, flach, nass, See	2.2	**Satz- und Ablationsendmoränen-Senken** Verschüttete Eiskerne, Dehnungsstrukturen, meist gerichtet parallel zum Eisrand, mäßig häufig, flach bis mäßig tief, trocken, nass, See	3.1.1.	**Große Auflast-Senken** Senkenachsen z. T. gerichtet, in Grundmoränen häufig, markante Injektionsrücken ohne Tilldecke, flach bis mäßig tief, nass, See
1.2.	**Große Exarations-Senken** gerichtet, Achsen senkrecht zum Eisdruck, selten, flach nass, vertorft	2.3	**Subglazifluviatile Rinnen-Senken mit Basaltilldecke** überfahrener Rinnen von Grundmoränenrücken gerichtet, selten, flach bis mäßig tief, nass, See	3.1.1	**Kleine Auflast-Senken** beiderseits W-E streichendem, gestauchtem Durchspießungsrücken, im N gerichtet, im S ungerichtet, häufig, flach, nass, See
1.3	**Subtilleis-Senken** richtungslos, mäßig häufig, flach, nass	2.5	**Glazifluviatile Rinnen-Senken** nebeneinander in tiefem Niedertaugebiet, umgeben von Stauchendmoränen (W) und Innensander (E), gerichtet, häufig, flach bis sehr tief , nass, See	3.1.1	**Mittelgroße Auflast-Senken** teilweise asymmetrische Auflast (vgl. Abb. 3c), Abschiebungen, lokal steiler Senkenrand, lokal hohe Injektionsrücken, richtungslos, häufig, flach bis tief, nass, See
1.5	**Stapelungs-Senken** Till-Eis-Sand-Stapel, gerichtet, senkrecht zum Eisvorstoß bzw. parallel zur Stapelstirn, mäßig häufig, flach bis mäßig tief, nass, See	2.5	**Glazifluvatile Rinnen-Senken** in Kamesplateau zahlreiche kleine und einzelne große Toteisblöcke, gerichtet, häufig, flach bis sehr tief, trocken, nass, See	3.1.2	**Randsenken an Tilldiapir-Flachrücken** gerichtet, in Mulden, lokal gehäuft, flach bis mitteltief, nass, trocken
1.6	**Stauchungs-Senken hoher gestauchter Grundmoränen** verschiedene Einengungsstrukturen, ideal ausgerichtet, Achse senkrecht zum Eisdruck, häufig, flach bis mäßig tief, meist trocken			3.2.2	**Kamesterrassen-Senken im Rückland von Flächensander** richtungslos, häufig, flach bis mäßig tief, trocken, nass; in Niederung nass, See („Fauler See“, Gränert, südlich Kirchmöser)
1.8	**Stauchungs-Senken meist zwischen Stauchendmoränen-rücken bzw. -wällen** Verschiedene Einengungsstrukturen, gerichtet, Achsen senkrecht Eisdruck häufig bis selten (dann periglaziär ausgelöscht), flach bis sehr tief, nass, bei Tillarmut meist trocken			3.2.3	**Innensander-Senken** Stagnationseisreste zwischen inaktivem und aktivem Eisrand verschüttet, unregelmäßig, häufig, relativ große Einzugsgebiete, flach bis mäßig tief, trocken, bei Fließtill oder Periglaziallehmdecken nass, See
1.8.	**Kleine Stauchungs-Senken in „kamesartigen“ Stauchungsrücken** Einpressung vieler kleiner Eisblöcke (Rückland Kames- und glazifluviatile Rinnen-Senken), richtungslos, sehr häufig, flach bis mäßig tief, meist trocken			3.2.3	**Senken (Osgräben) von Aufschüttungs-Osern** Senken erosiv oder/und akkumulativ, gerichtet, lang, mäßig häufig, flach bis mäßig tief, nass, See
5a	**Senkenarme Grundmoränen** Verfüllung durch periglaziären Sedimenteintrag aus hohen Stauchendmoränen, richtungslos, flach, temporär nass	5b	**Kleinsenke in periglaziären Feinsand-Schluffkegeln** ehemals verschüttetes Winter- bzw. Aufeis an einem Grundmoränenrand vor Niedermoorniederung, selten, flach, temporär nass	5c	**Periglaziäre Wintereis-Senken = Dellen-, Naledi-Senken** gerichtet, häufig, sehr flach, in Sandern trocken, in Grundmoränen nass, See

Markau; in Rosentahler Staffel, vgl. BERGER et al. 2002) und **Stauchungs-Senken in Stauchendmoränen** (Moosfenn, Senken westlich Vietznitz), auffallender Weise auch in hohen **Grundmoränenplatten** (Abb. 2 sowie WEISSE 1987a, Abb. 5 und 6). Da weichseleiszeitlicher Till unmittelbar hinter der Brandenburger Maximalrandlage fehlt bzw. geringmächtig ist, scheinen auch saaleeiszeitlich angelegte Senken oberflächenbildend zu sein (vgl. HERMSDORF et al. 2007 zu Senken im Fläming). In hohen Stauchendmoränenrücken des Potsdamer Gebietes überwiegen rollige Sedimente, während im Norden Brandenburgs und in Mecklenburg Tills häufiger und mächtiger sind. Die schmalen sandigen Stauchendmoränen des Potsdamer Gebietes sind auch auffallend senkenarm, periglaziäre Vorgänge hatten bestehende Hohlformen in Dellen einbezogen oder durch Sedimentation morphologisch ausgelöscht. Flächenaufnahmen in Grundmoränen belegen auch hier die Beseitigung zahlreicher Senken, die oft nur noch 0,5-1 m tief sind (vgl. Abb. 2.3).

c) An passiven Gletscherstirnen bildeten sich in Satz- und Ablationsendmoränen **Aufschüttungs-Senken**, und zwar durch ungleichmäßige Schuttablagerungen auf proglazialem Untergrund und/oder auf Stagnationseis- bzw. Toteisresten.

d**) Auflast-Senken** (Supratilleis-Senken) werden wenig beschrieben. Dabei wurde relativ früh erkannt, dass aktives und passives Eis im Gletscherbett Vertiefungen durch die eigene Last erzeugen kann. SPETHMANN (1912) sprach von „Eindruckssöllen“ in Sandern, H. SCHÜTZE (bei RÖPKE 1929, S. 81) sah die Sölle eventuell als Druckstellen einzelner auf der Grundmoräne gelegener Toteisblöcke an, diese Auffassung bezweifelte RÖPKE. Nach BRAMER (1963, S. 431-432) quetschte der Belastungsdruck des Toteises ungefrorene, wasserspeichernde, plastische Liegendsedimente seitlich weg und hinterließ in Massendefizitarealen Osgräben. Auch REINCKE (2003, S. 113) bemerkte zu Osgräben: „Sie entstanden durch seitlichen Belastungsdruck des Eisgewölbes auf den Untergrund.“ Nach ZIERMANN (1974) stieg bei Bochow saaleeiszeitlicher Geschiebemergel in einem weichseleiszeitlichen spaltenreichen Toteisfeld empor. Auflastgeprägte Aufstiegssedimente und -strukturen erwähnt auch WEISSE (1975, 1987a, 2001). EHLERS (1994, S. 65) schrieb mit Hinweis auf eine Literaturquelle: „Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass beim Eiszerfall auch eine Aufpressung liegenden Materials stattfinden kann.“ DIENER (1961, S. 73) skizzierte die Druckverhältnisse eines Schmelzwasserkanals mit der „Aufpressung des Geschiebemergels durch Druck von unten, verursacht durch Auflast des Eises.“ HANNEMANN & KNAPE (1999, S. 63) sprachen ebenfalls von Aufstiegsstrukturen wassergesättigter mobiler Sedimente in Gletscherspalten von Toteislandschaften. EVANS (2003) erwähnte Senkenwälle an der Basis von Gletscherhöhlenrändern. DOMKO & KUPETZ (2006) belegten in Altmoränengebieten Senkenbildungen seitlich und zwischen Tondiapiren. Auch das von PETERSS et al. (2002, S. 91) beschriebene Brillensoll könnte nach Autor-Auffassung auf Toteis- bzw. Stagnationsauflast zurückzuführen sein. Randpressungen und -wulste sprechen für diese Annahme.

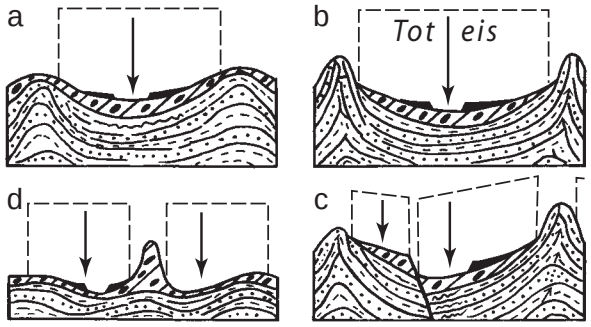

Abb. 3
Modelle: Auflast-Senken durch Stagnations- und/oder nicht begrabenes Toteis in Tilldecken über Sanden und Schluffen (schwarz: Kolluvium)
a) Geringe Auflast: Tilldecke am Senkenrand intakt
b) Starke Auflast: Tilldecke am Senkenrand oder im Injektionsrücken unterbrochen
c) Zerbrochener Eisblock führt zu unterschiedlichen Auflast-Senken; Senkenzentrum: Till vertikal versetzt, tiefer und flacher Senkenteil; Senkenrand: Injektiver Aufstiegsrücken verschieden hoch, ohne Tilldecke
d) Till-Diapirismus mit Auflast-Randsenken (teils mit glazifluviatiler Sand-Kies-Schluff-Decke)

Fig. 3
Models: load kettle holes in till cover through stagnant and/or non-buried dead ice, till over sand and siltcovered by colluvium (black)
a) Smal load: till cover intact
b) Strong load: till cover broken in outside part of kettle hole or in uplift ridge
c) Broken ice block and various load; Centre: till vertical with extension joints, deep and flat kettle part; Outside part: various high uplift ridge without till cover
d) Till diapir with outside kettle holes (also with sand-gravel-silt-cover)

Eigene Transsektaufnahmen belegen, dass während der Deglaziationsphase vorwiegend Stagnations- und Toteis-Auflast flache bis mäßig tiefe Senken verursachte, und zwar in welligen Grundmoränen und nicht nur als Randsenken von Aufpressungs-Osern. In Abhängigkeit von der Anzahl und Ausrichtung der Gletscherspalten ergaben sich verschiedene Eisblockgrößen bzw. -massen, die morphologisch und strukturell **unterschiedliche glazistatische (Auflast-) Senken verursachten** (Abb. 3, 4 und 5 sowie WEISSE 1987a, Abb. 4 und 7).

e) Wurde während der Deglaziationsphase viel Ablationsschutt und Schmelzwasser freigesetzt, lagerten sich Sande, Kiese und Schluffe, teils auch Fließtills auf, zwischen und in verkarstenden Eiskörpern ab. Aus verdeckten Eisklötzen gingen **Innensander-** (WEISSE 1987a, Abb. 11; südwestlich Potsdam, östliches Schollener Ländchen), **Kames-** (sehr häufig bei Kloster Lehnin, Caputh, nördlich Beelitz, z. T. Döberitzer Heide) und **Aufschüttungsos-Senken** (bei Potsdam selten) in den sogenannten Umkehrlandschaften hervor, die wegen meist fehlender Basal- bzw. Fließtills nicht zu Söllen gerechnet werden sollten.

Abb. 4 Auflast-Senken und Randaufpressungen. Deetzer Grundmoräne
Fig. 4 Load relief from kettle holes and flat uplift ridges. Deetzer ground moraine plain

Abb. 4.1
Flache Senke in geringmächtigem Setztill mit bewaldetem Injektionsrücken im Hintergrund, 1976

Fig. 4.1
Flat load kettle hole in 1 to 2 m lodgement till, filled with water and peat, in background a wooded uplift ridge

Abb. 4.2
Am Senkenrand aufgepresste schluffige Feinsande, die 1-2 m mächtigen Setztill durchstoßen, 1976

Fig. 4.2
On kettle hole margin exists an uplift ridge, including steep collapsed fine sands and silts

Abb. 4.3
Auflast-Flachsenke Ökologie-widrig mit schluffigen Feinsanden zur Schaffung großer Obstanbauflächen verfüllt. Dennoch blieb die Senke nass, die Apfelbäume starben ab, 1976

Fig. 4.3
Flat load kettle hole with intact till cover non-ecologic man-made filling with fine sand and silt for a great acreage. The kettle hole kept at wet and the appletrees died off, 1976

f) Toteis plombierte Kleinsenken treten in schmalen (50-200 m breiten) weichseleiszeitlichen subglazifluviatilen Rinnen auf (u. a. Wilhelmshorster, Seddiner und Caputh-Lienewitzer Rinnen, Rinnen im Stadtgebiet von Potsdam, Park Sanssouci und Wildpark sowie in der Döberitzer Heide). Sie entstanden durch dynamische Ungleichgewichtszustände von starker Schmelzwassererosion bzw. -evorsion und Sedimentakkumulation, daher fehlt gerichtetes Rinnensohlengefälle. Exzessive Erosion und Evorsion hinterließen 5-20 m tiefe Kleinsenken, die wegen Relief, Position, Hydrographie, Vegetation und Weichselspätglazial- sowie Holozänsedimentation hydrologisch-vegetationskundlich kleinflächige Kesselmoore darstellen können. Hinein gestürztes Gletschereis **plombierte Senken** vorübergehend. Spätere (glazifluviatile oder glazilimnische, bei erneuter Eisüberfahrung auch glazigene) Ablagerungen begruben diese Toteisblöcke, so dass die Hohlformen erhalten blieben (vgl. Weisse 1987a, Abb. 10 sowie Weisse 2001).

g) Der Typologievorschlag schließt den eingebürgerten **Sollbegriff** mit ein. Lithologisch wird er jedoch enger gefasst als in vielen Veröffentlichungen gehandhabt. Nur in Geschiebemergel (Basaltill) eingebettete Kleinsenken werden als Sölle bezeichnet. Glazialgenetisch ist der Sollbegriff vielseitiger als bei Röpke (1929); Senkenentstehung in Tills erfolgte durch verschiedene glazidynamische Prozesse: Intratill- (im Potsdamer Raum wegen Geringmächtigkeit des Setztills selten ausgebildet: in Mecklenburg u. a. durch einstige Eisreste zwischen W2- und W3-Till) und Subtilleisgenese, ferner Exaration, Undation bzw. schwache Kompression, Stapelung, aber auch durch Glazistatik (Auflast bzw. Belastung) stagnierender, absterbender, vermutlich wenig Ablationsmoräne bildender Gletscher.
Fazit: Sölle sind in Tills der Grundmoränen (selten in Stauchendmoränen, zumindest im Darstellungsgebiet) eingelassene Senken, die durch (aussparendes) begrabenes Toteis im oder unter, in anderen Fällen durch Auflast von

Abb. 5 Diapir-Rücken mit Randsenken. Hohe Glindower Grundmoränenplatte
Fig. 5 Basalttill diapir and load kettle holes in Glindower high ground moraine plateau

Abb. 5.1
Etwa 10-20° streichender, 10 m hoher Diapir aus saaleeiszeitlichem Setztill, umgeben von gedehnten glazifluviatilen Sanden/Kiesen. Bochow, 1974

Fig. 5.1
Injective saalian till diapir, 10 m high, surrounded of glacifluviatil sand and gravel with many collaps faults, extension joints. Bochow, 1974

Abb. 5.2
Blick nach Westen in Randmulde und Senke sowie auf bewaldeten Diapir-Rücken im Hintergrund. Südlich Gr. Kreutz, 2007

Fig 5.2
View to west over a long depression with load kettle hole, in background a wooded diaper ridge. South from Gr. Kreutz, 2007

nicht begrabenem Stagnations- bzw. Toteis auf glazigenen Sedimenten entstanden. Im Weichselspätglazial und Holozän repräsentier(t)en sie oft Kleingewässer mit Mudde- und Torfbildung. In glazifluviatilen Niedertausedimenten eingebettete (wasserführende, vertorfte) Senken sind nach Autor-Definition keine Sölle.
h) Glazifluviatile Niederungen, oft geprägt von braided-river-Systemen, weisen zahlreiche periglaziär-fluviatile Kleinsenken auf. Diese sind u. a. in der Nutheniederung gestreckt und flach. (vgl. WEISSE 1987b, 2001, S. 141-150). Nach der Terminologie von SUCCOW (1987) bzw. SUCCOW & JOOSTEN (Hrsg.) (2001) wurden sie ab Weichselspätglazial von Versumpfungs- oder Durchströmungsmooren eingenommen.
i) Jeder Senkentyp ist Vertreter einer Gruppe, dem gleiche bzw. ähnliche glazialgenetische Merkmale eigen sind. Real können sich jedoch Senken gleichen glaziären Typs unterscheiden, und zwar durch Niedertausedimente (glazilimnische), periglaziäre (Solifluktionslehm, äolische Sande, Abrutschmassen während der Toteisschmelze) und/oder holozäne sowie anthropogene Einträge (vgl. WEISSE 1987a, Abb. 9, 10, 11 und 12). Manche Eiskeilpseudomorphosen durchbrechen geringmächtigen Setztill, eine Erscheinung, die hydrologisch relevant sein kann.
j) Ist die eiszeitliche Senkenentstehung unbekannt, sollte man neutral von **glaziärer Kleinsenke** sprechen.

Zusammenfassung

Das Interesse an Kleinsenken hat in den letzten Jahrzehnten aus ökologischen Gründen in Wissenschaft, Praxis und Biosowie Geotopschutz zugenommen. Während das Wissen zur holozänen Entwicklung von Senken erweitert wurde, ist der Kenntnisstand glaziärer Senkenentstehung lückenhaft. Eiszeitliche Hohlformenbildung wird vorwiegend auf Soll- und Toteisgenese beschränkt, dabei war sie wesentlich vielfältiger und differenzierter. Langjährige Kartierungen genetisch unterschiedlicher Grundmoränen-Senken für den Obstanbau und ausgewertete Veröffentlichungen erlauben, eine übersichtliche, differenzierte morphologisch-glazialgenetische Kleinsenkentypologie vorzulegen, die auf weichseleiszeitlicher Eisbilanz und Gletscherdynamik beruht (Vorstoß, Stillstand, Stagnation, areale Niedertauphase). Es besteht ein gesetzmäßiger Zusammenhang von äußeren und (bestimmenden) inneren Kleinsenkenmerkmalen, der sich in glaziären Baustilen äußert. Die im Hinterland der maximalen Eisrandlage des Brandenburger Stadiums gewonnenen Einsichten zur Senkenbildung werden textlich, tabellarisch und graphisch/modellartig charakterisiert.

Summary

Throughout the last decades the interest in the genesis of glacial kettle holes increased due to ecological reasons in science, agriculture, forestry as well as for the protection of biotops and geotops. Whereas the knowledge of the development of holocene kettle holes expanded the knowledge of glacial origin still is inadequate. To date the origin of glacial kettle holes is prevalent interpreted as soll and buried dead ice development, although its diversity in weichselian Potsdam region is much higher. Based on individual detailed mapping for farming and the analysis of different

publications the author proposes a standardization method for glacial kettle holes for the young landscape surrounding Potsdam. Main criterions are ice balance, proportion of ice quantity to ice ablation quantity, and glacier dynamic: active/moving, passive/stationary and stagnant/dead ice. Various ice balance and glacier dynamic determined heterogeneous deposits and inside structures, also ouside features – characteristic patterns of distribution, ground plain and size by kettle holes, author be called glacial kettle hole styles. The attained results of the genesis of glacial kettle holes in the area of the Brandenburg stage are presented textural, tabularly and graphically.

Danksagung

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Frau Dr. J. Strahl für die kritischen Hinweise, bei Herrn D. Mehlau für die graphischen Darstellungen sowie bei Frau Dipl.-Geophys. A. Andreae für das übersichtlich gestaltete Layout.

Literatur

Berger, J. & F. Nehring (2002): Sedimentabfolge in einem Waldsoll - Ergebnisse von Rammkernsondierungen im Stauchendmoränenkomplex der Rosenthaler Staffel (Mecklenburg-Vorpommern). - Greifswalder Geographische Arbeiten **26**, S. 7-10, Greifswald

Bramer, H. (1963): Die Entstehung der Aufpressungen in Osern. - Report of the VIth International Congresss on Quaternary, Warszawa 1961. - Vol. III. Symposium on marginal glacial forms and deposits, S. 427-432, Lodz

Diener, S. (1961): Zeugen des Eiszeitalters im mittleren Brandenburg. - Natur und Heimat **10**, S. 69-73, Leipzig (Urania)

Domko, H. & M. Kupetz (2006): Frostbeeinflusste Sedimentation und Deformation am Beispiel eines Tondiapirs im Vorfeld des Tagebaus Nochten (Freistaat Sachsen). Kame oder Diapir ? – Die Eichbergstruktur von Nochten. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **13**, 1/2, S. 35-47, Kleinmachnow

Dreger, F. (2002): Sölle – Bedeutung für die Biodiversität in Agrarlandschaften unterschiedlicher Landschaftsräume. - Beitr. Forstw. u. Landschaftsök. **36**, 2, S. 88-92, Berlin

Ehlers, J. (1994): Allgemeine und historische Quartärgeologie. - 358 S., Stuttgart (Enke)

Evans, D. J. A. (Hrsg.) (2003): Glacial Landsystems. - 522 S., London (Edward Arnold)

Garleff, K. (1968): Geomorphologische Untersuchungen an geschlossenen Hohlformen („Kaven“) des Niedersächsischen Tieflandes. - Götting. Geogr. Abh. **44**, 142 S., Göttingen

Geinitz, F. E. (1879): Beitrag zur Geologie Mecklenburgs I. - Archiv d. Vereins der Freunde der Naturgesch. Meckl. **33**, S. 209-306, Güstrow

Geinitz, F. E. (1880): Beitrag zur Geologie Mecklenburgs II. - Archiv des Vereins der Freunde der Naturgesch. Meckl. **34**, S. 155-176, Güstrow

Grunert, S. & S. Janke (1981): Sölle als Dokumente der Eisdynamik. - Z. f. angewandte Geologie **27**, 1, S. 26-28, Berlin

Haubold, F. (1983): Glazialmorphologische Untersuchungen von geschlossenen Hohlformen im Jungmoränengebiet bei Potsdam. - Diss. Päd. Hochsch. Potsdam, Math.-Nat. Fak., Potsdam (unveröff.)

Hannemann, M. & H. Knape (1999): Aufstiegsstrukturen im Grundmoränengebiet nordöstlich von Berlin. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **6**, 2, S. 59-64, Kleinmachnow

Hermsdorf, N. Strahl, J. & H. U. Thieke (2007): Sölle im Altmoränengebiet ? - Tagungsband und Exkursionsf. 74. Tagung Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen vom 29.05.-01.06.2007, S. 66-67, Hamburg

Janke, V. & W. Janke (1970): Zur Entstehung und Verbreitung der Kleingewässer im nordostmecklenburgischen Grundmoränenbereich. - Archiv Natursch. u. Landschaftsf. **10**, 1, S. 3-18, Berlin

Kaiser, K., Endtmann, E. & W. Janke (2000): Befunde zur Relief-, Vegetations- und Nutzungsgeschichte an Ackersöllen bei Barth, Ldkr. Nordvorpommern. - Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern, Jb. [1999] **47,** S. 151-180, Lübsdorf

Kaiser, K. (2001): Neue geomorphologische und pedologische Befunde zur jungquartären Landschaftsentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern. - Greifswald. Geogr. Arb. **23**, S. 7-41, Greifswald

Kalettka, Th. (1996): Die Problematik der Sölle (Kleinhohlformen) im Jungmoränengebiet Nordostdeutschlands. - Natursch. u. Landschaftspfl. Brandenb., **5**. Sonderh., S. 4-12, Potsdam-Golm

Kalettka, Th. & C. Rudat (2006): Hydrogeomorphic types of glacially created kettle holes in North-East Germany. - Limnologica **36,** 1, S. 54-64, Amsterdam

Keding, E. & J. Strahl (1996): Pollenanalytische und karpologische Untersuchungen des Aufschlusses „Hölle“ unterhalb Park Dwasieden (Halbinsel Jasmund, Insel

Rügen), Mecklenburg-Vorpommern. - Meyniana **48**, S. 165-184, Kiel

KLAFS, G. & K. LIPPERT (2000): Landschaftselemente Mecklenburg-Vorpommerns im hundertjährigen Vergleich. - Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern **43**, 2, S. 58-65, Güstrow

KLAFS, G., JESCHKE, L. & H. SCHMIDT (1973): Genese und Systematik wasserführender Ackerhohlformen in den Nordbezirken der DDR. - Archiv f. Natursch. u. Landschaftsf. **13**, 4, S. 287-302, Berlin

KRIENKE, H.-D., STRAHL, J., KOSSLER, A. & H. U. THIEKE (2006): Strathigraphie und Lagerungsverhältnisse einer quasi vollständigen weichselzeitlichen Schichtenfolge im Bereich des Deponiestandorts Grimmen (Mecklenburg-Vorpommern). - Brandenburg. geowiss. Beitr. **13**, 1/2, S. 133-154, Kleinmachnow

KLERK, DE, P. (2006): A pollen diagram from the Teufelssee near Potsdam (C Brandenburg, NE Germany) from the legacy of Klaus Kloss. - Archiv f. Natursch. u. Landschaftsf. **3**, S. 23-36, Remagen-Oberwinter

KOTLJAKOV, V. M. (Hrsg.) (1984): Gljaziologitscheski slovar. (Glaziologisches Wörterbuch). - Gidrometeoisdat, 527 S., Leningrad

LANDGRAF, L. & P. NOTNI (2003): Das Moosfenn bei Potsdam – Langzeitstudie zu Genese und Wasserhaushalt eines brandenburgischen Kesselmoores. - Telma **33**, S. 59-83, Hannover

LIPP, TH. (2006): Sölle in der Landschaftsplanung. - Naturschutz und Landschaftsplanung **38**, 9, S. 287-292, Stuttgart

LUKAS, S. 2003/2004: Moräne oder Till? Ein Vorschlag zur Beschreibung, Interpretation und Benennung glazigener Sedimente. - Z. Gletscherkd. u. Glazialgeol. **39**, S. 141-159, Innsbruck

PETERSS, K., RATZKE, U. & J. STRAHL (2002): Geologie von Söllen bei Rosenow, Landkreis Demmin (Mecklenburg-Vorpommern). - Greifswald. Geogr. Arb. **26,** S. 91-95, Greifswald

PETERSS, K., RATZKE, U. & J. STRAHL (2003): Geologie von Söllen bei Rosenow, Landkreis Demmin (Teil II). - Neubrandenb. Geol. Beitr. **3**, S. 113-120, Neubrandenburg

PIOTROWSKI, J. A. (1992): Was ist ein Till? - Faziesstudien an glazialen Sedimenten. - Die Geowissenschaften **10**, S. 100-108, Berlin

REINCKE, J. (2003): Os von Rühlow. - Exk. A 2. Tagungsb. u. Exkursionsf. 70. Tag. Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen vom 10.-13.6. 2003 in Neubrandenburg, S. 111-123, Güstrow

RÖPKE, W. (1929): Untersuchungen über die Sölle in Mecklenburg. Ein Beitrag zur Lösung des Sollproblems und zur Oberflächengestaltung Mecklenburgs. - Mitt. Geogr. Ges. Rostock **18/19**, S. 78-156, Rostock (ebenso bei G. G. Leopold`s Univ. Buchhandlung)

SCHINDLER, U. (1996): Untersuchungen zum Wasserhaushalt kleiner Binneneinzugsgebiete mit Söllen im Nordostdeutschen Jungmoränengebiet am Beispiel des „Breiten Fenn". - Natursch. u. Landschaftspfl. Brandenb., Sonderh. 5, S. 39-43, Potsdam-Golm

SCHLAAK, N., LUCKERT, J., STRAHL, J. & H. U. THIEKE (2006): Die Entwicklung von Ackerhohlformen im Jungmoränengebiet nordöstlich von Berlin – neue Befunde von einem Soll bei Seefeld/Werneuchen. - Tagungsb. u. Exkursionsf. 73. Tag. Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen vom 6. - 9. 6. 2006, S. 37-38, Halle /Saale

SCHMIDT, R. (1994): Geologisch-morphologischer Bau und Vernässungsdynamik von Ackerhohlformen der Jungmoränenlandschaft. - Potsd. Geogr. Forsch. **9**, S. 23-32, Potsdam

SCHULZKE, D. (2002): Beziehung zwischen der Langzeit-Niederschlagsdynamik und dem Wasserhaushalt von Wald-Kesselmooren in Brandenburg mit Hinweisen zum Landschaftswasserhaushalt. - Beitr. Forstw. u. Landschaftsök. **36**, 4, S. 175-177, Berlin

SPETHMANN, H. (1912): Forschungen am Vatnajökull auf Island und Studien über seine Bedeutung für die Vergletscherung Norddeutschlands. - Z. Ges. f. Erdk. zu Berlin, Jb. **1912**, S. 414-433, Berlin

STAHR, K., BÖSE, M., BRANDE, A., GUDMUNDSSON, TH. & M. LAUNHARDT (1983): Die Entstehung und Entwicklung des Lolopfuhls in Berlin-Rudow. - Sitzungsber. Gesell. Naturforsch. Freunde zu Berlin, N. F. **23**, S. 95-150, Berlin

SUCCOW, M. (1987): Die Entstehung und Entwicklung der Moore der DDR. - Z. Geol. Wiss. **15**, 3, S. 373-387, Berlin

SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. - 2. Aufl., 622 S., Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung)

TROLL, C. (1962): „Sölle" and „Mardelles". Glacial and periglacial Phenomena in Continental Europe. - Erdkunde **1**, S. 31-34, Berlin

WEISSE, R. (1975): Ergebnisse glazialmorphologischer und periglaziärer Untersuchungen bei Potsdam. - Exkursion III. Exkursionsführer Jubiläumstagung 100 Jahre Glazi-

altheorie im Gebiet der Skandinavischen Vereisungen. - Ges. Geol. Wiss., GGW, NKGW, Geogr. Ges. DDR, S. 47-75, Berlin

Weisse R. (1987a): Die glaziale Entstehung von Kleinsenken. - Peterm. Geogr. Mitt. **131**, 2, S. 103-111, Gotha

Weisse, R. (1987b): Zur Entstehung von Oberflächenformen und Sedimenten an der Fundstelle des Ur-Skeletts am Schlaatz bei Potsdam. - Veröff. Mus. Früh- u. Urgesch. Potsdam **21**, S. 53-64, Potsdam

Weisse, R. (1990): Gesetzmäßigkeiten der vertikalen und horizontalen Verbreitung periglazialer Steinanreicherungen in den mittleren Glazialgebieten der DDR. - Z. Angew. Geol. **36,** 8, S. 306-312, Berlin

Weisse, R. (2001): Oberflächennahe Glazialgeologie und Geomorphologie. - In: Schroeder H. J. (Hrsg.): Führer zur Geologie Berlin u. Brandenburg. Nr. 4: Potsdam u. Umgebung. - 2. erw. Aufl., Geowissenschaftler in Berlin u. Brandenburg e. V., S. 43-79 u. 108-200, Berlin

Weisse, R. (2003): Beiträge zur weichselkaltzeitlichen Morphogenese des Elbhavelwinkels. - Brandenb. Umwelt-Berichte, Schriftenr. Math.-Naturw. Fak. Univ. Potsdam **14**, 112 S., Potsdam

Weisse, R. (2004): Weichselkaltzeitliche Vorstoß- und Deglaziationsformen der Lehniner Umgebung. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **11**, 1/2, S. 123-136, Kleinmachnow

Weisse, R. (2007): Glaziäre Kleinsenken. Genetischer Begriffs- und Typologievorschlag des Potsdamer Raumes. - Tagungsband und Exkursionsf. 74. Tagung Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen vom 29.05. - 01.06.2007, S. 25-26, Hamburg

Wilhelmy, H. (1975): Geomorphologie in Stichworten. III. Exogene Morphodynamik. - 2. Aufl., Hirt Stichwortbücherei, 184 S., Berlin (Ferdinand Hirt)

Wunderlich, E. (1917): Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. Teil I: Das Gebiet zwischen Elbe und Oder. - Geogr. Abh. N. F. **3**, 87 S., Berlin (Teubner)

Ziermann, H. (1974): Ergebnisse quartärgeologischer Untersuchungen im mittleren Teil des Bezirkes Potsdam. - Kurzreferate und Exkursionsführer. Exkursion A. Beiträge zum Quartär im mittleren Teil der DDR. Ges. f. Geol. Wiss., S. 14-37, Berlin

Außerdem wurden topographische und geologische Karten der Untersuchungsgebiete im Maßstab 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 100 000 und 1 : 300 000 herangezogen.

Anschrift des Autors:
Prof. em. Dr. Roland Weiße
Auf dem Kiewitt 27/41
14471 Potsdam