

GEOLOGISCHES LANDESAMT HAMBURG

G U T A C H T E N

DR. J. EHLERS

**Das Gefährdungspotential des nördlichen
Elbhanges**

zwischen der westlichen Landesgrenze und dem Altonaer Balkon

APRIL 1983

G.-Z. 73.21-176/79

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang	1
2. Geologischer Überblick	4
2.1 Tertiär	4
2.2 Quartär	4
2.2.1 Elster-Eiszeit	5
2.2.2 Holstein Warmzeit	5
2.2.3 Saale-Eiszeit	6
2.2.4 Eem-Warmzeit	7
2.2.5 Weichsel-Eiszeit	8
2.3 Hydrogeologie	8
3. Rutschungen	9
4. Untersuchungen des Vermessungsamtes	12
5. Untersuchungen des Ingenieurbüros "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner"	16
6. Untersuchungen des Geologischen Landesamtes	19
6.1 Geologische Grundlagen	19
6.1.1 Geologische Strukturkarten	19
6.1.2 Profiltypenkarte	20
6.1.3 Geologische Karte	21
6.1.4 Wasserstandskarte	22
6.1.5 Geologische Profile	23
6.2 Geotechnische Karte des Elbhangs	23
6.3 Geotechnische Bewertung	58
7. Zusammenfassung und Ausblick	59

Verzeichnis der Anlagen

Übersichtskarte	Anlage 1
Geologisches Längsprofil	Anlage 2
Geologische Karte	Anlage 3
Profiltypenkarte	Anlage 4
Wasserstandskarte	Anlage 5
Geotechnische Karte mit der Darstellung der Gefährdungs- stufen	Anlage 6

1. Vorgang

Auf Veranlassung des Bezirksamtes Altona wurden ab Dezember 1977 die Vorbereitungen für Standsicherheitsuntersuchungen des Elbhangs getroffen. Es wurde angeregt, ein Gutachten über eine mögliche Gefährdung des nördlichen Elbhangs anfertigen zu lassen. Bestandteil dieses Gutachtens sollte eine geotechnische Karte sein, aus der eine Abgrenzung von Zonen unterschiedlicher Standsicherheit ersichtlich ist. Nachweise über die Standsicherheit einzelner Grundstücke sollten dagegen nicht mit in den Auftrag einbezogen werden.

Die Planung der Untersuchungen und das Arbeitsprogramm wurden in Abstimmung zwischen Bezirksamt Altona, Vermessungsamt und Geologischem Landesamt unter Beteiligung anderer Dienststellen entwickelt.

Die formale Beauftragung des Geologischen Landesamtes erfolgte mit Schreiben der Baubehörde, Vermessungsamt (- VA 30 -) vom 14. Juni 1979. Darin wird das Geologische Landesamt beauftragt, zur Erstellung eines geologischen Gutachtens und einer geotechnischen Karte der Gefährdungsstufen für den nördlichen Elbhang zwischen der westlichen Landesgrenze und dem Altonaer Balkon folgende Arbeiten durchzuführen:

1. Dokumentation der vorhandenen Bohrerergebnisse, Gutachten, Karten und Veröffentlichungen.
2. Darstellung der erdgeschichtlichen und historischen Entwicklung des Nordufers der Elbe.
3. Geologische Aufnahmen im Gelände
 - 3.1 Geologische Untersuchungen in Bodeneinschnitten, Baggerungen, Schürfen
 - 3.2 Sondierungen

- 3.3 Geologische und petrographische Klassifizierung der Bodenarten, Gefüge- und Strukturuntersuchungen
- 3.4 Hydrogeologische Untersuchungen (Quellenaustritte, Auswertung von Pegelmessungen).
4. Erarbeitung quartärgeologischer, struktur-, baugrund- und hydrogeologischer Karten.
5. Erarbeitung von Profilen nach geologischen und bautechnisch-bodenmechanischen Erfordernissen.
6. Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der geologischen, bodenmechanischen und geodätischen Untersuchungen.
7. Herstellung der geotechnischen Karte mit der Darstellung der Gefährdstufen im gesamten Bereich des Elbhangs zwischen westlicher Landesgrenze und Altonaer Balkon.
 - Zone I : Geländebruchsicherheit $\eta < 1,4$
 - Zone II : Geländebruchsicherheit $\eta > 1,4$
8. Beaufsichtigung der zusätzlich vom Vermessungsamt eingeschalteten Mitarbeiter (Geologe und studentische Hilfskräfte).
9. Geologische Planung, Überwachung und fachliche Beurteilung der vom Bodenmechaniker zu erbringenden Leistungen.

Am 20.07.1979 wurden die Grundbauingenieure Steinfeld und Partner mit der Durchführung bodenmechanischer Untersuchungen als Grundlage für die durchzuführenden Arbeiten beauftragt. Das Vermessungsamt führte zusätzlich geodätische Präzisionsvermessungen in ausgewählten Bereichen des Elbhangs aus.

Die Ergebnisse der vom Geologischen Landesamt durchgeführten Untersuchungen wurden in fünf Berichten mit insgesamt 125 Karten und 91 Profilen an das Vermessungsamt übergeben.

- Der 1. Bericht vom 16.12.1980 befaßt sich mit den Grundlagen, der Problematik und der Arbeitsmethodik.
- Der 2. Bericht vom 30.03.1981 stellt die Untersuchungsergebnisse im Bereich Kraftwerk Wedel - Tinsdal - Wittenbergener Heide dar (Blätter 39 und 40).
- Der 3. Bericht vom 29.09.1981 umfaßt die Untersuchungsergebnisse im Bereich Wittenbergen - Tafelberg - Falkenstein (Blätter 41 und 42).
- Der 4. Bericht vom 05.03.1982 betrifft die Untersuchungsergebnisse im Bereich Polterberg - Bismarckstein - Blankenese (Blätter 43 und 79).
- Im 5. Bericht vom 10.05.1982 wurden die Untersuchungsergebnisse im Bereich Mühlenberg - Nienstedten - Teufelsbrück - Othmarschen - Ottensen - Altonaer Balkon dargestellt (Blätter 80, 81, 82, 83, 84, 85, 90 und 91).

Das vorliegende Gutachten faßt die Ergebnisse der geologischen, bodenmechanischen und geodätischen Untersuchungen zusammen und dient als Erläuterung der geotechnischen Karte.

2. Geologischer Überblick

Der Untergrund Hamburgs baut sich fast ausschließlich aus tertiären und quartären Ablagerungen auf. Lediglich im Bereich des Salzstockes Langenfelde stehen ältere Gesteine bis nahe der Erdoberfläche an. Jüngere Ablagerungen des Holozäns (Nacheiszeit) sind wesentliche Sedimente des Elbe-Urstromtales und der größeren Flußtäler. Im Untersuchungsgebiet spielen sie dagegen keine Rolle. Der geologische Bau des Untersuchungsgebietes ist in einem Längsprofil dargestellt (Anlage 2).

2.1 Tertiär

Der tiefere Untergrund im Bereich des Profilschnittes besteht zum überwiegenden Teil aus miozänem Glimmerton der Langenfelde-Stufe. Dieser geht zum Hangenden hin in den Glimmerschluff der Gram-Stufe über, der im Raum Blankenese von glimmerreichen Feinsanden des Pliozäns überlagert wird. Im Bereich des Süllberges steigen diese Schichten bis auf eine Höhe von wenigen Metern über NN an. Im gesamten übrigen Teil des Elbhangs liegen die tertiären Schichten zu tief, um für die Stand-sicherheit des Hanges irgendeine Bedeutung zu haben. Die hier vorhandenen tertiären Ablagerungen sind überwiegend Meeresablagerungen in gleicher Fazies und Mächtigkeitsentwicklung.

2.2 Quartär

Im Gegensatz zum Tertiär sind die Ablagerungen des Quartärs wesentlich heterogener gebaut. Dies ist durch die zahlreichen Gletschervorstöße bedingt, die - unterbrochen von einzelnen Warmzeiten - den Hamburger Raum

im Laufe der Zeit überquert haben. Sande und Kiese, Beckenschluffe und -tone, Geschiebelehme und -mergel sowie Torfe und Mudden liegen in enger Nachbarschaft. An manchen Stellen, so z.B. im Blankeneser Raum, haben die Gletscher die abgelagerten Schichten zusätzlich gestaucht und den natürlichen Schichtenverband gestört. An solchen Stellen kann der geologische Bau nur vereinfacht dargestellt werden.

2.2.1 Elster-Eiszeit

Im Profil (Anlage 2) fallen mehrere Rinnen auf, die sich tief in die tertiären Schichten eingeschnitten haben. Diese Rinnen sind während der Elster-Eiszeit, vor allem durch subglazial abfließende Schmelzwässer, gebildet worden. Dafür spricht u.a. die Sedimentation von Sand und Kies in den tieferen Rinnenteilen, in die gelegentlich dünne Lagen von Geschiebemergel eingeschaltet sind.

Mit Ende der Elster-Eiszeit waren die Rinnen noch nicht wieder völlig verfüllt. Vor dem abschmelzenden Eis bildete sich in ihnen ein System von Eisstauseen aus, deren typische Sedimente Tone und Schluffe (der sogenannte "Lauenburger Ton") sind.

2.2.2 Holstein-Warmzeit

Das Abschmelzen der Gletscher bewirkte einen Anstieg des Meeresspiegels, so daß die Nordsee, den jetzt nur noch sehr flachen Rinnen folgend, bis über den Hamburger Raum hinaus landeinwärts vordringen konnte. Es wurden Meerestone und-schluffe abgelagert, mit denen

die noch bestehenden Rinnen endgültig verfüllt wurden. Limnische Ablagerungen der Holstein-Warmzeit (Torfe) wurden z.B. im Bereich der Elbschloß-Brauerei im Hangenden mariner Ablagerungen gefunden.

2.2.3 Saale-Eiszeit

Zu Beginn der Saale-Eiszeit wurden im Hamburger Raum die Schichten des Övelgönne/Othmarschener Komplexes abgelagert. Diese Schichten bestehen im Untersuchungsgebiet überwiegend aus gemischtkörnigen Sanden mit gelegentlichen Lagen oder Schollen aus Grundmoräne oder Beckenton. Die Entstehung dieser Schichten ist nicht genau bekannt. Vermutlich handelt es sich um Ablagerungen im Eisrandbereich eines frühen Drenthe-Eisvorstoßes.

Diese Schichten werden - mit Ausnahme der Stauchzone von Blankenese - nahezu lückenlos von der Grundmoräne des Drenthe-Eisvorstoßes überlagert. Der Drenthe-Eisvorstoß reichte bis an den Rand der deutschen Mittelgebirge und hinterließ im Hamburger Raum eine meist etwa 10 - 20 m mächtige Grundmoräne, die überwiegend aus sandigem Geschiebemergel besteht. Wie in allen Grundmoränen kommen auch hier gelegentliche Einschaltungen von Schmelzwassersandlinsen vor.

Nachdem das Eis dieses Vorstoßes abgeschmolzen war, stießen die Gletscher erneut nach Norddeutschland vor - diesmal allerdings nur noch bis in das Gebiet nördlich der Weser und Aller. Während dieses Stadiums wurden zunächst vor dem Eisrand gemischtkörnige Schmelzwassersande abgelagert, die im Hamburger Raum als

"Wandsbeker Sande" bezeichnet werden. Diese Sandablagerungen sind hier meist etwa 10 bis 20 m mächtig. Im Bereich des Elbhangs zwischen der westlichen Landesgrenze und dem Altonaer Balkon treten sie jedoch stark zurück.

Während des Warthe-Stadiums der Saale-Eiszeit wurde der Hamburger Raum vermutlich zweimal vom Eis überfahren. Während des "Niendorfer Vorstoßes" wurde eine überwiegend tonige, häufig kreidereiche Grundmoräne abgelagert. Durch diesen Vorstoß erfolgte die Stauchung der Blankeneser Berge, die überwiegend aus verschuppten Sanden der älteren Saale-Vereisung aufgebaut sind. Der zweite Eisvorstoß des Warthe-Stadiums, der sogenannte "Fuhlsbüttler Vorstoß" hat den Hamburger Raum kaum noch überschritten. Daher ist es nicht verwunderlich, daß seine Grundmoräne nur äußerst lückenhaft und in geringer Mächtigkeit erhalten geblieben ist. Das gilt auch für das Untersuchungsgebiet.

Die Kenntnis über den Ablauf der einzelnen Eisvorstöße ist noch lückenhaft. Besonders bei unvollständig ausgebildeten Schichtenfolgen lassen sich stratigraphische Zuordnungen nicht immer mit Sicherheit durchführen.

2.2.4 Eem-Warmzeit

Während der Eem-Warmzeit schmolzen die Gletscher erneut ab; es kam jedoch hierbei nicht mehr zu einem Meereseinbruch bis in den Hamburger Raum. In geschlossenen Hohlformen (überwiegend durch ausschmelzendes Toteis entstanden) wurden Torfe und Mudden abgelagert. Im Profil (Anlage 2) und in der Profiltypenkarte (Anlage 4) treten die Schichten der Eem-Warmzeit vor allem im Bereich Tinsdal auf.

2.2.5 Weichsel-Eiszeit

In der Weichsel-Eiszeit drangen die Gletscher nur noch bis an den nördlichen Stadtrand von Hamburg vor. Ihre Schmelzwässer flossen in den großen Flußtälern (Alstertal, Billetal) zum Elbe-Urstromtal ab. Im Bereich des Elbhangs wurden kaum Sedimente abgelagert. Lediglich in den größeren Seitentälern finden sich Sande und Fließerden aus der Weichsel-Eiszeit.

2.3 Hydrogeologie

Der Grundwasserspiegel in den eiszeitlichen Sanden ist auf das Niveau der Elbe als Vorfluter ausgerichtet. Landeinwärts steigt der Grundwasserspiegel rasch auf Werte um + 10 m NN an. Mit Ausnahme des Gebietes der Stauchzone von Blankenese, in dem fast nur sandig-kiesige Ablagerungen auftreten, handelt es sich meist um gespanntes Grundwasser.

Auf Grund der schwer wasserdurchlässigen Geschiebemergel kann das Wasser in vielen Teilen des Untersuchungsgebietes nur auf Umwegen das eigentliche Grundwasser speisen. Auf den Geschiebemergelflächen sind wegen der Undurchlässigkeit Stauwasserstände ausgebildet. Wo diese Schichten im Hangbereich austreichen, tritt deshalb im allgemeinen Stauwasser aus.

Der Grundwasserspiegel ist im Westteil des Untersuchungsgebietes durch die Förderung des Wasserwerkes Bursberg zum Teil künstlich abgesenkt. Hier werden die Grundwasserstände durch die jeweiligen Fördermengen bestimmt. Sonst unterliegen Grund- und Sickerwasserstände nur geringfügigen jahreszeitlichen Schwankungen.

3. Rutschungen

Im Grundbau werden nach der Geschwindigkeit des Bewegungsvorganges folgende Rutschungsarten unterschieden:

- Kriechen:

Bei Scherspannungen weit unterhalb der Scherfestigkeit im Bruchzustand können die Massenkräfte in Böschungen ziemlich konstante, langsame Hangbewegungen verursachen. Es handelt sich um Bewegungen von bis zu einigen Millimetern pro Jahr. Scharf ausgeprägte Gleitfugen treten nicht auf. Dies ist der Typ von Hangbewegungen, der bei den Präzisionsnivellements des Vermessungsamtes erfaßt worden ist. Dieser Vorgang kann unter dem Einfluß des Schichtwassers bis zum Bodenfließen führen.

- Bewegungen vor dem Böschungsbruch:

Hierbei handelt es sich um zunehmende Hangbewegungen vor der eigentlichen Rutschung. Spätestens bei Verschiebungen von 2 cm/Jahr wird eine regelmäßige Überwachung der Hangbewegung erforderlich, bei 2 cm/Woche sofortige Sicherheitsmaßnahmen.

- Bewegung während einer Rutschung

- Bewegung nach der Rutschung:

Sie entstehen durch die wechselnde Beanspruchung der Restscherfestigkeit auf Grund jahreszeitlich wechselnden Wassergehaltes oder wechselnder Wasserstände.

- Böschungsfließen:

Bei schwach plastischen bindigen und bei gleichkörnigen nicht-plastischen Böden, die wassergesättigt sind, können Schwankungen des Porenwasserdrucks bei dynamischer Belastung zu einer Verflüssigung führen, wobei selbst sehr flache Böschungen nicht mehr standsicher bleiben.

Gelegentliche Hangrutsche kleineren Ausmaßes haben mit dazu beigetragen, Standsicherheitsüberlegungen für den Bereich des Elbhanges anzustellen. Auch während des Untersuchungszeitraumes sind lokale Rutschungen und Hangbewegungen aufgetreten, wie beispielhaft nachfolgend aufgeführt.

- Im März 1981 haben sich in Blankenese nach starken Regenfällen drei Hangrutsche ereignet, verbunden mit einem Einsturz von Stützmauern. Ursache war eine fehlende Drainage hinter den Stützmauern.
- Mühlenberger Weg 10: Hangrutsch im März 1981; Stützmauer aus einzementierten Feldsteinen, vermutlich auf Grund erhöhten Wasserstaus nach anhaltenden Niederschlägen auf den darunterliegenden Weg gestürzt.
- Elbchaussee 401 (Restaurant Jacobs): Terrasse nach kleineren Rutschungen an Hang und Rissen im Bauwerk wegen Einsturzgefahr gesperrt.
- Elbchaussee 247: Nach Aussage des Anwohners Schalenrutschung im März 1981 im Bereich der Auffüllung und in bindigem Mutterboden; nachfolgendes Hangkriechen.
- Neumühlen 46: Im November 1979 umfangreicher Hangrutsch unterhalb des Schopenhauer Weges, Schuppen wegen der Gefahr nachfolgender Hangrutsche gesperrt.

Nachfolgend Risse im frisch asphaltierten Schopenhauer Weg.

- Neumühlen 21: Hangrutsch bei anhaltendem Wasseraustritt. Die Rutschung reichte bis an die Straße Neumühlen heran. Verursacht wurde sie vermutlich durch Wasserstau auf einer Scholle von Lauenburger Ton, die durch eine Rammkernsondierung (RKS 29) im Zuge der Untersuchungen für das Gutachten nachgewiesen wurde.
- Elbberg/Ecke Große Elbstraße: Hangrutsch im Oktober 1979; Straße Elbberg gesperrt, bis umfangreiche Räumungsarbeiten abgeschlossen waren.

4. Untersuchungen des Vermessungsamtes

Um Art und Ausmaß der Hangbewegungen festzustellen, wurden vom Vermessungsamt geodätische Messungen an ausgewählten Stellen des Elbhangs durchgeführt. Damit sollte das Ausmaß aktueller Hangbewegungen festgestellt werden. Die Auswahl der Meßprofile und -punkte erfolgte in Abstimmung mit dem Geologischen Landesamt, dem Ingenieurbüro "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner" und dem Bezirksamt Altona nach vorhandenen Kenntnissen und örtlicher Begehung.

Es war davon auszugehen, daß die Hauptbewegungskomponenten in vertikaler Richtung als Setzung und in horizontaler Richtung als Lageverschiebungen in der Fallrichtung des Hanges auftreten würden und durch Höhen- und Lagebeobachtungen zu erfassen waren. Das führte zur Anordnung jeweils einer Reihe von Beobachtungspunkten in Form eines Hangprofils. Da geodätische Messungen a priori nur an der äußeren Erdoberfläche durchgeführt werden, Hangbewegungen sich aber auch in den darunterliegenden Schichten abspielen und unterschiedlich verlaufen können, war zu gewährleisten, daß derartige Einflüsse auf die oberirdischen Vermessungsmarken erkannt und bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden konnten. Dies wurde durch entsprechende Form der Vermessungsmarken (Pfeiler von 1,20 m Länge) und zusätzliche Neigungsmessungen (auf dem Pfeilerkopf) erreicht. Bewegt sich nur die oberste Bodenschicht, so mußte außer Setzungen und Lageverschiebungen bei der Neigungsmessung eine Kippung des Pfeilers feststellbar sein. Bewegt sich dagegen eine über 1,2 m mächtige Bodenschicht, so mußte der Pfeiler in seiner gesamten Länge diese Bewegung mitmachen, d.h. eine nennenswerte Kippung trat auch bei Setzungen und Lageverschiebungen nicht ein.

Die vom Vermessungsamt durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß in dem Beobachtungszeitraum von max. 2 Jahren abgelaufenen Hangbewegungen in den meisten Fällen so klein waren, daß sie unterhalb der Meßgenauigkeiten lagen. Dennoch ließen sich an einzelnen Punkten deutliche Hangbewegungen nachweisen (u.a. Blankenese und Restaurant Jacob). Damit wurden die vermuteten Ursachen für Entstehung der Rißbildungen an den betreffenden Bauwerken bestätigt.

Als Beispiel für die geodätischen Vermessungen seien hier die Profile 8 und 9 im Untersuchungsgebiet 3 (Blankenese) aufgeführt. Als Nullpunkt für beide Profile diente ein Mauerbolzen an Haus Krumdals Weg 17 oberhalb der Hangschulter. Die Vermessungen wurden im Herbst 1980, im Frühjahr 1981 und im Herbst 1981 durchgeführt (s. Tabelle 1).

Tabelle 1

Ergebnisse der Präzisionsnivellements im Bereich der Profile 8 und 9; vertikale Lageveränderungen:

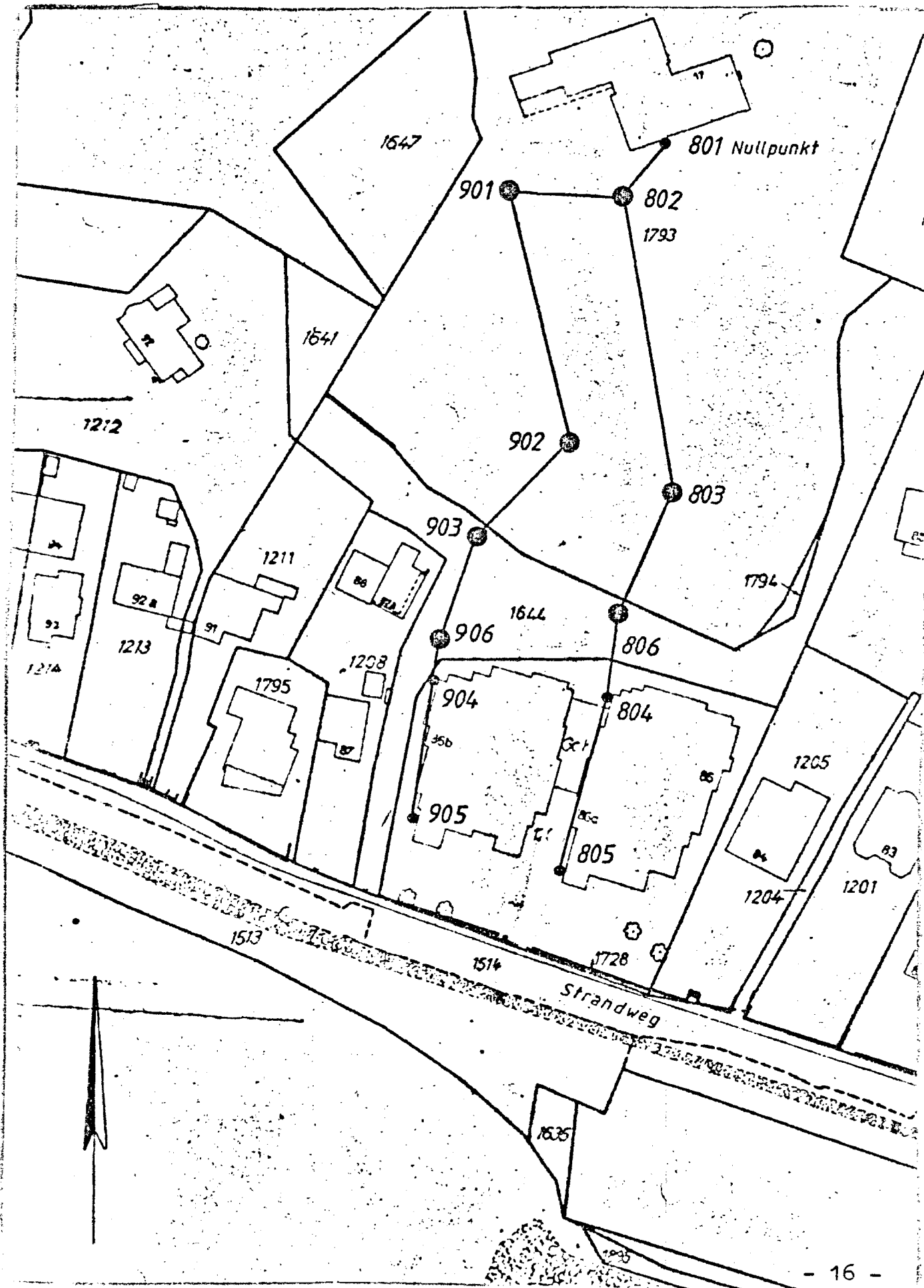
Meßpunkt Nr.	Absenkung nach 1/2 Jahr (mm)	Absenkung nach 1 Jahr (mm)
801	0,0	1,0
802	1,0	1,5
803	0,5	0,5
804	0,0	0,5
805	- 1,0	0,0
806	0,5	- 0,5
901	1,0	0,5
902	2,0	3,0
903	1,0	1,5
904	0,0	1,0
905	- 1,0	0,5
906	2,5	5,0

Drei der höchsten Werte (Punkt 902, 903 und 906) liegen in einem Bereich, in dem die Stabilität des Hanges durch die Anlage eines Wanderweges von Menschenhand beeinflußt worden ist.

Die gemessenen Hangbewegungen sind überwiegend dem Typ des "Kriechens" zuzurechnen. Lediglich beim Restaurant Jacob (Meßpunkt 104) wurden stärkere Lageveränderungen beobachtet, die auf eine eingeleitete Schalenrutschung zurückzuführen waren.

Ein so kurzer Untersuchungszeitraum wie der hier zur Verfügung stehende reicht jedoch nicht aus, Art und Ablauf langsam verlaufender Hangbewegungen, wie sie hier in der Regel vorliegen, mit genügender Genauigkeit zu charakterisieren. Weitere Wiederholungsmessungen wären erforderlich, um den bisherigen Verlauf zu bestätigen bzw. evtl. eintretende Beschleunigungen der Bewegung rechtzeitig zu erkennen.

Untersuchungsgebiet 3 des Vermessungsamtes, Profile 8 und 9



5. Untersuchungen des Ingenieurbüros "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner"

Die Ergebnisse der geologischen Untersuchungen, nämlich die Strukturkarten und Profile, wurden zusammen mit einem Erläuterungstext abschnittsweise dem Ingenieurbüro "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner" übergeben. Dieses hat an ausgewählten Profilen Bereiche mit Standsicherheiten $\eta < 1,4$ und $\eta > 1,4$ angegeben. Die Ermittlung basiert auf folgenden Grundlagen:

- Bodenmechanische Eigenschaften der am Aufbau des Elbhanges beteiligten Bodenarten

Diese wurden an ungestörten Bodenproben aus Bohrungen ermittelt, die nach Angaben des Geologischen Landesamtes so angesetzt wurden, daß die am Aufbau des Elbhanges maßgeblich beteiligten Bodenarten in charakteristischer Ausprägung angetroffen wurden. Das Ingenieurbüro "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner" schreibt hierzu: "Da in den Berechnungen für die Karte der Gefährdungsstufen am Elbhang nicht die Standsicherheit des Hanges an sich untersucht werden soll, d.h. Ermittlung des kleinsten Sicherheitswertes und der Lage des ungünstigsten Gleitkreises, sondern Bereiche mit Sicherheiten gegen Geländebruch $\eta < 1,4$ bzw. $\eta \geq 1,4$ abzugrenzen sind, ist davon auszugehen, daß die maßgebenden Gleitflächen verhältnismäßig tief im gewachsenen Baugrund verlaufen und die oberflächigen Deckschichten, die Hangrutschmassen, in der Regel nur eine untergeordnete Rolle für die gesuchten Sicherheitsbereiche spielen werden.

Es brauchen deshalb nur die Bodenkennwerte der maßgebenden gewachsenen Bodenschichten aufgeführt zu werden, die im Regelfall von den Gleitflächen geschnitten

werden. Für die systematischen Standsicherheitsuntersuchungen wurden Rechenwerte in Ansatz gebracht, die von den bereits vorliegenden Untersuchungen am Elbhang übernommen worden sind."

- Hanggeometrie

Die Hanggeometrie wurde auf der Grundlage der vom Vermessungsamt zur Verfügung gestellten Karten mit Höhenlinien im Maßstab 1 : 1000 sowie zum Teil neu vermessener Hangprofile ermittelt.

- Geologischer Bau des Untergrundes

Der geologische Bau des Elbhangs wurde den Karten und Profilen des Geologischen Landesamtes entnommen.

Bei den Berechnungen wurde von einer fiktiven zusätzlichen Belastung des Bodens von 50 kN/m^2 ausgegangen, was etwa einer drei- bis viergeschossigen Wohnhausbebauung entspricht. Im Bereiche auftretenden Stauwassers wurde der sich aus dieser Situation ergebende Lastfall berücksichtigt. Wenn das Hangprofil sich aus mehreren unterschiedlichen Bodenarten aufbaut, wurde eine gewichtete Mittelung der Bodenkennwerte der am Aufbau beteiligten Schichten vorgenommen. Während bei rolligen Böden unter Annahme ebener Gleitflächen ungünstigste Sicherheiten gegen Geländebruch ermittelt wurden, sind bei bindigen Böden die ungünstigsten Sicherheiten bei Annahme gekrümmter Gleitflächen bestimmt worden. Die Berechnungen wurden mit einer EDV-Anlage nach dem Lamellenverfahren nach BISHOP durchgeführt. Bei den Untersuchungen wurde davon ausgegangen, daß die maßgebenden Gleitkreise mit den geringsten Sicherheiten immer durch den Böschungsfußpunkt verlaufen.

Die Untersuchungsergebnisse wurden in Teilgutachten dem Geologischen Landesamt und dem Vermessungsamt zur Verfügung gestellt. Die Grundlagen für die Standsicherheitsüberlegungen für den Elbhang wurden in dem 1. Bericht (Parameterstudie) diskutiert.

Im einzelnen sind vom Ingenieurbüro "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner" folgende Teilberichte erstellt worden:

- 1. Bericht vom 22.08.1980:
Ergebnisse der systematischen Standsicherheitsuntersuchungen (Parameterstudie)
- 2. Bericht vom 24.11.1980:
Erster Teil der bodenmechanischen Versuche und Ansatzgrößen der Bodenkennwerte
- 3. Bericht vom 07.03.1983:
Zweiter Teil der bodenmechanischen Versuche
- 4. Bericht vom 12.08.1981:
Untersuchungsabschnitt Tinsdal
- 5. Bericht vom 01.10.1981:
Untersuchungsabschnitt Falkenstein
- 6. Bericht vom 04.12.1981:
Untersuchungsabschnitt Blankenese
- 7. Bericht vom 07.12.1981:
Untersuchungsabschnitt Dockenhuden
- 8. Bericht vom 19.03.1982:
Untersuchungsabschnitt Teufelsbrück
- 9. Bericht vom 26.04.1982:
Untersuchungsabschnitt Othmarschen
- 10. Bericht vom 05.05.1982:
Untersuchungsabschnitt Elbtunnel/Donners Park
- 11. Bericht (in Arbeit):
Ergebnisse der geodätischen Messungen

6. Untersuchungen des Geologischen Landesamtes

Die Ergebnisse der geologischen Aufnahmen im Gelände, die Darstellung der erdgeschichtlichen und historischen Entwicklung des Nordufers der Elbe sowie die Dokumentation der vorhandenen Bohrerergebnisse, Gutachten, Karten und Veröffentlichungen sind in 5 Vorberichten des Geologischen Landesamtes zusammengefaßt.

In dem hier vorliegenden Gutachten werden die Ergebnisse der geologischen, bodenmechanischen und geodätischen Untersuchungen sowie die Erläuterung der geotechnischen Karte zusammengefaßt.

6.1 Geologische Grundlagen

6.1.1 Geologische Strukturkarten

Um ein räumliches Bild vom geologischen Bau des Untergrunds zu gewinnen, wurden Isohypsen-Karten der Basisflächen aller angetroffenen tertiären und quartären Schichten angefertigt. Diese Kartierung erfolgte auf der Basis der im Archiv des Geologischen Landesamtes vorhandenen Bohrungen im Maßstab 1 : 1000. Dabei wurde ein etwa 500 m breiter Streifen von der westlichen Landesgrenze bis zum Altonaer Balkon erfaßt.

Ausgehend von einer Bohrpunktkarte wurden jeweils die Daten für eine bestimmte Schicht (z.B. Basis Niendorfer Moräne) eingetragen. Aus diesen Daten wurde dann die entsprechende Höhenlinien-Karte der Basis des betrachteten Horizonts konstruiert. Die Kartierung begann mit dem obersten Horizont (Basis Auffüllung) und wurde mit den jeweils folgenden Horizonten fortgeführt, um zu vermeiden, daß bei der Interpolation Überschneidungen von Höhenlinien entstehen. Höhenlinien zweier verschiedener Horizonte können sich allenfalls berühren, wenn z.B. ein Horizont ausbeißt.

Bei der Kartierung sind die Basisflächen der Schichten und nicht Dachflächen dargestellt worden, weil diese monogenetisch, d.h. durch einen einzigen Prozeß geformt worden sind (Schmelzwasser-Erosion, Gletscher-Exaration), während die Dachflächen polygenetisch sein können.

Die im Archiv des Geologischen Landesamtes vorhandenen Bohrungen reichten nicht aus, um geologische Aussagen für das gesamte Untersuchungsgebiet in der erforderlichen Dichte vornehmen zu können; deshalb wurden im Untersuchungszeitraum weitere Bohrungen, Rammkernsondierungen und Peilstangen-Sondierungen durchgeführt.

Bei der Konstruktion der Strukturkarten ist von der Annahme ausgegangen worden, daß einfache, ungestörte Lagerungsverhältnisse vorliegen (söhlige Lagerung der Schichten). Wo diese Lagerungsverhältnisse nachträglich durch Gletscherstauchung gestört worden sind, sind Strukturkarten zum Beschreiben des räumlichen Baues weitgehend ungeeignet. Im Bereich der Stauchmoräne "Blankeneser Berge" wurden deshalb stattdessen in erhöhtem Umfange Profilschnitte zur geologischen Interpretation herangezogen.

6.1.2 Profiltypenkarte

Ein schnelles Erfassen des geologischen Baues des Untersuchungsgebietes ist mit sogenannten Profiltypenkarten möglich, die aus den Strukturkarten im Maßstab 1 : 5000 angefertigt worden sind (Anlage 4). In diesen Karten sind alle Schichten dargestellt, die von der Geländeoberfläche bis zu einer Tiefe von 0 m NN angetroffen wurden. Dabei konnte allerdings nur die Verbreitung der Schichten, nicht aber deren Mächtigkeit berücksichtigt werden. Die ungefähren Mächtigkeiten der Schichten ergeben sich aus dem Längsprofil (Anlage 2). Die Karte ist

nach folgendem Prinzip gestaltet: Jede im Untersuchungsgebiet vorkommende Schicht hat eine bestimmte Signatur. Überlagern sich in einem Gebiet zwei Schichten, so sind in dieser Fläche beide Signaturen eingezeichnet. Moränen sind dabei stets durch Schraffur, Sande durch Punkte und Kreise dargestellt. Der setzungsempfindliche Eem-Torf auf Blatt Tinsdal ist durch eine Zackenlinie umgrenzt. Mit Ausnahme der im Bereich der Stauchzone von Blankenese und in einem kleineren Vorkommen auf Anlage 4 angetroffenen Sandschichten erfolgte gleichzeitig eine stratigraphische Zuordnung.

Auf diese Weise ergaben sich 27 verschiedene Profiltypen im Bereich des nördlichen Elbufers. Bei dieser Darstellung hebt sich z.B. das überwiegend aus Sand aufgebaute Stauchgebiet von Blankenese von den sich westlich und östlich anschließenden Grundmoränen-Gebieten deutlich ab.

6.1.3 Geologische Karte

Während in der Profiltypenkarte der gesamte geologische Bau des Elbhangs erfaßt worden ist, sind in der Geologischen Karte (Anlage 3) nur die an der Oberfläche anstehenden Schichten bis zu einer Tiefe von 2 m dargestellt.

In der Regel wurden in der Geologischen Karte die stratigraphischen Bezeichnungen der angetroffenen Schichten angegeben. Im Bereich der Stauchzone von Blankenese war eine stratigraphische Einordnung der Schichten nicht möglich. Hier wurde stattdessen die petrographische Zusammensetzung angegeben. Dieser Bereich ist auf der Geologischen Karte durch eine Schraffur gekennzeichnet.

Künstliche Auffüllung blieb in der Geologischen Karte in der Regel unberücksichtigt. Eingetragen wurde sie jedoch dort, wo sie über 2 m mächtig ist.

6.1.4 Wasserstandskarte

Zur Darstellung der Grundwasserstände wurden alle diesbezüglichen Angaben ausgewertet, die im Archiv des Geologischen Landesamtes verfügbar waren. Zu den Daten aus Meß- und Förderbrunnen der Wasserwerke, der Wasserwirtschaft und privater Betreiber kamen zahlreiche Angaben über beim Abteufen von Baugrundbohrungen angetroffene Wasserstände. Wo schwebende Grundwasserstockwerke auftreten (besonders wichtig für die Standsicherheit des Hanges), sind diese dargestellt worden.

Ein systematischer Fehler bei der Auswertung der Grundwasserdaten ist, daß die Messungen nicht zeitgleich vorgenommen worden sind. Dies gilt in besonderem Maße für die Angaben aus Baugrundbohrungen. Sowohl langfristige Veränderungen des Grundwasserspiegels (Absenkung durch zunehmende Nutzung) als auch jahreszeitliche Schwankungen konnten daher nur bedingt berücksichtigt werden. Dennoch ergeben die Isohypsen des Grundwasserspiegels (Anlage 5) ein klares und eindeutiges Bild von der Lage der Wasserspiegel. Die Schwankungen sind offenbar so gering, daß sich keine wesentliche Verfälschung ergibt. Dieser Eindruck wird durch die beobachteten geringen Schwankungen in den Grundwassermeßstellen im Untersuchungsgebiet bestätigt.

Größere Schwankungen der Wasserspiegel traten dort auf, wo entweder in der Umgebung der Wasserwerke zeitweilig verstärkt Grundwasser gefördert wurde, oder wo - wie z.B. im Bereich des S-Bahn-Baus in Hamburg-Altona - der Grundwasserspiegel bei Baumaßnahmen künstlich abgesenkt worden ist.

6.1.5 Geologische Profile

Entlang des gesamten Untersuchungsgebietes wurde unter Auswertung der geologischen Strukturkarten ein geologisches Längsprofil erstellt. Dies wurde auf den Maßstab 1 : 5000 umgezeichnet und liegt diesem Gutachten als Anlage bei (Anlage 2).

6.2 Geotechnische Karte des Elbhanges

Entsprechend dem Auftrag wurde eine geotechnische Karte erstellt, in der für den gesamten Bereich des Elbhanges von der westlichen Landesgrenze bis zum Altonaer Balkon zwei Gefährdungstufen ausgegliedert worden sind (Anlage 6):

- Zone I : Geländebruchsicherheit $\eta < 1,4$
- Zone II: Geländebruchsicherheit $\eta > 1,4$

Zur Zone I wurde - gemäß DIN 4084 - der Bereich gerechnet, in dem die Standsicherheit $\eta < 1,4$ beträgt. Die Abgrenzung dieser Zonen wurde in enger Zusammenarbeit zwischen dem Geologischen Landesamt und dem Ingenieurbüro "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner" festgelegt.

Bei der Ermittlung der Gefahrenlinie wurde wie folgt vorgegangen: Vom Geologischen Landesamt wurden insgesamt 77 geologisch repräsentative Profile des Elbhanges erstellt, für die vom Ingenieurbüro der Punkt berechnet wurde, an dem die Standsicherheit $\eta = 1,4$ ist.

Ausgehend von den vom Ingenieurbüro "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner" berechneten Profilen wurden mit

Hilfe der vom Ingenieurbüro zur Verfügung gestellten Berechnungsgrundlagen im Geologischen Landesamt die Verbindungslinien zwischen den Standsicherheitspunkten der einzelnen Profile gezogen und damit die geotechnische Karte erstellt.

Die Grenze zwischen einem Hangbereich, dessen Standsicherheitsniveau höher als der in der DIN 4084 geforderte Wert ist und einem Hangbereich, der unter diesem Wert liegt, wurde festgesetzt als die Falllinie von dem Punkt an, wo die Standsicherheitslinie an die Hangschulter stößt.

Als die untere Abgrenzung der Zone I wurde in der Karte der Böschungsfuß festgelegt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß theoretisch in dem Bereich unterhalb des Hanges mit einer Standsicherheit von $\eta > 1,4$ Schäden durch Hangrutschungen entstehen können, wenn man annimmt, daß von oben kommende Rutschmassen über den Hangfuß hinaus gleiten.

Neben dem geologischen Bau wurde auch die Morphologie des zu untersuchenden Gebietes so exakt wie möglich erfaßt. Aus diesem "wirklichkeitsgetreuen" Hangprofil wurde für die Berechnungen ein sogenanntes "gemitteltes Hangprofil" mit gleichmäßigem Gefälle erstellt, das der wahren Hangneigung möglichst nahe kommen sollte. Für die Konstruktion des "gemittelten Hangprofils" wurden Hangfuß und Hangschulter möglichst dicht an die tatsächlichen Gefälleknicks herangelegt. Bei der für die Berechnungen erforderlichen Hangvereinfachung ergibt sich dennoch zwangsläufig sowohl bei der Festlegung der Hangneigung als auch bei der Bestimmung der Lage von Hangfuß und Hangschulter ein Spielraum, der einige Grad bzw. einige Meter betragen kann.

Im folgenden werden die einzelnen Kartenabschnitte (s. Anlage 1) erläutert, die die Grundlage für die geotechnische Karte darstellen. Hierbei werden die jeweiligen geomechanischen Bemessungsgrundlagen aufgeführt. Weitere Einzelheiten sind den Berichten des Ingenieurbüros "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner" sowie den Berichten des Geologischen Landesamtes zu entnehmen, die für dieses Gutachten erstellt wurden (siehe 1. und 5.).

Blatt 39

Der überwiegende Teil des Blattes 39 liegt auf schleswig-holsteinischem Gebiet und wird daher nicht in die Betrachtungen mit einbezogen. Lediglich die östlichen 240 m Elbhang liegen auf Hamburger Gebiet. In diesem Abschnitt waren vor der künstlichen Verbauung des Hanges Torfe der Eem-Warmzeit aufgeschlossen. In diesem kritischen Bereich wurden in geringem Abstand vier Hangquerprofile angefertigt. Die Lage der Profile ist Anlage 6 zu entnehmen.

In geologischer wie auch in bodenmechanischer Hinsicht bildet der Hamburger Teil des Blattes 39 eine Einheit. In den Profilen wurde folgende Schichtenfolge angetroffen:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern			
		Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4
sandige Auf- füllung		1,3	1,0	2,3	2,0
Fein- und Mittelsande	Weichsel- Kaltzeit	2,0	3,0	1,4	2,6
Torf	Eem-Warmzeit	1,2	0,6	0,5	1,5
Feinsande	Spätsaale	-	-	0,6	0,7
Geschiebe- lehm und -mergel	Fuhlsbüttler Stadium	1,6	1,5	1,9	1,3
Geschiebe- mergel	Niendorfer Stadium	8,9	10,3	10,3	10,2

Für die bodenmechanische Berechnung wurden folgende Kennwerte zugrunde gelegt:

$$\varphi_m = 30^\circ, c_m = 7,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Daraus ergeben sich - mit zunehmender Höhe des Elbhanges von West nach Ost - Fußabstände $b_{\text{maß}}^*)$ von 32 bis 41 m. In diese Werte ist bereits der Einflußwert des Stauwassers $\Delta a_w = 8 \text{ m}$ mit einbezogen. Im gesamten Bereich des Hamburger Anteils an Blatt 39 liegt die Grenzlinie zwischen der Zone I und der Zone II damit nördlich der Hangschulter.

Blatt 40

Der im Bereich von Blatt 39 angetroffene geologische Bau des Elbhanges setzt sich etwa 30 m weit auf Blatt 40 fort. Weiter östlich keilt der Eem-Torf aus. Es folgt ein 420 m langer Profilabschnitt, der überwiegend von Geschiebemergeln der Saale-Eiszeit aufgebaut ist. In dem repräsentativen Hangquerprofil wurde folgende Schichtenfolge angetroffen:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 40 A - A'
sandige Auffüllung	-	0,2
Fein- und Mittelsande	Weichsel-Kaltzeit	0,4
Fein- und Mittelsande	Spätsaale/Borgfelder Komplex	3,3
Geschiebemergel	Niendorfer Stadium	13,6

*) Der Fußabstand $b_{\text{maß}}$ ist der Abstand der Sicherheitslinie $\eta = 1,4$ vom jeweiligen Hangfuß

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurden folgende Bodenkennwerte zugrunde gelegt:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Unter Berücksichtigung des Stauwassers ergibt sich im Profil ein Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 40 \text{ m}$. Die Grenzlinie zwischen der Zone I und der Zone II liegt damit nördlich der Hangschulter.

Im Osten schließt sich ein 220 m langer Profilabschnitt an, in dem die Wandsbeker Sande eine Mächtigkeit von bis zu über 8 m erreichen. In dem repräsentativen Hangquerschnitt ergibt sich folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 40 B - B'
sandige Auffüllung	-	1,2
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	2,8
Fein- bis Grobsande	Wandsbeker Formation	7,7
Geschiebe- mergel	Drenthe- Stadium	12,8

Bei den bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Bodenkennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Ein Stauwassereinfluß ist hier nicht mehr zu berücksichtigen. Aus der Berechnung ergibt sich ein Fußabstand $b_{\text{maß}} = 44 \text{ m}$. Auch in diesem Bereich liegt die Grenzlinie zwischen der Zone I und der Zone II nördlich der Hangschulter.

Der folgende Profilabschnitt hat eine Länge von 190 m. Er unterscheidet sich vom westlichen Nachbarabschnitt vor allem dadurch, daß der Anteil der Sande am Aufbau des Profils geringer ist. Im repräsentativen Hangquerprofil wurde folgende Schichtenfolge angetroffen:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 40 C - C'
sandige Auffüllung	-	0,5
Sande, Kiese	Weichsel- Kaltzeit	0,2
Sande, Kiese	Spätsaale/ Borgfelder Komplex	0,3
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	8,1
Mittel- u. Grobsand	Wandsbeker Formation	6,3
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	11,0
Sande	-	0,6

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Bodenkennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 7,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Wenn man das Profil des Gesamthanges betrachtet, so erhält man einen Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 42 \text{ m}$. Das ergäbe eine Sicherheit des Hanges von $\eta > 1,4$. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß sich der Gesamthang hier aus zwei steilen Teilhängen zusammensetzt, die durch ein flacher geneigtes Hangstück voneinander getrennt sind. Für die beiden Steilhänge ergeben sich Sicherheiten unter $\eta = 1,4$.

Die große Mulde nördlich des Leuchtturmes bildet den Übergang zum östlich anschließenden Profilabschnitt. In der Mulde sind die Hangneigungen so gering, daß keine Werte von $\eta < 1,4$ auftreten.

Der östlichste Teilabschnitt des Blattes 40 ist 170 m lang. Morphologisch wird er untergliedert durch die Einmündung eines kleinen Seitentälchens, in dessen Verlauf die Zone I erneut unterbrochen wird. Dieser Profilabschnitt wird fast ausnahmslos durch Geschiebemergel aufgebaut. Das repräsentative Hangquerprofil zeigt folgende Schichtenfolge:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 40 D - D'
sandige Auffüllung	-	0,7
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	9,7
Fein- bis Grobsande	Wandsbeker Formation	0,4
Geschiebe- mergel	Drenthe- Stadium	15,9

Den bodenmechanischen Berechnungen wurden folgende Bodenkennwerte zugrunde gelegt:

$$\varphi_m = 30^\circ, c_m = 10 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Bei der Berechnung des Fußabstandes $b_{\text{maß}}$ ergibt sich ein Wert von 27 m. Das würde bedeuten, daß die Grenze zwischen den beiden Sicherheitsbereichen knapp hinter der Hangschulter verlaufen würde. Innerhalb der hangparallelen Deckschichten könnten jedoch sehr flache Gleitkreise auftreten; deshalb ist ein Mindestabstand von der Hangschul-

ter einzuhalten. Dieser wird festgesetzt als die dreifache Dicke der hangparallelen Deckschichten im Hang an der Böschungsschulter (vgl. 4. Bericht des Ingenieurbüros "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner, Blatt 10).

Blatt 41

Blatt 41 umfaßt den westlichsten Teil der Stauchmoräne der Blankeneser Berge. Der Elbhang ist hier durch eine Reihe von Seitentälern morphologisch stark untergliedert. Der geologische Bau des Untergrundes wird bestimmt durch die saale-zeitlich gestauchten Schichten (überwiegend Sande und Kiese). Eine Untergliederung des Blattes in Teilabschnitte mit unterschiedlichen bodenmechanischen Kennwerten war nicht erforderlich.

Das Hangquerprofil A - A' setzt sich aus einem flacher geneigten oberen Hang und einem steileren Unterhang zusammen. Deshalb wurde nicht nur der Gesamthang, sondern auch der untere Teilhang auf seine bodenmechanischen Eigenschaften hin untersucht:

Gesamthang

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil A - A'
sandige Auffüllung	-	0,9
Geschiebelehm	Niendorfer Stadium	1,2
Geschiebemergel	Niendorfer Stadium	2,5
Sande	Wandsbeker Formation	7,9
Sande, Kiese	ungegliedert	12,7
Geschiebemergel	Drenthe- Stadium	2,9

Unterer Steilhang

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil A - A'
sandige Auffüllung	-	1,0
Sande	Wandsbeker Formation	8,5
Sande	unge- gliedert	11,9
Geschiebe- mergel	Drenthe- Stadium	2,9

Die Berechnung hat jedoch gezeigt, daß der untere Steilhang trotz seiner starken Hangneigung von 30° nicht maßgebend für die Festsetzung der Sicherheitslinie wird. Nach der Berechnung ergibt sich für das Gesamtprofil eine Sicherheit von $\eta < 1,4$ und damit ein Verlauf der Grenzlinie zwischen Zone I und Zone II nördlich der Hangschulter. Der Fußabstand $b_{\text{maß}}$ beträgt 51 m.

Im Verlauf der repräsentativen Hangquerprofile B - B' bis F - F' wurde folgender Schichtenaufbau angetroffen:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil B - B'
sandige Auffüllung	-	2,0
Geschiebe- lehm	Niendorfer Stadium	2,0
Sande	Wandsbeker Formation	4,3
Geschiebe- lehm und -mergel, Sande	Drenthe- Stadium	6,4
Sande	unge- gliedert	15,4
Geschiebe- mergel	Drenthe- Stadium	4,9

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil C - C'
sandige Auffüllung	-	0,9
Sande	unge- gliedert	34,7
Geschiebe- mergel	Drenthe- Stadium	0,4

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil D-D' Profil E-E' Profil F-F'		
sandige Auffüllung	-	0,9	0,5	2,0
Sande, Kiese	unge- gliedert	26,2	-	63,0
Sande	unge- gliedert	-	38,4	-
Sande, Kiese, Geschiebe- lehm und -mergel	unge- gliedert	17,7	12,0	-

Für die bodenmechanischen Berechnungen wird im gesamten Bereich des Blattes 41 von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 35^\circ, c_m = 0, \gamma_m = 19 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profils B - B' kommt es auf Grund der ungewöhnlich mächtigen Auffüllung zu einer Ausweisung der Zone I. Hier beträgt der Fußabstand $b_{\text{maß}}$ 60 m. Im Bereich des Profils C - C' errechnet sich $b_{\text{maß}} = 66 \text{ m}$. Bei den Profilen D - D' und E - E' ist die Hangneigung so gering, daß nirgendwo Werte von $\eta < 1,4$ auftreten. Das Profil F - F' untergliedert sich in zwei Teilprofile. Im oberen Hangbereich ist $\eta > 1,4$,

während sich für den unteren Hang zwischen NN + 67 m und NN + 5 m Sicherheiten $\eta < 1,4$ ergeben. Es errechnet sich ein Fußabstand der Sicherheitslinie von $b_{\text{maß}} = 110,0$ m.

Blatt 42

Im Bereich des Blattes 42 setzt sich die Stauchzone der Blankeneser Berge fort. Der Schichtenaufbau entspricht weitgehend den auf Blatt 41 angetroffenen Verhältnissen. Die repräsentativen Hangquerprofile ergaben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern				
		Profil 3-4	Profil 5-6	Profil 7-8	Profil 9-10	Profil 11-12
sandige Auffüllung	-	1,5	1,0	0,4	1,0	1,2
Sande, Kiese	unge- gliedert	70,88	-	-	74,0	60,0
Sande	unge- gliedert	-	74,0	69,6	-	-

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde - wie auf Blatt 41 - von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 35^\circ, c_m = 0, \gamma_m = 19 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profils 3 - 4 errechnet sich eine Stand-sicherheit von $\eta < 1,4$. Der maßgebliche Fußabstand $b_{\text{maß}}$ ist 137,0 m. Für das Profil 5 - 6 (Tafelberg) ergibt sich ein ähnliches Bild. Auf Grund der größeren Geländehöhe errechnet sich hier ein maßgeblicher Fußabstand $b_{\text{maß}} = 142,5$ m. Für die Profile 7 - 8, 9 - 10 und 11 - 12 ergeben sich Gelände-bruchssicherheiten von jeweils $\eta > 1,4$.

Während am elbwärtigen Hang des Tafelberges eine große Fläche als Zone I ausgewiesen werden muß, treten sonst im Bereich des Blattes 42 nur kleine, inselartige Vorkommen von Zone I auf.

Blatt 43

Der Bereich des Blattes 43 liegt wie schon die Blätter 41 und 42 innerhalb der Stauchzone der Blankeneser Berge. Der Schichtenaufbau gleicht dem der Nachbarblätter. Die repräsentativen Hangquerprofile zeigen folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern				
		Profil 3-4	Profil 5-6	Profil 7-8	Profil 9-10	Profil 11-12
sandige Auffüllung	-	0,8	1,0	1,2	1,0	0,8
Sande, Kiese	unge- gliedert	67,2	41,0	-	73,0	51,2
Sande, Kiese, ver- einzelt dünne Geschiebe- mergel- schollen	unge- gliedert	-	-	39,8	-	-

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde - wie auf Blatt 41 und 42 - von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 35^\circ, c_m = 0, \gamma_m = 19 \text{ kN/m}^3$$

Für die Profile 3 - 4, 5 - 6, 7 - 8 und 9 - 10 ergaben sich Sicherheiten von $\eta > 1,4$. Auf Grund der steileren Hangneigung am südlichen Hang des Bismarcksteines wurde für das Profil 11 - 12 ein maßgeblicher Fußabstand der Sicherheitslinie von $b_{\text{maß}} = 86,6 \text{ m}$ berechnet.

Blatt 79

Das Blatt 79 (Blankenese) liegt wie schon die Blätter 41 - 43 im Bereich der Blankeneser Stauchzone. Der geologische Bau gleicht dem der Nachbarblätter. Die repräsentativen Hangquerprofile ergaben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern					
		Profil 3-4	Profil 5-6	Profil 7-8	Profil 9-10	Profil 11-12	Profil 13-14
sandige Auffüllung	-	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	0,8
Sande	unge- gliedert	39,8	-	-	-	-	15,2
Sande, Kiese	unge- gliedert	-	57,0	41,8	54,0	-	-
Sande, Kiese, verein- zelt dünne Geschiebe- mergel- schollen	unge- gliedert	-	-	-	-	39,0	-

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde - wie auf Blatt 41 - 43 - von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 35^\circ, c_m = 0, \gamma_m = 19 \text{ kN/m}^3$$

Für das Profil am Südhang des Süllberges (3 - 4) errechnet sich ein maßgeblicher Fußabstand $b_{\text{maß}} = 75,4 \text{ m}$. Die Profile 5 - 6, 7 - 8 und 9 - 10 müssen auf Grund der stärker untergliederten Hangmorphologie in mehrere Teilabschnitte aufgliedert werden. In allen Hangabschnitten wird der Wert $\eta = 1,4$ unterschritten. Im einzelnen wurden folgende maßgebliche Fußabstände berechnet:

Profil 5 - 6:	oberer Hang (West)	$b_{\text{maß}} = 87,7 \text{ m}$
	unterer Hang (West)	$b_{\text{maß}} = 27,8 \text{ m}$
	Osthang	$b_{\text{maß}} = 29,0 \text{ m}$
Profil 7 - 8:	oberer Hang	$b_{\text{maß}} = 33,2 \text{ m}$
	unterer Hang:	
	obere Hangstufe	$b_{\text{maß}} = 14,0 \text{ m}$
	untere Hangstufe	$b_{\text{maß}} = 16,0 \text{ m}$
Profil 9 - 10:	obere Hangstufe	$b_{\text{maß}} = 19,4 \text{ m}$
	mittlere Hangstufe, oberer Teil	$b_{\text{maß}} = 17,5 \text{ m}$
	mittlere Hangstufe, unterer Teil	$b_{\text{maß}} = 14,8 \text{ m}$
	untere Hangstufe	$b_{\text{maß}} = 50,4 \text{ m}$

Die Einzelheiten sind den geologischen Querprofilen zu entnehmen (6. Bericht des Ingenieurbüros "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner").

Im Ostteil des Blattes ist das Hangprofil wieder ungegliedert. Für das Profil 11 - 12 errechnet sich ein maßgeblicher Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 71,4 \text{ m}$. Im Bereich des Profils 13 - 14 ergibt sich für das Gesamtprofil zwar eine Sicherheit $\eta > 1,4$, doch wurde für den unteren Hangabschnitt, der deutlich steiler ist als der Oberhang, eine Sicherheit von $\eta < 1,4$ errechnet. Hier ergibt sich ein maßgeblicher Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 22,5 \text{ m}$.

Im Bereich von Bours Park wurde bei der Abgrenzung der Zone I der Stauwassereinfluß berücksichtigt.

Blatt 80

Der Westteil des Blattes 80 ist noch der Stauchzone von Blankenese zuzurechnen. Der geologische Bau dieses Gebietes entspricht dem der Blätter 41 - 43 und 79. Die repräsentativen Hangquerprofile ergaben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern			
		Profil 3-4	Profil 5-6	Profil 7-8	Profil 9-10
sandige Auffüllung	-	1,5	0,6	0,8	0,8
Sande, Kiese	unge- gliedert	-	35,4	25,2	22,2
Sande, Kiese, einzelne dünne Geschiebe- mergel- lagen	unge- gliedert	20,5	-	-	-

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde - wie auf den westlich angrenzenden Nachbarblättern - von den folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 35^\circ, c_m = 0, \gamma_m = 19 \text{ kN/m}$$

Im Bereich der Profile 3 - 4, 7 - 8 und 9 - 10 ergaben sich Sicherheiten von $\eta > 1,4$. Im Hangquerprofil 5 - 6 am Südhang des Kanonenberges wird der Wert von $\eta = 1,4$ dagegen unterschritten. Hier ergibt sich ein maßgeblicher Fußabstand $b_{\text{maß}} = 70,8 \text{ m}$.

Der zweite Teilabschnitt des Blattes 80 ist 490 m lang. Die Sande und Kiese der Stauchzone werden hier überwiegend durch

Geschiebelehm und -mergel des Drenthe-Stadiums ersetzt. Im repräsentativen Hangquerprofil 11 - 12 ergab sich folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 11 - 12
sandige Auffüllung	-	0,5
Sande, Kiese	unge- gliedert	2,5
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	30,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 7,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profils 11 - 12 am Hirschpark errechnet sich für den maßgeblichen Fußabstand ein Wert von $b_{\text{maß}} = 59 \text{ m}$.

Der dritte Teilabschnitt des Blattes 80 zeigt folgenden geologischen Bau:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 13 - 14
sandige Auffüllung	-	0,5
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	19,5
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne- Komplex, Altsaale	5,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurden folgende Kennwerte zugrunde gelegt:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profils 13 - 14 ergibt sich eine Sicherheit von $\eta > 1,4$. Östlich und westlich des Profils gibt es jedoch steilere Hangbereiche, in denen der Wert von $\eta = 1,4$ unterschritten wird. Die entsprechenden Flächen der Zone I lassen sich Anlage 6 d entnehmen.

Blatt 81

Der geologische Bau des 1. Teilabschnittes von Blatt 81 entspricht dem des Ostteils von Blatt 80. Auch hier lagern Geschiebelehm und -mergel des Drenthe-Stadiums über Sanden und Kiesen des Othmarschen/Övelgönne-Komplexes. In den repräsentativen Hangquerprofilen zeigt sich folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern	
		Profil 3-4	Profil 5-6
sandige Auffüllung	-	0,8	1,5
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	9,0	10,0
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne- Komplex, Altsaale	15,2	18,5

Wie auch im 3. Teilabschnitt von Blatt 80 werden den bodenmechanischen Berechnungen die folgenden Kennwerte zugrunde gelegt:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

In Abhängigkeit von der Hangneigung ergibt sich für das Profil 3 - 4 ein maßgeblicher Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 44 \text{ m}$, während für das Profil 5 - 6 ein Wert $\eta > 1,4$ errechnet wird. Weicht man von der Betrachtung des Gesamthanges ab und berechnet die Werte für die einzelnen Teilhänge, so erhält man für zwei Teilabschnitte η -Werte von unter 1,4. Diese wurden bei der Abgrenzung der Zone I berücksichtigt.

Der sich östlich anschließende, 1115 m lange zweite Teilabschnitt von Blatt 81 wird ganz von Geschiebelehm und -mergel aufgebaut. Die repräsentativen Hangquerprofile ergaben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern				
		Profil 7-8	Profil 9-10	Profil 11-12	Profil 13-14	Profil 15-16
sandige Auffüllung	-	0,4	0,8	1,0	1,4	1,2
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	-	3,0	-	6,0	4,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	28,6	12,2	25,0	17,6	15,8

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde daher von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 10 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Überall dort, so kleine Seitentäler auftreten, wird die Hangneigung so gering, daß η größer als 1,4 ist. Dieser Fall ist in den Profilen 9 - 10 und 13 - 14 gegeben. In den anderen Fällen muß eine Zone I ausgewiesen werden. Die maßgeblichen Fußabstände betragen:

Profil 7 - 8	$b_{\text{maß}} = 51 \text{ m}$
Profil 11 - 12	$b_{\text{maß}} = 47 \text{ m}$
Profil 15 - 16	$b_{\text{maß}} = 32 \text{ m}$

Blatt 82

Der westliche Teilabschnitt des Blattes 82 wird aus Geschiebelehm und -mergel des Niendorfer und des Drenthe-Stadiums aufgebaut. Die repräsentativen Hangquerprofile ergeben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern		
		Profil 3-4	Profil 5-6	Profil 7-8
sandige Auffüllung	-	3,0	4,0	2,5
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	5,0	7,0	4,5
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	14,0	8,0	10,0

Bei den bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 30^\circ, c_m = 10 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Die Höhe des Elbhangs nimmt von knapp 22 m am Blattrand bis auf etwa 15 m am Ostrand des Profils ab. Bei allen drei Profilen wurden Sicherheiten von $\eta < 1,4$ errechnet. Es ergaben sich folgende maßgebliche Fußabstände:

Profil 3 - 4	$b_{\text{maß}} = 37,0 \text{ m}$
Profil 5 - 6	$b_{\text{maß}} = 34,5 \text{ m}$
Profil 7 - 8	$b_{\text{maß}} = 25,0 \text{ m}$

Der östlich anschließende Teilabschnitt reicht bis zum Ende des Steilhanges im Flottbektal. Hier wird der Elbhang ausschließlich aus Geschiebelehm und -mergel des Niendorfer Vorstoßes aufgebaut. Das repräsentative Hangquerprofil ergab folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 9 - 10
sandige Auffüllung	-	1,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	11,5

Bei den bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 10 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Auch hier liegt die Sicherheit wieder unter $\eta = 1,4$. Der maßgebliche Fußabstand $b_{\text{maß}}$ beträgt 24 m.

Blatt 83

Der Westteil des Blattes wird vom Tal der Kleinen Flottbek eingenommen. Im Ostteil des Blattes, wo das Elbufer erneut auf Höhen von 20 m ansteigt, ist der Untergrund aus Geschiebelehm und -mergel des Niendorfer Vorstoßes und des Drenthe-Vorstoßes aufgebaut. Das repräsentative Hangquerprofil ergibt folgende Lagerungsverhältnisse:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern	
		Profil 3-4	Profil 5-6
sandige Auffüllung	-	2,0	3,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	10,5	7,5
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	7,0	11,5

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 30^\circ, c_m = 10 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Etwa 100 m westlich des Blattrandes wird der Wert von $\eta = 1,4$ unterschritten. Im Bereich des Profils 3 - 4 liegt der Wert jedoch noch über 1,4. Erst im Bereich des Profils 5 - 6 läßt sich ein maßgeblicher Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 39 \text{ m}$ errechnen.

Blatt 84

Der westliche Teilabschnitt des Blattes 84 wird von Geschiebelehm und -mergel des Niendorfer und des Drenthe-Vorstößes der Saale-Eiszeit aufgebaut. Die repräsentativen Hangquerprofile ergeben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern			
		Profil 3-4	Profil 5-6	Profil 7-8	Profil 9-10
sandige Auffüllung	-	1,5	1,0	1,0	1,5
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	13,0	19,0	21,5	20,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	10,0	7,5	4,0	6,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 30^\circ, c_m = 12,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Der Elbhang ist in diesem Teilabschnitt in der Regel steil und ungegliedert. Mit Ausnahme des Profils 5 - 6, das durch die Mulde des Hindenburg-Parks geht, wurden in allen Profilen Sicherheiten von $\eta < 1,4$ errechnet. Die maßgeblichen Fußabstände der Sicherheitslinie betragen:

Profil 3 - 4	$b_{\text{maß}} = 42 \text{ m}$
Profil 7 - 8	$b_{\text{maß}} = 46 \text{ m}$
Profil 9 - 10	$b_{\text{maß}} = 50 \text{ m}$

Der östlich anschließende zweite Teilabschnitt des Blattes wird ausschließlich aus Geschiebelehm und -mergel aufgebaut. Im Unterschied zum Westteil des Blattes überwiegt hier jedoch der Anteil der Drenthe-Grundmoräne. Die repräsentativen Hangquerprofile ergeben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern	
		Profil 11-12	Profil 13-14
sandige Auffüllung	-	1,5	1,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	15,5	6,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	8,0	16,0

Für die bodenmechanischen Untersuchungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 10 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich beider Hangquerprofile dieses Teilabschnittes liegt der Punkt $\eta = 1,4$ unmittelbar hinter der Hangschulter. In diesem Fall ist ein Sicherheitsabstand von der dreifachen Dicke der hangparallelen Deckschicht zu wählen (vgl. Erläuterung zu Blatt 40). Auf diese Weise ergeben sich für die beiden Profile maßgebliche Fußabstände von $b_{\text{maß}} = 45,5 \text{ m}$ (Profil 11 - 12) und $b_{\text{maß}} = 40,0 \text{ m}$ (Profil 13 - 14).

Blatt 85

Der geologische Bau von Blatt 85 ist sehr uneinheitlich. Dementsprechend mußte der Blattbereich für die bodenmechanischen Berechnungen in fünf Teilabschnitte untergliedert werden. Der westlichste Teilabschnitt ist 220 m lang und fast ausschließlich aus Geschiebelehm und -mergel aufgebaut. Das typische Hangquerprofil ergab folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 3 - 4
sandige Auffüllung	-	1,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	6,5
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	8,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurden folgende Kennwerte benutzt:

$$\varphi_m = 30^\circ, c_m = 12,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profils ergibt sich ein maßgeblicher Fußabstand $b_{\text{maß}}$ von 42 m.

Der zweite Teilabschnitt des Blattes ist 140 m lang und ebenfalls fast ausschließlich aus Geschiebelehm und -mergel aufgebaut. Im Unterschied zum 1. Teilabschnitt überwiegt hier jedoch der Anteil der Drenthe-Grundmoräne. Die typischen Hangquerprofile ergaben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern	
		Profil 5-6	Profil 7-8
sandige Auffüllung	-	1,0	1,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	7,0	7,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	17,0	23,5

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 10 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profiles 5 - 6 ergibt sich für den Gesamt-
hang ein Wert von $\eta > 1,4$. Gliedert man den Hang jedoch in
einen unteren und einen oberen Hangabschnitt auf, so er-
hält man für den unteren Hang einen Wert von $\eta > 1,4$; für
den oberen Hang errechnet sich dagegen ein maßgeblicher
Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 29 \text{ m}$. Hierbei wurde wieder die drei-
fache Mächtigkeit der Auffüllung als Abstand von der Hang-
schulter berücksichtigt.

Das Profil 7 - 8 liegt in Schröders Elbpark, in dem geringere Hangneigungen auftreten. Entsprechend errechnet sich ein Wert von $\eta > 1,4$.

Der östlich anschließende dritte Teilabschnitt des Blattes 85 ist 370 m lang. Auch dieser Teilabschnitt ist fast ausschließlich aus Geschiebelehm und -mergel aufgebaut. Hier überwiegt jedoch die Grundmoräne des Niendorfer Vorstoßes. Das typische Hangquerprofil ergab folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 9 - 10
sandige Auffüllung	-	1,5
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	18,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	13,5

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 30^\circ, c_m = 12,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profils 9 - 10 ergab sich dabei ein Fußabstand der Sicherheitslinie von $b_{\text{maß}} = 54 \text{ m}$.

Der vierte Teilabschnitt des Blattes, der sich östlich anschließt, ist aus Geschiebelehm und -mergel des Niendorfer und des Drenthe-Vorstoßes der Saale-Eiszeit sowie aus Sanden und Kiesen des Othmarscher/Övelgönne-Komplexes aufgebaut. Die charakteristischen Hangquerprofile ergaben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern	
		Profil 11-12	Profil 13-14
sandige Auffüllung	-	1,0	1,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	-	6,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	16,0	13,0
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne- Komplex, Altsaale	6,0	15,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 7,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profils 11 - 12 muß unterschieden werden zwischen einem oberen, flacher geneigten Hangabschnitt und einem unteren, steileren Hangabschnitt. Während sich für den oberen Hangabschnitt ein Wert von $\eta > 1,4$ errechnen läßt, ergibt sich für den unteren Teilhang ein Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 32 \text{ m}$.

Im Bereich des Profils 13 - 14 ist der Elbhang nicht weiter untergliedert. Die Berechnungen ergeben hier einen maßgeblichen Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 57 \text{ m}$.

Der östlichste Teilabschnitt des Blattes 85 ist nur 75 m lang. Die Schichtenfolge ist dieselbe wie im vierten Teilabschnitt, doch erreichen die Sande des Othmarschen/Övelgönne-Komplexes hier wesentlich größere Mächtigkeiten. Das repräsentative Hangquerprofil zeigte folgende Schichtenfolge:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern Profil 15 - 16
sandige Auffüllung	-	1,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	4,0
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne- Komplex, Altsaale	21,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurden folgende Kennwerte zugrunde gelegt:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profils 15 - 16 muß der Hang erneut in zwei Teilhänge untergliedert werden. Während sich für den flacheren oberen Hangabschnitt ein Wert von $\eta > 1,4$ errechnet, ergibt sich für den unteren Teilhang ein maßgeblicher Fußabstand $b_{\text{maß}}$ von 39 m.

In diesem östlichsten Teilabschnitt von Blatt 85 muß durchgehend eine Zone I ausgewiesen werden.

Blatt 90

Im 1. Teilabschnitt des Blattes 90 baut sich der Elbhang aus Geschiebelehm und Geschiebemergel des Niendorfer und des Drenthe-Stadiums auf, der von Sanden und Kiesen des Othmarschen/Övelgönne-Komplexes unterlagert werden. In diesem 465 m langen Abschnitt des Hanges sind drei repräsentative Hangquerprofile angefertigt worden:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern		
		Profil 3-4	Profil 5-6	Profil 7-8
sandige Auffüllung	-	1,5	2,0	3,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	7,5	3,0	-
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	4,0	12,0	10,0
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne- Komplex, Altsaale	22,0	20,0	19,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Damit ergibt sich sowohl für das Hangquerprofil 3 - 4 als auch für das Hangquerprofil 5 - 6 eine Sicherheit größer als $\eta = 1,4$. Im Bereich des Profils 7 - 8 ist der Elbhang in mehrere Hangstufen untergliedert, deren Standsicherheit einzeln berechnet werden muß. Während sich für den unteren Hang eine Sicherheit von $\eta = 1,4$ ergibt, errechnet sich für die mittlere Hangstufe ein Fußabstand $b_{\text{maß}} = 17 \text{ m}$ und für die obere Hangstufe ein Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 22 \text{ m}$.

Durch die Aufgliederung des Elbhanges in mehrere Hangstufen, die örtlich sehr steil sein können, kommt es im 1. Teilabschnitt zu einer Aufgliederung der Zone I in mehrere isolierte Flächen, die nirgends den gesamten Elbhang umfassen (siehe Anlage 6 g).

Der zweite Teilabschnitt des Blattes 90 ist 245 m lang. Er unterscheidet sich vom westlich angrenzenden Abschnitt dadurch, daß der Anteil des Geschiebelehm und Geschiebemergels

am Aufbau des Elbhanges deutlich höher ist. Die beiden repräsentativen Hangquerprofile ergeben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern	
		Profil 9-10	Profil 11-12
sandige Auffüllung	-	4,0	9,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	19,0	12,0
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne- Komplex, Altsaale	11,0	11,0

Den bodenmechanischen Berechnungen wurden folgende Kennwerte zugrunde gelegt:

$$\phi_m = 32,5^\circ, c_m = 7,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Auch im Bereich der beiden Hangquerprofile dieses Teilabschnittes ist der Elbhang in zwei Hangstufen untergliedert, deren Sicherheiten getrennt berechnet werden mußten. In beiden Fällen sind für beide Hangstufen Zonen I auszuweisen. Für das Profil 9 - 10 ergeben sich folgende Fußabstände:

unterer Hang $b_{\text{maß}} = 19,5 \text{ m}$

oberer Hang $b_{\text{maß}} = 38,0 \text{ m}$

Im Falle von Profil 11 - 12 betragen die entsprechenden Werte:

unterer Hang $b_{\text{maß}} = 18,5 \text{ m}$

oberer Hang $b_{\text{maß}} = 34,0 \text{ m}$

Die großen Auffüllungsmächtigkeiten im Bereich beider Hangprofile sind bei der Festlegung der Grenzlinie berücksichtigt worden. Im gesamten Bereich des 2. Teilabschnittes von Blatt 90 ergibt sich für den oberen Teilhang eine Zone I ($\eta < 1,4$); die Zone I für den unteren Teilhang wird nur an einem Punkt unterbrochen.

Der sich östlich anschließende 3. Teilabschnitt ist 230 m lang. In diesem Bereich wird der nördliche Elbhang überwiegend aus Geschiebelehm und Geschiebemergel aufgebaut. Die repräsentativen Hangquerprofile 13 - 14 und 15 - 16 ergaben folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern	
		Profil 13-14	Profil 15-16
sandige Auffüllung	-	1,0	3,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	5,0	-
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	27,0	22,0
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne- Komplex, Altsaale	-	7,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 10 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 21 \text{ kN/m}^3$$

Im Bereich des Profils 13 - 14 ergibt sich ein Fußabstand $b_{\text{maß}} = 50 \text{ m}$. Entlang des Profils 15 - 16 ist der Hang wieder in einen oberen und einen unteren Teilhang aufgegliedert.

Das Profil verläuft in einem kleinen Trockental südlich des Hohenzollernringes. Während sich für den oberen Teilhang auf Grund der geringeren Hangneigung eine Sicherheit von $\eta > 1,4$ errechnet, ergibt sich im unteren Teilhang für den Fußabstand der Linie $\eta < 1,4$ ein $b_{\text{maß}}$ von 30 m.

Für den Bereich zwischen Rechtswert 35 607 und dem Profil 15 - 16 standen für die Ermittlung der Sicherheitslinie keine Höhenlinien zur Verfügung. Der Elbhang besteht hier durchgehend aus einem dreistufigen Steilhang, dessen Morphologie im Prinzip der des Profils 13 - 14 entspricht. Daher wurde für diesen Abschnitt durchgehend eine Zone I ausgewiesen.

Blatt 91

Der 1. Teilabschnitt des Blattes 91 hat eine Länge von 415 m; er reicht im Westen noch 65 m weit in das Blatt 90 hinein. In diesem Bereich findet sich eine Aufragung der Sande und Kiese des Othmarschen/Övelgönne-Komplexes, so daß das Hangprofil zu etwa zwei Dritteln aus Sand und Kies besteht und nur zu einem Drittel aus Geschiebelehm und -mergel. In den repräsentativen Hangquerprofilen ergibt sich folgendes Bild:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern	
		Profil 3-4	Profil 5-6
sandige Auffüllung	-	2,0	3,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	-	3,0
Sande	Wandsbeker Formation	-	2,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	9,0	10,0
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne- Komplex, Altsaale	24,0	18,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Für den Bereich des Profils 3 - 4 ergibt sich nach den Berechnungen des Büros Steinfeld ein Fußabstand von $b_{\text{maß}} = 68 \text{ m}$ für die Sicherheitslinie. Der Verlauf der η - Linie im Bereich des Rosengartens wird durch das Stauwasser beeinflusst (siehe Anlage 6 g). In Donners Park setzt sich der Elbhang erneut aus zwei Teilhängen zusammen. Für den oberen Teilhang errechnet sich im Profil 5 - 6 ein Fußabstand der Sicherheitslinie von $b_{\text{maß}} = 39,0 \text{ m}$. Für den unteren Teilhang muß die mächtige Auffüllung berücksichtigt werden. Hier ergibt sich ein Fußabstand $b_{\text{maß}}$ von 21,5 m.

Der sich östlich anschließende zweite Teilabschnitt des Blattes 91 hat eine Länge von 630 m. Der Elbhang ist hier überwiegend aus Geschiebelehm und Geschiebemergel aufgebaut. In den vier repräsentativen Hangquerprofilen zeigt sich folgender geologischer Bau:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtenmächtigkeit in Metern			
		Profil 7-8	Profil 9-10	Profil 11-12	Profil 13-14
sandige Auffüllung	-	1,0	2,0	2,0	1,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	4,0	9,0	-	-
Sande	Wandsbeker Formation	3,0	3,0	-	-
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	14,0	1,0	10,0	18,0
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne- Komplex, Altsaale	10,0	10,0	13,0	12,0

Für die bodenmechanischen Berechnungen wurden folgende Kennwerte ermittelt:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 2,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Im gesamten Bereich dieses Teilabschnittes war die mächtige Auffüllung im Unterhangbereich bei den Berechnungen zu berücksichtigen. Für das Profil 7 - 8 ergibt sich im oberen Hangbereich ein $\eta > 1,4$. Im unteren Hangbereich beträgt der Fußabstand $b_{\text{maß}}$ für die Sicherheitslinie 27 m. Im Profil 9 - 10 errechnet sich ein Fußabstand $b_{\text{maß}}$ für die Sicherheitslinie von 50 m. Hier ist der Elbhang nicht in mehrere getrennt zu berechnende Hangstufen aufgegliedert. In den östlich anschließenden Bereichen ist der Elbhang wieder stärker untergliedert. Im Profil 11 - 12 treten zwei Hangstufen auf. Für die obere Hangstufe errechnet sich ein $\eta > 1,4$. Für den unteren Hang ergibt sich ein Fußabstand $b_{\text{maß}} = 15,5$ m. Das Profil 13 - 14 setzt sich aus drei Teilhängen zusammen. Im mittleren und oberen Teilhang beträgt die Sicherheit $\eta > 1,4$. Für den unteren Teilhang errechnet sich für den Fußabstand der Sicherheitslinie ein Wert von $b_{\text{maß}} = 25,5$ m.

Im 2. Teilabschnitt von Blatt 92 mußte fast durchgehend eine Zone I - zumindest für Teile des Elbhanges - ausgewiesen werden.

Der sich östlich anschließende 3. Teilabschnitt von Blatt 91 hat eine Länge von 620 m. Er umfaßt den Bereich des Altonaer Balkons und reicht bis zum Ostrand des Untersuchungsgebietes. Die repräsentativen Hangquerprofile zeigen folgenden geologischen Bau:

Bodenart	stratigr. Zuordnung	Schichtmächtigkeit in Metern	
		Profil 15-16	Profil 17-18
sandige Auffüllung	-	3,0	2,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Niendorfer Stadium	-	6,0
Sande, Kiese	Wandsbeker Formation	-	16,0
Geschiebe- lehm und -mergel	Drenthe- Stadium	13,0	4,0
Sande, Kiese	Othmarschen/ Övelgönne - Komplex, Altsaale	16,0	-

Bei den bodenmechanischen Berechnungen wurde von folgenden Kennwerten ausgegangen:

$$\varphi_m = 32,5^\circ, c_m = 2,5 \text{ kN/m}^2, \gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

Auch in diesem Teilabschnitt ist die mächtige Auffüllung am Hangfuß zu berücksichtigen. Das Hangquerprofil 15 -16 liegt in einem besonders steilen Hangbereich am Westende des Altonaer Balkons. Hier verläuft die Sicherheitslinie daher deutlich hinter der Hangschulter. Für den Fußabstand wurde $b_{\text{maß}} = 52 \text{ m}$ errechnet. Im Hangprofil 17 - 18 (östlich des Altonaer Balkons) wurden drei unterschiedlich geneigte Hangabschnitte unterschieden. Während sich für den mittleren und oberen Hang Werte von $\eta > 1,4$ errechneten, ergab sich für die Sicherheitslinie im steileren unteren Hang ein Fußabstand $b_{\text{maß}} = 22 \text{ m}$.

6.3 Geotechnische Bewertung

Die der geotechnischen Karte zugrunde liegenden Standsicherheitsberechnungen müssen zwangsläufig von einem etwas schematisierten geologischen Bau und von einer gemittelten Hanggeometrie ausgehen (1. Bericht des Ingenieurbüros "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner"). Dabei ist der Bereich der Zone I ($\eta < 1,4$) so ausgelegt worden, daß die angegebene Standsicherheit der Zone II ($\eta > 1,4$) mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht unterschritten wird.

Bei einer Bewertung der geotechnischen Karte des Elbhangs, z.B. in Hinblick auf möglicherweise zu erbringende Standsicherheitsnachweise im Einzelfall, sind die der Bearbeitung zugrundeliegenden Daten und Sachzusammenhänge angemessen zu berücksichtigen.

Für die Ausdeutung der Karte für die Praxis ergibt sich deshalb in Verbindung mit den im Abschnitt 3 angeführten Gründen, daß Aussagen über den Grad der Standsicherheit für einzelne Grundstücke nicht allein aus dem Verlauf der gezogenen Grenzlinie abgeleitet werden können. Es muß daher ausgeführt werden, daß die vorliegenden Kartierungen zusammen mit den Standsicherheitsberechnungen eine Baugrunduntersuchung für konkrete Einzelobjekte nicht ersetzen, da lokale geologische Besonderheiten sowie durch anthropogene Eingriffe bedingte bodenmechanische Veränderungen berücksichtigt werden müssen. Bodenmechanische Detailuntersuchungen sind stets am jeweiligen Bauwerk zu orientieren.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Zur Frage der Standsicherheit des nördlichen Elbhangs zwischen der westlichen Landesgrenze und dem Altonaer Balkon wurden von 1979 bis 1982 geologische, geotechnische und geodätische Untersuchungen durchgeführt. Der Arbeitsablauf gestaltete sich dabei wie folgt: Seitens des Geologischen Landesamtes wurden zunächst alle verfügbaren Bohrerergebnisse sowie die vorliegenden Gutachten, Karten und Veröffentlichungen ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Auswertung wurden durch Geländeuntersuchungen ergänzt. Anschließend wurden der geologische Bau sowie die beobachteten Grund- und Stauwasserstände in Karten und Profilen dargestellt.

Die in 5 Berichten zusammengefaßten Untersuchungsergebnisse des Geologischen Landesamtes wurden dem Ingenieurbüro "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner" zur Verfügung gestellt. Das Ingenieurbüro ermittelte mit Hilfe dieser Unterlagen und unter Berücksichtigung von bodenmechanischen Untersuchungen an repräsentativen Bodenproben die rechnerischen Standsicherheiten an ausgewählten Profilschnitten. Das Vermessungsamt führte gleichzeitig an mehreren Profilen Präzisionsvermessungen durch, um Lage- und Höhenveränderungen festzustellen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Vermessungsamtes sowie des Ingenieurbüros "Grundbauingenieure Steinfeld und Partner" wurden vom Geologischen Landesamt für den vorliegenden Abschlußbericht ausgewertet. Dabei wurde eine geotechnische Karte ausgearbeitet, in der Flächen mit einer rechnerischen Standsicherheit von $\eta < 1,4$ dargestellt sind (Anlage 6).

Gebäudeschäden und schiefgestellte Bäume entlang des Elbhanges weisen darauf hin, daß in der Vergangenheit Hangbewegungen stattgefunden haben. Diese dauern noch an, wie durch die geodätischen Beobachtungen des Vermessungsamtes nachgewiesen werden konnte. Es handelt sich hierbei jedoch um außerordentlich langsame Vorgänge, die auf wenige Punkte des Elbhanges beschränkt sind. An den meisten der vom Vermessungsamt untersuchten Profilen konnten keine Lageveränderungen von mehr als 2 mm pro Jahr festgestellt werden.

Nach den Ergebnissen der Untersuchungen und dem gegenwärtigen Kenntnisstand des bodenmechanischen Verhaltens des Elbhanges kann man zunächst davon ausgehen, daß auftretende Bewegungen im Hangbereich in der gleichen Größenordnung liegen werden wie in der Vergangenheit, zumindest konnten keine akuten Gefahrenpunkte lokalisiert werden. Dazu muß jedoch bemerkt werden, daß die Stabilität des Hanges weitgehend von äußeren Einflüssen abhängt. Sie kann bei menschlichen Eingriffen und einer ungünstigen Grundwasser- sowie Schichtenwasserbeeinflussung (wie Anstieg des Grundwassers, Eindringen von Oberflächenwasser in den Hangbereich, z.B. durch Anlage von Teichen, durch längere Zeit offenstehende Baugruben etc.) zusätzlich vermindert werden. Letztere bewirken bei ungünstigem Zusammenwirken progressiv verlaufende Rutschvorgänge. Lokale Rutschungen und Geländebrüche können dort auftreten, wo der Hang künstlich unterschritten bzw. übersteilt worden ist. So waren die während des regenreichen Frühjahres 1981 beobachteten Hangrutsch auf menschliche Eingriffe zurückzuführen.

Zur Umsetzung der Untersuchungen am Elbhang sollten für die bautechnische Praxis folgende Hinweise beachtet werden:

1. Die in der geotechnischen Karte ausgewiesenen Böschungsflächen mit einer rechnerischen Sicherheit $\eta < 1,4$ berücksichtigen zwar eine Zusatzlast von 50 kN/m^2 als statische Last, beziehen sich aber auf den Verlauf der natürlichen Böschung. Die Übertragbarkeit so ermittelter Sicherheitsbeiwerte auf konkretete bauliche Anlagen ist grundsätzlich nicht möglich, da die Gründungsbedingungen im Einzelfall nicht berücksichtigt werden konnten.
2. Die baulichen Anlagen innerhalb der Zone I der geotechnischen Karte sollten in geeigneter Form nach ihrer Sicherheit weiter differenziert werden, z.B. durch Inaugenscheinnahme von einer Sachverständigengruppe.

Hinweise auf eine mögliche Differenzierung haben sich während der Bearbeitung ergeben. Bei den Geländearbeiten sind lokale Hangbewegungen und deren Auswirkungen bekannt geworden, die im folgenden angeführt werden. Dabei erfolgte jedoch keine systematische Untersuchung und Auflistung; die aufgezeigten Fälle stellen lediglich Beispiele dar, die während der Untersuchung bekannt geworden sind.

I. Hangbewegungen, durch die bauliche Anlagen unmittelbar beeinflusst worden sind:

- Strandweg 59: Nördlich des Grundstückes am Hang mehrere Stützmauern mit Deformationen und großen Rissen.
- Elbterrasse 7: Gartenlaube wegen Geländeabbrüchen mehrfach versetzt worden.
- Strandweg 86 b: Risse im Gebäude und Verformung der Stützmauer am Hang. Die Gehwegplatten zwischen Stützmauer und Haus werden zusammengepreßt.
- Im März 1981 haben sich in Blankenese nach starken Regenfällen drei Hangrutsche ereignet, verbunden mit einem Einsturz von Stützmauern.

- Mühlenberger Weg 10: Hangrutsch im März 1981; Stützmauer (Wackenmauer) umgestürzt, Zuwegung eines Hauses blockiert.
- Elbchaussee 401 (Restaurant Jacob): Terrasse nach kleineren Rutschungen am Hang und Rissen im Bauwerk wegen Einsturzgefahr gesperrt.
- Neumühlen 46: Im November 1979 Hangrutsch unterhalb des Schopenhauer Weges, Schuppen wegen der Gefahr nachfolgender Hangrutsche gesperrt. Nachfolgend Risse im frisch asphaltierten Schopenhauer Weg.

II. Hangbewegungen, die keine unmittelbare Gefährdung baulicher Anlagen erkennen lassen:

- Elbchaussee 247: Im März 1981 nach Aussage des Anwohners Rutschungen im Bereich der Auffüllung und in bindigem Mutterboden; nachfolgendes Hangkriechen.
- Neumühlen 21: Hangrutsch bei anhaltendem Wasseraustritt. Die Rutschung reichte bis an die Straße Neumühlen heran.
- Elbberg/Ecke Große Elbstraße: Hangrutsch im Oktober 1979; Straße Elbberg gesperrt, bis Räumungsarbeiten abgeschlossen waren.

3. Die geodätischen Beobachtungen des Vermessungsamtes sollten fortgesetzt werden, um eine Kontrolle der weiteren Entwicklung von Hangbewegungen sicherzustellen. Diese Messungen sollten mindestens einmal im Jahr durchgeführt werden. Die Lage der bisherigen Meßprofile hat sich bewährt. Diese Maßnahme ist unabhängig von kurz- oder mittelfristig ggfs. festzulegenden lokalen Sanierungsmaßnahmen zu sehen.

Jürgen Ehlers
(Dr. J. Ehlers)