

Dr. A. WOLFGANG STREIM
Sachverständiger für Geotechnik

von der Industrie- und Handelskammer Friedberg/H. öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Baugeologie, unterirdisches Wasser, Bauschäden aus dem Untergrund
61 118 Bad Vilbel, Am Wäldchen 21, Telefon 06 101 / 41 93 2

60 386 Frankfurt am Main, Salzschlirfer Straße 16 Telefon 06 9 / 41 41 50 Fax 069 / 41 71 70

Dr. A. W. Streim · Salzschlirfer Straße 16 · 60386 Frankfurt am Main

Carl-Schurz-Siedlung

(ehemalige Housing Area der US-Army)
in Bad Vilbel - Heilsberg

- Arsen- und Schwermetallbelastung -

- Inhalt: - Gutachten Bearb.-Nr. 3036-1 vom 15.11.1996
22 Seiten Text, 5 Anlagen (ings. 15 Seiten)
- Bericht Bearb.-Nr. 3036-2 vom 10.12.1996
7 Seiten Text, 5 Anlagen (insg. 30 Seiten)

Dr. A. WOLFGANG STREIM

Sachverständiger für Geotechnik

von der Industrie- und Handelskammer Friedberg/H. öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Baugeologie, unterirdisches Wasser, Bauschäden aus dem Untergrund
61 118 Bad Vilbel, Am Wäldchen 21, Telefon 06 101 / 41 93 2

60 386 Frankfurt am Main, Salzschlirfer Straße 16 Telefon 06 9 / 41 41 50 Fax 069 / 41 71 70

Dr. A. W. Streim · Salzschlirfer Straße 16 · 60386 Frankfurt am Main

1. Ausfertigung

Gutachten

Objekt:

Karl-Schurz-Siedlung
(ehemalige Housing-Area der US-Army)
in Bad Vilbel-Heilsberg

Zweck:

Geologische und geochemische Studie zur Her-
kunft von Arsen- und Schwermetallbelastungen

Auftraggeber:

Magistrat der Stadt Bad Vilbel
Friedberger Straße 4
61 118 Bad Vilbel

Frankfurt am Main, den 15.11.1996

Bearb.-Nr. 3036-1 tst/dr.s/ye

Inhalt

Text

1. Übersicht
2. Unterlagen
3. Historie des Geländes
4. Geologie
5. Geochemie
 - 5.1 Hauptelemente
 - 5.2 Schwermetalle und Spurenelemente
 - 5.3 Mobilisierbarkeit
6. Konklusion

Anlagen

- 1/ Lage des Geländes
- 2/ Geologische Übersicht
- 3/ Geologische Karte (3 Blatt A4)
- 4/ Lage der Probennahmen für chemische Untersuchungen
- 5/ Chemische Untersuchungsberichte (9 Blatt A4)

1. Übersicht

Bei einer im Auftrag der Stadt Bad Vilbel ausgeführten Untersuchung des Untergrundes im Südosten der ehemaligen US-Army Housing Area (Gelände Blockheizkraftwerk/Gebäude Nr. 196) im Stadtteil Heilsberg wurden erhöhte Arsen- (72,8 mg/kg), Chrom- (200 mg/kg) und Nickelgehalte (86,2 mg/kg) im gewachsenen tertiären Ton festgestellt.

In den auf diesem Gelände vorhandenen Aufschüttungen, einem Gemisch aus tertiärem Ton, Mergel und pleistozänem Löss und Lösslehm, wurden ebenfalls erhöhte Arsen- und Schwermetallgehalte festgestellt (vergleiche Gutachten Bearb.-Nr. 2957-1 vom 07.05.1996).

Im Untergrund des nördlich der Housing Area gelegenen Wiesengeländes "Am breiten Acker" wurden unter pleistozänem Löss im gewachsenen tertiären Ton ebenfalls erhöhte Arsengehalte festgestellt und deren geogener Ursprung aufgezeigt (vergleiche Umwelttechnischen Bericht Bearb.-Nr. 2872-3 vom 24.04.1996).

Bei weiteren Bodenuntersuchungen in einzelnen Grundstücken der ehemaligen Housing Area wurden wiederum erhöhte Arsen- und Schwermetallgehalte in tertiären Tonen vorgefunden.

Das vergleichsweise häufige Auftreten und die Höhe der geogenen Arsen- und Schwermetallgehalte in tertiären Tonen der ehemaligen Housing Area waren Anlaß, dem Auftreten und dem Ursprung nachzugehen.

2. Unterlagen

Es lagen vor:

- Umwelttechnischer Bericht Bearb.-Nr. 2872-3 vom 24.04.1996, erstellt von Dr. Streim, Frankfurt
- Gutachten Bearb.-Nr. 2957-1 vom 07.05.1996, erstellt von Dr. Streim, Frankfurt
- Michels, Wenz und Zöllner (1930):
Geologische Karte 1 : 25000, Ausgabe 1930, nebst Erläuterung
- Kümmerle (1993):
Geologische Karte 1 : 25000, Ausgabe 1993, nebst Erläuterung
- Streim, Th. (1990): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen zum Quartär, Tertiär und Rotliegenden von Bad Vilbel und des Nordostens von Frankfurt am Main, Teil a und b, nebst Tafeln und Karten

3. Historie des Geländes

Die ehemalige Housing Area, heute Karl-Schurz-Siedlung, liegt im Südwesten von Bad Vilbel auf der Hochfläche des Stadtteils Heilsberg. Die Siedlung aus unterkellerten, zweigeschossigen Einfamilien- und Doppelhäusern wurde Ende der 50er Jahre für die

US Army errichtet. Davor war das Gelände Acker- und Brachland.

Im Zuge des Baues wurde das Gelände gestaltet; in den Aushub gefallene Böden wurden zur Terrassierung des Geländes genutzt. Bis in die 90er Jahre war die Siedlung Offiziersquartier. Seit 1996 verkauft die Bundesrepublik Deutschland die Liegenschaften.

4. Geologie

Ohne einen Exkurs in den geologischen Werdegang bliebe das Auftreten von erhöhten Arsen- und Schwermetallgehalten in der Karl-Schurz-Siedlung für den Leser unverständlich. Es muß daher in einem Abriss auf die geologische Geschichte eingegangen werden.

Die Siedlung liegt im Südosten des Stadtteils Heilsberg. Der Stadtteil ist die höchste Lage der Stadt und gehört morphologisch zur Hohen Straße, wie man den Höhenzug zwischen Main und Nidda sowie Nidder von altersher nennt. Der Name Heilsberg geht auf die Vertriebenengeschichte (Siedler) zurück und erinnert an die ostpreußische Stadt gleichen Namens. Indessen steht Heilsberg auch für den Berg selbst.

Auf dem Heilsberg kommen pleistozäne Lösser und tertiäre Gesteine vor, wie Kalkstein, Mergel, Sand, Kies und Ton. Auf diesen Gesteinen sind Böden im pedologischen Sinne entwickelt (STREIM 1990, KÜMMERLE 1993).

Die tertiären Gesteine sind Teil einer 400 m mächtigen marin-lakustrischen Sedimentfolge, deren Ablagerung im Oligozän begann und im Miozän vor ca. 15 Mio. Jahren endete. Eine Übersicht ist in Anlage 2 dargestellt.

Die auf dem Heilsberg oberflächlich oder unter Lössen vorhandenen oligozänen und miozänen Sedimente gehören stratigraphisch zu den Schichtenfolgen der Vilibeler Schotter, Cerithienschichten, Inflatenschichten und Unteren Hydrobienschichten. Diese Folgen sind durch tektonische Bewegungen an Verwerfungen gegeneinander versetzt. Sie liegen daher und infolge der Abtragung der jüngeren Folgen heute nebeneinander (vergleiche Anlage 3). Sie tragen eine nichtgeschlossene mio-pliozäne Verwitterungsdecke.

Die tektonische Verstellung der Schichten und die damit einhergehende Abtragung von etwa 200 m Sediment fällt in die Zeit seit dem Mittelmiozän (vor ca. 15 Mio. Jahren).

In die Zeit des jüngeren Miozäns und Pliozäns fällt die Verwitterungsdecke, die aus Residualtonen besteht und in deren Gefolge Besonderheiten auftreten, wie Kalksteinverkarstung, Eisenkrusten, Bohnerze, Schwespat- und Silikatanreicherungen in Form von bankigen Zementationen. Mit diesen Erscheinungen deutet sich schon die Arsen- und Schwermetallproblematik an.

Die Lössen stammen aus dem Eiszeitalter (Pleistozän). Der in Kältesteppe durch Wind abgelagerte

staubkörnige Löss ist auf dem Heilsberg in einer Dicke zwischen Null und mehreren Metern vorhanden.

Der Löss trägt in der Regel eine Parabraunerde, die die Bodenbildung des Holozäns ist. Örtlich ist junges Kolluvium vorhanden.

Die Karl-Schurz-Siedlung zeigt an den Stellen der gesichteten Bodenprofile im wesentlichen Inflatenschichten aus Mergeln, mürben bis harten Kalksteinen und Tonen. Die Kalksteine sind z.T. erheblich verkarstet. Darüber liegen in nicht geschlossener Weise Verwitterungstone und dann Löss und Lösslehm. Letztere können örtlich fehlen.

Die Verwitterungstone sind braune, grüne und schwarzbraune Tone und rostbraune Schlufftone. Sie sind häufig gefleckt und von mürben schwarzen und roten Konkretionen durchsetzt. Sie wurden in Dicken bis zu 2 m festgestellt und werden hier und da noch stärker vermutet. Sie gehören zeitlich zu den mio-pliozänen Verwitterungsbildungen laterischen Charakters.

Der oberflächennahe Boden der Siedlung besteht nahezu flächenhaft aus Aufschüttungen. Das aufgeschüttete Material entstammt dem Aushub der Baugruben und den Einschnitten für die Terrassierung, die in Lösslehm, Löss, Verwitterungsbildungen sowie Mergel und Kalksteine eingeschnitten hatten. Die Dicke der Aufschüttungen für die Terrassierung schwankt stark entsprechend der Morphologie des Ursprungsgeländes.

5. Geochemie

Um dem Phänomen erhöhter Arsen- und Schwermetallgehalte in den tertiären Tonen nachgehen zu können, wurden einige Proben vom Top des Tertiärs chemisch untersucht. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Verwitterungsbildungen gerichtet, da diese zum einen häufig den Top des Tertiärs bilden und zum anderen aus geochemischen Untersuchungen an frischen unverwitterten Karbonatgesteinen des Frankfurter Raumes keine und an Tonen nur untergeordnet erhöhte Arsen- und Schwermetallgehalte festgestellt wurden (ROSENBERG in KÜMMERLE 1993).

Die Proben für die chemischen Untersuchungen wurden an den in Anlage 4 gekennzeichneten Stellen entnommen.

Im einzelnen handelt es sich beim Verwitterungston

- um einen Flecken-Ton, einen grau-rot-braun-violettrot pseudogleyähnlich gefleckten Ton, der an der Ecke der Karl-Schurz-Straße / Lessingstraße in ca. 2 m Tiefe unter Löss beprobt wurde
- um einen Chlorit-Ton, einen grünen fetten Ton, der im Verband mit einem rostbraunen mageren Goethit-Ton und einem braunschwarzen Mangan-Ton sowie einem braunen Ton in der Albert-Einstein-Straße unter 1,5 m Aufschüttung und Lösslehm beprobt wurde. Die Tone sind zusammen 2 m dick und liegen neben Kalkmergeln.

Sie sind hier kryoturbat gestört und weisen einen sandgefüllten Eiskeil auf

- um einen Spalten-Ton, der in 0,5 m tiefen Karsttaschen in Corbicula-Kalken in der Karl-Schurz-Straße in ca. 3 m Tiefe unter braunem bohnerzführendem Ton beprobt wurde. Darüberhinaus wurde ein Mergel untersucht, der unmittelbar unter einem lateritischen Mangan-Eisen-Horizont am Ende der Albert-Einsteinstraße in ca. 3 m Tiefe unter Löss vorkam.

5.1 Hauptelemente

Die in den Analysen festgestellten Gehalte einiger Hauptelemente der tertiären Verwitterungstone sind im folgenden als Elementoxide zusammengestellt und werden erläutert:

Tabelle 1: Hauptelemente
Angaben in Gew% der Elementoxide

| Probennummer | 6177/96 (VI) | 6178/96 (VII) | 6179/96 (VIII) | 6026/96 | 6180/96 (IX) | 6182/96 (XII) | FFM 12 |
|--------------------------------|--------------|---------------|----------------|------------|--------------|---------------|----------------------------|
| | Flecken-Ton | Chlorit-Ton | Goethit-Ton | Mangan-Ton | brauner Ton | Spalten-Ton | Hydrobionton ²⁾ |
| SiO ₂ | 26,3 | 7,5 | 11 | 15,5 | 14,1 | 5,8 | 41,89 |
| Al ₂ O ₃ | 11,1 | 16,8 | 7,2 | 9,6 | 15,9 | 13,3 | 12,83 |
| Fe ₂ O ₃ | 7 | 8,3 | 34,6 | 19,3 | 13,1 | 8,7 | 5,01 |
| MnO | 0,008 | 0,25 | 0,2 | 5,1 | 0,5 | 0,13 | 0,07 |
| P ₂ O ₅ | 0,05 | 0,13 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,16 | 0,12 |
| TiO ₂ | 0,27 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,09 | 0,1 | 0,76 |

- 1) Bestimmung gemäß Anlage 5, außer Si im Königwasseraufschluß
2) Röntgenspektrometrisch bestimmt

Die SiO_2 -Gehalte der Verwitterungstone liegen zwischen 7,5 und 26,3 % und sind damit auffallend niedrig, wie der Vergleich mit einem unverwitterten Hydrobionton aus Frankfurt zeigt (42 % SiO_2). Hoch sind die Fe_2O_3 -Gehalte mit 7 bis 34,6 % sowie die Al_2O_3 -Gehalte (wobei zu berücksichtigen ist, daß die Al-Bestimmung im Königswasseraufschluß ausgeführt wurde und somit nur einen Mindestgehalt darstellt, da silikatisch gebundenes Aluminium nicht erfaßt ist).

Gegenüber dem unverwitterten Hydrobionton zeigen die Verwitterungstone auch eine Verarmung an TiO_2 ; MnO und P_2O_5 zeigen sowohl An- und Abreicherung.

Die Verwitterungstone zeigen also insbesondere eine Verarmung an SiO_2 und eine Anreicherung von Fe_2O_3 (und Al_2O_3). Dies sind signifikante Zeichen einer Lateritisierung. Die Lateritisierung ist der Verwitterungsvorgang im tropischen Klima.

Bei der Laterisierung werden durch intensive chemische Verwitterung (die) Minerale des Gesteins zerstört. Zunächst gehen Sulfate und Karbonate, dann Silikate in Lösung und werden weggeführt. Damit geht eine Verarmung an Alkalien und Erdalkalien einher (Tabelle 2). Zerstörte Silikate tragen u.a. zur Neubildung von Kaolinit und Chlorit bei. Freigesetztes Eisen und Aluminium werden im Boden in Form von Oxiden und Hydroxiden (u.a. Goethit, Hämatit, Gibbsit, Böhmit und Diaspor) angereichert.

Der ursprüngliche Chemismus und die Eigenschaften des unverwitterten Gesteins (es waren im Bereich der Siedlung, vorherrschend Tone der Inflaten- und Hydrobienschichten) geht dabei völlig verloren. Der Lösungsrückstand sind Laterit-Tone.

Die Eigenschaften der Laterit-Tone werden im wesentlichen durch Fe- und Al-Oxide bestimmt, in toxischer Hinsicht aber auch durch Arsen, Schwermetalle und Spurenelemente, die ebenfalls den Weg der Anreicherung gehen (vergleiche Ziff. 5.2).

Tabelle 2: Vergleich einiger Elementoxide (Angaben in Gew.%)

| | Mangan-Ton (Laterit) | unverwitterter Hydrobionton |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| MgO | 1,5 | 2,84 |
| CaO | 1,5 | 10,27 |
| Na ₂ O | 0,1 | < 0,3 |
| K ₂ O | 1,8 | 2,16 |
| CO ₂ | 0,08 | 7,74 |
| C _{org} | 0,03 | 2,81 |
| H ₂ O ¹⁾ | 7,7 | 13,42 |

1) Glühverlust 550° C

5.2 Schwermetalle und Spurenelemente

Die Laterit-Tone und ein Mergel wurden auf Arsen, auf die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink gemäß Klärschlammverordnung sowie auf Gallium und Vanadium untersucht. Darüber hinaus wurde in einer Probe des Laterit-Tones exemplarisch der Antimon- und Bismut- sowie der Bor-Gehalt bestimmt.

In Tabelle 3 sind die Untersuchungen zum Vergleich zusammengestellt:

Tabelle 3: Schwermetalle und Spurenelemente
Angaben in mg/kg

| Probennummer | 6177/96 (VI) | | 6178/96 (VII) | | 6179/96 (VIII) | | 6180/96 (IX) | | 6026/96 | | 6182/96 (XII) | | 6181/96 (XI) | |
|--------------|--------------|-------------|---------------|-------------|----------------|-------------|--------------|--|---------|--|---------------|--|--------------|--|
| | Flecken-Ton | Chlorit-Ton | Goethit-Ton | brauner Ton | Mangan-Ton | Spalten-Ton | Mergel | | | | | | | |
| Arsen | 150 | 34,3 | 2.954 | 214 | 302 | 133 | 92,3 | | | | | | | |
| Blei | 26,8 | 58,9 | 88,3 | 69,2 | 118 | 49,8 | 16,4 | | | | | | | |
| Cadmium | < 0,5 | 0,54 | -- | < 0,5 | 1,88 | < 0,5 | < 0,5 | | | | | | | |
| Chrom | 198 | 91,1 | 175 | 92,3 | 72,2 | 85,9 | 75,4 | | | | | | | |
| Kupfer | 8,85 | 14,7 | 140 | 27 | 15,3 | 21,8 | 10,8 | | | | | | | |
| Nickel | 38 | 95 | 526 | 201 | 470 | 97,9 | 58,9 | | | | | | | |
| Quecksilber | 0,3 | 0,7 | 1,17 | 0,94 | 1,34 | 0,72 | 0,41 | | | | | | | |
| Zink | 31,5 | 153 | 295 | 155 | 226 | 115 | 63 | | | | | | | |
| Gallium | 83,9 | 103 | 385 | 164 | 114 | 107 | 77,3 | | | | | | | |
| Vanadium | 147 | 119 | 127 | 150 | 185 | 121 | 58,5 | | | | | | | |

Die Arsengehalte der Laterit-Tone liegen zwischen 34,3 und 2954 mg/kg. Der hohe Wert wird im eisenreichen Goethit-Ton, der niedrige im Chlorit-Ton erreicht. Zwischen diesem Maximal- und Minimalgehalt gruppieren sich Arsengehalte von 133 bis 302 mg/kg. Mit hohen Arsengehalten sind insbesondere im Goethit-Ton und Mangan-Ton hohe Nickel- und erhöhte Zinkgehalte verknüpft, ebenso läßt Blei, Cadmium und Quecksilber Anreicherungen erkennen. Die Kupfergehalte sind mit < 30 mg/kg i.a. gering, eine Ausnahme zeigt der Goethit-Ton (140 mg/kg), der auch einen erhöhten Chromgehalt hat.

Die Galliumgehalte liegen zwischen 84 und 385 mg/kg und sind nicht mit den chemisch ähnlichen Aluminiumgehalten korreliert. Vanadium ist mit Gehalten zwischen 121 und 185 mg/kg vorhanden.

Die exemplarisch untersuchten Bismut- und Antimongehalte im Mangan-Ton sind mit 9,1 bzw. 17 mg/kg hoch und dürften an den hohen Arsengehalt geknüpft sein.

Der Borgehalt (161 mg/kg) im Mangan-Ton zeigt keine Auffälligkeiten.

Metallanreicherungen zeigt auch noch der Mergel (Kontaktzone).

Arsen und die Schwermetalle sind bei hohen Gehalten wahrscheinlich an Eisen- und Aluminiumoxide spezifisch und unspezifisch adsorbiert und z.T. in das Gitter der Oxide eingebaut.

Das Elementspektrum des Flecken-Tons weicht von den anderen lateritischen Tonen deutlich ab. Es ist durch sehr niedrigen Zink- (31,5 mg/kg) und Nickel- (38 mg/kg), jedoch hohen Chrom- (198 mg/kg) und deutlichen Arsengehalt (150 mg/kg) gekennzeichnet. Vergleichsweise gering sind die Blei-, Kupfer- und Quecksilbergehalte, während Gallium und Vanadium keine Auffälligkeiten zeigen.

Der Flecken-Ton zeigt auch im EDTA-Extrakt (vgl. Ziff. 5.3) ein auffallendes Verhalten: Während z.B. Nickel bei den anderen Laterit-Tonen im sauren EDTA-Extrakt (pH Wert 4,5) mit deutlichen Gehalten mobilisierbar ist, also z.T. adsorbtiv gebunden ist, ist es im Flecken-Ton praktisch fixiert. Dagegen sind Chrom und Arsen sowohl im Flecken-Ton als auch in den anderen Laterit-Tonen im EDTA-Extrakt nicht oder kaum mobilisierbar.

Dies läßt den Schluß zu, daß sich Chrom im Flecken-Ton ähnlich wie Arsen verhält und nicht, wie es bei Cr^{3+} zu erwarten wäre, dem Zink folgt. Daraus läßt sich ableiten, daß Chrom in Oxianionenkomplexen, also als Cr^{6+} , vorliegt. Denn die Chromat- und Arsenat-Ionen werden im sauren pH-Bereich spezifisch adsorbiert und im Austausch gegen OH^- -Ionen durch Eisenoxide festgelegt, während z.B. Zink und Nickel mobilisiert und abgeführt werden können.

Hieraus folgt, daß der Pseudogleymerkmale aufweisende Flecken-Ton zumindest zeitweilig sauren Bodenreaktionen und/oder niedrigen Redoxpotentialen unterlag, die zur Mobilisierung der Schwermetalle von

Nickel, Zink u.a. führte. Darauf weist auch der geringe Mangan Gehalt des Flecken-Tones sowie das $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Verhältnis hin. Genetisch wäre der Flecken-Ton ein überprägter (versauerter, pseudovergleyter) Laterit. Andererseits wird das Vorkommen von Arsen als Arsenat auch für die anderen Laterit-Tone wahrscheinlich und die Toxizität von Cr^{6+} kann Bedeutung erlangen.

5.3 Mobilisierbarkeit

Die Mobilisierbarkeit ausgewählter Schwermetalle und Spurenelemente wurde im Ethylendinitroltetraacetat-Extrakt (EDTA-Extrakt) bei einem sauren pH-Wert von 4,5 untersucht. Im EDTA-Extrakt werden absorbierte und ein Teil der in Oxiden gebundenen Metalle erfaßt, die nicht im Gitter von Mineralien festgelegt und damit potentiell verfügbar sind.

Die Gehalte einiger Metalle im EDTA-Extrakt sind im folgenden den Feststoffgehalten gegenübergestellt.

Tabelle 4: Vergleich von Feststoffgehalten (kursiv) und mobilisierbaren EDTA-Gehalten
(fett) einiger Metalle
Angaben in mg/kg

| Probennummer | 6026/96 | | 6177/96 (VI) | | 6178/96 (VII) | | 6179/96 (VIII) | |
|--------------|------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
| | Mangan-Ton | | Flecken-Ton | | Chlorit-Ton | | Goethit-Ton | |
| Boden | | | | | | | | |
| Arsen | 302 | 1,36 | 150 | 0,38 | 34,3 | 0,25 | 2.954 | 2,5 |
| Chrom | 72,2 | < 0,5 | 198 | < 0,5 | 91,1 | < 0,5 | 175 | < 0,5 |
| Nickel | 470 | 121 | 38 | 0,34 | 95 | 13,1 | 526 | 31,8 |
| Eisen | 135.000 | 2.740 | 48.900 | 33,6 | 58.400 | 179 | 242.000 | 117 |
| Gallium | 114 | 4,15 | 83,9 | < 10 | 103 | < 10 | 385 | < 10 |
| Vanadium | 185 | 7,38 | 147 | 1,37 | 119 | 1,78 | 127 | 4,22 |

Chrom wurde bei einer Nachweisgrenze von 0,5 mg/kg im EDTA-Extrakt nicht nachgewiesen. Arsen ist selbst bei sehr hohen Feststoffgehalten mit vergleichsweise geringem Verhältnisanteil mobilisierbar, wenngleich der Lösungsinhalt an sich sehr hoch ist. Gallium und Vanadium zeigen mobilisierbare Anteile im Prozentbereich. Eisen zeigt in der Regel geringe Mobilisierbarkeit. Nickel, wie auch in Tabelle 5 angeführte Schwermetalle und Mangan, gehen mit deutlichen Gehalten in Lösung, sind also vergleichsweise leicht mobilisierbar.

Ein Vergleich von Schwermetallgehalten im EDTA-Extrakt und im wässrigen Eluat nach DEV S4 ist für den deutlich schwermetallhaltigen Eisen-Mangan-Ton im folgenden zusammengestellt:

Tabelle 5: Mangan-Ton

| | Feststoff- gehalte mg/kg | EDTA-Extrakt | | Eluat mg/l |
|----|-----------------------------|--------------|-------|---------------|
| | | mg/kg | mg/l | |
| As | 302 | 1,36 | 0,136 | < 0,02 |
| Pb | 118 | 24,7 | 2,47 | < 0,04 |
| Cd | 1,88 | 0,91 | 0,091 | < 0,004 |
| Cr | 72,2 | < 0,5 | 0,05 | < 0,03 |
| Cu | 15,3 | 2,68 | 0,268 | < 0,01 |
| Ni | 470 | 121 | 12,1 | < 0,03 |
| Hg | 1,34 | 1,02 | 0,102 | < 0,001 |
| Zn | 226 | 23,4 | 2,34 | < 0,01 |
| Mn | 39900 | 14300 | 1430 | n.b. |
| P | 1843 | 26,4 | 2,64 | n.b. |
| Ti | 263 | 3,97 | 0,397 | n.b. |

Trotz deutlicher Gehalte im Feststoff und im EDTA-Extrakt wurden im wässrigen Eluat bei den angegebenen Nachweisgrenzen keine Schwermetalle festgestellt, was insbesondere die pH-Wert-Abhängigkeit der Schwermetallmobilisierbarkeiten verdeutlicht.

Das Verhalten von Arsen wurde im alkalischen Bicarbonat-Extrakt (pH-Wert 8,5) untersucht. Hier waren bei einem Feststoffgehalt von 302 mg/kg (Mangan-Ton) 0,94 mg/kg Arsen extrahierbar; ein Gehalt der in der Größenordnung des EDTA-Extraktes liegt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß Schwermetalle und Spurenelemente nicht durchweg im Kristallgitter der Bodenminerale festgelegt sind, sondern z.T. adsorbiert und im sauren Boden mobilisierbar und damit verfügbar sind.

6. Konklusion

Die exemplarische Untersuchung am Untergrund der Karl-Schurz-Siedlung hat gezeigt, daß Laterite vorhanden sind. Die Laterite liegen auf z.T. verkarsteten Kalksteinen und Mergeln der Inflatenschichten. Die Laterite sind das Produkt einer tropischen Verwitterung mio-pliozänen Alters. Die Laterite sind im Untergrund der Siedlung, wie auch weiter auf dem Heilsberg und im Gebiet der Hohen Straße erhalten, weil sie im Pleistozän nicht abgetragen worden sind. Das umrissene Gebiet ist ein erhaltengebliebenes

Relikt der mio-pliozänen Landoberfläche, die durch tropische Verwitterung geprägt worden ist.

Die Verwitterung unter tropischem Klima (Lateritisierung) hat zu einer Verarmung an SiO_2 und Anreicherung von Eisen- und Aluminium in Oxiden und Hydroxiden geführt.

Mit der Laterisierung ist in der Siedlung eine Anreicherung einer Reihe von Schwermetallen und Spurenelementen einhergegangen, die zum Teil potentielle Schadstoffe darstellen. Die Anreicherungen, insbesondere der Schadstoffe, sind jedoch nicht durchweg in gleichem Maß vorhanden, sondern unterliegen im Laterit Schwankungen.

Gängige Grenzwerte (z.B. Klämschlammverordnung), Richtwerte bezüglich der Pflanzverträglichkeit (z.B. Kloke 1980), Orientierungswerte (z.B. hessische Verwaltungsvorschrift Erdaushub/Bauschutt) oder Eingreifwerte bei Altlasten (z.B. Finke 1996) für Böden werden im Laterit häufig überschritten.

Untersuchungen zum Vorkommen von lateritbürtigen Schadstoffen in den in der Regel aufgeschütteten Oberböden der Siedlung wurden im Rahmen dieser Untersuchung nicht ausgeführt.

Die Feststellung, daß im Zuge der Errichtung der Siedlung Baugruben in Lössen, Lateriten sowie Kalksteinen und Mergeln angelegt wurden, und daß der Baugrubenaushub mehr oder weniger durchmischt auf dem Gelände aufgeschüttet wurde, läßt jedoch

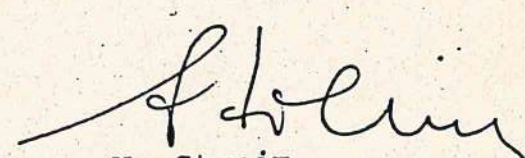
befürchten, daß auch oberflächennah oder oberflächlich Laterite bzw. lateritbürtige Schadstoffe vorhanden sind. Diese können bei saurem Bodenwasser (z.B. versickertes Regenwasser) und/oder reduzierendem Milieu mobilisierbar bzw. verfügbar sein und damit auch verlagerbar sein. Insofern sind z.B. Arsenbelastungen zumindest für einen Teil der Siedlung ubiquitär.

Erst durch weitergehende Untersuchungen zum originären Vorkommen des Laterites und zur Beschaffenheit der Aufschüttungen und der aufgeschütteten Oberböden kann das Schadstoffpotential eingegrenzt und mögliche Maßnahmen in Hinblick auf Nutzungsmöglichkeiten konzipiert werden.

Bearbeitung: Geologie und Geochemie:
Diplom-Geologe Thorsten Streim

Quantitative analytische Chemie:
Diplom-Chemiker Dr. Spall,
Labor Ockstadt

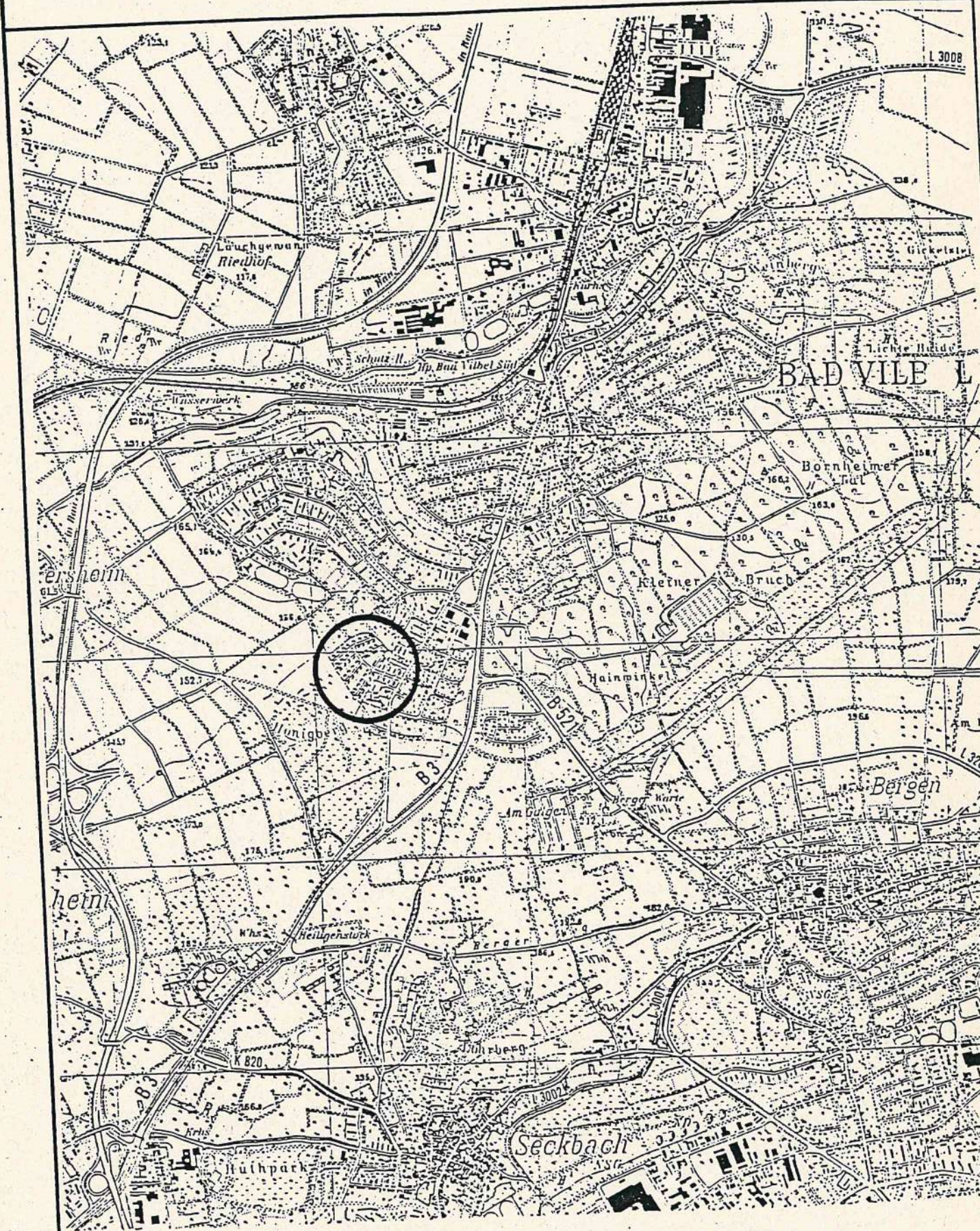



Dr. A. W. Streim
Diplom-Geologe

Lage in der topographischen Karte

Maßstab 1 : 25000

S
G
I



Bearb.-Nr.: 3036-1

Datum: 15.11.1996

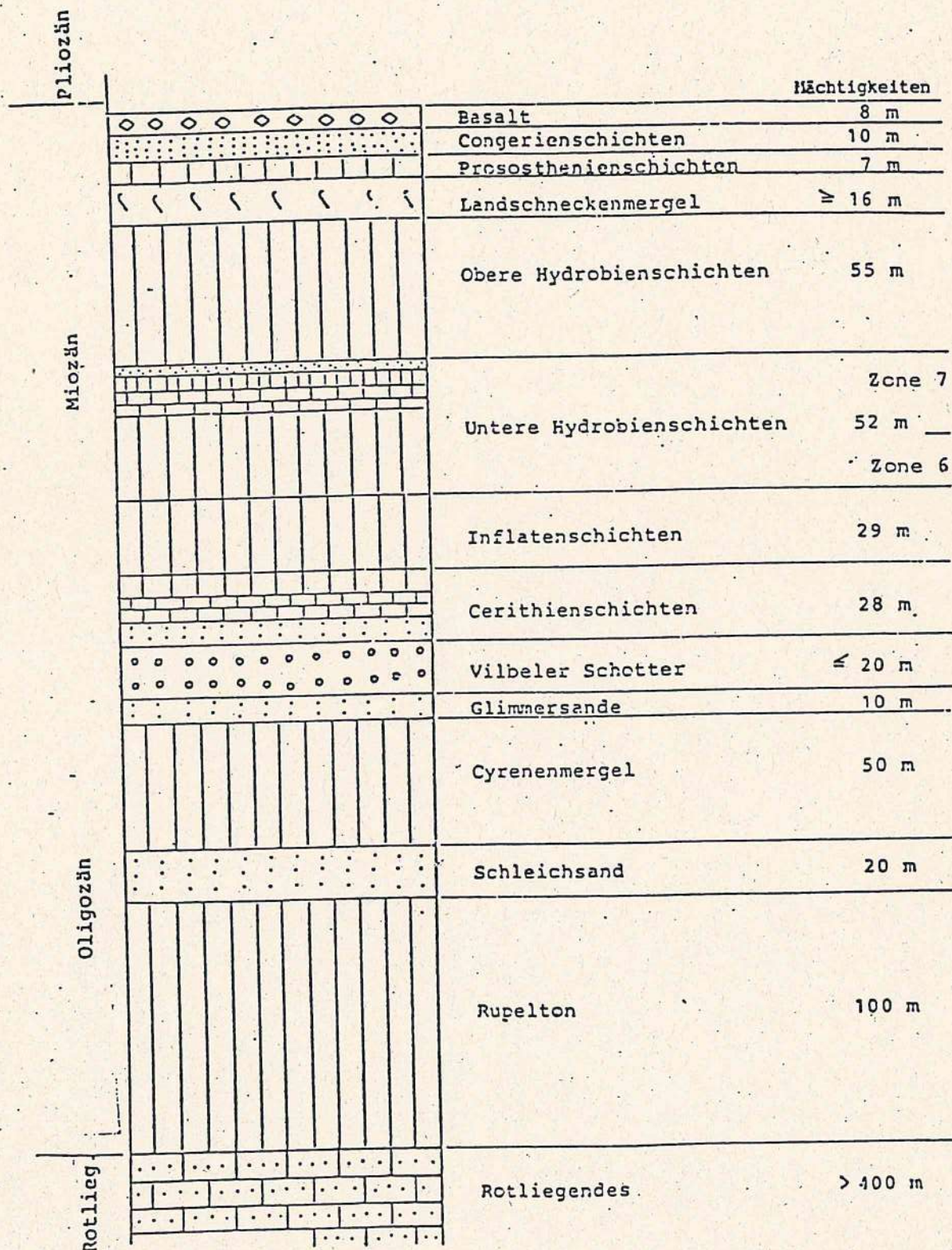
H. Klein

Anlage 1

Geologische Übersicht

S
G
I

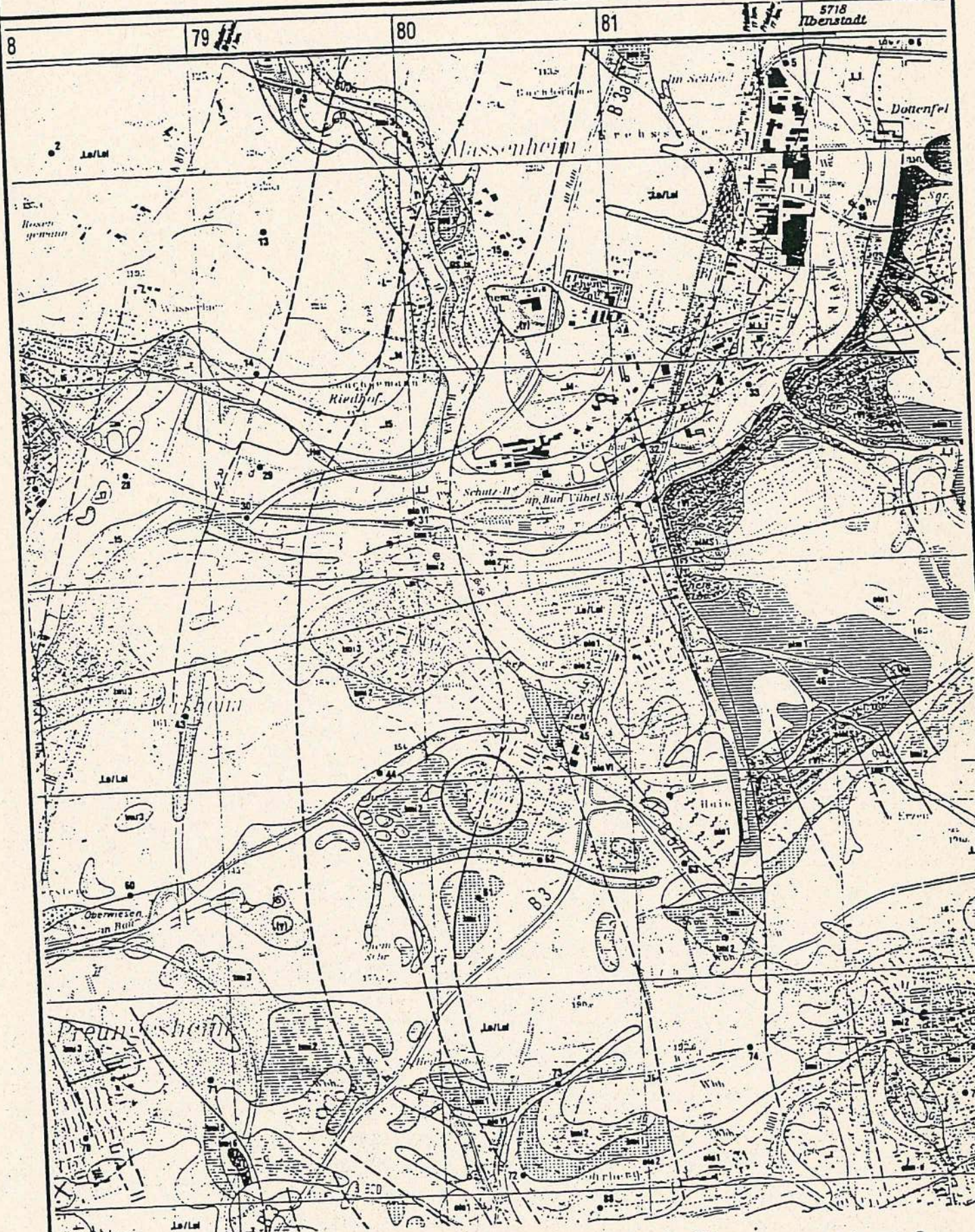
Normalprofil der Schichtenfolge des Nordens von Frankfurt am Main und von Bad Vilbel



Geologische Karte

Maßstab 1 : 25000

SS-1



Bearb.-Nr.: 3036-1

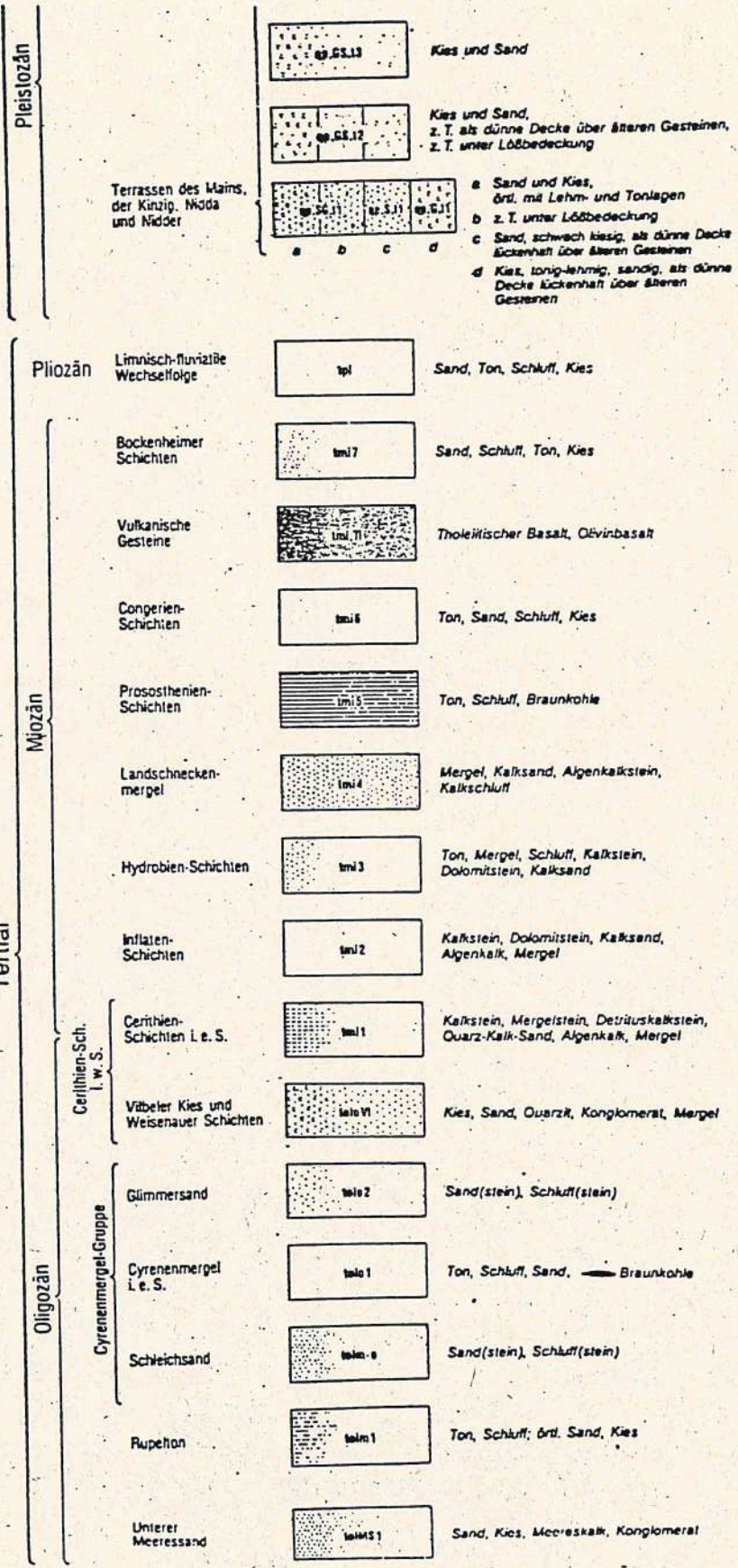
Datum: 15.11.1996

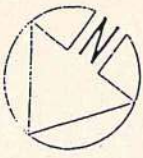
Heim

Anlage 3

Legende zur geologischen Karte

| | | | | |
|-----------------|--|---|--|---|
| Holozän | Künstliche Aufschüttung | ep(y) | Erdaushub, Bauschutt, z. T. Müll | |
| | Ablagerungen in Talsohlen | ep.LJ | Lehm, sandig, z. T. kiesig, über Kies und Sand | |
| | Abschwemmassen | ep.z | Lehm, z. T. sandig-tonig, z. T. humos, z. T. kalkhaltig | |
| | Füllung des engeren Hochflutbettes des Mains | ep.Lk.I | Lehm, sandig-kiesig, kalkhaltig, z. T. humos | |
| | Jüngerer Hochflutlehm des Mains | ep.Hk.I | Lehm, Schluff, Sand, z. T. kalkhaltig, vorw. über „17 | |
| | Füllung der Ahnläufe | ep.Lsg.I | Lehm, Sand, z. T. humos, z. T. kalkhaltig | |
| | Moor der Ahnläufe | ep.Hm | Niedermoor, über Lehm, Ton, Kies und Sand | |
| | Anmoor der Ahnläufe | ep.Hm a b | a Lehm, humos, torfig, über Kies und Sand b Lehm, humos, torfig, über Kies und Sand, örtl. über „15 | |
| | Älterer Hochflutlehm des Mains, der Nidda und Nidder | ep.Hk.I a b | a Schluff, örtl. sandig-kiesig, an der Oberfläche stark verlehmt b Schluff, örtl. sandig-kiesig, an der Oberfläche stark verlehmt, örtl. über „15 | |
| | Quartär | Flugsand, Dünen | ep.S | a Mittelsand, grobsandig |
| ep.S b | | | b Mittelsand, als Decke über älterem Hochflutlehm | |
| ep.S c | | | c Mittelsand, > 1 m mächtig, über „15 | |
| ep.S d | | | d Mittelsand, > 1 m mächtig, über „15 | |
| Löß und Lößlehm | | ep.Lo/Lol | Schluff, kalkhaltig, an der Oberfläche verlehmt und entkalkt | |
| Pleistozän | | Terrassen der Nebentäler (ungegliedert) | ep.GS.1a | Kies und Sand |
| | | | ep.GS.17 | Kies und Sand |
| | | Terrassen des Mains, der Kinzig, Nidda und Nidder | ep.GS.16 | Kies und Sand, z. T. unter Lößbedeckung |
| | | | ep.GS.15 | Kies und Sand, z. T. als dünne Decke über älteren Gesteinen |
| | | | ep.GS.14 | Kies und Sand, z. T. als dünne Decke über älteren Gesteinen, z. T. unter Lößbedeckung |

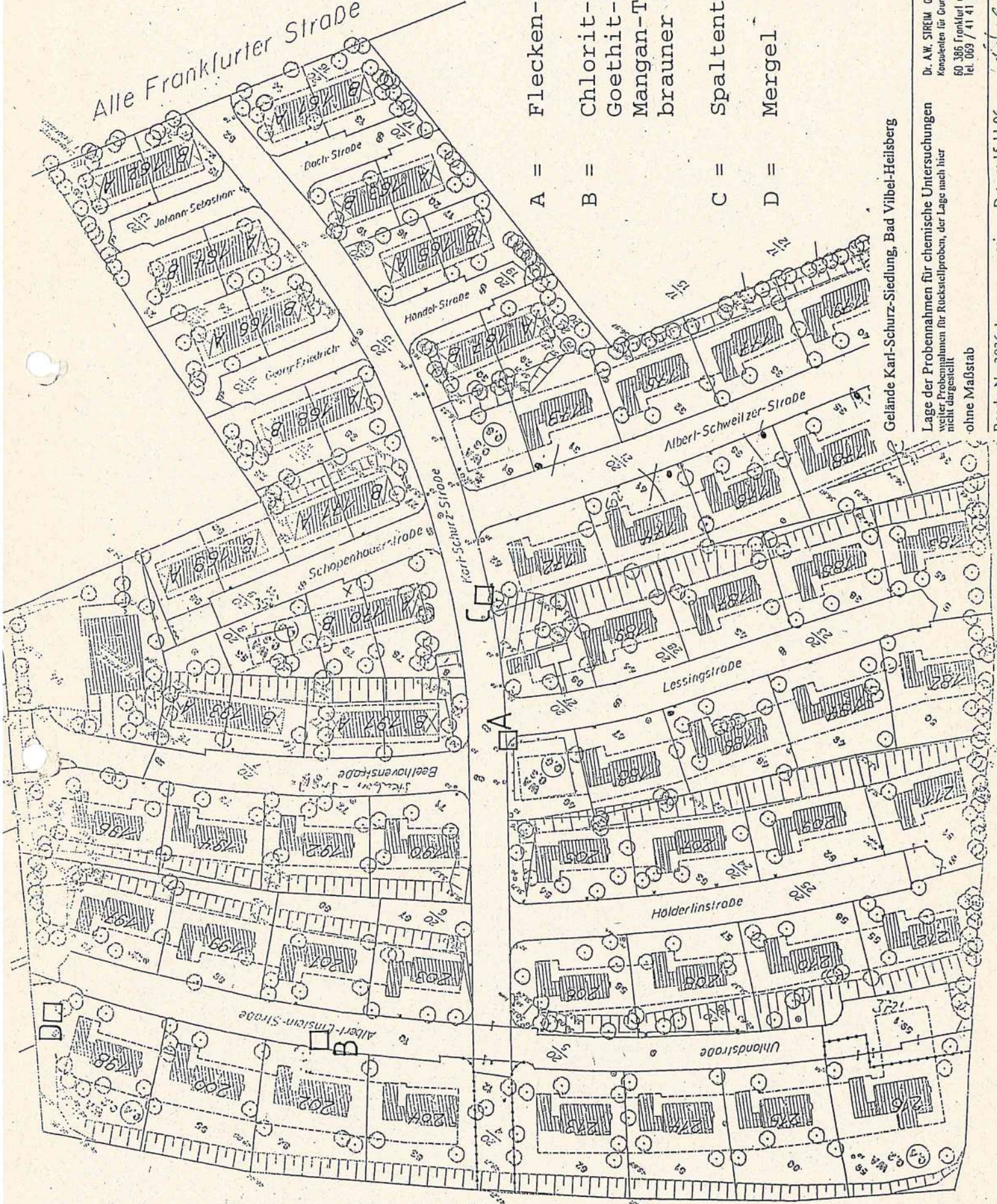




Dr. A. W. STREIM Geologen und Ingenieure
 Konsultanten für Grundbau, Ingenieurgeologie, Geochemie
 60 386 Frankfurt am Main
 Tel. 069 / 41 41 50 Fax 069 / 41 71 71

Lage der Probenahmen für chemische Untersuchungen
 weiter Probenahmen für Rückfallproben, der Lage nach hier
 nicht dargestellt
 ohne Maßstab

Alle Frankfurter Straße



- A = Flecken-Ton
- B = Chlorit-Ton
- C = Spaltenton
- D = Mergel

Gelände Karl-Schurz-Siedlung, Bad Vilbel-Heilsberg

Untersuchungsbericht Nr.: 1362/6026/1996
Seite 1 von 4 vom 02.11.1996

UNTERSUCHUNGSBERICHT

Probennummer: 6026/96

Auftraggeber: Magistrat der Stadt Bad Vilbel
Friedbergerstraße 4
61118 Bad Vilbel

Auftrag: Chemische Untersuchung einer Bodenprobe
auf die im Analyseprotokoll genannten Parameter

Einlieferungsdatum: 16.10.96

Prüfungsdatum: 17.10. - 31.10.96

Probe entnommen durch: Soz. Dr. Streim

Bezeichnung der Probe(n): Proj. "Bad Vilbel, Karl-Schurz-Siedlung"
"Fe-Mn-Ton"

Beschreibung der Probe: entfällt

Bearb.-Nr.: 3036-1

Datum: 15.11.1996

Anlage 5

Gesellschafter:



BPG Gesellschaft für Bauplanung
und Umwelttechnik GmbH
Theodor-Heuss-Allee 110
60486 Frankfurt am Main



RÜHL
Umwelttechnik GmbH
Usinger Straße 31
61169 Friedberg (Ockstadt)

ANALYSENERGEBNISSE

| Parameter | Feststoff [mg/kg] | Eluat [mg/l] | EDTA-Extrakt [mg/kg] | Bicarbonat- Extrakt [mg/kg] |
|------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Arsen (As) | 302 | <0,02 | 1,36 | 0,94 |
| Blei (Pb) | 118 | <0,04 | 24,7 | n.b. |
| Cadmium (Cd) | 1,88 | <0,004 | 0,91 | n.b. |
| Chrom (Cr) | 72,2 | <0,03 | <0,5 | n.b. |
| Kupfer (Cu) | 15,3 | <0,01 | 2,68 | n.b. |
| Nickel (Ni) | 470 | <0,03 | 121 | n.b. |
| Quecksilber (Hg) | 1,34 | <0,001 | 1,02 | n.b. |
| Zink (Zn) | 226 | <0,01 | 23,4 | n.b. |
| Eisen (Fe) [g/kg] | 135 | n.b. | 2,74 | n.b. |
| Mangan (Mn) [g/kg] | 39,9 | n.b. | 14,3 | n.b. |
| Gallium (Ga) | 114 | n.b. | 4,15 | n.b. |
| Titän (Ti) | 263 | n.b. | 3,97 | n.b. |
| Vanadin (V) | 185 | n.b. | 7,38 | n.b. |
| Antimon (Sb) | 17,0 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Bismut (Bi) | 9,10 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Bor (B) | 161 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Phosphor ges. (P) | 1843 | n.b. | 26,4 | n.b. |
| Aluminium (Al) [g/kg] | 51,0 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Magnesium (Mg) [g/kg] | 9,18 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Calcium (Ca) [g/kg] | 10,5 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Natrium (Na) | 754 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Kalium (K) [g/kg] | 15,3 | n.b. | n.b. | n.b. |
| TOC (C) | 327 | n.b. | n.b. | n.b. |
| TIC (CO ₂) | 823 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Silicium (Si) [g/kg] | 72,6 | n.b. | n.b. | n.b. |
| Glühverlust [Gew.-%] | 7,73 | -- | -- | -- |
| Wassergehalt [Gew.-%] | 36,2 | -- | -- | -- |

Bemerkungen:

Der Parameter "Silicium" wurde im Na-alkalischen Carbonataufschluß, der Parameter Glühverlust im bei 105 °C erhaltenen Trockenrückstand, alle anderen Parameter im Feststoff wurden im im Königswasser-aufschluß nach DEV S-7, alle Parameter "Eluat" wurden im Eluat nach DEV S-4 nach Druckfiltration (Membranfilter 0,45 µm, 3 bar), alle Parameter "EDTA-Extrakt" wurden im EDTA-Extrakt (1:10; 0.1m Na-EDTA-Lsg. pH 4,5; 90 min.), alle Parameter "Bicarbonat-Extrakt" wurden im Bicarbonat-Extrakt (1:10; 0,5m NaHCO₃-Lsg. pH 8,5; 30 min.) bestimmt.

mg/kg : Mengenangabe, bezogen auf 1 kg untersuchten Materials als Trockensubstanz
mg/l : Mengenangabe, bezogen auf 1 Liter Eluat nach DEV S-4

Untersuchungsbericht Nr.: 1362/6026/1996

Seite 3 von 4 vom 02.11.1996

ANGEWENDETE PRÜFVERFAHREN

| Parameter | nach/analog ... |
|---------------|-----------------|
| Arsen | DEV D-18/E-22 |
| Blei | DEV E-6/E-22 |
| Cadmium | DEV E-19/E-22 |
| Chrom | DEV E-22 |
| Kupfer | DEV E-22 |
| Nickel | DEV E-22 |
| Quecksilber | DEV E-12 |
| Zink | DEV E-22 |
| Eisen | DEV E-22 |
| Mangan | DEV E-22 |
| Gallium | DEV E-22 |
| Titan | DEV E-22 |
| Vanadin | DEV E-22 |
| Antimon | DEV E-22 |
| Bismut | DEV E-22 |
| Bor | DEV E-22 |
| Phosphor ges. | DEV E-22 |
| Aluminium | DEV E-22 |
| Magnesium | DEV E-22 |
| Calcium | DEV E-22 |
| Natrium | DEV E-22 |
| Kalium | DEV E-22 |
| TOC | DEV H-3 |
| TIC | DEV H-3 |
| Silicium | DEV E-22 |
| Glühverlust | DEV S-3 |
| Wassergehalt | DEV S-2 |

Bemerkungen:

DEV : Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung,
VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim (1996)

UMWELTLABOR OCKSTADT BPG

- Gesellschaft bürgerlichen Rechts -

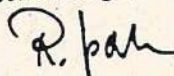
Untersuchungsbericht Nr.: 1362/6026/1996
Seite 4 von 4 vom 02.11.1996

Die in diesem Bericht angegebenen Analysenwerte beziehen sich nur auf die eingelieferte(n) Probe(n).

Hinweis: Ohne schriftliche Genehmigung des Umweltlabors Ockstadt BPG, Gesellschaft bürgerlichen Rechts in 61381 Friedrichsdorf/Ts., darf dieser Bericht nicht auszugsweise veröffentlicht oder vervielfältigt werden. Dieser Bericht besteht aus 4 Seiten.

Friedrichsdorf/Ts., den 02.11.1996

UMWELTLABOR OCKSTADT BPG
-Gesellschaft bürgerlichen Rechts-



Dr. R. Spall

Untersuchungsbericht Nr.: 1381/6177/1996
Seite 1 von 5 vom 02.11.1996

UNTERSÜCHUNGSBERICHT

Probennummer: 6177/96 - 6182/96

Auftraggeber: Magistrat der Stadt Bad Vilbel
Friedbergerstraße 4
61118 Bad Vilbel

Auftrag: Chemische Untersuchung von 6 Bodenproben
auf die im Analyseprotokoll genannten Parameter

Einlieferungsdatum: 29.10.96

Prüfungsdatum: 29.10. - 01.11.96

Probe entnommen durch: Soz. Dr. Streim

Bezeichnung der Probe(n): Proj. "Bad Vilbel, Karl-Schurz-Siedlung"
siehe Analysenprotokoll

Beschreibung der Probe: entfällt

Seite 5 von Anlage 5
3036-1

Gesellschafter:



BPG Gesellschaft für Bauplanung
und Umwelttechnik GmbH
Theodor-Heuss-Allee 110
60486 Frankfurt am Main



RÜHL
Umwelttechnik GmbH
Usinger Straße 31
61169 Friedberg (Ockstadt)

Untersuchungsbericht Nr.: 1381/6177/1996
Seite 2 von 5 vom 02.11.1996

ANALYSENERGEBNISSE

| Parameter | 6177/96 "VI" [mg/kg] | 6178/96 "VII" [mg/kg] | 6179/96 "VIII" [mg/kg] |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Arsen (As) | 150 | 34,3 | 2954 |
| Blei (Pb) | 26,8 | 58,9 | 88,3 |
| Cadmium (Cd) | <0,5 | 0,54 | |
| Chrom (Cr) | 198 | 91,1 | 175 |
| Kupfer (Cu) | 8,85 | 14,7 | 140 |
| Nickel (Ni) | 38,0 | 95,0 | 526 |
| Quecksilber (Hg) | 0,30 | 0,70 | 1,17 |
| Zink (Zn) | 31,5 | 153 | 295 |
| Eisen (Fe) [g/kg] | 48,9 | 58,4 | 242 |
| Mangan (Mn) | 61,5 | 1967 | 1667 |
| Gallium (Ga) | 83,9 | 103 | 385 |
| Titan (Ti) | 1636 | 531 | 351 |
| Vanadin (V) | 147 | 119 | 127 |
| Phosphor ges. (P) | 247 | 591 | 2167 |
| Aluminium (Al) [g/kg] | 59,0 | 89,0 | 37,9 |
| Silicium (Si) [g/kg] | 123 | 35,2 | 51,6 |
| Wassergehalt [Gew.-%] | 15,0 | 23,1 | 36,0 |

Bemerkungen:

Der Parameter "Silicium" wurde im Na-alkalischen Carbonataufschluß, der Parameter Wassergehalt in der Originalprobe, alle anderen Parameter wurden im Königswasseraufschluß nach DEV S-7 bestimmt.

* : Wegen matrixbedingter Störung nicht bestimmbar
mg/kg : Mengenangabe, bezogen auf 1 kg untersuchten Materials als Trockensubstanz

Seite 5 von Anlage 5

2026-1

UMWELTLABOR OCKSTADT BPG

- Gesellschaft bürgerlichen Rechts -

Untersuchungsbericht Nr.: 1381/6177/1996
Seite 4 von 5 vom 02.11.1996

EDTA-Extrakt

| Parameter | 6177/96 "VI" [mg/kg] | 6178/96 "VII" [mg/kg] | 6179/96 "VIII" [mg/kg] |
|--------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Arsen (As) | 0,38 | 0,25 | 2,50 |
| Chrom (Cr) | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Nickel (Ni) | 0,34 | 13,1 | 31,8 |
| Eisen (Fe) | 33,6 | 179 | 117 |
| Gallium (Ga) | <10 | <10 | <10 |
| Vanadin (V) | 1,37 | 1,78 | 4,22 |

Bemerkungen:

Alle Parameter wurden im EDTA-Extrakt (1:10; 0.1m Na-EDTA-Lsg. pH 4.5; 90 min.) bestimmt.
mg/kg: Mengenangabe, bezogen auf 1 kg untersuchten Materials als Trockensubstanz

ANGEWENDETE PRÜFVERFAHREN

| Parameter | nach/analog ... |
|---------------|-----------------|
| Arsen | DEV D-18/E-22 |
| Blei | DEV E-6/E-22 |
| Cadmium | DEV E-19/E-22 |
| Chrom | DEV E-22 |
| Kupfer | DEV E-22 |
| Nickel | DEV E-22 |
| Quecksilber | DEV E-12 |
| Zink | DEV E-22 |
| Eisen | DEV E-22 |
| Mangan | DEV E-22 |
| Gallium | DEV E-22 |
| Titan | DEV E-22 |
| Vanadin | DEV E-22 |
| Phosphor ges. | DEV E-22 |
| Aluminium | DEV E-22 |
| Silicium | DEV E-22 |
| Wassergehalt | DEV S-2 |

Bemerkungen:

DEV: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung,
VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim (1996)

Seite 8 von Anlage 5

3036-1

115

Untersuchungsbericht Nr.: 1381/6177/1996
Seite 5 von 5 vom 02.11.1996

Die in diesem Bericht angegebenen Analysenwerte beziehen sich nur auf die eingelieferte(n) Probe(n).

Hinweis: Ohne schriftliche Genehmigung des Umweltlabors Ockstadt BPG, Gesellschaft bürgerlichen Rechts in 61381 Friedrichsdorf/Ts., darf dieser Bericht nicht auszugsweise veröffentlicht oder vervielfältigt werden. Dieser Bericht besteht aus 5 Seiten.

Friedrichsdorf/Ts., den 02.11.1996

UMWELTLABOR OCKSTADT BPG
-Gesellschaft bürgerlichen Rechts-

R. Spall
Dr. R. Spall

Für die Verwendung als Anlage im Gutachten
Bearb.-Nr. 3036-1 vom 15.11.1996:



Streim