

**Tagesbruchbedingter Abriss eines Einkaufszentrums  
im Innenstadtbereich von Heerlen/Niederlande  
- Erkundung und Nachweis bergbaulicher Ursachen -**

J. Klünker, D. Hordijk, M. Heitfeld

13. Altbergbau-Kolloquium Freiberg (2013)  
14 S., 9 Abb.

**Tagesbruchbedingter Abriss eines Einkaufszentrums im  
Innenstadtbereich von Heerlen/Niederlande  
- Erkundung und Nachweis bergbaulicher Ursachen -**

**(Johannes Klünker<sup>1)</sup>, Dick Hordijk<sup>2)</sup>, Michael Heitfeld<sup>1)</sup>**

1) Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH, 2) Adviesbureau ir. J.G. Hageman BV and  
Delft University of Technology

**ZUSAMMENFASSUNG:**

Im Herbst des Jahres 2011 kam es im Innenstadtbereich der Gemeinde Heerlen (NL) zu einem Tagesbruchereignis unter einem Einkaufszentrum. Die plötzliche Absackung einer Betonstütze einer Parkgarage führte zu erheblichen Schäden am Einkaufszentrum. Nach Evakuierung des Einkaufszentrums und eines Hochhauses wurde der geschädigte Teil des Einkaufszentrums von der restlichen Konstruktion statisch getrennt und inklusive der gesamten darin noch befindlichen Waren abgerissen. Ein kurzfristig durchgeführtes Erkundungsprogramm hat bereits durch Cone Penetration Tests (CPT) deutliche Hinweise auf eine räumlich eng begrenzte und im tieferen Untergrund liegende Ursache des Schadens ergeben. Weiterhin hat eine Auswertung bergbaulicher Rissunterlagen gezeigt, dass direkt unter dem Gebäudeteil das Steinkohleflöz „Laag V“ (Flöz Rauschenwerk) bis wenige Meter unter die Oberkante des karbonischen Grundgebirges abgebaut worden ist. Das Karbon wird überlagert durch 80 m mächtige kretazische, tertiäre und quartäre Sedimente. Durch nachfolgende Kernbohrungen und eine bohrlochgeophysikalische Erkundung einschließlich Kamerainspektion des Bohrlochs wurde eine bergbauliche Ursache des Schadens nachgewiesen. Die wesentliche Besonderheit der Schadensursache besteht darin, dass ein in rd. 80 m Tiefe erfolgter Flözabbau noch etwa 50 Jahre später zu einem Schadensereignis an der Tagesoberfläche führte, da über lange Zeiträume hinweg fließfähige Feinsande unter dem Einfluss von Wasser aus den tertiären Lockergesteinen in die darunter liegenden Mergelsteine der Maastricht-Formation bzw. sogar bis in das karbonische Grundgebirge abwandern konnten.

**ABSTRACT:**

In autumn 2011 a dramatic development of a sinkhole originated just beneath a shopping mall in the centre of the municipality of Heerlen/Netherlands. The sudden subsidence of a concrete pillar of a parking garage caused remarkable damages in the built-on shopping mall. After an instantaneous evacuation of the shopping mall and of an adjacent multi-storey building the damaged part of the shopping mall was cut off from statics point of view from the residual building and demolished including the complete merchandise left in the shops.

A quickly executed first investigation program with Cone Penetration Tests (CPT) gave very soon distinctive evidence that the subsidence was confined to a local zone and that the cause has to be searched in the deeper underground conditions. Furthermore a first evaluation of mining documents showed that directly beneath the damaged part of the building the hard coal seam „Laag V“ (Rauschenwerk) was mined up to only a few meters below the top of the Carboniferous bed rock. The Carboniferous is superimposed by an approx. 80 m thick overburden of Cretaceous, Tertiary and Quaternary sediments. Together with later executed core drillings, geophysical borehole logging and camera investigation a mining-based cause for the occurrence of the sinkhole was proved. The essential feature of the sinkhole's cause is the mining of a 80 m deep coal seam which led to the damage at the ground surface even 50 years after closing the mine. This was possible due to the liquefaction and erosion of fine sands from the Tertiary overburden into the underlying marlstones of the Maastricht formation and even down to the Carboniferous bedrock.

## 1 Einleitung

Im Herbst des Jahres 2011 kam es im Innenstadtbereich der Gemeinde Heerlen in den Niederlanden zu einem Tagesbruchereignis unter einem Einkaufszentrum. Eine Betonstütze der unter dem Einkaufszentrum befindlichen Parkgarage war nach anfänglichen leichten Setzungserscheinungen plötzlich abgesackt und hatte zu erheblichen Schäden auch an der Gebäudekonstruktion des aufgehenden Einkaufszentrums geführt.

Das gesamte Einkaufszentrum sowie ein in das Einkaufszentrum integriertes 14-stöckiges Hochhaus wurden unverzüglich evakuiert; das Gelände wurde behördlicherseits großräumig abgesperrt. Der geschädigte Teil des Einkaufszentrums wurde von der restlichen Konstruktion abgetrennt und nachfolgend inklusive der gesamten darin noch befindlichen Waren abgerissen.

Nach dem Abriss wurde ein Monitoring- und Erkundungsprogramm gestartet, das sich zunächst auf eine Abgrenzung des potenziellen Gefährdungsbereiches konzentrierte und nachfolgend ab April 2012 auch die Erforschung der möglichen Ursachen des Tagesbruches zum Ziel hatte.

Im Folgenden werden die Vorgeschichte des Tagesbruches kurz umrissen und das durchgeführte Erkundungsprogramm sowie die daraus abgeleitete Erklärung für die Entstehung des Tagesbruches beschrieben.

Die gutachterliche Gesamtbetreuung wurde von der Eigentümergemeinschaft des „Winkelcentrum ‘t Loon“ an Herrn Prof. D. Hordijk vom Adviesbureau ir. J.G. Hageman beauftragt. Für die bergbaulichen Fragestellungen, Baugrunduntersuchungen sowie Planung, Bauüberwachung und Auswertung des Erkundungsprogrammes wurde das Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig eingeschaltet. Die gesamten vor Ort-Untersuchungen wurden von Fugro GeoServices B.V. abgewickelt; als geologischer Berater war auf dieser bauausführenden Seite Dr. P. van Rooijen eingeschaltet. Die Bohrarbeiten wurden an die Fa. Smet G.W.T. vergeben. Die gesamte Bearbeitung erfolgte in enger Abstimmung der Projektbeteiligten.

## 2 Der Tagesbruch und seine Vorgeschichte

Das Einkaufszentrum „Winkelcentrum ‘t Loon“ in Heerlen/Niederlande wurde 1965 gebaut und in den Jahren 1985 und 2002 teilweise renoviert. Der Gebäudekomplex beinhaltet neben den Einkaufsbereichen auch umfangreiche Parkdecks und Parkgaragen sowie ein 14-stöckiges Hochhaus (Homerusflat). Bereits seit dem Ende der 1980er Jahre waren ungleichmäßige Setzungen an den Betonstützen der Parkgarage aufgetreten, deren Ursache bis etwa 2002/2003 mehrfach erkundet wurde. Dabei wurden diverse mögliche Ursachen, wie statisch-konstruktive Fehler, ungünstige Baugrundverhältnisse, Ausspülungen oder defekte Kanalsysteme sowie auch bereits die Möglichkeit von bergbaulichen Auswirkungen betrachtet bzw. diskutiert. Allerdings beschränkten sich alle durchgeführten vor Ort-Untersuchungen auf den oberflächennahen Bereich. Zwischen 2003 und Herbst 2011 sind kaum Aktivitäten hinsichtlich der Ursachenforschung bekannt; die bereits festgestellten Schäden blieben etwa unverändert.

Im Herbst 2011 wurde eine deutliche Zunahme der ungleichmäßigen Setzungen und der damit verbundenen Schäden festgestellt. Der betroffene Teil der Parkgarage wurde geschlossen; die Betonstützen wurden durch Unterkonstruktionen zusätzlich verstärkt. Parallel dazu wurde ein automatisch und kontinuierlich arbeitendes Monitoring-System der FA. OSMOS BENELUX installiert, das an zwölf der Betonstützen Längenänderungen mit Glasfaser-Technologie in Echtzeit überwachte.

Das installierte Monitoring-System meldete ab dem 29.11.2011 eine deutliche Veränderung der Verhältnisse, was in Verbindung mit den örtlichen Feststellungen zu einer Evakuierung der Gebäude führte. Bis zum 03.12.2011 kam es unter der Betonstütze D 18 zu einer massiven Absenkung des Untergrunds mit einem Abriss der Säule von der Decke. In Abb. 1 sind die

Verhältnisse im Bereich der am stärksten betroffenen Stütze D 18 am 05.12.2011 dargestellt; die Stütze war etwa zur Hälfte in dem Tagesbruch verschwunden.

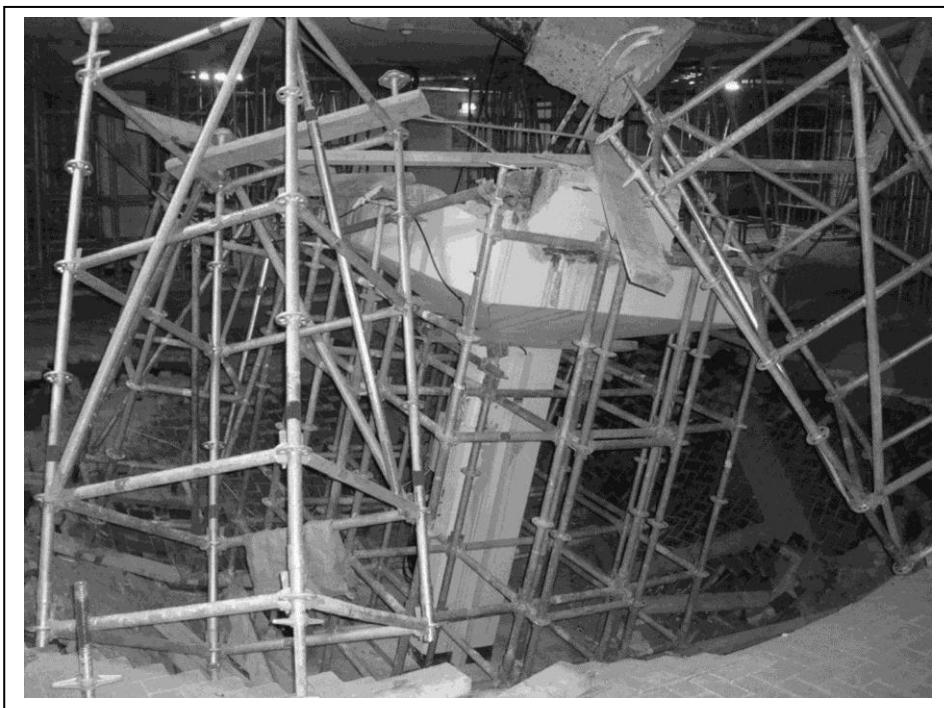


Abb.1 : Tagesbruch mit zur Hälfte eingesunkener Betonstütze D 18 der Parkgarage

Nach Evakuierung und großräumiger Sperrung des Geländes wurde der durch den Tagesbruch betroffene Teil des Gebäudes von dem restlichen Teil statisch abgetrennt und abgerissen. Der Abriss erfolgte ohne vorherige Waren-Ausräumung aus den Geschäften. In Abb. 2 sind der gesamte Gebäudekomplex und der abgerissene Teil dargestellt.

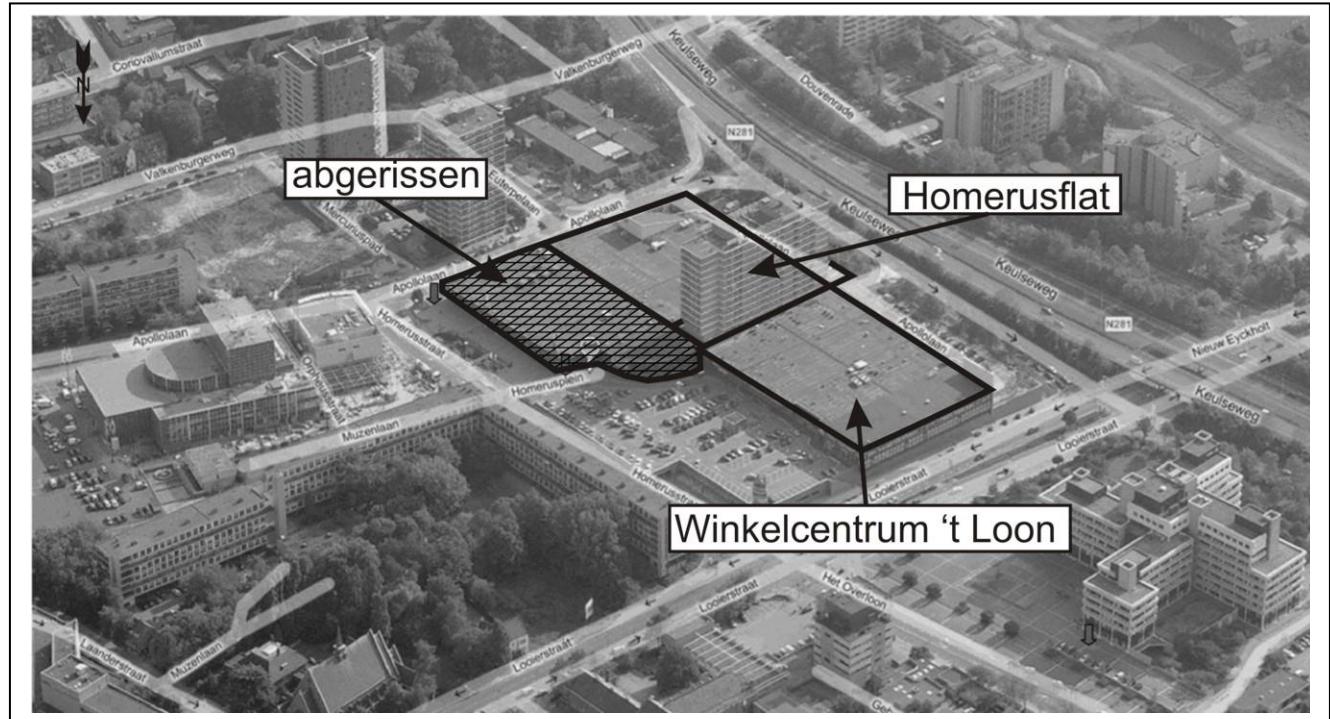


Abb.2 : Gebäudekomplex „Winkelcentrum ‘t Loon“ mit Homerusflat und abgerissenem Gebäudeteil

### 3 Kenntnisstand vor Beginn der Untersuchungen

#### 3.1 Geologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet befindet sich rd. 25 km westlich von Aachen in der Provinz Süd-Limburg der Niederlande. Der östlich der Maas zwischen Deutschland und Belgien liegende „Appendix“ der Niederlande ist geologisch-tektonisch mit dem Oberkarbon des Aachener Raums verwandt und weist auch aus bergbaulicher Sicht enge Verzahnungen mit dem Steinkohlenbergbau im Aachener Revier auf; Abb. 3 verdeutlicht die großräumigen Verhältnisse.

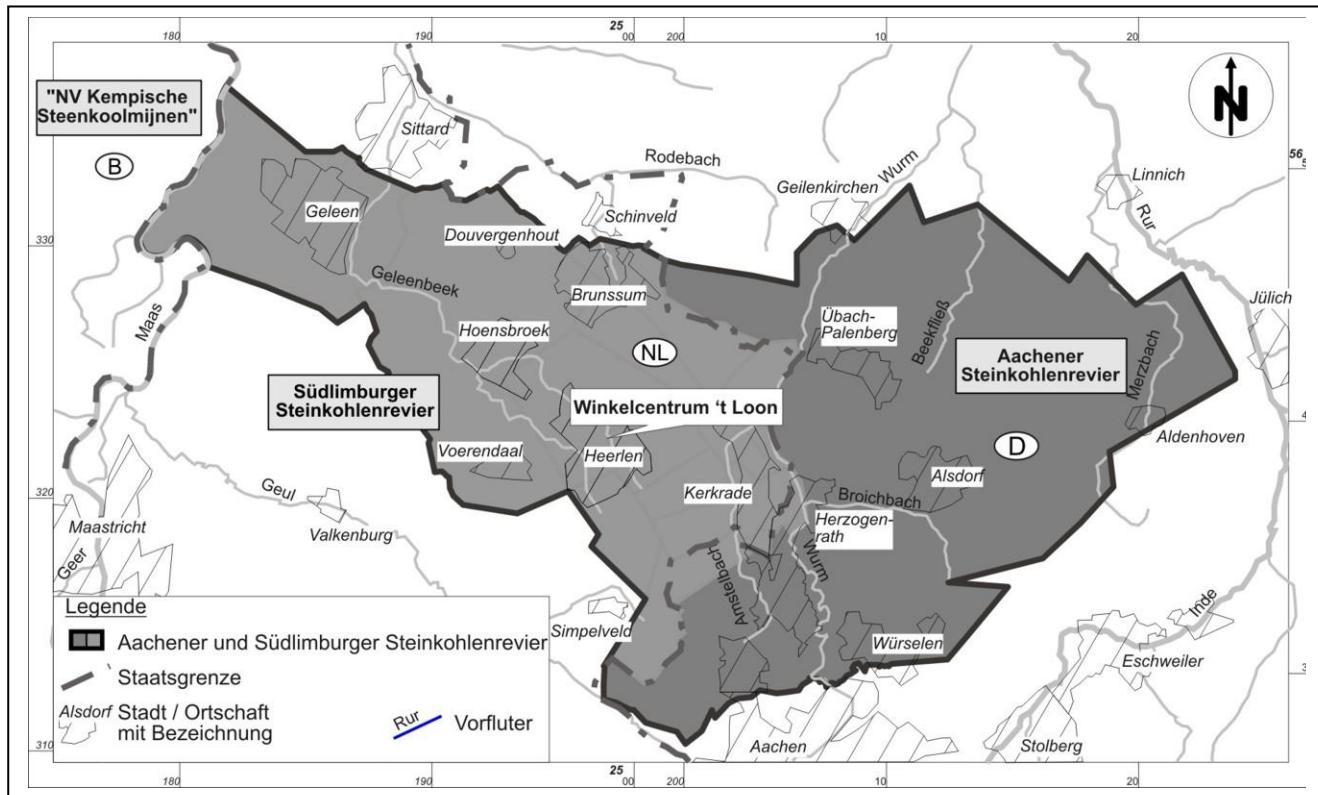


Abb.3 : Aachener und Südlimburger Steinkohlenrevier mit Lage des „Winkelcentrum 't Loon“

Regionalgeologisch ist das Untersuchungsgebiet geprägt durch die steinkohleführenden Schichten des Oberkarbons unter einer jüngeren Überlagerung aus quartären und tertiären, bereichsweise auch kreidezeitlichen Sedimenten. Während im Grenzbereich zu den Niederlanden, im Bereich der Städte Herzogenrath und Würselen, aber auch im niederländischen Kerkrade, die Flöze örtlich an der Tagesoberfläche oder wenig darunter ausstrecken, nimmt die Überdeckung des steinkohleführenden Gebirges in nordwestlicher Richtung zu.

Für den Untersuchungsbereich in Heerlen wurde die Oberfläche des Karbons auf einem Niveau von rd. +25 mNAP erwartet; dies entspricht einer Überdeckung von rd. 78 m Mächtigkeit (Geländehöhe ca. 103 mNAP). Im Gegensatz zu den intensiv gefalteten Abfolgen im Aachener Raum mit meist steil bis überkippt aufgerichteten Nordwestflanken weisen die oberkarbonischen Schichten im Raum Heerlen lediglich ein leichtes Einfallen von rd. 10 bis 15° in nordwestliche Richtung auf.

Als normal gelagerte und ungestörte Schichtenfolge konnte etwa der folgende Aufbau erwartet werden:

0 bis 19 m Tiefe, Rupel-Formation (Tertiär)

überwiegend schluffig-tonige Feinsande mit einzelnen Schluff-Tonlagen

19 bis 51 m Tiefe, Tongeren-Formation (Tertiär)  
 Beginn mit dem „Goudsberg-Ton“, darunter schluffiger Feinsand  
 51 bis 78 m Tiefe, Maastricht-Formation (Kreide)  
 wechselnd harte und weiche Mergelsteine  
 ab 78 m Tiefe, (Karbon)  
 Tonsteine, Schluffsteine, Sandsteine und Kohleflöze

### 3.2 Bergbauliche Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet und weitere Flächen der Stadt Heerlen liegen im Bereich des ehemaligen Bergwerkes Oranje-Nassau I, in dem zwischen 1899 und 1974 Steinkohlenabbau betrieben wurde. Hierbei handelte es sich um einen geordneten Bergbau, der von zwei Schächten aus betrieben wurde; *tagesnaher Bergbau ist aufgrund der Tiefenlage der Karbonoberfläche nicht vorhanden*.

Eine Auswertung der verfügbaren bergbaulichen Unterlagen hat gezeigt, dass auch direkt unter dem Einkaufszentrum Flözabbau betrieben wurde.

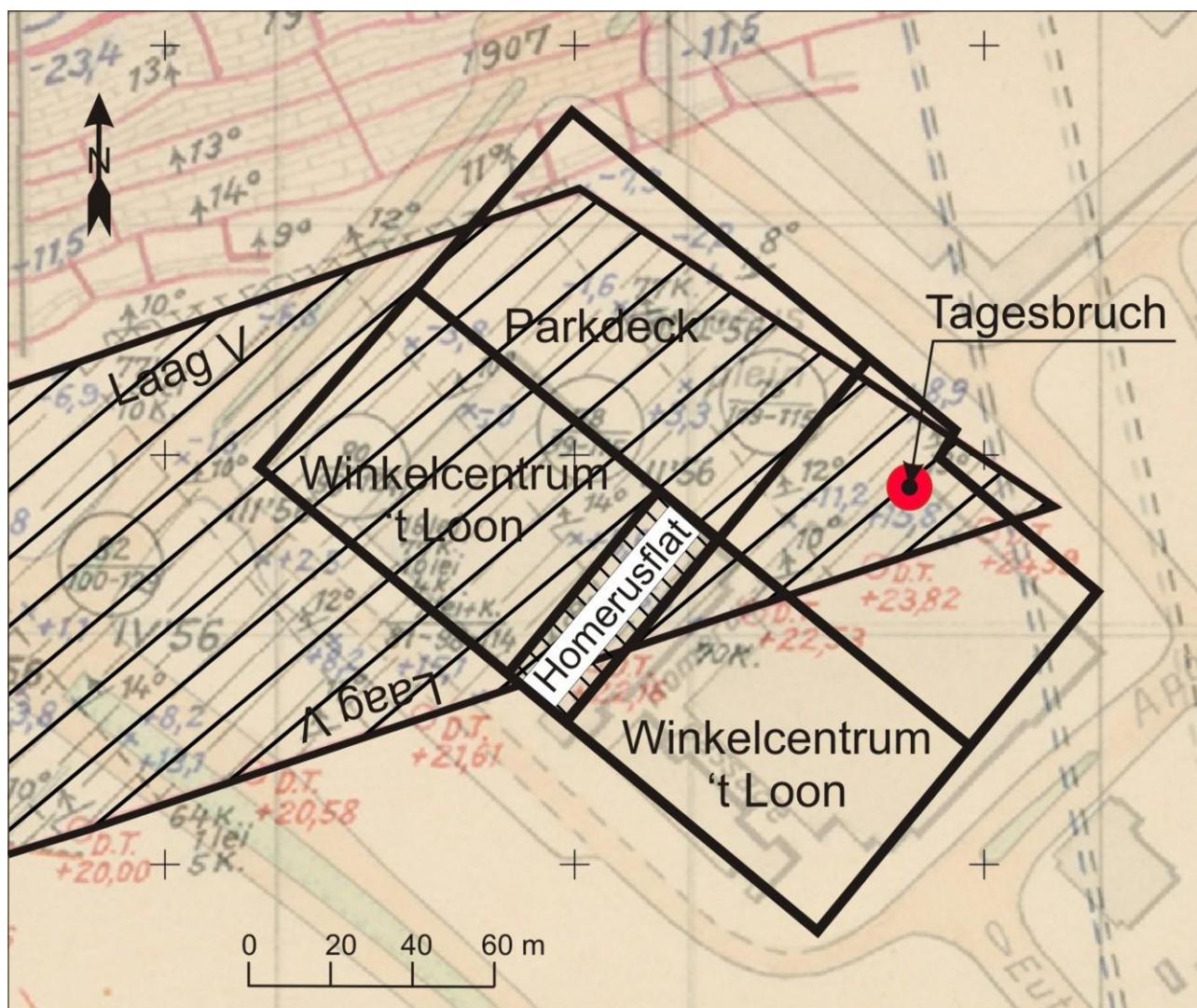


Abb.4 : Flözabbau im obersten Flöz unter dem Einkaufszentrum

In Abb. 4 ist ein Ausschnitt aus dem Flözriss von „Laag V“ (entspricht Flöz Rauschenwerk im Aachener Revier) dargestellt. Der georeferenzierte Flözriss zeigt deutlich, dass direkt unter dem von dem Tagesbruch betroffenen Gebiet eine spitz zulaufende Abbaukante besteht. Aus den Höhenverhältnissen konnte abgeleitet werden, dass der Abbau im Flöz bis etwa 8 m unter die Oberfläche des karbonischen Festgestein geführt wurde. Vorweg wurden offenbar zahlreiche aufwärts gerichtete Bohrungen vom Flöz aus zur Erkundung der Karbonoberfläche ausgeführt. Das Flöz fällt mit rd. 11° in nordwestliche Richtung ein.

Der Abbau von Flöz Laag V (Flöz Rauschenwerk) erfolgte im Zeitraum zwischen Januar und März 1956 von nordöstlicher in südwestlicher Richtung; die Flözmächtigkeit ist mit 1,0 bis 1,25 m angegeben. Der Abbau erfolgte im Pfeilerbruchbau ohne Einbringen von Versatzmaterial. Kurze Zeit nach den Abbauaktivitäten traten im März 1956 entlang der nordöstlichen Abbaugrenze Erdstufen („Drempels“) an der Geländeoberfläche auf. Gleichzeitig wurde im Rahmen einer Literaturrecherche festgestellt, dass die Sicherheitsabstände zwischen Abbauhöchstem und der Karbonoberfläche zwischen den Jahren 1913 und 1950 mehrfach verringert worden sind. Während zunächst noch ein Sicherheitsabstand von 20 m für erforderlich gehalten wurde, wurde dieser in den folgenden Jahren zunächst auf 10 m, dann auf 5 m und später örtlich sogar auf 0 m abgesenkt.

Im tieferen Untergrund wurden in nordwestlicher Richtung noch weitere Flöze abgebaut; diese sind aber für die hier behandelte Problematik nicht von Bedeutung.

### 3.3 **Grubenwasser und Grundwasser**

Die Steinkohlenreviere des Aachener und des Südlimburger Raums stehen hydraulisch miteinander in Verbindung. Nachdem in den Niederlanden bis Mitte der 1970er Jahre der Bergbau eingestellt wurde, erfolgte eine Teilflutung der Grubengebäude im Untersuchungsbereich bis etwa auf ein Niveau von -208 mNAP. Anschließend wurden Wasserhaltungsmaßnahmen von der EBV GmbH im niederländischen Grenzraum wieder aufgenommen und bis 1994 zum Schutz der Grubenbaue auf deutschem Staatsgebiet durchgeführt.

Mit der endgültigen Einstellung der Wasserhaltung im Jahre 1994 erfolgte dann ein sukzessiver Anstieg des Grubenwasserspiegels, der durch ein Monitoring-Programm hinsichtlich der Wasserstände und des Wasserchemismus überwacht wird. In Abb. 5 ist der Verlauf des Grubenwasseranstiegs im Schacht II der Grube Oranje Nassau I dargestellt.

Aus dem Diagramm geht hervor, dass der Standwasserspiegel in dem Schacht II der Grube Oranje Nassau I im März 2012 ein Niveau von rd. 14 mNAP erreicht hatte. Danach war bereits vor Beginn der Erkundungsarbeiten absehbar, dass mindestens die obersten Abbaubereiche in Laag V (Flöz Rauschenwerk) geflutet sein mussten.

Für den Bereich des Deckgebirges lagen kaum verlässliche Angaben zu den Grundwasserverhältnissen vor. Für die Schichten der Rupel-Formation oberhalb des Goudsberg-Tons sowie für die Tongeren-Formation wird zwar in einigen Unterlagen örtlich Grundwasser beschrieben. Gleichzeitig wird aus der bergbaulichen Vergangenheit aber auch eine weiträumige Entwässerung der basalen Schichten durch Leakage von Grundwasser in die Grubengebäude beschrieben, d.h. es fand und findet eine abwärtsgerichtete Strömung statt.

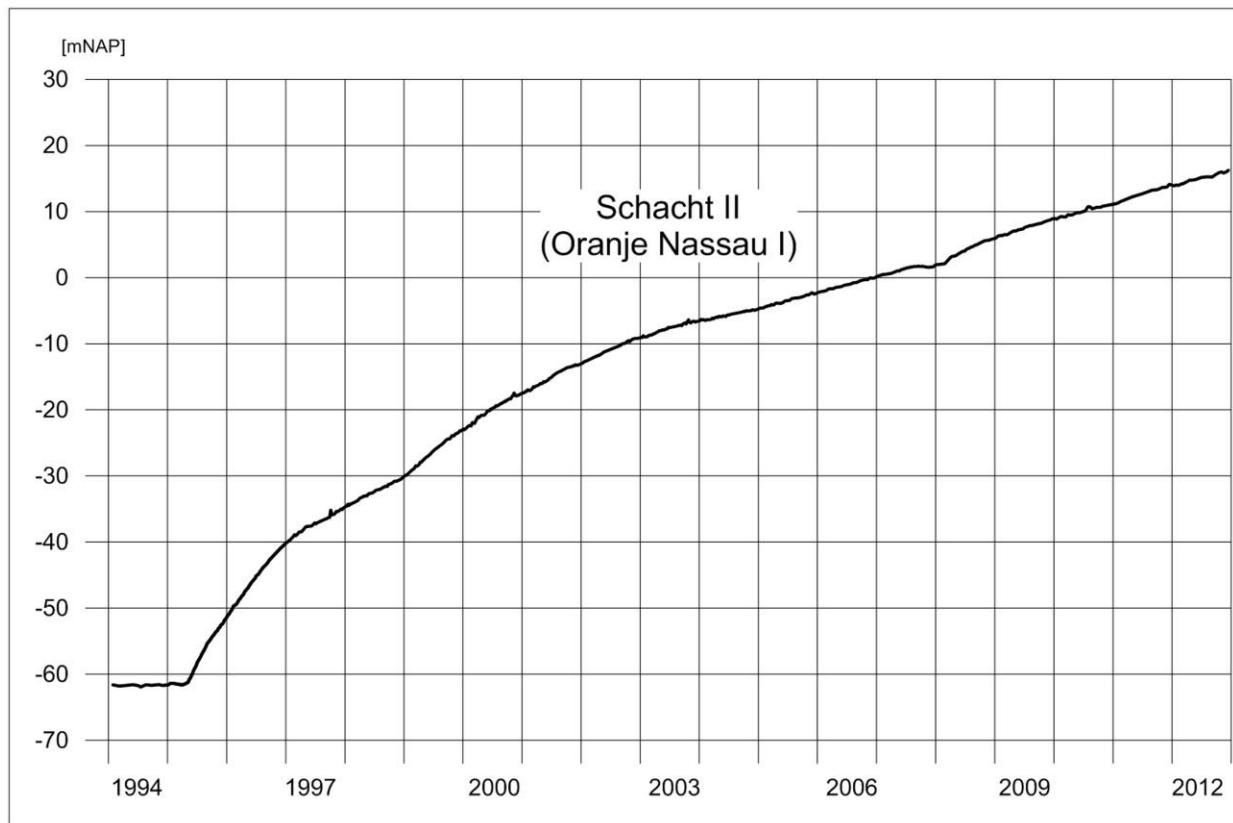


Abb.5 : Grubenwasseranstieg im Schacht II der Grube Oranje Nassau I

## 4 Erkundung des Tagesbruchbereiches

### 4.1 Erstmaßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit

Der Teilabriss des Gebäudes erfolgte mit schwerem Gerät von weit außerhalb und unter Einhaltung eines Sicherheitsabstandes zum Tagesbruch.

Nach Abriss des Gebäudes und Entfernen der eingesunkenen Betonstütze D 18 wurde als Sofortmaßnahme eine Auffüllung und Stabilisierung des Tagesbruchbereiches durch Einfüllen einer Dämmersuspension vorgenommen. Dabei wurde das Dämmersmaterial über Leitungen und eine Spüllanze von einem Fahrkorb aus in den Tagesbruchbereich eingebracht (vgl. Abb. 6). Insgesamt wurden rd.  $33 \text{ m}^3$  Dämmersuspension verfüllt.



Abb.6 : Einfüllen der Dämmersuspension vom Fahrkorb und verfüllter Tagesbruch [1]

Nach erfolgtem Gebäudeabriß wurden in dem frei gelegten Baufeld Drucksondierungen (Cone Penetration Tests, CPT) vorgenommen, um die räumliche Ausdehnung des aufgelockerten Bereiches abzugrenzen und Aussagen über eine Gefährdung der noch bestehenden Bebauung zu erhalten. Mit 28 Drucksondierungen (Fugro) und vier weiteren Kleinrammbohrungen (IHS) konnte insgesamt nachgewiesen werden, dass sich der Tagesbruch auf einen etwa kreisrunden Bereich mit rd. 5 m Radius beschränkte. Im Zentrum dieses aufgelockerten Bereiches wurde bis rd. 20 m Tiefe nur ein sehr geringer Bohrwiderstand festgestellt, während außerhalb dieses Areals normale Lagerungsverhältnisse nachgewiesen wurden. Weiterhin haben die Drucksondierungen Hinweise darauf ergeben, dass im Zentrum des Tagesbruches die oberflächennahe Tonlage („Goudsberg-Ton“) etwa 6 m tiefer lag als in der Umgebung.

Der Ansatzbereich für nachfolgende Kernbohrungen war damit festgelegt. Abb. 7 zeigt einen Detaillageplan des Geländes mit den Grenzen zu der noch vorhandenen Bebauung, den Positionen der durchgeführten CPTs und den nachfolgend abgeteuften Kernbohrungen F 1 und F 2.

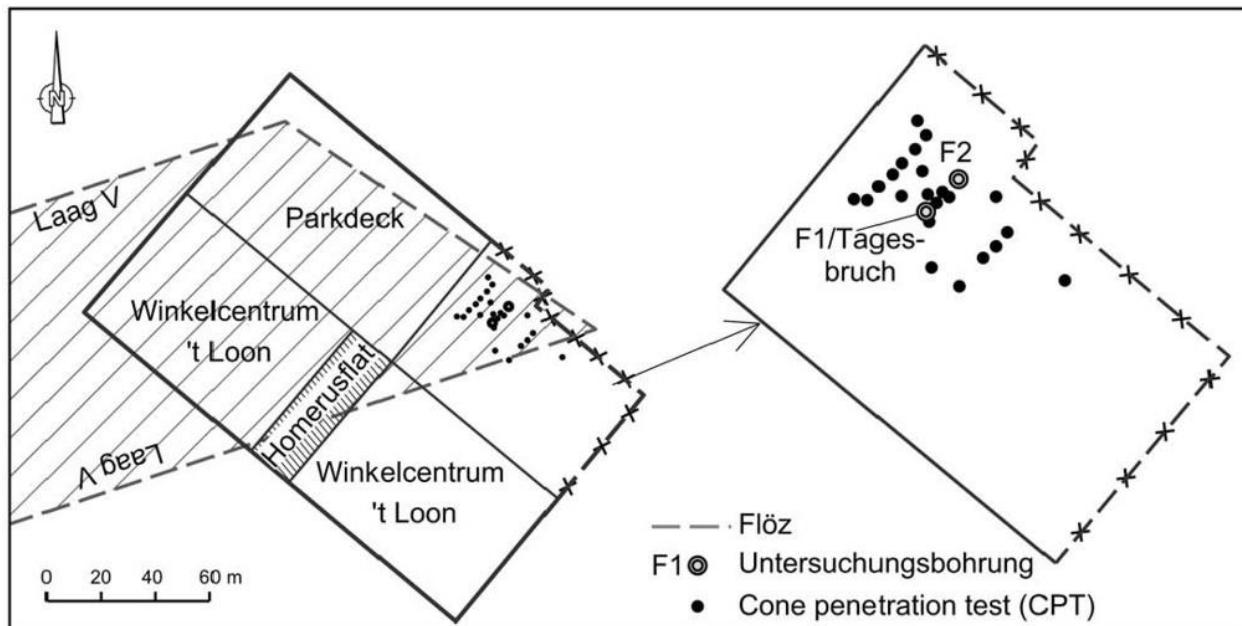


Abb.7 : Detaillageplan mit Aufschlusspunkten

Auch für die Bohrarbeiten wurde zunächst ein umfangreiches Maßnahmenpaket zur Einhaltung der Sicherheit abgestimmt. Die Bohrarbeiten wurden von einer 12 m langen Stahl-Sicherheitsbühne aus durchgeführt, die über den Tagesbruchbereich gelegt wurde. Diese Stahlbühne wurde von der EBV GmbH als ehemaligem Bergbautreibenden im Aachener Revier gemietet.

Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme wurden u.a. die Bohrmannschaft in die Gefahrensituation eingewiesen sowie ein detaillierter Alarm- und Rettungsplan aufgestellt und die Umsetzung fortlaufend überwacht. Als technische Maßnahme wurden außerdem regelmäßige Gasmessungen am Bohrlochkopf vorgeschrieben; insbesondere diese Überwachung von Ausgasungen erwies sich als bedeutsam, wie im Folgenden noch aufgezeigt wird.

Bohrtechnisch wurde bis an die Basis der Deckschichten mit einer teleskopierten Außen-Stahlverrohrung gearbeitet, die auf der Maastricht-Formation abgesetzt wurde. Im Festgestein (Maastricht-Formation und Karbon) wurde im Doppelkernrohr-Verfahren gebohrt; zusätzlich wurden PVC-Inliner im Innenkernrohr verwendet. Dadurch konnte ein Höchstmaß an Bohrkerngüte erreicht werden.

## 4.2 Ergebnisse der Kernbohrungen

### 4.2.1 Bohrkernaufnahme

Im Rahmen der Erkundung des Tagesbruchbereiches wurden zwei Kernbohrungen von der Stahl-Sicherheitsbühne aus bis in den Tiefenbereich des Flözes Laag V abgeteuft, um die Verhältnisse in den Deckschichten zu überprüfen und insbesondere die Gebirgsverhältnisse im karbonischen Festgestein bzw. in dem Abbaubereich zu klären.

Die Bohrung F 1 wurde genau im Zentrum des an der Geländeoberfläche sichtbaren Tagesbruches angesetzt. Zunächst wurde rd. 24,6 m sandiges Material der Rupel-Formation durchteuft, bevor der rd. 2 m mächtige Goudsberg-Ton erbohrt wurde. Danach war die generelle Schichtenfolge zwar bestätigt, als erste und bedeutsame Auffälligkeit hat sich aber gezeigt, dass der Goudsberg-Ton rd. 6 m tiefer lag als erwartet. Darunter wurde die überwiegend sandige Tongeren-Formation mit einer Mächtigkeit von rd. 31 m durchteuft, bevor die wechselnd härteren und weicheren Mergelsteine der oberkretazischen Maastricht-Formation erreicht wurden. Unterhalb der rd. 23 m mächtigen Mergelsteine wurde das karbonische Grundgebirge angetroffen. Genau 8,5 m unterhalb der Oberkante des Karbons wurde der abgebaute Flözbereich von Laag V mit einer Mächtigkeit von 1,5 m durchteuft. Die Original-Mächtigkeit des früheren Flözes war nachvollziehbar; der abgebaute Flözbereich war mit einem Gemisch aus Schluff, Lehm, Kohlestückchen, Gesteinsbruchstücken und Sand gefüllt; an der Basis wurde noch ein Stück Holz erbohrt. Zusätzlich wurden innerhalb dieses Gemenges kleinere Flatschen von glaukonithaltigem Feinsand nachgewiesen, die auf Einträge aus den hangenden tertiären Schichten hindeuteten. Ein bohrtechnisches Einschleppen dieser Sande konnte aufgrund der Verrohrung und des Fundes „innerhalb“ des Bohrkerns ausgeschlossen werden.

Die Bohrung F 2 wurde 8,5 m nordöstlich der Bohrung F 1 außerhalb des an der Geländeoberfläche sichtbaren Tagesbruches aber noch zweifelsfrei über dem Abbaubereich in Laag V angesetzt. In dieser Bohrung wurde der Goudsberg-Ton in gleicher Mächtigkeit wie in Bohrung F 1, aber auf einem rd. 6 m höheren Niveau nachgewiesen; damit lag der Ton in dieser Bohrung auf dem ursprünglich erwarteten Niveau. Darunter wurden bis zum Karbon nahezu identische Verhältnisse wie in der Bohrung F 1 angetroffen. Innerhalb des Karbons wurde im Tiefenbereich des Flözes weder Steinkohle noch ein heterogenes Bodengemenge wie in Bohrung F 1 erbohrt, sondern stattdessen zwei jeweils rd. 0,4 m mächtige Zonen mit weichem lehmigen Material. Zusätzlich wurde festgestellt, dass ein 2,7 m mächtiger Sandstein, der auch bereits in der Bohrung F 1 in gleicher Tiefe erbohrt wurde, in der Bohrung F 2 durch ein Netz aus vertikalen Brüchen und Rissen in polygonale Stücke zerlegt war. Hier wird ein klarer Hinweis auf einen bereits kurz nach dem Abbau erfolgten größeren Firstenbruch gesehen.

Zusammenfassend hat die Kernaufnahme folgende wesentlichen Ergebnisse erbracht:

1. Der tertiäre Goudsberg-Ton ist im direkten Tagesbruchbereich (Bohrung F 1) um rd. 6 m zur Tiefe versetzt.
2. Offensichtlich gab es nach dem Abbau unterschiedliche Reaktionen der Firste des Abbaubereiches von einer vermutlich schnell abgelaufenen vollständigen Firstsenkung (Bohrung F 2) bis zu vermutlich langfristig ablaufender Füllung des Abbauhohlraums durch Verbruchmaterial.
3. Das mächtige Sandsteinpaket oberhalb von Laag V ist bei der vollständigen Firstsenkung (Bohrung F 2) stark zerbrochen.

### 4.2.2 Grundwasser und Grubenwasser

Die als Trockenbohrung (Schnecke/Schappe) begonnenen Bohrungen haben in etwa 9 m Tiefe Grundwasser angetroffen, welches offensichtlich auf dem Goudsberg-Ton gestaut wird.

Unterhalb des Goudsberg-Tons waren die Sande der Tongeren-Formation zunächst trocken und erst ab rd. 28 m grundwassererfüllt.

Der Grubenwasserspiegel wurde in rd. 80 m Tiefe angetroffen. Damit lag der Grubenwasserspiegel ziemlich genau im Grenzbereich zwischen der Karbonoberfläche und der kretazischen Maastricht-Formation; die ehemaligen Abbaubereiche waren vollständig geflutet.

#### 4.2.3 **Details vom Bohrvorgang**

Während des Bohrvorgangs wurden die wesentlichen Bohrdaten (Bohrfortschritt, Bohrandruck, Drehmoment, Spülungsdruck) mit einem Daten-Logger aufgezeichnet. Ein signifikant schnellerer Bohrfortschritt während des Durchbohrens des ehemaligen Abbaubereiches in der Bohrung F 1 konnte so dokumentiert werden.

Als bemerkenswerte zusätzliche Beobachtung während des Bohrvorgangs wurde in beiden Bohrungen bei etwa 70 m Tiefe eine starke Ausgasung festgestellt. Dabei wurde als Folge der routinemäßig vorgenommenen Gasmessungen am Bohrlochkopf ein Alarm vom Messgerät akustisch ausgelöst; gemäß den Anforderungen im Alarm- und Rettungsplan wurden die Bohrarbeiten von der Bohrmannschaft unverzüglich unterbrochen. Eine Überprüfung seitens der Bauüberwachung und nachfolgend auch seitens der Feuerwehr ergab, dass keine Explosionsgefahr bestand, sondern bei hohem Stickstoff-Gehalt der Sauerstoff-Anteil der Grubenluft nur wenige Prozent betrug. Aus Sicherheitsgründen gegenüber dem arbeitenden Personal war es dennoch erforderlich, eine Belüftung des Bohrplatzes vorzunehmen, um keine Ansammlungen stickstoffreicher und sauerstoffärmer Luft im Arbeitsbereich zu erhalten.

Die Ausgasung von Luft noch beim Bohren innerhalb der Maastricht-Formation wird so erklärt, dass der Anstieg des Grubenwasserspiegels eine Verdrängung der Wetter aus dem Grubengebäude und eine lokale Komprimierung der Luft unter gering durchlässigen Mergelsteinlagen bewirkt hat.

Zur Verfüllung des Bohrlochs F 1 war eine Mixtur aus Zement/Wasser/Bentonit sowie Tonpellets erforderlich. Es wurden rd. 32 t Material eingefüllt, bevor das Bohrloch wieder verschlossen war. Auch in dieser hohen Verfüllmenge zeigt sich, dass im Untergrund eine starke Auflockerung bzw. eine geringe Lagerungsdichte und eventuell auch noch offene Hohlräume vorlagen.

#### 4.2.4 **Bohrlochgeophysik und Kamerainspektion des Bohrlochs F 2**

Nach Fertigstellung der Bohrung F 2 wurden im Bohrloch eine Kamerainspektion sowie geophysikalische Messungen von der FUGRO AUSTRIA GMBH durchgeführt. Bei den geophysikalischen Bohrlochmessungen wurden neben Kaliber-Log und Bohrlochabweichung auch die natürliche Gamma-Strahlung gemessen und ein optischer bzw. akustischer Bohrloch-Scanner eingesetzt. Die Messkurven der natürlichen Gamma-Strahlung ergaben erwartungsgemäß eine gute Übereinstimmung mit dem Bohrkernbefund. Der Bohrloch-Scanner hat das leichte Schichteinfallen von rd. 10° bestätigt und auch einige Bereiche mit steilen Trennfugen und offenen Brüchen erkannt.

Bei der Kamerainspektion des Bohrlochs wurden im Bohrloch innerhalb der Mergelsteine der Maastricht-Formation zwischen rd. 61 und 72 m Tiefe einzelne punkt- bzw. röhrenförmige Wasseraustritte aus den Schichtflächen beobachtet. Ein besonders interessantes Ergebnis bestand aber zusätzlich darin, dass mit Erreichen des Grubenwasserspiegels durchweg aufblubbernde Gasblasen festgestellt wurden. In Abb. 8 ist die durch die Ausgasungen „aufkochende“ Oberfläche des Grubenwassers mit der Bohrlochkamera dokumentiert.

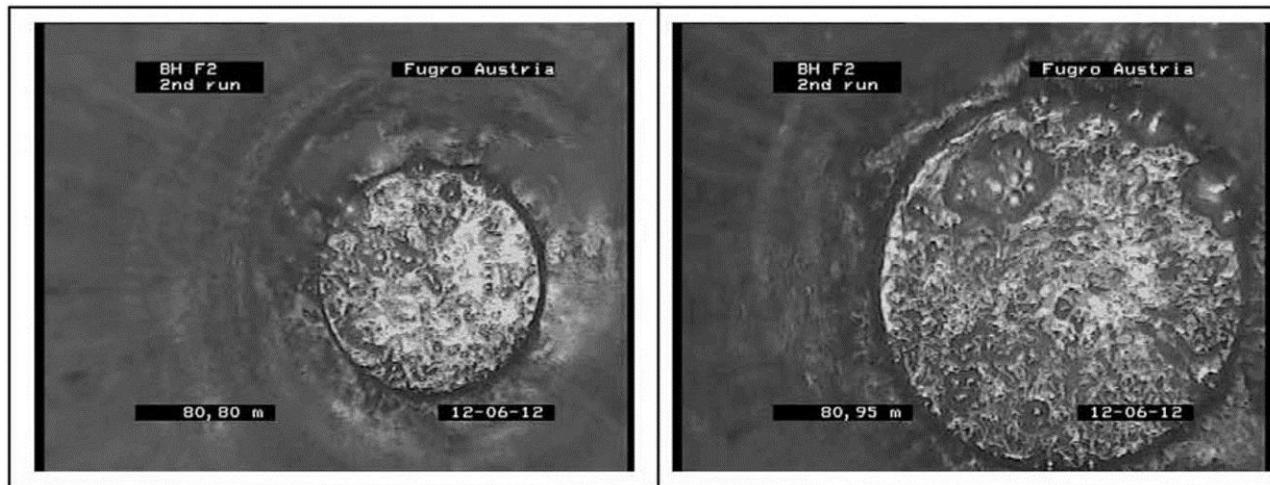


Abb.8 : Ausgasungen auf dem Grubenwasserspiegel im Bohrloch F 2 [1] und [4]

#### 4.2.5 *Biostratigrafische Detailuntersuchung*

In den Bohrkernen der Bohrung F 1 wurden im Tiefenbereich des ehemaligen Flözabbaus punktförmige Nester von glaukonithaltigem Feinsand („Grünsand“) makroskopisch festgestellt. Da die Vermutung bestand, dass es sich hierbei um tertiäres Material handelte, wurden isolierte Proben auf ihren Inhalt an Mikrofossilien weiter untersucht. Die Untersuchungen wurden von Fachleuten des Geologischen Dienstes NRW durchgeführt.

Tatsächlich wurde bei den Analysen nachgewiesen, dass der isolierte Feinsand aus dem Tiefenbereich des ehemaligen Flözabbaus in der Bohrung F 1 Mikrofossilien („Rhaxen“) enthält, die in marinen Ablagerungen des Oligozäns und Miozäns der Niederrheinischen Bucht verbreitet vorkommen. Das damit nachgewiesene tertiäre Alter der Mikrofossilien bzw. der Sand-Inklusionen kann als klarer Hinweis darauf gewertet werden, dass ein Transport von sandigem Material von den tertiären Deckschichten durch das Kluftnetz der kretazischen Mergelsteine in die ehemaligen Abbauhohlräume hinein stattgefunden hat.

## 5 Gesamtinterpretation der Entstehung des Tagesbruchs

Die einzelnen Erkenntnisse aus der durchgeführten Recherche der vorhandenen Unterlagen und der vor Ort-Untersuchungen wurden in einer ganzheitlichen Gesamtinterpretation zusammengeführt, um eine Erklärung für die Ursache und die Entstehung des Tagesbruchs zu entwickeln; folgender Ablauf wurde als Gesamtinterpretation vorgestellt (s.a. Abb. 9):

Das Flöz Laag V wurde direkt unter dem heutigen Tagesbruchbereich bis etwa 8 m unter Oberkante Karbon ausgekohlt; der Abbaubereich endet wenig östlich des Tagesbruchs in einer spitz zulaufenden Abbaufront. Direkt nach dem Steinkohleabbau entstanden entlang der Spitze der Abbaufront und entlang des Nordostrand des Erdstufen („Drempels“) an der Geländeoberfläche. Im abgebauten Flözgebiet selbst kam es an einigen Stellen zu sofortigen Senkungen der Firste und in anderen Bereichen blieben die Abbauhohlräume länger offen stehen. Die Verteilung dieser unterschiedlichen Reaktionsmuster mag zufällig sein, mag vom Ausbau (Holz) abhängen oder mag mit Gewölbewirkungen im Bereich des spitzwinklig auslaufenden Baufeldes zusammenhängen.

Auch innerhalb der wechselnd härteren und weicheren Mergelsteine der Maastricht-Formation kam es durch die Gebirgsbewegungen und die damit verbundenen Spannungsumlagerungen zur Öffnung von Wegsamkeiten und wahrscheinlich auch zu Aufblätterungserscheinungen entlang der Schichtfugen.

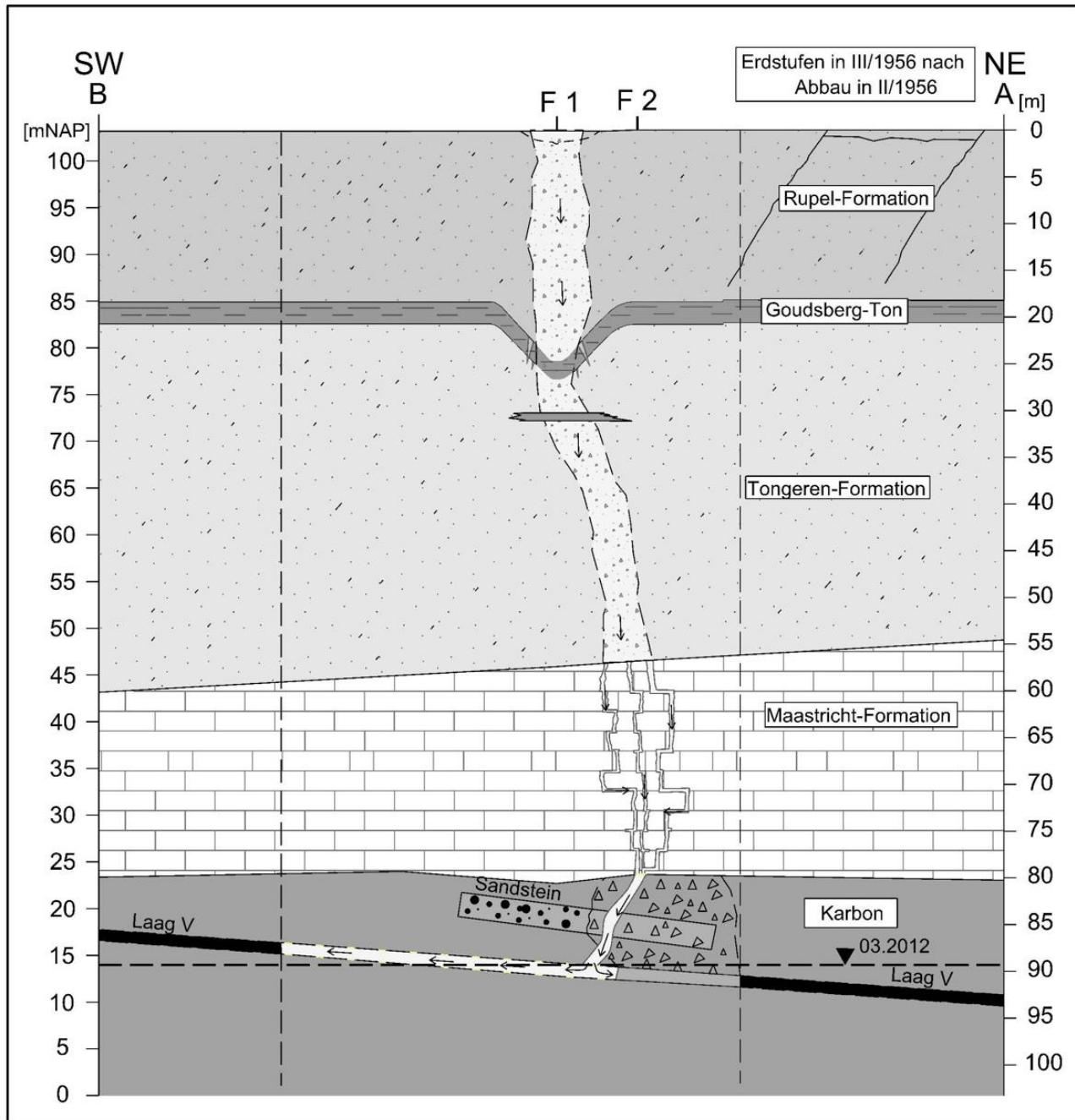


Abb.9 : Schematische Skizze der Entstehung des Tagesbruches

In Verbindung mit einem über Jahrzehnte anhaltenden und durch den Bergbau induzierten Leakage aus dem Deckgebirge in das Steinkohlengebirge kam es zu Transportvorgängen in den feinsandigen Schichten des Tertiärs (Tongeren-Formation). Größere Mengen tertiären Feinsandmaterials wurden in die vertikalen Klüfte und die etwa horizontalen, aufgeblätterten Schichtfugen der Maastricht-Mergelsteine umgelagert; kleinere Mengen an sandigem Material haben sogar den Weg bis in die ehemaligen Abbauhohlräume gefunden.

Auf diese Weise setzte in den tertiären Lockergesteinen ein klassischer Hochbruchprozess ein, der zunächst unter dem Goudsberg-Ton „gebremst“ wurde, letztlich aber zu einer Deformation des Goudsberg-Tons über dem Hochbruch führte und sich später bis zur Tagesoberfläche durchpauste.

Mit dieser Gesamtinterpretation ist aus Sicht des Gutachtergremiums eine bergbaulich induzierte Ursache des Tagesbruches belegt.

Es verbleibt aus fachlichen Überlegungen die Frage, warum das konkrete Tagesbruchereignis gerade in der Zeit erfolgt ist, als der ansteigende Grubenwasserspiegel die ehemaligen Abbauhohlräume vollständig geflutet und das Deckgebirge erreicht hat. Abgesehen davon, dass es sich hier um eine zufällige zeitliche Analogie handeln könnte, wurden insbesondere zwei Erklärungsansätze diskutiert:

1. Es besteht die Möglichkeit, dass allein der bekannte Effekt einer Verringerung der Reibungskräfte im Wasser eine Nachsackung des aufgelockerten Tagesbruchbereiches verursacht hat (Sättigungssetzung).
2. Da aber die stark komprimierte Luft oberhalb des Steinkohlengebirges in der Maastricht-Formation ein auffälliges Merkmal darstellte, wurde auch diskutiert, ob möglicherweise in einem kurzzeitigen Prozess vorher aufgestaute und komprimierte Luft durch den überlagernden aufgelockerten Tagesbruchbereich „ausgeblasen“ wurde und dabei für kurze Zeit eine Verringerung der Tragkraft des Bodens eintrat, was wiederum zum vergleichsweise schnellen Versagen der Betonstütze führte.

Die Klärung dieses auslösenden Faktors war im Rahmen der Aufgabenstellung nicht möglich und würde wahrscheinlich auch nicht eindeutig gelingen; vermutlich haben die beiden beschriebenen Prozesse ineinander gewirkt.

## 6 Ausblick

Die durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, dass eine bergbauliche Ursache für die Entstehung des Tagesbruches vorliegt. Die Ergebnisse wurden im Rahmen einer Pressekonferenz vorgestellt und vollständig im Internet publik gemacht. Danach wurde für das Südlimburger und Aachener Revier erstmals die Entstehung eines Tagesbruches über einem rd. 90 m tiefen Abbaufeld nachgewiesen. Die Entstehung dieses Tagesbruches ist umso erstaunlicher, als zwischen dem Festgestein des Oberkarbons und den tertiären Sanden auch noch die oberkretazischen Mergelsteine eingeschaltet sind.

In nachfolgenden Gesprächen mit der niederländischen Bergbehörde, der Gemeinde Heerlen und einem separat tätigen Gutachtergremium der Gemeinde Heerlen wurden noch einige Detailfragen diskutiert. Insgesamt kann festgestellt werden, dass heute in den beteiligten Fachkreisen Konsens hinsichtlich der Entstehung des Tagesbruches besteht.

Über die Grenzen der Gemeinde Heerlen hinweg hat das Tagesbruchereignis im niederländischen Grenzgebiet sowohl andere Gemeinden als auch Bauherren oder Industriebetriebe im Hinblick auf altbergbauliche Hinterlassenschaften sensibilisiert; zur Zeit wird ein flächendeckendes Risiko-Management-System installiert.

## Literatur

- [1] ADVIESBUREAU IR. J.G. HAGEMAN B.V. (2012): Sinkhole at Shopping Centre 't Loon, Heerlen. Rapport 7998-3-1. Investigation into the cause of the sinkhole.- Rijswijk/NL.
- [2] BEKENDAM, R.F. & PÖTTGENS, J.J. (1995): Ground movements over the coal mine of southern Limburg, The Netherlands, and their relation to rising mine waters.- Proceedings of the 5<sup>th</sup> Int. Symp. on Land Subsidence, S. 3-12, 6 Abb.; Den Haag/NL.
- [3] DE VENT, I. & ROEST, H. (2012): Neue Indizien für nachträgliche Einwirkungen des Steinkohlenabbaus in Südlimburg (NL)?- 12. Altbergbau-Kolloquium, 15 S., 6 Abb.; Goslar.
- [4] FUGRO AUSTRIA GMBH (2012): Subsidence in shopping-centre 'T Loon at the Homerus Square in Heerlen/NL Borehole F 2 Camera Inspection and Borehole Geophysics - Final Report.- 15 S., 3 Anl.; Bruck a.d.Mur/A.

- [5] INGENIEURBÜRO HEITFELD-SCHETELIG GMBH (2012): Report on geological-hydrogeological-mining settings around the sinkhole at Winkelcentrum 't Loon in Heerlen/Netherlands - State of knowledge before and after core borings.- 36 S., 8 Abb., 6 Anl.; Aachen.
- [6] MAINZ, M. (2008): Geotechnische Modellvorstellungen zur Abschätzung von Gefährdungsbereichen des Altbergbaus und Schachtschutzbereichen im Aachener Steinkohlenrevier.- Diss. RWTH Aachen, 158 S., 55 Abb., 8 Anh., 2 Anl.; Aachen.
- [7] ROSNER, P. (2011): Der Grubenwasseranstieg im Aachener und Südlimburger Steinkohlenrevier - Eine hydrogeologisch-bergbauliche Analyse der Wirkungszusammenhänge.- Diss. RWTH Aachen, 194 S., 67 Abb., 7 Tab., 4 Anh., 7 Anl.; Aachen.