

Hangstabilisierung durch Pfahlbock-Stützkonstruktionen am Beispiel einer Rutschung bei Lauterecken

MICHAEL ROGALL

Kurzfassung: Die dauerhafte Sanierung von aktiven Rutschungen ist meist mit erheblichem finanziellen und technischen Aufwand verbunden. In Fällen, in denen weder wichtige Verkehrswege noch zahlreiche Bauwerke betroffen sind, stehen keine großen Geldmittel für eine Sanierung zur Verfügung. Somit ist schnell die Grenze der wirtschaftlichen Verträglichkeit der Maßnahme erreicht.

Durch eine Kombination von Zugpfählen, einer Pfahlbock-Stützkonstruktion und gezielten Entwässerungsbohrungen können Rutschungen im Locker- und verwitterten Festgestein dagegen mit relativ geringem Aufwand saniert werden. Die Vorteile dieser Methode liegen in der Flexibilität während der Bauausführung, der Möglichkeit, auch aktive Rutschungen sanieren zu können sowie im geringen Eingriff in den Untergrund.

Am Beispiel einer Rutschungssanierung im Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens soll dieses konstruktive Verfahren vorgestellt werden, das sowohl in wirtschaftlicher als auch bautechnischer Hinsicht eine interessante Alternative zu konstruktiven Lösungen mit massiven Stützelementen darstellen kann.

Abstract: The permanent remediation of active landslides most often requires substantial technical and financial investment. In cases where neither important roads nor numerous buildings are impacted, available funds for remediation are limited. Therefore, the economic requirements of intervention quickly surpass available funds.

The combination of tension piles and drainage drills is an alternative construction method to stabilize landslides in loose rocks and is associated with a relatively limited amount of investment. This method's advantages lies in its flexibility during the construction phase, its potential to remediate active landslides, and its limited involvement in the underlying soil/rock.

The remediation of a landslide in Rheinland-Pfalz provides an overview of this remediation method, which can be a cost effective and technically superior alternative to construction with massive piles.

Einleitung

Im Frühjahr des Jahres 1998 kam es bei Aushubarbeiten für ein Einfamilienhaus innerhalb eines Neubaugebietes in der Ortsgemeinde Offenbach-Hundheim zu einer Rutschung. Die ungesicherte Baugrubenböschung hatte eine Höhe von etwa 5 bis 6 m und eine ursprüngliche Neigung von ca. 70 bis 80°.

Die Schadensstelle befindet sich nach der naturräumlichen Gliederung im Saar-Nahe-Berg- und Hügelland von Rheinland-Pfalz bei Lauterecken, etwa 30 km nordwestlich von Kaiserslautern. Die Abb. 1 gibt einen Überblick über die Lage des Untersuchungsgebietes.

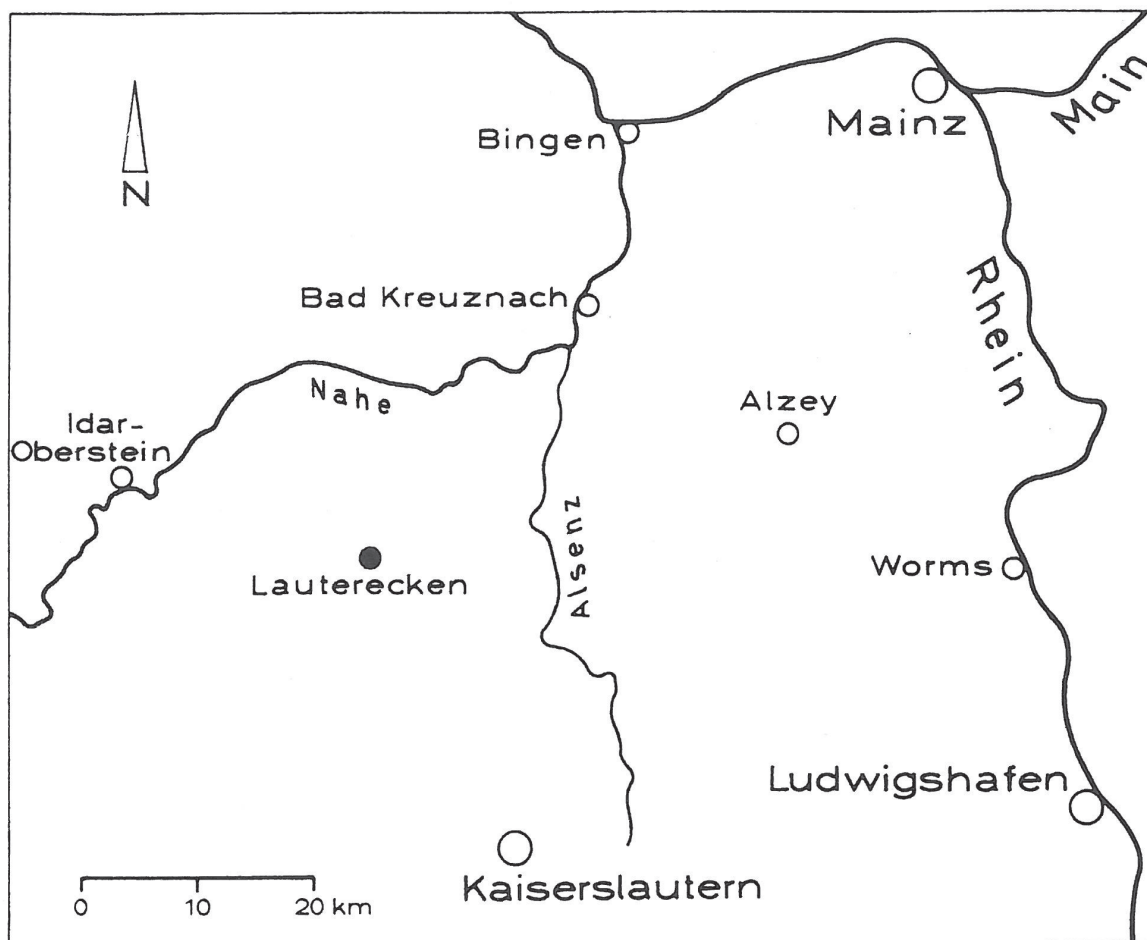


Abb. 1: Lage des Schadensgebietes.

Da die Rutschung nicht zum Stillstand kam und sich weiter ausdehnte, wurde das Geologische Landesamt Rheinland-Pfalz von der Verbandsgemeindeverwaltung Lauterecken um eine Begutachtung des Schadensfalles gebeten. Als Sofortmaßnahme wurde zur Stützung der Rutschmassen eine Verfüllung der Baugrube mit geeignetem, reibungsfestem Material sowie eine weitere Erkundung des Untergrundes empfohlen.

Zum Zeitpunkt der ersten Ortsbesichtigung im April 1998 hatte die Rutschung eine Ausdehnung von etwa 15×30 m. Im Wiesengelände oberhalb der Baugrube sowie im seitlich angrenzenden Brachgelände waren deutliche Abrisskanten mit einem vertikalen Versatz von etwa 15 bis 20 cm und einer Öffnungsweite von bis zu 5 cm erkennbar. Ein Strommast, der sich seitlich der Baugrube befand, war ebenfalls von den Hangbewegungen bedroht.

Innerhalb der nächsten Wochen zeigten sich im Hang Bewegungen, die die Gefährdungssituation weiter verschärften. Neue Abrisse im Gelände wiesen auf eine Vergrößerung der Rutschmasse hin. Ein ca. 20 m breiter Hauptabriss zeigte sich etwa 90 m oberhalb der Baugrube mit einem Vertikalversatz von 0,8 m (Abb. 3). Die Rutschung hatte zu diesem Zeitpunkt eine Länge von 160 m und eine Gesamtbreite von etwa 80 m (Abb. 2).

Geologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im nördlichen Teil des Pfälzer Berglandes in Rheinland-Pfalz. Geologisch gehört das Gebiet um Lauterecken zum intramontanen

Saar-Nahe-Becken. Die Füllung dieses Troges besteht aus kontinentalen Ablagerungen des Oberkarbon sowie den fluviatil-limnischen Sedimenten und vulkanischen Gesteinen des Rotliegend.

Im Untersuchungsgebiet baut sich der Untergrund aus Schluff- und Sandsteinen der Glan-Gruppe auf. Die hier zutage tretenden Lauterecken-Schichten setzen sich aus einer Wechsellagerung von graubraunen Sandsteinen und rötlich-grauen Schluff- und Ton-

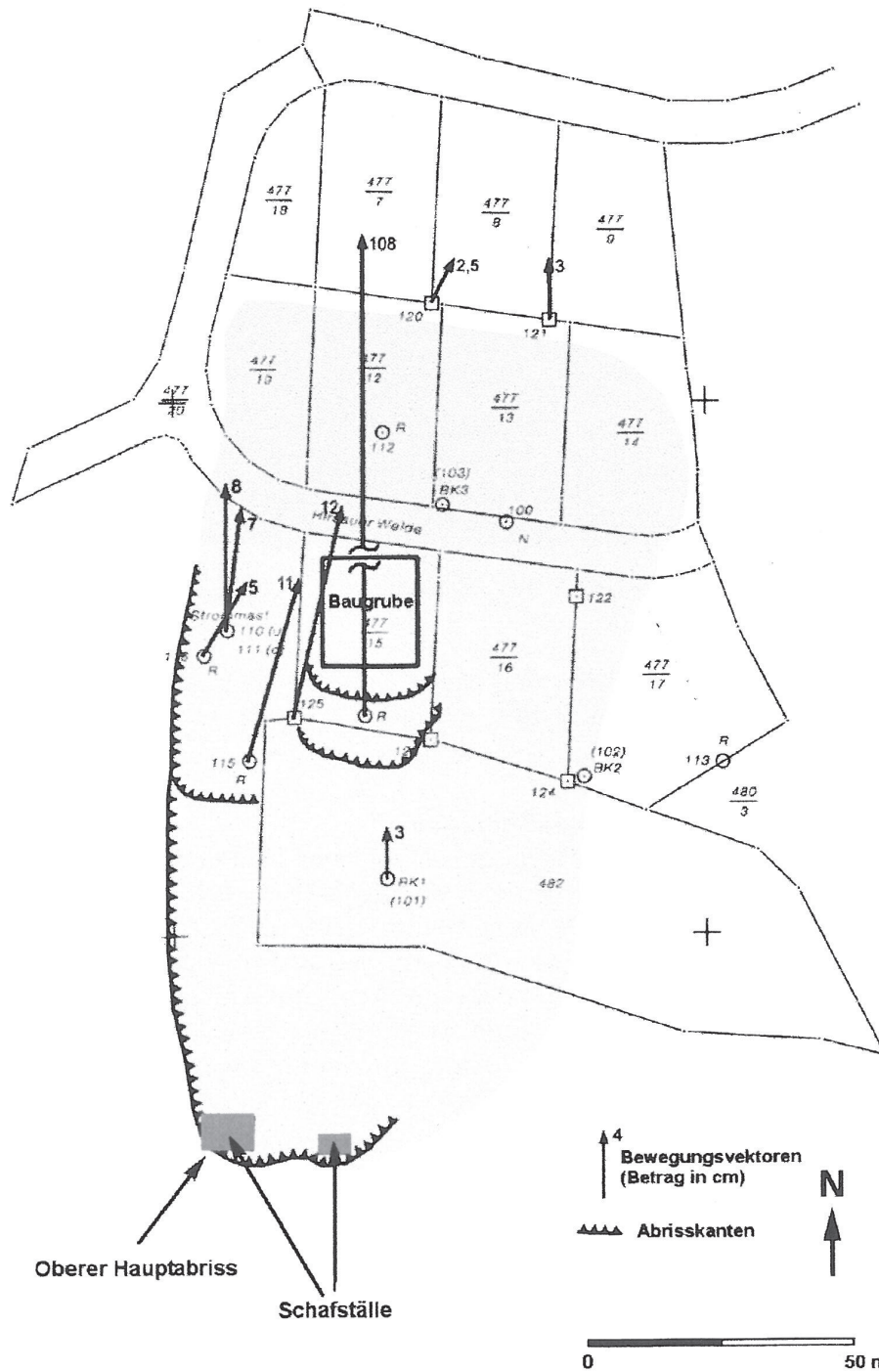


Abb. 2: Ausdehnung der Rutschmasse und Ergebnisse der geodätischen Vermessungen, grau: Rutschmasse.



Abb. 3: Hauptabriss der Rutschung an den Schafställen.

steinen zusammen. In diese Abfolge sind stellenweise 10 bis 50 cm mächtige Kohleflöze und bituminöse Kalkbänke eingeschaltet (ATZBACH 1976), die jedoch im Untersuchungsgebiet nicht gefunden wurden.

Erkundungs- und Überwachungsmaßnahmen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden 10 Baggerschürfe und 3 Kernbohrungen im Bereich des Neubaugebietes abgeteuft und nach ingenieurgeologischen Gesichtspunkten aufgenommen. Die Auswertung der Aufschlüsse ergab, dass sich die oberen Gesteinsschichten des Hanges aus einem kiesigen, schwach tonigen Schluff aufbauen. Bei dieser etwa 7 m mächtigen Lockergesteinsschicht handelt es sich um eine alte Hangrutschmasse, in die durch die Hangbewegungen verstellte und deformierte Gesteinspakete eingelagert sind. In einem Schurf am Hangfuß wurden unterhalb der alten Rutschmasse kiesige Talablagerungen gefunden, die durch die Hangbewegungen überfahren worden sind (s. auch Abb. 4).

Im Liegenden der Rutschmasse befindet sich eine 0,5 bis 0,8 m mächtige, stärker tonige und zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten stark aufgeweichte, nasse Schicht, bei der es sich um den eigentlichen Rutschhorizont handelt. Unterlagert wird die Schicht von anstehenden, aufgelockerten Schluffsteinen und Feinsandsteinen der Glan-Gruppe.

Zur Erfassung der Hangbewegungen wurden drei 15,0 bis 20,5 m tiefe Kernbohrungen abgeteuft und zu Inklinometermessstellen ausgebaut. Die messtechnische Überwachung erfolgte durch das Geologische Landesamt.

Die Messstelle BK 1, die sich oberhalb der Baugrube befindet, zeigte bei der ersten Folgemessung im Oktober 1998 deutliche Bewegungen in etwa 7 bis 8 m Tiefe. In der

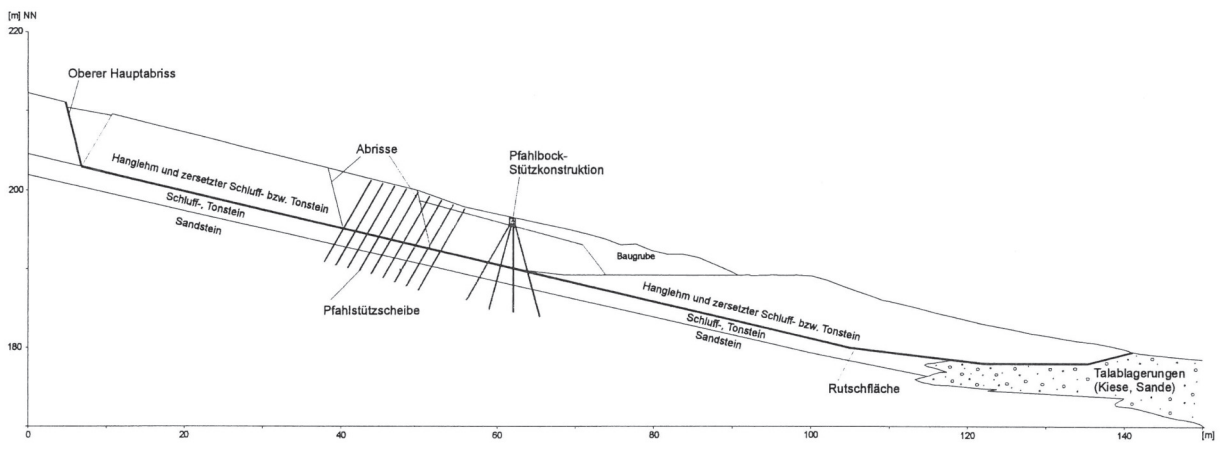


Abb. 4: Geologischer Schnitt mit Stützelementen.

Bohrung BK 2 wurden zu diesem Zeitpunkt keine eindeutigen Verformungen gemessen. Die Messstelle BK 3 wies starke Verformungen bis in eine Tiefe von etwa 4,5 m auf. Die Tiefenlagen der gemessenen Gleitbewegungen von ca. 7 bis 8 m bzw. 4,5 m, stimmten gut mit den Ergebnissen der Bohrkernaufnahmen überein, die in diesen Bereichen aufgeweichte Schluff- und Tonlagen ergaben. Bei einer zweiten Folgemessung im November 1998 waren die beiden Inklinometerrohre BK 1 und BK 3 bereits so stark verformt, dass keine weiteren Messungen mehr möglich waren.

Insgesamt 16 geodätische Messpunkte, die im Juli 1998 von einem Vermessungsbüro im Bereich der Rutschmasse gesetzt und eingemessen wurden, lieferten weitere Informationen über erfolgte Bewegungen. Die Messpunkte, die neben neu gesetzten Punkten auch die drei Inklinometermessstellen sowie alte Grenzsteine umfassten, wurden einmal im Monat eingemessen und die Ergebnisse ausgewertet. Innerhalb der nächsten 5 Monate ergaben sich zum Teil deutliche Bewegungen von 2 bis 108 cm, die alle in Fallrichtung des Hanges gerichtet waren. Messwerte < 2 cm wurden aufgrund der Fehlertoleranz nicht berücksichtigt. Die größten Bewegungen wurden im Bereich der Baugrube registriert. Der unmittelbar neben dem Baugrundstück gelegene Hochspannungsmast zeigte Verschiebungsbeträge von insgesamt 7 bis 8 cm. Die Bewegungsvektoren sind in der Abb. 2 dargestellt.

Ursachen der Rutschung

Die Hänge im Bereich von Lauterecken sind als rutschungsanfällig bekannt. Zahlreiche Hanginstabilitäten haben in der Vergangenheit zum Teil aufwändige Sanierungsmaßnahmen notwendig gemacht. FEIN & HÄFNER (1984) haben die bis dato bekannten Rutschmassen und gefährdeten Hangabschnitte der topographischen Karte 1:25 000, Blatt 6311 Lauterecken, erfasst und in einer Hangstabilitätskarte veröffentlicht. In der Karte sind zahlreiche Hangabschnitte mit fossilen, größtenteils inaktiven Rutschgebieten ausgewiesen worden. Diese Hangbewegungen haben sich in vorhistorischer Zeit in Perioden mit deutlich erhöhten Niederschlägen (sog. Pluvialen) ereignet und sind morphologisch bereits stark überprägt worden. Ein Erkennen der Rutschungen ist für Laien daher kaum möglich.

Die Ursachen für die Rutschungen liegen meist in den geologischen und morphologischen Randbedingungen. Die Schichten zeigen häufig ein hangparalleles Einfallen. Wenn der Fallwinkel geringer als die Hangneigung ist, kann es bei gleichzeitiger Durchnässung von rutschungsempfindlichen Schichten zu einem Abrutschen der Schichtpakete kommen. Ein weiterer wichtiger auslösender Faktor sind künstliche Eingriffe ins Hanggleichgewicht. So sind viele Rutschungen durch Böschungsanschnitte am Hangfuß ausgelöst worden.

Auch im hier beschriebenen Fall war der auslösende Faktor die Anlage einer ungesicherten Baugrube. Die eigentliche Ursache war jedoch eine fossile Rutschmasse, die sich schon vor dem Eingriff in die Hanggeometrie in einem labilen Gleichgewicht befand.

Sanierungskonzept

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse war vor einer Bebauung des Gebietes eine umfassende Sanierung der Rutschung unerlässlich. Die Sicherungsmaßnahmen mussten über die gesamte Breite des Neubaugebietes erfolgen und bis in das anstehende Festgestein reichen. Eine Entwässerung des Hanges durch Drainageschlitze als alleinige Maßnahme wurde wegen der Aktivität der Rutschmasse und des Gefährdungspotentials als zu kritisch angesehen. Die Sanierung der Rutschung durch Bodenaustausch kam wegen der Größe der Rutschmasse und der Tiefenlage der Gleitfläche nicht in Betracht. Im vor-

liegenden Fall bot sich daher die Stabilisierung des Hanges durch eine Kombination von Entwässerungsmaßnahmen und Stützbauwerken an. Als mögliche Sanierungsmaßnahmen kamen im wesentlichen zwei Konzepte in Frage:

- Injektionsvernagelung des Rutschgebietes in Kombination mit Pfahlbock-Stützkonstruktionen und kombinierten Entwässerungsbohrungen.
- Sicherung des Hanges durch den Einbau von Hydrozementations-Stützkörpern mit zwischengeschalteten Entwässerungsrigolen.

Beide Sanierungskonzepte haben sich bereits in ähnlichen Fällen bewährt und bieten den Vorteil, dass keine bzw. nur geringe Aushubmaterialien bei den Arbeiten anfallen und somit kaum Deponierungs- und Transportkosten entstehen.

Zur Ausführung kam die Stabilisierung durch Verpress-Zugpfähle und eine Pfahlbock-Stützkonstruktion in Kombination mit Entwässerungsbohrungen (Abb. 6).

Die aus Verpresspfählen gemäß DIN 4128 bestehenden 9 Pfahlstützscheiben sollten einen Teil der erforderlichen Stützkräfte aufnehmen. Hierbei wurden jeweils 5 bis 9 Injektionspfähle in 3 Reihen in einem Abstand von 0,5 bis 1,0 m zueinander angeordnet. Die Verteilung der abschiebenden Kräfte auf zahlreiche kleinkalibrige Zuelemente bewirkt eine Bewehrung des Untergrundes, wobei die Injektionspfähle als Bewehrungselemente sowohl Zugkräfte als auch Scherkräfte im Gleitflächenbereich aufnehmen können.

Die Pfahlbock-Stützkonstruktion besteht aus Zug- und Druckpfählen sowie einem lastverteilenden Betonkopfbalken aus bewehrtem B 25 Beton. Dieses Element nimmt den Rest der abschiebenden Kräfte im Hang auf und dient gleichzeitig als direkte Sicherung der bestehenden und geplanten Baugrubenböschungen.



Abb. 5: Einbau der Injektionspfähle.

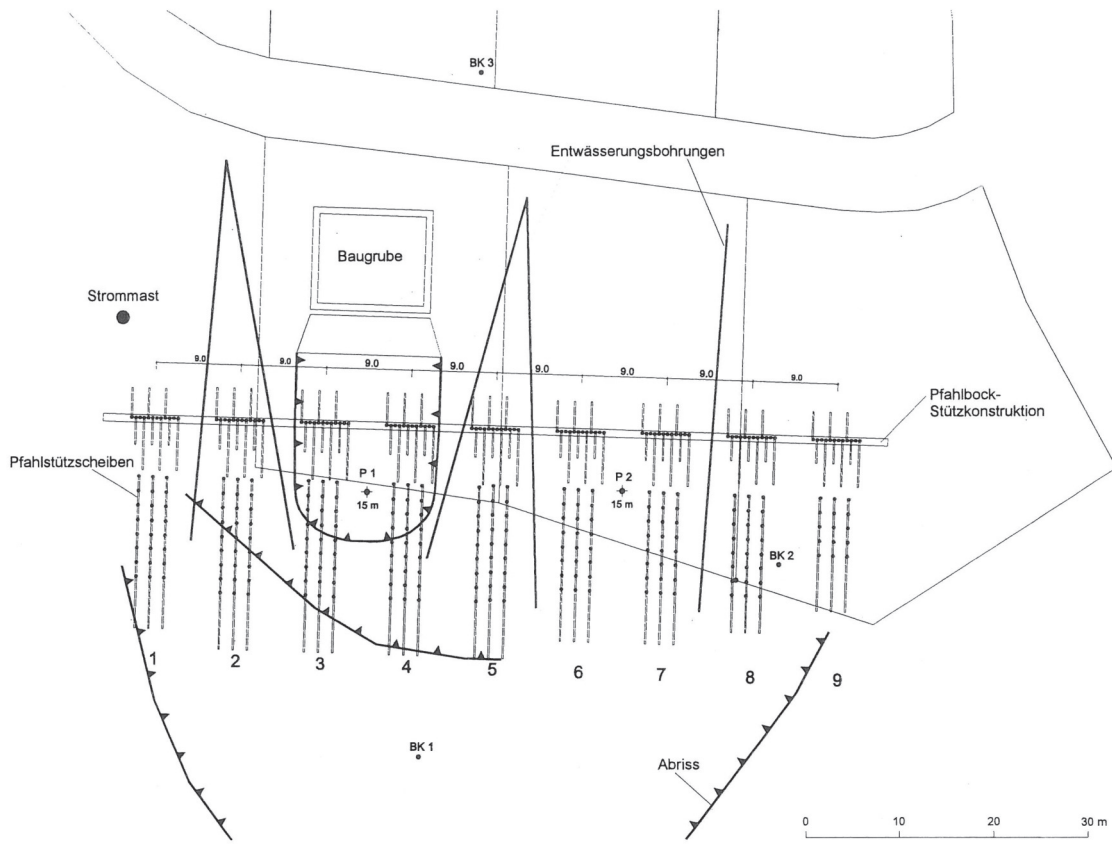


Abb. 6: Detailplan der Sanierung mit Lage der Stützelemente.

Die Drainage des Hangbereiches sollten fünf horizontale Entwässerungsbohrungen am Hangfuß übernehmen. Die 40 m langen Drainagerohre aus Stahl wurden in einem Winkel von etwa 3° eingebaut und durchteufen die wasserführende Rutschfläche.

Die Sanierungsarbeiten konnten ohne wesentliche Schwierigkeiten durchgeführt werden und dauerten etwa 3 Wochen. Zunächst wurden die aktiven Hangbewegungen durch den Einbau der Pfahlstützscheiben gestoppt. Die Herstellung der 216 Pfähle, die über ein geschlitztes Stahlrohr (60,3 mm Durchmesser) mit Beton drucklos verfüllt wurden, erfolgte vom Rand der Rutschmasse zum Zentrum hin (Abb. 5). Anschließend wurden die Druck- und Zugpfähle der Pfahlbock-Konstruktion hergestellt und mit einem 0,8 × 0,8 m breiten und 85 m langen, bewehrten Stützriegel verbunden.

Von den fünf horizontalen Entwässerungsbohrungen zeigt nur eine der Drainagen eine periodische Wasserführung. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Injektionspfähle als vertikale Drainageelemente wirken und das Wasser aus der Gleitschicht in tiefere Gesteinsschichten ableiten.

Zur Beweissicherung und Überwachung der Sanierungsmaßnahme wurden zwei Inklinometer oberhalb der Pfahlbock-Konstruktion eingebaut. Die Messungen, die vom Geologischen Landesamt Rheinland-Pfalz ausgeführt und ausgewertet werden, zeigten keine weiteren Hangbewegungen an.

Zusammenfassung

Insgesamt hat sich das Sanierungsverfahren einer Kombination von Zugpfählen, Pfahlbock-Stützkonstruktionen und gezielten Entwässerungsbohrungen im vorliegenden Fall sehr gut bewährt. Die zunächst abgeteufte und flexibel anwendbaren Injektionsbohrungen lieferten detaillierte Informationen über den Aufbau und die Wasserführung des Untergrundes. Die weiteren Maßnahmen (Pfahlbock-Konstruktion und Entwässerungsbohrungen) konnten mit Hilfe dieser Informationen besser abgestimmt und wirtschaftlich angepasst werden.

Die Gesamtkosten der Sanierung beliefen sich auf etwa 410 000 DM, wobei sechs Baugrundstücke und eine Straße dauerhaft stabilisiert und gesichert werden konnten.

Schriften

- ATZBACH, O. (1976): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25 000 Blatt 6311 Lauterecken, mit Erläuterungen, 114 S., 12 Abb., 11 Tab., Mainz.
- DIN 4128: Verpresspfähle (Ortbeton- und Verbundpfähle) mit kleinem Durchmesser. Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung. DIN-Taschenbuch, 36, Erd- und Grundbau, (Beuth-Verlag) Berlin.
- FEIN, W. & HÄFNER, F. (1984): Massenbewegungen im Rotliegenden der Nordpfalz, dargestellt am Beispiel des Messtischblattes Lauterecken. — Mainzer geowiss. Mitt., 13, S. 19–36, 11 Abb., 2 Tab., Mainz.
- ROGALL, M. (1998): Geotechnische Stellungnahme zur Hangrutschung Neubaugebiet Offenbach-Hundheim. Archiv des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz, Mainz. — [unveröff.].

Anschrift des Autors: Diplom-Geologe Dr. MICHAEL ROGALL, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Emy-Roeder-Str. 5, 55129 Mainz.

Manuskript eingegangen am 22. 2. 2000