

## DIE RUTSCHUNG SÜDLICH VON IMMENSTADT

### EINE KOMBINIERTE RUTSCHUNG MIT GEFÄHRLICHEN AUSWIRKUNGEN AUF STADT UND INFRASTRUKTUR

## THE LANDSLIDE SOUTH OF IMMENSTADT/ALLGÄU

### A COMBINED LANDSLIDE CAUSING DANGERS TO THE TOWN AND INFRA- STRUCTURE FACILITIES

Karl Mayer<sup>1</sup>, Günther Bunza<sup>2</sup>

#### ZUSAMMENFASSUNG

Mitte März 2006 setzte sich am Immenstädter Horn eine Rutschung in Bewegung. Ein Teil der Rutschmassen lagerte sich auf einer Verebnung im Hang ab. Durch die enorme Auflast kam es zur Mobilisierung des darunter liegenden Hanges und zur Bildung einer Sekundärrutschung. Es drohte der Aufstau des Steigbaches, die Zerstörung der Zufahrten zum Steigbachtal sowie die Zerstörung der Wasserversorgung von Immenstadt. Um Aufschluss über die Kinematik der Rutschung zu erhalten, wurden detaillierte Kartierungen des Rutschgebietes durchgeführt, die dann Basis für die Stabilisierungsmaßnahmen waren. Der Bereich um die Rutschung wird vom Landesamt für Umwelt (LfU) weiterhin messtechnisch überwacht, um auf eine Ausweitung der Rutschung rechtzeitig reagieren zu können. Die durchgeführten baulichen Maßnahmen führten zu einer nachweislichen Stabilisierung der Sekundärrutschung und hatten damit eine erhebliche Risikominimierung für die Stadt Immenstadt sowie die Rettung der Wasserversorgung und der Zufahrtswege zum Steigbachtal zur Folge. Im südlichen Bereich der Rutschmasse sind jedoch weitere Hangbewegungen mit Geschiebeeintrag in den Steigbach nicht auszuschließen, was unter anderem die Errichtung von Schutzbauwerken im Steigbach mitbegründet hat.

**Keywords:** Hangbewegung, Risikominimierung, Rutschung

#### ABSTRACT

In March 2006 a landslide at the southern outskirts of Immenstadt started to move. A great part of the landslide debris accumulated in a plain in the middle of the slope. Due to the heavy upload a secondary landslide developed under the plain. The greatest risks caused by the landslide were the probable damming of the river Steigbach, the destruction of the accommodation roads to the Steigbach valley and the destruction of the water supply of Immenstadt. To get more information about the mechanism of the landslide, detailed mappings as well as

---

<sup>1</sup> Karl Mayer Dipl.-Geol., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Geologischer Dienst, Ref. Angewandte Geologie Süd, Bürgermeister-Ulrich-Str. 160, 86179 Augsburg, Deutschland

<sup>2</sup> Assoc. Prof. Dr. Günther Bunza Dipl.-Geol., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Ref. Hochwasserschutz und alpine Naturgefahren, Bürgermeister-Ulrich-Str. 160, 86179 Augsburg, Deutschland

monitoring measurements have been carried out, to create a basis for constructural consolidation measures. The measures led to a stabilization of the secondary landslide, so that the risk for the town, the accommodation roads and the water supply could be minimized. In the southern part of the landslide still movements of a larger rock mass take place. This demands the construction of a consolidation and a check dam as well as the permanent monitoring of the landslide.

**Keywords:** landslide, risk mitigation, debris flow

## EINFÜHRUNG

Am 21.03.2006 bildete sich eine Rutschung am südlichen Ortsrand der Stadt Immenstadt. Bei einer ersten Einschätzung der Hangbewegung zeigte sich, dass nicht nur die Zufahrtswege zum Steigbachtal akut gefährdet waren, sondern eine weitaus größere Gefährdung für den Steigbach selbst und für Infrastrukturanlagen wie Wasserhochbehälter, Wasserleitung und Hochspannungsleitung, die alle im potentiell möglichen Einflussbereich der Rutschung lagen, bestand.

Bei den nachfolgenden Ausführungen soll erläutert werden, wie sich die Rutschung, die nach wie vor teilweise aktiv ist, entwickelte. Neben einer ingenieurgeologisch-morphologischen Betrachtung werden auch Angaben zur Kinematik der Rutschung gemacht. Ebenso werden die Maßnahmen zur Stabilisierung und zur messtechnischen Überwachung der Rutschmasse beschrieben.

## GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Das gesamte Gebiet befindet sich im Bereich der so genannten Faltenmolasse, die die nördlichste tektonische Einheit der bayerischen Alpen darstellt. Der Gebirgszug südlich von Immenstadt (Immenstädter Horn) wird westlich des Steigbaches von den so genannten Kojen-Schichten und den darunter lagernden Steigbach-Schichten aufgebaut. Im östlichen, oberen Bereich des Immenstädter Horns stehen die Kojen-Schichten an. Unterhalb von ca. 900 m ü.NN sind mächtige Sandstein- und Mergellagen anzutreffen, die zu den oberen Steigbach-Schichten zu stellen sind. Die Kojen-Schichten sind durch eine Wechsellagerung von bis zu 50 m mächtigen, sehr harten Konglomeratbänken (Nagelfluh) mit bis zu 4 m mächtigen Sandstein- und bis zu 10 m mächtigen Mergellagen gekennzeichnet. An der Nordseite des Immenstädter Horns fallen die Schichten mit 30° bis 40° nach Süden ein. Auf der nach Osten exponierten Seite des Immenstädter Horns, also in dem Bereich, indem sich die Rutschung bildete, fallen die Schichten mit ca. 40° etwa nach Westen, also hangeinwärts ein. Senkrecht zu dieser Schichtung stehen deutlich ausgebildete Klüfte, die mit ca. 60° nach Osten einfallen. Die Klüftung ist teilweise hangparallel ausgebildet und stellt wohl die für die Hangbewegung relevante Trennfläche dar. Die Steigbach-Schichten sind in diesem Bereich schlecht aufgeschlossen und nur unsicher von den Kojen-Schichten zu unterscheiden. Vermutlich ist die Grenze durch eine Verebnung bei ca. 840 m ü.NN gekennzeichnet. Weiter taleinwärts konnten auch vereinzelt Eisstausedimente gefunden werden.

Im gesamten von der Rutschmasse betroffenen Bereich wurden bereits bei früheren Kartierungen Hinweise auf alte, reliktsche Hangbewegungen gefunden. So wiesen große, aus dem Gebirgsverband gelöste Nagelfluhblöcke darauf hin, dass zum einen Sturzereignisse aus den oberen Nagelfluhwänden in der Vergangenheit stattgefunden haben, zum anderen die Nagelfluhblöcke wohl auf weicher Unterlage aus ihrer ursprünglichen Lage abrutschten. Ebenso war die unruhige Morphologie Anzeichen für geringe latente Kriechbewegung im Untergrund.

## ZEITLICHE ENTWICKLUNG DER HANGBEWEGUNG

Im September 2005 kam es vermutlich in Folge der starken Niederschläge vom August 2005 zu ersten Anzeichen verstärkter Bewegungen im Hangbereich zwischen 940 m ü.NN und 960 m ü.NN (Abb.1). Nach Aussage des städtischen Forstamtes Immenstadt traten zu dieser Zeit



**Abb. 1:** Photo September 2005. Hornweg Richtung Süden bei ca. 950 m ü.NN. Die Pfeile markieren einen Anbruchbereich mit Rissbildungen. (Photo Forstamt Immenstadt)

**Fig. 1:** Photo September 2005. South of Hornweg at 950 m a.s.l. The red arrows are marking the detachment and cracking zone (Photo Forstamt Immenstadt)



**Abb. 2:** Photo 17.03.2006. Der Pfeil deutet auf den Anbruchbereich

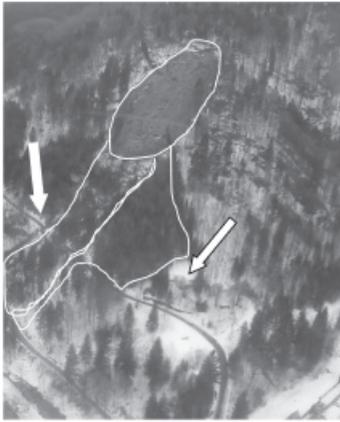
**Fig. 1:** Photo 17.03.2006. The arrow marks the detachment zone

erste hangparallele Risse auf. Für die darauf folgenden Herbst- und Wintermonate lagen keine Informationen über die Entwicklung der Risse vor. In der Nacht vom 14. auf den 15. März 2006 beschleunigten sich die Bewegungen dramatisch und es entstand ein ca. 50 m breiter Anbruch bei ca. 950 m ü.NN. Das teilweise grobblockige Material brach nach und nach aus, so dass sich der Anbruchbereich schrittweise hangaufwärts verlagerte. Aufgrund der übersteilten Morphologie unterhalb des Hauptanbruches erweiterte sich dieser auch nach unten.

Im Laufe des darauf folgenden Tages entstand durch die Bewegungen ein ca. 0,6 ha großer Anbruchbereich (Abb. 2). Das ausgebrochene und abgerutschte Lockermaterial kam im Bereich einer Verebnung bei 860 m ü.NN zum Stillstand. In den folgenden Stunden und Tagen nahmen die Bewegungen immer mehr zu. Am Morgen des 23.03.2006 nahm der weithin sichtbare Anbruchbereich dann eine Fläche von ca. 1 ha ein. Das in der Verebnung bei 850 m ü.NN zum Stillstand gekommene Rutsch- und Sturzmaterial erhöhte die Auflast auf den

Unterhang so sehr, dass sich zunächst der Hangbereich direkt unterhalb der Verebnung in Bewegung setzte. Es entstand eine Art „Schuttstrom“ (sekundäre Hangbewegung) der am Vormittag des 23.03.2006 den oberen Steigbachweg erreichte und diesen unpassierbar machte (Abb. 3; Pfeil). Bei weiteren Geländeuntersuchungen am 23.03.2006 konnten die Ausmaße der Rutschung genauer ermittelt werden. Zu diesem Zeitpunkt war der obere Forstweg bereits zerstört und wies eine deutliche talwärts gerichtete Auslenkung auf (Abb. 3; weißer Pfeil). Ebenso konnte erkannt werden, dass sich ca. 25 Höhenmeter oberhalb der Hauptanbruchkante

ein Riss befand, an dem sich ein Versatz von mehreren Metern gebildet hatte. Am 27.03.2006 erreichte der Schuttstrom, der sich in Folge der starken Auflast auf die Verebnung bei



850 m ü.NN bildete, den Steigbach. Dabei wurde auch der untere Steigbachweg zerstört und unpassierbar. An der Wildbachsperre, die sich am Talausgang des Steigbachtals befand, traten erste Risse auf. Erste Wulst- und Rissbildungen konnten auch nördlich des sekundären Schuttstromes oberhalb des Wasserbehälters erkannt werden. Hier entwickelte sich nach Norden hin eine immer größere Sekundärdrütschung, wobei die Aktivität bzw. die Bewegungsbeträge im unteren, südlichen Bereich (Abb. 3) im Laufe der Zeit abnahmen und im unteren, nördlichen Bereich immer mehr zunahm. Aufgrund der morphologischen Verhältnisse bildete sich im nördlichen Bereich der Verebnung ein zweiter Sekundärdrütschstrom. Die auftretenden Bewegungen verlagerten sich in Richtung Wasserbehälter (unterer Pfeil).

**Abb. 3:** Photo 24.03.2006. Zu sehen sind die Teilbereiche der Rutschung  
**Fig. 3:** Photo 24.03.2006. The different parts of the landslide in different areas

Zum Zeitpunkt einer Befliegung am 05.05.2006 war ein Großteil des Baumbestandes bereits entfernt worden, so dass die Ausmaße der gesamten Rutschmasse gut zu erkennen waren (Abb. 4). Ebenso wie im Anbruchbereich erweiterte sich die Rutschmasse auch am Fuß der Hangbewegung, unterhalb des oberen Steigbachweges (Abb. 5).



**Abb. 4:** Anbruchbereich der Hauptrutschung.  
**Fig. 4:** Upper part of the primary landslide



**Abb. 5:** Unterer Bereich der Hangbewegung.  
**Fig. 5:** Lower part of the landslide

## ART UND AUSDEHNUNG DER HANGBEWEGUNG

Die Hangbewegung kann nach genauerer Betrachtung des Bewegungsmechanismus in zwei Teile untergliedert werden. Zum einen in eine primäre Felsrutschung, zum anderen in eine Sekundärhangbewegung, die ihrerseits weiter untergliedert werden kann.

## **Primärrutschung**

Die obere Hauptanbruchkante der Primärrutschung liegt zwischen 940 m ü.NN und 960 m ü.NN. Hier bildete sich der weithin sichtbare Hauptanbruch, aus dem es nach wie vor zum Abgleiten von Lockermaterial und zum Abstürzen von teilweise bis zu mehreren Kubikmeter großen Blöcken kommt. Bereits am 24.03.2006 war oberhalb dieser Hauptanbruchkante ein weiterer deutlich ausgebildeter Riss zu erkennen, an dem sich ein Versatz von bis zu 10 m bildete. Es handelte sich um Nachbrucherscheinungen, die bis in eine Höhe von 975 m ü.NN reichten. Inzwischen ist auch dieser Absatz komplett abgeglitten. Die nördliche Begrenzung des Hauptanbruches ist deutlich ausgebildet und verläuft von 975 m ü.NN nach Osten bis zu einer Verebnung auf 850 m ü.NN. Eine südliche Begrenzung der Hauptanbruchnische ist von 940 m ü.NN Richtung Osten bis zu der Verebnung bei ca. 850 m ü.NN gut zu erkennen. Südlich dieser deutlichen Nische sind weitere Anzeichen für aktive Bewegungen zwischen 950 m ü.NN und 875 m ü.NN sichtbar. Der bereits weitgehend ausgeglittene Hauptanbruch ist durchschnittlich 75 m breit und nimmt eine Fläche von 19.500 m<sup>2</sup> ein. Bei einem durchschnittlichen, aus dem Geländeprofil abgeschätzten Tiefgang von 10 m kann das Volumen der bereits abgeglittenen Rutschmasse auf ca. 195.000 m<sup>3</sup> geschätzt werden. Der noch nicht vollständig ausgeglittene aber stark bewegte Teil südlich der Hauptanbruchkante nimmt eine Fläche von knapp 9.000 m<sup>2</sup> ein. Die Kubatur dieses potentiell abgleitgefährdeten Bereiches beläuft sich bei einem durchschnittlichen Tiefgang von 10 m auf ca. 90.000 m<sup>3</sup>.

## **Sekundärrutschung**

Die gesamte Rutschmasse, die aus dem Hauptanbruchbereich ausgebrochen und abgeglitten ist, kam im Bereich einer Verebnung zwischen 835 m ü.NN und 845 m ü.NN zum Stillstand. Durch diese Auflast wurde das Gelände unterhalb der Verebnung instabil. Auf einer Fläche von 21.500 m<sup>2</sup> entwickelte sich ein Rutschbereich, der in unterschiedliche Homogenitätsbereiche untergliedert werden konnte. Zuerst entstand eine ca. 50 m breite, schuttstromartige Rutschung, ausgehend von der Verebnung bis zum Steigbach. Im Bereich des oberen Steigbachweges verschälerte sich der Schuttstrom auf 35 m, um sich unterhalb des Weges fächerartig bis auf ca. 90 m zu verbreitern. Der Tiefgang des ersten Schuttstromes konnte auf bis zu 15 m geschätzt werden. Zu einem späteren Zeitpunkt setzte sich der gesamte Bereich zwischen dem Schuttstrom und dem Wasserbehälter (Abb. 3) in Bewegung. Gleichzeitig entstand ein zweiter Schuttstrom, der sich ausgehend vom nördlichen Teil der Verebnung in einem leichten Bogen in Richtung Wasserbehälter bewegte. Vor allem im unteren Bereich des zweiten Schuttstromes war der Tiefgang nicht größer als 2 m. Hier wurde das Gelände von den aus der Verebnung zäh abfließenden Rutschmassen „überwulstet“. Hinweise für diese Aussage waren, dass im Bereich des ersten Schuttstromes der obere Steigbachweg nicht nur überschoben wurde, sondern entlang einer tiefgründigen Gleitbahn komplett abgeglitten war. Im Bereich des zweiten Schuttstromes wurde sowohl der Wasserbehälter als auch die Betonmauer am oberen Steigbachweg überschoben, jedoch nicht versetzt oder gar zerstört. Bei einem geschätzten durchschnittlichen Tiefgang der Sekundärbewegungen von ca. 8 m errechnete sich eine Gesamtkubatur der bewegten Masse von ca. 170.000 m<sup>3</sup>.

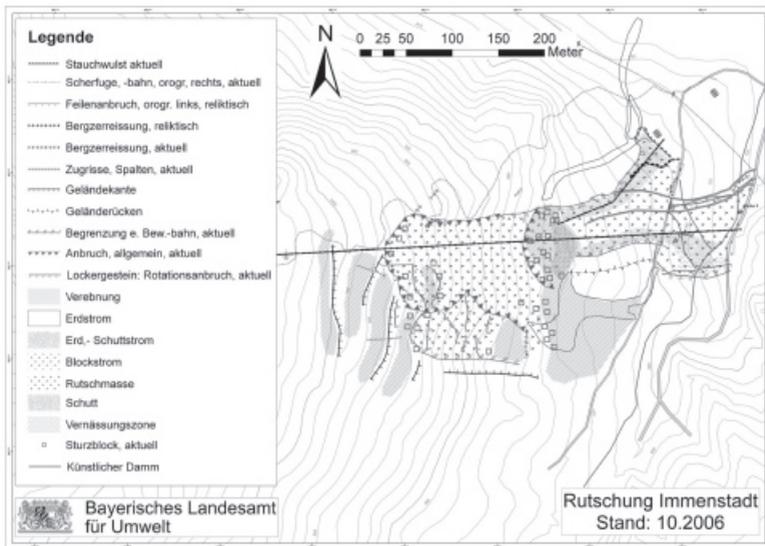
Sowohl an der nördlichen als auch an der südlichen Seite der Verebnung bildeten sich zu Beginn der Rutschbewegungen jeweils ein kleinerer Schlammstrom, die sich seitlich an der Hauptanbruchmasse vorbei talwärts bewegten. Gespeist wurden die Schlammströme von dem breiigen Material, das sich in der Verebnung angesammelt hatte. Folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die Dimensionen der Hangbewegung:

**Tab. 1:** Überblick über Kubatur und Ausmaß der Rutschmassen  
**Tab. 1:** Overview about the cubature and the size of the landslide

	Fläche	Kubatur
Von der Rutschmasse betroffenes Gebiet	52.000 m <sup>2</sup>	400.000 m <sup>3</sup>
Primärrutschung gesamt (oberer Bereich)	28.000 m <sup>2</sup>	280.000 m <sup>3</sup>
Hauptanbruch (weitgehend abgerutscht)	19.500 m <sup>2</sup>	195.000 m <sup>3</sup>
Potentiell nachsturzgefährdet gesamt	8.800 m <sup>2</sup>	50.000 m <sup>3</sup> - 100.000 m <sup>3</sup>
Sekundärrutschung gesamt (unterer Bereich mit Materialanteil aus der Primärrutschung)	21.500 m <sup>2</sup>	170.000 m <sup>3</sup>

## KARTENGRUNDLAGEN ZUR INGENIEURGEOLOGISCH-MORPHOLOGISCHEN KARTIERUNG

Die ingenieurgeologisch-morphologische Spezialkarte wurde im Zuge von mehreren Geländebegehungen erstellt. Als Kartiergrundlage konnte die topographische Karte 1:25.000

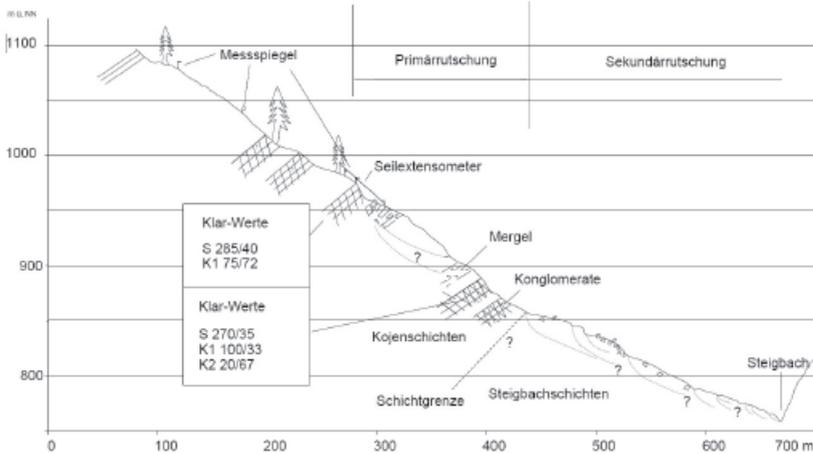


**Abb. 6:** Geotechnisch- geomorphologische Karte  
**Fig. 6:** Geotechnical, geomorphologic map

nicht verwendet werden, da diese zu ungenau ist. Im Zuge des EU-Projektes „Gefahrenhinweiskarten Oberallgäu“ war für den gesamten Alpenanteil des Landkreises Oberallgäu ein digitales Geländemodell (Rasterweite 10 m) erstellt worden. Auf der Basis dieses Modells konnte eine neue, genauere topographische Karte erstellt werden, die als Kartiergrundlage verwendet wurde. Sämtliche Ergebnisse der Kartierung wurden vektorisiert, liegen somit digital vor und konnten ständig aktualisiert werden. Da die Hangbewegung immer noch aktiv

ist und ständigen Veränderungen unterliegt, muss berücksichtigt werden, dass die vorliegende Karte und das Profil dem Stand vom Oktober 2006 entspricht.

### Profil Rutschung Immenstadt



**Abb. 7:** Geotechnisch- geomorphologisches Profil  
**Fig. 7:** Geotechnical, geomorphologic cross-section



**Abb. 8:** Überblick über die gesamte Rutschung. Unterhalb der Verebnung ist die Ableitrinne zu erkennen  
**Fig. 8:** Overview of the whole landslide. Under the plain the drain channel can be seen

## **GEFÄHRDUNGSSITUATION**

Das Gelände, das direkt von der Hangbewegung betroffen ist, war ursprünglich bewaldet. Es handelte sich um Schutzwald zum Schutz vor Steinschlag und Lawinen, der jetzt weitgehend zerstört ist.

Eine wesentliche Gefahr, die von der Rutschung ausging, bestand in einem Aufstau des Steigbaches. Bei der Ausdehnung der Rutschmasse bis in das Bachbett konnte eine Dammbildung und ein Aufstau des Baches nicht ausgeschlossen werden. Bei einem Dambruch hätte sich in Folge eine Mure und/oder eine Flutwelle bilden können, die ohne weiteres bis in das Stadtgebiet von Immenstadt vordringen und dort erhebliche Schäden hätte anrichten können. Alle Sofortmassnahmen mussten dieser Gefahr Rechnung tragen.

Ein weiteres hohes Gefahrenpotential bestand darin, dass ein zweiter Schuttstrom den Wasserhochbehälter bedrohte, der schon mehrmals frei geräumt werden musste. Der Hochbehälter ist Teil der Hauptwasserversorgung von Immenstadt. Die Sofortmaßnahmen umfassten deshalb auch die Sicherstellung der Wasserversorgung der Stadt und damit den Schutz des Hochbehälters. Erschwerend kam hinzu, dass die Stadt Immenstadt einen erheblichen Anteil ihres Trinkwassers aus eigenen Quellen im Steigbachtal bezieht. Die Wasserleitungen aus dem Steigbachtal wurden alle zerstört. Seitens der Stadt bestand deshalb ein hohes Interesse, die Quellen wieder nutzen zu können.

Eine weitere Gefährdung ergab sich für den oberen und unteren Steigbachweg. Da beide Wege durch die Rutschung zerstört wurden, war für Fahrzeuge der Zugang zum gesamten Steigbachtal nicht mehr möglich. Die Zufahrt zu dauerbewohnten Häusern sowie die Bewirtschaftung der Alm- und Waldflächen waren somit unterbrochen. Ebenso waren damit die Rettungswege für Almhütten mit Übernachtungsbetrieb versperrt.

## **WILDBACHGEFÄHRDUNG UND SCHUTZMAßNAHMEN**

### **Wildbachgefährdung**

Aufgrund der hohen Aktivität der Rutschmassen nach intensiven Niederschlägen und der ständigen Vergrößerung des bewegten Gebietes, musste mit erheblichen Geschiebeeinströmen in den Steigbach insbesondere bei Hochwasserführung gerechnet werden.

Die vorhandenen Verbauungen im Steigbach zwischen Rutschungsfuß und Siedlungsraum reichten nicht aus, um größere Wildbachereignisse zu beherrschen, da eine Konsolidierungssperre bereits im April 2006 durch die vorstoßenden Rutschmassen zerstört wurde. Aus diesen Gründen mussten zum Schutz von Immenstadt wildbachttechnische Maßnahmen getroffen werden.

### **Durchgeführte wildbachttechnische Maßnahmen**

Am Rutschungsfuß wurde eine Konsolidierungssperre im Steigbach errichtet. Durch diese findet eine Hebung der Bachsole im Bereich des Rutschungsfußes statt, was eine stabilisierende Wirkung auf die Rutschmasse haben wird. Schadbringende Auswirkungen von Wildbachprozessen und Erosion des Hangfußes werden so weitgehend unterbunden. Ein größerer Wasseraufstau hinter abgelagerten Rutschmassen ist durch das oberstrom steiler werdende Gefälle nicht zu befürchten. Weiter unterhalb wurde eine Schlitzsperre errichtet, die die Stadt vor einem Murstoß schützen soll und trotzdem einen dosierten Geschiebetrieb im Unterlauf gewährleistet. Um den unteren Teil der Rutschmasse zu stabilisieren und einer zukünftigen Reaktivierung der Rutschmasse entgegenzuwirken, wurden auch bis zu 5 m tiefe und 4 m breite so genannte



**Abb. 9:** Blick von Süden nach Norden auf die Schlitzsperre, die südlich von Immenstadt erbaut wurde  
**Fig. 9:** Photo in view of the open debris retention dam in the south of Immenstadt

Sickerstützscheiben und Rigolen senkrecht und quer zum Hang im Bereich zwischen oberem und unterem Steigbachweg eingebaut. So konnte auch frühzeitig ein provisorischer Zugang zum Steigbachtal wieder hergestellt werden.

### **Situation und Maßnahmen zur Sicherung des Wasserbehälters**

An der Nordseite der unteren Sekundärrutschung wurde zwischen 790 m ü.NN und 930 m ü.NN ein Ableitdamm errichtet, der das Rutschmaterial, das sich aus der Verebnung bei 840 m ü.NN Richtung Wasserbehälter bewegte, nach Osten hin ableiten sollte. Nach starken Niederschlägen kam es vom 28.05.2006 auf den 29.05.2006 zu einer erheblichen Beschleunigung der Rutschmasse. Die Bewegungen an der oberen Hauptabbruchkante stiegen von ca. 7 cm/Tag auf etwa 30 cm/Tag und am 31.05.2006 auf 44 cm/Tag an.

Im unteren Bereich beschleunigte sich auch der Schuttstrom in Richtung Wasserbehälter. Der Damm, der den Schuttstrom nach Osten hin ablenken sollte, wurde im oberen, westlichen Teil komplett mitgerissen. Das Material rutschte auf den Wasserbehälter. Um den Wasserbehälter zu entlasten, wurde das Material mit Baggern abgetragen und in die Verebnung unterhalb des oberen Steigbachweges geschoben.

Nach einer Abwägung der Möglichkeiten und einer Beurteilung der aktuellen Situation wurde der Ableitdamm wieder aufgebaut und zusätzlich eine tiefe Rinne geschaffen, über die das breite Material aus der Verebnung schadlos bis in den Steigbach abfließen konnte. Dies verhinderte eine ständige Durchfeuchtung der Sekundärrutschung und führte letztendlich zum Abklingen der Bewegungen im Frühjahr 2007.

### **Situation und Maßnahmen zur Sicherung der Zufahrt zum Steigbachtal**

Durch die vorangegangenen Drainagemassnahmen und den Einbau der Sickerstützscheiben wurde der Fußbereich der Rutschung stabilisiert. Der obere Steigbachweg konnte wieder hergestellt werden, wobei die Gründung der Berme, auf der der Weg verläuft, in ca. 10 m Tiefe auf stabilem Gestein unterhalb der Rutschmassen erfolgte. Der Tiefgang der Rutschmassen wurde in diesem Bereich mit Schürfgruben nachgewiesen und zu einem späteren Zeitpunkt mit geophysikalischen Untersuchungen bestätigt. Der untere Steigbachweg, der von Beginn an als provisorischer Zugang zum Steigbachtal diente, konnte ohne weitere konstruktive Maßnahmen wieder hergestellt werden. Die Ableitrinne über die das breite Material aus der Verebnung ins Tal geführt wurde besteht weiter und wird im Bereich der Wege mit jeweils einer Brückenkonstruktion überwunden. Bei Bedarf können diese Brücken schnell abgebaut werden um ein Aufstauen der Rutschmassen zu verhindern.

## ÜBERWACHUNG UND BEWEGUNGSMESSUNGEN

### Geodätische Überwachung

Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich das Gelände oberhalb der Rutschung ebenfalls in Bewegung setzt, wurde ein Messnetz zur Überwachung angelegt. Die Lage der Messpunkte kann der Karte entnommen werden. Eine Aktivierung dieses Bereiches hätte weit reichende Folgen bezüglich zukünftiger Planungen und muss deshalb rechtzeitig erkannt werden. Ebenso wird die Betonmauer östlich des Wasserhochbehälters messtechnisch überwacht. Das Messprotokoll und die Auswertung der Bewegungsmessungen werden den entsprechenden Stellen regelmäßig zugesandt. Am 10.05.2007 wurden die Messpunkte ein weiteres Mal eingemessen. Da zwischen Messspiegel 3 und 4 ca. 10 cm Horizontal- und 8,5 cm Vertikalbewegung stattfanden, wurden vom LfU Seilextensometer installiert (Lage der Extensometer Abb. 6), von denen eines mit einem Datensammler versehen wurde.



**Abb. 10:** Blick auf den Standpunkt, von dem aus die geodätischen Messpunkte oberhalb des Hauptanbruchs gemessen werden.

**Fig. 10:** Photo in view of the fix point from where the measure points above the main scarp are controlled

### Seilextensometer

An zwei Extensometern werden im 2-Stundentakt Messwerte aufgenommen werden. So ist es möglich, Aufschluss über die Bewegungen im zeitlichen Ablauf zu bekommen. Ebenso können u.U. einsetzende Bewegungen mit externen Faktoren wie Niederschlag korreliert werden. Am Messspiegel 3 wurde auch ein hangaufwärts gerichtetes Seilextensometer eingerichtet, mit dem evtl. auftretende Bewegungen dieses Punktes registriert werden könnten.



Im südlichen Bereich oberhalb der offensichtlichen Anbruchkante sind deutliche Anzeichen für Bewegungen zu erkennen. Die hier befindlichen Gesteinsmassen sind potentiell abrutschgefährdet. Aufgrund der dichten Vegetation konnte in diesem Bereich kein Messspiegel installiert werden. Um auch hier Aufschluss über die Bewegungsraten zu erhalten, wurden zwei weitere Seilextensome-

**Abb. 11:** Blick auf die Seilextensometer mit automatische Messwerterfassung über Wegaufnehmer und Datensammler

**Fig. 11:** Photo in view of the robe extensometers with automatically measure logging with sensors and data logger

ter installiert. Alle bisherigen Messungen ergaben, dass sich der Hauptanbruch hangaufwärts ausdehnt (Nachbrucherscheinungen). Bisher konnten keine Hinweise für eine großflächige Aktivierung der Hangbereiche oberhalb der Rutschung gefunden werden.

## AUSBLICK

Nach derzeitigem Kenntnisstand aus den bisher erfolgten Geländeaufnahmen kommt es nach lang anhaltenden Niederschlägen zu erheblichen Wasserausstritten im Bereich der Anbruchfläche der Hauptrutschung. Die Quellaustritte sind an wasserstauende Mergellagen gebunden, an denen das sich in den klüftigen Konglomeraten und Sandsteinen ansammelnde Bergwasser aufstaut. Es konnte immer wieder beobachtet werden, dass das aus dem Hang austretende Wasser die weichen, verwitterungs- und rutschanfälligen Mergellagen (bis zu mehrere Meter mächtig) stark durchfeuchtet und destabilisiert. Die darüber lagernden Sandstein- und Konglomeratbänke verlieren dabei ihr stabiles Unterlager und kippen entlang von Klüften aus dem Hang. Eine Entwässerung der wasserführenden Konglomerat- und Sandsteinbänke könnte diesen immer noch stattfindenden Mechanismus unterbrechen und zu einer dauerhaften Stabilisierung des oberen Hangbereiches führen. Hierfür müssen allerdings noch detaillierte hydrologische Voruntersuchungen im Rutschgebiet sowie in der näheren Umgebung des Rutschgebietes erfolgen. Erst wenn die hydrologischen Verhältnisse im Bereich der Rutschung besser geklärt sind, kann ermittelt werden, ob eine Entwässerungsbohrung zielführend ist und wo unter Umständen eine solche Richtbohrung optimiert angesetzt werden kann.

Im Gegensatz zum unteren Bereich der Sekundärrutschung, die durch die oben beschriebenen technischen Maßnahmen weitgehend stabilisiert werden konnte, ist die Aktivität im oberen, südlichen Bereich der Rutschung nach wie vor sehr hoch. Dies konnte mit Hilfe der geodätischen Messungen nachgewiesen werden. Die Rutschmassen in diesem Bereich sind noch nicht ganz ausgeglichen. Es muss aber damit gerechnet werden, dass diese im Laufe der Zeit abgleiten und sich zusätzlich zu den bereits vorhandenen Rutschablagerungen in einer Verebnung oberhalb des oberen Steigbachweges (südlich des bewaldeten, weitgehend stabilen Sporns) ablagern. In dieser Verebnung konnten bisher noch keine Hinweise auf Aktivität gefunden werden. Geophysikalische Untersuchungen haben ergeben, dass hier ähnliche Untergrundverhältnisse zu erwarten sind, wie in der Verebnung nördlich des stabilen Sporns, in dem sich die große Sekundärrutschung entwickelt hat. Bei weiterer Auflast durch abgleitende Rutschmassen und bei weiterer Durchfeuchtung der bisher stabilen Verebnung könnte, ähnlich wie im nördlichen Bereich, die Verebnung destabilisiert werden. Dies hätte voraussichtlich einen erheblichen Geschiebeeintrag in den Steigbach zur Folge, der zum Aufstau des Wildbaches führen könnte. Ebenso müsste damit gerechnet werden, dass der obere und untere Steigbachweg wieder zerstört werden würde. Um einer Destabilisierung des Bereiches rechtzeitig entgegenwirken zu können, wird deshalb daran gedacht, 3 Kernbohrungen abzuteufen und mit Inklinometerrohren zu versehen. Mit Hilfe von Inklinometermessungen würden auftretende Bewegungen rechtzeitig erkannt werden. Für die Realisierung dann anfallender Stabilisierungsmaßnahmen gäben die aus den Kernbohrungen gewonnenen Bohrkern wichtige Informationen über den genauen Aufbau des Untergrundes.