



**Universität für Bodenkultur Wien**  
Department Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Alpine Naturgefahren (IAN)

Peter Jordan Str. 82

Tel.: #43-1-47654-4350

A-1190 WIEN

Fax: #43-1-47654-4390



## IAN REPORT 116

Einreichoperat Brunnsee/-tal  
Gemeinde Wildalpen, Bezirk Liezen



Im Auftrag:



**MA 31 – Wasserwerke – Stadt Wien**  
**Grabnergasse 4-6**  
**1060 Wien**

Wien, Dezember 2007

---

Report 116: Ausarbeitung eines Einreichoperates für das generelle Projekt Brunnsee/-tal.

Auftrag von: MA 31 – Wasserwerke – Stadt Wien,  
Grabnergasse 4-6  
1060 Wien

Ausschreibungsnr.: LV/31-08/MA 31 – 02873-2007-0003

Projektleitung: Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hübl Johannes

Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Schraml Christian

Dipl.-Ing. Schneiderbauer Stefan

Universität für Bodenkultur  
Department Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Alpine Naturgefahren

Peter Jordan Str. 82  
A – 1190 Wien

Tel.: #43-1-47654-4350  
Fax: #43-1-47654-4390

Report Nr. 116

Wien, im Dezember 2007

---

# Inhaltsverzeichnis

## A. TECHNISCHER BERICHT

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>1</b> | <b>PROJEKTÜBERSICHT / KURZFASSUNG .....</b>                          | <b>1</b>   |
| <b>2</b> | <b>BESCHREIBUNG DES EINZUGSGEBIETES.....</b>                         | <b>2</b>   |
| 2.1      | GEOGRAFISCHE BESCHREIBUNG .....                                      | 2          |
| 2.2      | BACHCHARAKTERISTIK:.....   | 2          |
| 2.3      | GEOLOGIE / GEOMORPHOLOGIE / HYDROGEOLOGIE .....                      | 3          |
| 2.4      | KLIMA .....  | 5          |
| 2.5      | NIEDERSCHLAG .....   | 6          |
| 2.6      | VEGETATION .....   | 7          |
| <b>3</b> | <b>BACH- UND VERBAUUNGSGESCHICHTE .....</b>                          | <b>10</b>  |
| <b>4</b> | <b>NIEDERSCHLAG / ABFLUSS BETRACHTUNGEN, ABTRAGSPROZESSE .....</b>   | <b>12</b>  |
| 4.1      | GEBIETSNIEDERSCHLAG .....  | 12         |
| 4.2      | ABFLUSS.....   | 14         |
| 4.2.1    | <i>Empirische Formel nach Wundt (1953)</i> .....                     | 14         |
| 4.2.2    | <i>Regionalisierung nach Lutz</i> .....                              | 14         |
| 4.3      | GESCHIEBE .....  | 18         |
| 4.3.1    | <i>Korngrößenverteilung</i> .....                                    | 18         |
| 4.3.2    | <i>Geschiebetrieb</i> .....  | 19         |
| 4.3.3    | <i>Infiltration</i> .....  | 20         |
| <b>5</b> | <b>VERBAUUNGSZIEL, VERBAUUNGSGRUNDGEDANKE, VARIANTENSTUDIUM.....</b> | <b>21</b>  |
| 5.1      | VERBAUUNGSZIEL.....  | 21         |
| 5.2      | VERBAUUNGSGRUNDGEDANKE .....   | 21         |
| 5.3      | AUSLEITUNGSFLÄCHEN .....   | 22         |
| 5.4      | VERRINGERUNG DER ABFLUSSFRACHT .....                                 | 23         |
| 5.5      | FLIEßENDE RETENTION IM GERINNE .....                                 | 25         |
| 5.6      | AUSWIRKUNGEN AUF DEN GESCHIEBETRIEB.....                             | 27         |
| <b>6</b> | <b>BEANTRAGTE MAßNAHMEN IM EINZELNEN.....</b>                        | <b>28</b>  |
| <b>7</b> | <b>KOSTENERFORDERNIS UND WIRTSCHAFTLICHKEIT .....</b>                | <b>31</b>  |
| <b>8</b> | <b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>                                    | <b>33</b>  |
| <b>9</b> | <b>GRUNDSTÜCKSDATENBANKAUSZUG.....</b>                               | <b>335</b> |

---



# 1 Projektübersicht / Kurzfassung

Der Brunnbach ist ein linksufriger Zubringer der Salza mit einer Einzugsgebietsgröße von 16,3 km<sup>2</sup>. Als episodisches Gewässer ist er nur bei lang anhaltenden Regenerereignissen wasser- und geschiebeführend. Er weist einen breiten und flachen, morphologisch wenig strukturierten Mittellauf auf, in dem sich über Jahrtausende das aus dem Oberlauf stammende Geschiebe ab- und umlagerte. Die nur gering überschütteten Seetone am Talausgang beim Brunnsee weisen darauf hin, dass das Geschiebe primär im Mittellauf zur Ablagerung kam. Weiters erreicht das Oberflächenwasser des Brunnbachs selten den Brunnsee, was ein deutlicher Hinweis auf die große Versickerungskapazität des Bodens in den Talfluren des Brunntals ist.

Schutzziel des Projektes ist es, den Geschiebetransport talauswärts bis zum Brunnsee zu verringern bzw. zu vermeiden. Dies kann nur durch eine Verringerung der Transportkapazität des Brunnbaches erreicht werden. Eine solche Verringerung kann

- a.) durch eine erhöhte Infiltration (also größere Versickerungsleistung) durch Ausleitung auf vorhandene Überflutungsflächen im Talboden und
- b.) durch eine Querschnittsaufweitung im Talbereich erzielt werden. Durch diese Vergrößerung des Querschnitts wird die Speicherwirkung im Gerinne erhöht. Es kommt zugleich zu einer Dämpfung des Maximalabflusses und zu einer Streckung der Abflussganglinie.

Um diese Maßnahmen zu erreichen, soll die Sohle des Brunnbaches auf die Höhe des umliegenden Talbodens gehoben werden. Dadurch wird ein einheitlicher Abfluss auf der Talbreite unter Ausnutzung eines Großteils des Talbereiches erreicht. Weiters wird durch diese Aufweitung des Gerinnes die Abflussfracht aufgrund der höheren Versickerungsleistung vermindert, sowie die Fließgeschwindigkeit aufgrund der geringeren Abflusstiefen reduziert. Dies hat zur Folge, dass das Geschiebe auf den Waldböden in den Talfluren gleichmäßig abgelagert wird und das landschaftliche „Juwel“ Brunnsee von den Geschiebeablagerungen weitestgehend verschont bleibt. Die Entfernung der in den letzten Jahren errichteten Kanalisierung des Brunnbachs und die anschließende Freigabe des Talbodens für den Brunnbach kann als Renaturierung, also als Wiederherstellung des ursprünglichen Zustand angesehen werden.

## 2 Beschreibung des Einzugsgebietes

### 2.1 Geografische Beschreibung

Das Einzugsgebiet des Brunnbaches liegt in der Gemeinde Wildalpen und gehört zum Gebirgszug der Hochschwabgruppe. Bachabwärts wird es vor der Einmündung in die Salza vom Brunensee begrenzt, bachaufwärts vom Brunnboden. Die Wände der umliegenden Felsstöcke (Griesstein, Posters, Brunnmauer und die Ausläufer der Riegerin in der Rotmauer) produzieren große Mengen an Verwitterungsschutt (Jungschuttbäche), die bei Starkniederschlägen in das Brunntal eingebracht und über den Verlauf des Brunnbaches transportiert und abgelagert werden.

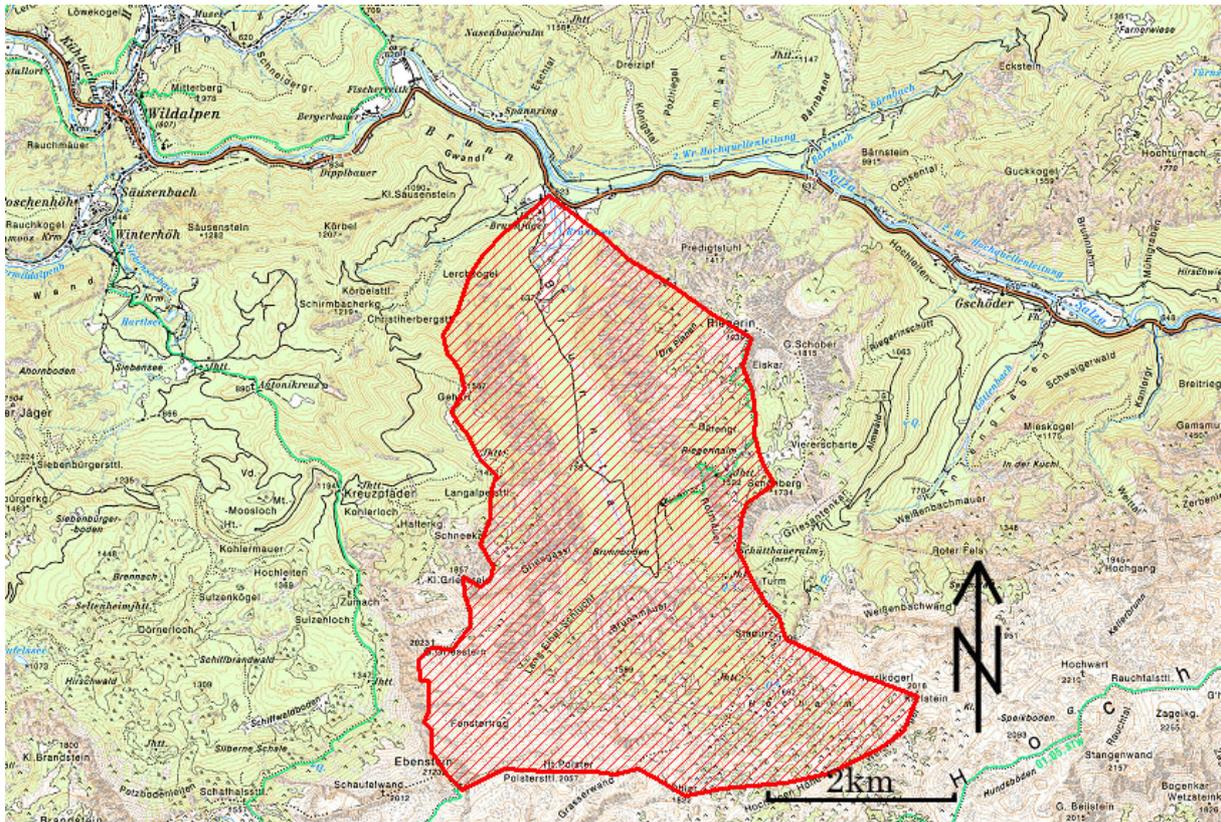


Abbildung 1: Das Brunntal mit Umgebung (rot eingerahmt: Einzugsgebiet des Brunnbaches)

### 2.2 Bachcharakteristik

Der Brunnbach weist nur bei Starkregenereignissen fluviatilen Feststofftransport auf. Die Seehöhe am Talausgang des Brunntals beim Brunensee beträgt 622,3 m, die des Brunnbodens am oberen Ende des Mittellaufs 830 m. Der Mittellauf besitzt daher ein

mittleres Gefälle von 5,7 % und weist eine Fließlänge von 3,4 km auf (hm 6,7 bis hm 40,7). Die Zubringer zum Mittellauf sind bei Niederschlagsereignissen wasserführende Karstrunnen im steilen oberen Teil des Einzugsgebiets. Der höchste Punkt des Einzugsgebiets ist der Ebenstein mit einer Seehöhe von 2153 m. Das orographische Einzugsgebiet besitzt eine Fläche von 16,3 km<sup>2</sup> (Abbildung 1). Das hydrologische Einzugsgebiet kann aufgrund der nicht bekannten Wasserwegigkeiten der Karstklüfte nicht ermittelt werden. Die Flächenanteile im Einzugsgebiet betragen rund 40 % Wald, die restlichen 60 % entfallen auf Karst.

### 2.3 Geologie / Geomorphologie / Hydrogeologie

Die Hochschwabgruppe liegt in der geologischen Einheit der nordöstlichen Kalkalpen und ist ein, von Ost nach West verlaufender Plateaugebirgszug. Nach Norden wird er von der Salza, welche ein tief eingeschnittenes Erosionstal bildet, begrenzt. Die vorkommenden Gesteine sind hauptsächlich Meeressedimente. Der größte Teil gehört der Trias (Mesozoikum) an. Weiters kommen noch Gesteine der Oberkreide vor. Juragesteine fehlen der Hochschwabgruppe ebenso wie die der Unterkreide.

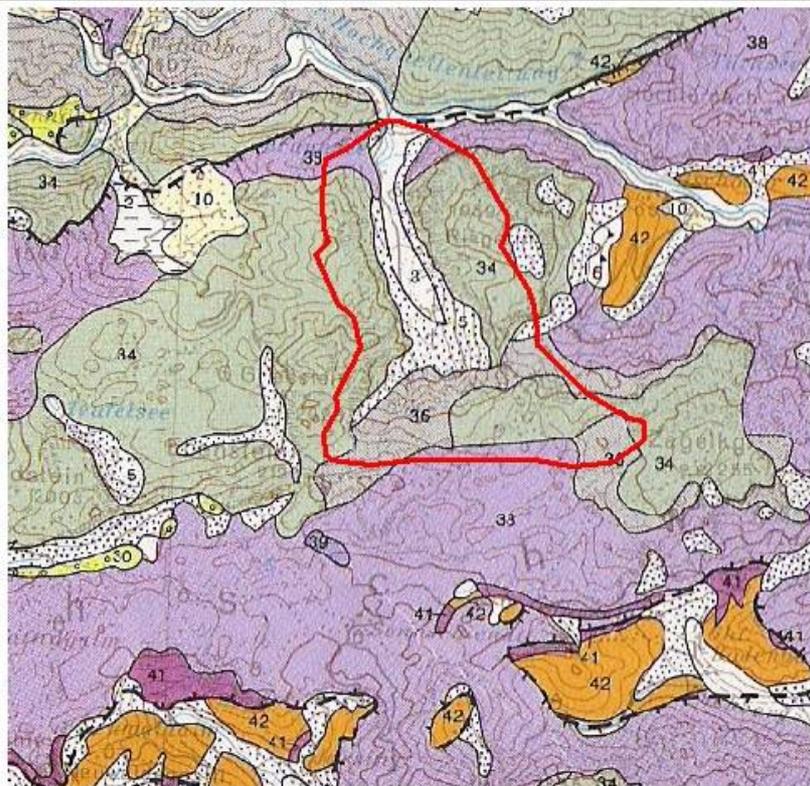


Abbildung 2: Geologie des Brunntals und Umgebung (3...alluvialer Talböden; 5...Hangschutt und Bergsturzmassen; 34...Dachsteinkalk; 36...Hauptdolomit; 38...Wettersteinkalk, Wetterstein- und Ramsaudolomit)

Nach Flügel & Neubauer (1984) kommen im Brunntal folgende Gesteine vor:

*Wettersteinkalk, Wetterstein- und Ramsaudolomit...(38)*

Diese treten selten als reine Kalke auf und sind mehr oder minder dolomitisiert (Wetterstein- und Ramsaudolomit). Bei den weißen bis hellgrauen Wettersteinkalken handelt es sich um Riffkomplexe. Die Wettersteinkalke zeigen eine gute Verkarstungsfähigkeit und sind infolge ihrer meist intensiven Klüftung in hohem Grad wasserdurchlässig. Im Einzugsgebiet treten sie nördlich der Riegerin und nördlich des Griessteins auf. Bei den zu Wettersteindolomit umgewandelten Wettersteinkalken handelt es sich um meist blendend weißen, seltener hellgrauen, ungeschichteten, zuckerkörnigen Dolomit. Charakteristisch ist die Bildung von Schluchten und Gräben durch Erosion (Brunnmäuer). Dazwischen bleiben z. T. scharfe, zerbröckelnde Felsrippen stehen. An deren Füße sammelt sich massenhaft weißer, scharfkantiger Gesteinschutt an. Die Wettersteindolomite neigen weniger zur Verkarstung als der Wettersteinkalk. Dementsprechend ist auch ihre Wasserwegigkeit geringer.

*Dachsteinkalk...(34)*

Die weißen bis hellgrauen, massigen, geschichteten bis dickbankigen Dachsteinriffkalke sind meist wandbildende Gesteine und entwickeln z. T. ausgedehnte Schutthalden. Die gute Verkarstungsfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit wird bei den Dachsteinkalken durch klaffende Klüfte und Bankungsfugen erleichtert, jedoch zeigt der Dachsteinkalk auch bei größeren Hohlräumen eine große Standfestigkeit. Meist ist er gut gebankt, hellgrau, beige bis rosarot und tritt bei Riegel, Ebenstein und Griesstein auf.

*Hangschutt und Bergsturzmassen...(5)*

Tritt in den Talflanken des Brunntals sowie zwischen Gries- und Ebenstein und an der Riegerin auf.

*Hauptdolomit...(36)*

Dieser rötlich bis grauweiße, oft grusig zerfallende, meist dichte oder feinkristalline und gut geschichtete bis gebankte Hauptdolomit ist zumeist fossilarm. Die enge Klüftung des Gesteins führt zu einer stärkeren Zerklüftung in der Morphologie und zur Schuttbildung. Gegenüber den Dachsteinkalken sind sie weniger wasserdurchlässig und neigen kaum zur Verkarstung. Der Hauptdolomit tritt nördlich des Polsters auf.

### *Alluvialer Talboden... (3)*

Die Herausbildung der holozänen Talböden erfolgte nach einer Tiefenerosion mit nachfolgenden kaltzeitlichen Verfüllungen von Sand und Kies. Der Talboden setzt sich daher im Wesentlichen aus Ablagerungsschutt des Brunnbachs zusammen. Die Korngrößenverteilung dieser Ablagerungen wurde über eine Linienzahlanalyse bestimmt. Aus dieser Korngrößenverteilung kann in weiterer Folge auf die Versickerungsleistung des Bodens geschlossen werden.

#### Hydrogeologie:

Starke Quellen treten in der Regel in Karstgebirgen erst an der Grenze gegen das darunter liegende Gestein auf (Schicht- und Überlaufquellen). Die Schichten in der Hochschwabgruppe fallen durchwegs nordwärts. Dabei schneidet sich die Salza wesentlich tiefer ein, als die Obergrenze der Werfener Schichten an der Südseite der Hochschwabgruppe. Sie zieht daher den größten Teil des Karstwassers aus dem Hochschwabmassiv an.

In der Region fungiert der unter dem Wettersteinkalk liegende Wettersteindolomit als sekundärer Stauer. Aufgrund des stärkeren Rückhaltevermögens und langsameren Abgebens des Wassers ist der Wettersteindolomit auch als Speichergestein anzusprechen. Nur wenige, meist sehr kleine Quellen sind an Schicht- oder Harnischflächen innerhalb des Wettersteinkalkes gebunden. Die meisten Quellen liegen knapp unterhalb der Kalke in den Dolomitarealen. Sie sind häufig auch in den Trockenperioden aktiv. Insbesondere dort, wo die Dolomitareale die Täler schneiden, liegen die großen Quellhorizonte (vgl. Mandl & Pavlik, 1993).

## **2.4 Klima**

Das Einzugsgebiet Brunnsee ist im Bereich des ozeanischen Alpenrandklimas gelegen. Die klimatischen Gegebenheiten äußern sich in hohen Niederschlägen (950 - 1450 mm) und niedrigen Jahresmitteltemperaturen (4 / 6°C). Auffallend sind kühle Sommer (Julimittel 12,5 bis 15,1°C) und schneereiche, relativ milde Winter (Jännermittel - 4,1 bis 2,1°C). Zur Darstellung der klimatischen Verhältnisse, die aufgrund des Großreliefs (Hochschwabmassiv, umliegende Berge) uneinheitlich sind, wurden die langjährigen Mittel der Stationen Wildalpen (610 m), Mariazell (875 m), Gollrad (961 m) und Bürgeralpe (1267 m) herangezogen.

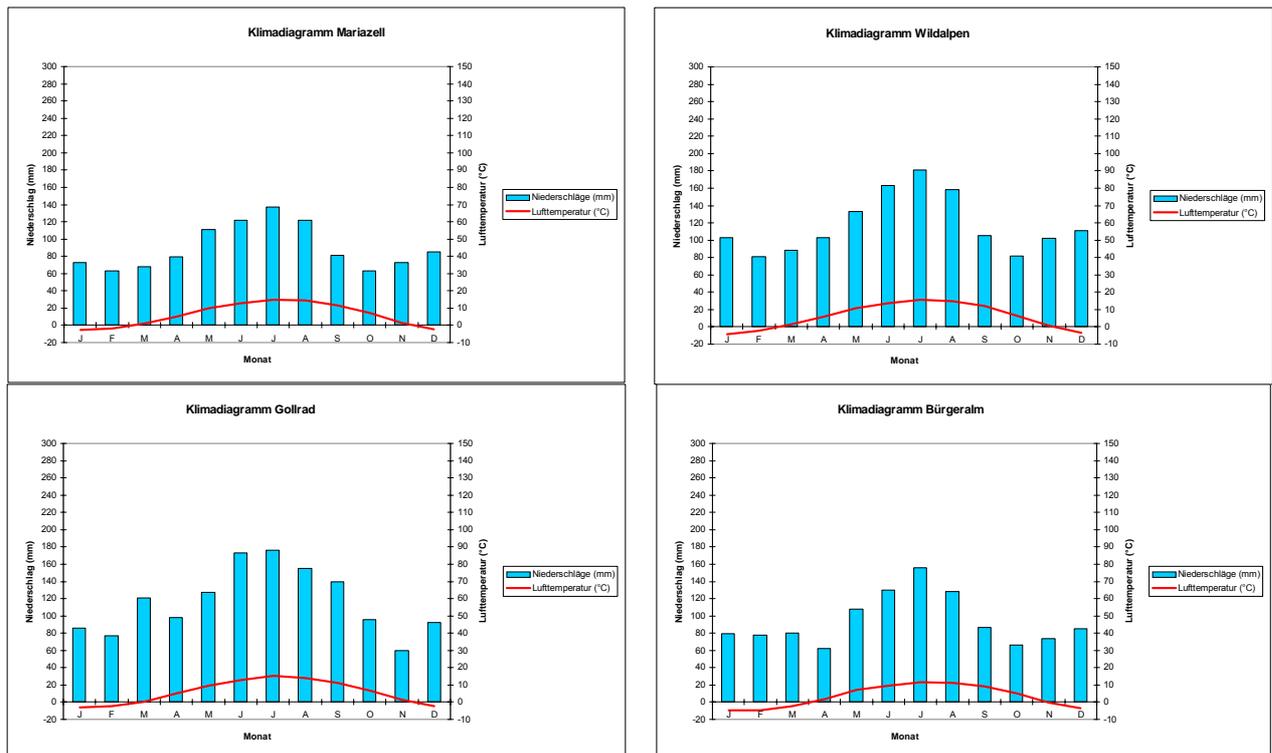


Abbildung 3: Klimadiagramm der Stationen Mariazell, Wildalpen, Gollrad und Bürgeralm

Der Jahresgang der Monatsmittel der Lufttemperatur hat einen einfachen Verlauf und ist durch ein Julimaximum geprägt. Die Niederschläge zeigen ein Sommermaximum und eine zweite Niederschlagsspitze im Winter. Ein Viertel bis ein Drittel des gesamten Jahresniederschlages fallen als Schnee. Eine geschlossene Schneedecke ist meist von November bis Mitte März gegeben.

Nach der Walter-Lieth Einteilung ergibt sich folgender Klimatyp: gemäßigte Zone: Übergangsklima. Dieses bildet den fließenden Übergang zwischen dem Seeklima der Westseiten und dem kühlen Kontinentalklima.

## 2.5 Niederschlag

Aufgrund obiger Klimadiagramme ergibt sich ein maximaler monatlicher Niederschlag von 180 mm im Juli, während der niedrigste monatliche Niederschlag rund 65 mm im Oktober bzw. Februar beträgt. Der maximale Tagesniederschlag der Station Wildalpen beträgt 116,5 mm (aus der Zeitreihe von 1971 bis 2002).

## 2.6 Vegetation

Die Beschreibung der Vegetation wurde aus dem Bericht zur forstlichen Standortskartierung, Revier Brunensee, FV. Wildalpen, Stmk. entnommen.

Charakteristisch für die Region Hochschwab-Nord ist der Schneerosen-Fichten-Tannen-Buchen-Wald (*Helleboro-Abieti-Fagetum*: Zukrigl, 1973), welcher die nordostalpine Ausbildung des Kalk-Fichten-Tannen-Buchen-Waldes (*Adenostylo-Abieti-Fagetum*: Mayer, 1974) darstellt. Diese Waldgesellschaft ist dominant und auf fast allen mittleren Standorten in fast allen Hanglagen verbreitet. Sie besteht aus den Klimaxbaumarten Fichte, Tanne und Buche mit stark variierendem Mischungsverhältnis. Auch Lärche ist zum Teil mit beträchtlichen Anteilen in dieser Waldgesellschaft vertreten. Hohe Lärchenanteile sind zum Teil auf frühere Nutzungsformen (Großkahlschlagswirtschaft) zurückzuführen, jedoch scheint auf vielen Standorten der hohe Lärchenanteil in den Fichten-Tannen-Buchen-Assoziationen sehr wohl durch den natürlichen Waldentwicklungsprozess bedingt zu sein. Diese lärchenreichen Standorte sind meist schattseitig gelegen.

Als Begleitbaumarten des Schneerosen-Fichten-Tannen-Buchen-Waldes kommen Rotföhre, Eibe, Bergahorn, Esche, Bergulme, Eberesche, Mehlbeere und Stechpalme vor.

Die Strauchschicht ist meist nur sehr gering entwickelt und wird vor allem von *Daphne mezereum* (Seidelbast), *Lonicera sp* (Heckenkirschen-Arten), *Rosa pendulina* (Alpen-Heckenrose) und *Amelanchier ovalis* (Felsenbirne) aufgebaut. In einigen Waldgesellschaften finden sich auch *Pinus mugo* (Latsche), *Juniperus communis* (Wacholder) oder *Frangula alnus* (Faulbaum) ein.

Die Krautschicht ist im Gebiet sehr artenreich ausgebildet. Zur Charakterisierung dieser Schicht dienen die soziologisch-ökologischen Artengruppen des Ostalpenraumes nach Mayer (1974) und Zukrigl (1973).

Auffallend ist das massive Auftreten von *Carex alba* (Weiß-Segge), was auf eher trockene Standorte im Brunntal und auf vielen Berghängen hinweist. Auch *Molinia caerulea* (Blaues Pfeifengras) tritt immer wieder auf den Dolomitstandorten hervor und weist auf die dort herrschenden, wechselfrischen beziehungsweise wechselfrockenen Bedingungen hin. In der 'Schabstätte' findet man im Kontaktbereich der montanen und hochmontan – subalpinen Höhenstufe eine Lärchen-Dauerwaldgesellschaft

mit großem Artenreichtum. Auf den lehmreichen Standorten der hochmontanen und subalpinen Stufe tritt *Deschampsia cespitosa* (Rasenschmiele) als Weidezeiger vergangener Alpweidenutzungen auf.

Kleinräumig tritt der Eschen-Ahorn-Wald (*Aceri-Fraxinetum*: Mayer, 1974) in feuchten Unterhangbereichen mit hohen Lehmantteilen auf.

Als Besonderheit ist die Übergangsgesellschaft zwischen Pfeifengras-Föhrenwald (*Molinio-Pinetum*) und dem Schneerosen-Fichten-Tannen-Buchen-Wald in der Pfeifengras-Ausbildung (*Helleboro-Abieti-Fagetum caricetosum albae Molinia caerulea* - Ausbildung (Zukrigl, 1973, Köck, 1995) zu nennen. Hier ist *Molinia caerulea* (Blaues Pfeifengras) vor allem auf den lichtereren Bestandesteilen dominant. In dunkleren Waldteilen wird in dieser Gesellschaft *Calamagrostis varia* (Bunt-Reitgras) dominant.

Relativ kleinräumig tritt der Bunt-Reitgras-Föhrenwald (*Calamagrostio-Pinetum*: Mayer, 1974) auf den trockensten Dolomitstandorten auf. Für ihn sind etwa *Calamagrostis varia* (Bunt-Reitgras), *Rhinanthus glacialis* (Grannen-Klappertopf) oder *Briza media* (Zittergras) charakteristisch.

In der Brunensee-Au kommen zwei nahe verwandte Waldgesellschaften, nämlich der Ahorn-Eschen-Auenwald (*Aceri-Fraxinetum-Auenwald*: Mayer, 1974), und der Grauerlen-Eschen-Auenwald (*Alnetum incanae*: Mayer, 1974) vor. In ersterem dominieren *Carex alba* (Weiß-Segge) und *Asarum europaeum* (Haselwurz), in letzterem *Phalaris arundinacea* (Rohr-Glanzgras).

In diesem Bereich wären auch noch der flussbegleitende Grauerlenwald (Galeriewald) und der Grauerlenwald (*Alnetum incanae*: Mayer, 1974) zu nennen.

Eine eigentliche subalpine Fichtenwaldstufe ist im Gebiet nur angedeutet, da in den Höhenlagen oberhalb von 1400 m Seehöhe meist schon die Fels- und Schuttregion liegt oder zumindest nur wenig entwickelte Waldböden (oder extrem von Schnee und Erosion beeinflusste Standorte) vorhanden sind, die nur lärchenreiche Wälder tragen. Es wurden daher die hochmontane und subalpine Höhenstufe zusammengefasst. Trotzdem können etliche Bestände auf höher gelegenen Standorten als natürliche Kalk-Fichtenwälder (*Adenostylo-Piceetum subalpinum*: Zukrigl, 1973) bezeichnet werden. Charakteristisch ist hier in einem Fall das Vorherrschen von Kalkschuttzeigern wie *Adenostyles glabra* (Grün-Alpendost) und *Asplenium viride* (Grün-Streifenfarn) und Säurezeigern wie *Oxalis acetosella* (Sauerklee), *Vaccinium myrtil-*

*lus* (Heidelbeere), *Lycopodium annotinum* (Sprossender Bärlapp) und *Melampyrum sylvaticum* (Wald-Wachtelweizen).

Im zweiten Fall sind die dominanten Pflanzen etwa *Adenostyles alliariae* (Grau-Alpendost), *Saxifraga rotundifolia* (Rundblatt-Steinbrech), *Luzula sylvatica* (Wald-Hainsimse) *Doronicum austriacum* (Österreichische Gemswurz) und *Peucedanum ostruthium* (Meisterwurz), die fast alle Lehmzeiger sind.

Auf einem relativ kleinflächigen Bereich über Dolomit der Schabstätte tritt eine spezielle Ausbildung des Lärchenwaldes und zwar die *Rhodothamno-Laricetum*, *Molinia caerulea*-Ausbildung (Zukrigl, 1973, Köck, 1997), welche als Lärchendauerwaldgesellschaft zu bezeichnen ist, auf. Auf dem sonnseitigen Oberhang südlich des Turmes tritt der hier charakteristische Lärchenwald, nämlich das *Rhodothamno-Laricetum* in der *Carex sempervirens* Ausbildung auf (Zukrigl, 1973, Köck, 1995).

Auf Felswänden und extremen Steilhängen stockende Fichten-Lärchen-Wälder wurden hinsichtlich der Bodenvegetation nicht differenziert, die jeweils beteiligten Baumarten sind jedoch zum Teil in den Standortsbeschreibungen der diversen Polygone im GIS angegeben (ausgenommen in den vielen unzugänglichen und daher uneinsichtigen Felswäldern im Revier Brunnsee). Es stocken in diesen Bereichen auch die Baumarten Tanne, Buche, Bergahorn, Eberesche, Rotföhre, Latsche und Weidenarten.

Das Krummholz oder Karbonat-Alpenrosen-Latschengebüsch (*Rhododendro hirsuti Mugetum prostratae*: Mayer, 1974) stockt vor allem im Gebiet der Hochalm, auf Bereichen der Schabstätte und am Krummholzgürtel von Riegerin, Grießstein und Gehart.

Bei fortgeschrittener Vegetationsentwicklung werden basiphile (auf alkalischem Boden vorkommend) Arten von azidophilen (auf saurem Boden vorkommend) abgelöst. Es dominiert anfangs *Rhododendron hirsutum* (Wimper-Alpenrose), bei weiterer Bodenentwicklung *Vaccinium myrtillus* (Heidelbeere) und *Vaccinium vitis-idaea* (Preiselbeere). Eingesprengt kommen im Latschengebüsch vor allem Lärche, Fichte, Eberesche, Bergahorn und Weidenarten vor.

Latschen-Buschwald mit Baumvegetation kann sich zum Teil auch zu Fichten-Lärchen-Wäldern weiterentwickeln, wenn die ökologischen Umstände dies zulassen.

### 3 Bach- und Verbauungsgeschichte

In den letzten 15 bis 20 Jahren wurden aus dem Brunnbach immer wieder Schotterentnahmen durchgeführt, um großflächige Verschotterungen der Waldflächen im Brunntal und den Eintrag von Sedimenten in den Brunensee zu minimieren. Unabhängig davon wurden an den beiden Ufern des Brunnbachs, das mit Raubbäumen provisorisch gesichert ist, Dämme mit entnommenen Sohlmaterial (Abbildung 4 und 5) aufgeschüttet, um den Schottereinstoß zu lenken und Ausuferungen zu unterbinden. Dies führte allerdings aufgrund der Querschnittsverminderung zu einer Beschleunigung der Abflusswelle und einer Erhöhung der Transportkapazität. Die Folge davon sind vermehrte Geschiebeablagerungen talauswärts bis hin zum Brunensee.



Abbildung 4: Blick von hm 31,7 (Bachquerung der Forststrasse) bachabwärts in Richtung Brunensee (hm 31,7)



Abbildung 5: Blick von hm 27,8 in Richtung Brunnboden. Beiderseits der Ufer sind die aufgeschütteten Dämme zu erkennen

## 4 Niederschlag / Abfluss Betrachtungen, Abtragsprozesse

### 4.1 Gebietsniederschlag

Da konvektive Niederschläge für den Bemessungsabfluss ausschlaggebend sind, erfolgt die Ermittlung des Gebietsniederschlags für konvektive Starkniederschläge nach dem Verfahren von Lorenz und Skoda (2000). Aus dem hydrologischen Atlas Österreichs (HAÖ) erhält man die Bemessungsniederschläge der Dauer 15 und 60 Minuten für die Jährlichkeiten 2, 10, 50 und 100 Jahre. Diese stellen die Maximalwerte in dem betrachteten Rasterelement des HAÖ dar und sind in weiterer Folge über Parameter des Einzugsgebiets abzuändern. Die Ermittlung des 30-minütigen Gebietsniederschlags erfolgt über die Intensitätsdauerbeziehung.

| T [a] | N <sub>15min</sub> [mm] | N <sub>30min</sub> [mm] | N <sub>60min</sub> [mm] |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 100   | 82                      | 110,7                   | 149,5                   |
| 50    | 71,8                    | 97                      | 130,8                   |
| 10    | 48,3                    | 65                      | 87,4                    |
| 2     | 24,8                    | 33                      | 43,9                    |

Tabelle 1: Konvektive Starkniederschläge der Dauer 15 min, 60 min (aus HAÖ) und 30 min (ermittelt über die Intensitätsdauerbeziehung) für die Jährlichkeiten T=2, 10, 50 und 100 Jahre

### Konzentrationszeit

Die zur Verfügung stehenden Ausleitungsflächen beginnen bei hm 31,8. Daher wird die Konzentrationszeit (Zeit, bis das gesamte Einzugsgebiet zum Abfluss beiträgt) für den Bereich bei Hektometer 31,8 ermittelt. Dies entspricht der Bachquerung der Forststrasse. Die Konzentrationszeit für das bis zu diesem Punkt relevante Einzugsgebiet ( $A = 9,2 \text{ km}^2$ ;  $\Delta H \sim 1400 \text{ m}$ , siehe Abbildung 6) wird folgendermaßen berechnet:

Nach Pilgrim (1987):  $D_k = 8,55 \cdot A^{0,63} = 34,6 \text{ min}$

Nach Lorenz und Skoda (2000):  $D_k = 59,34 \cdot A^{0,692} \cdot (\Delta H)^{-0,32} = 27,1 \text{ min}$

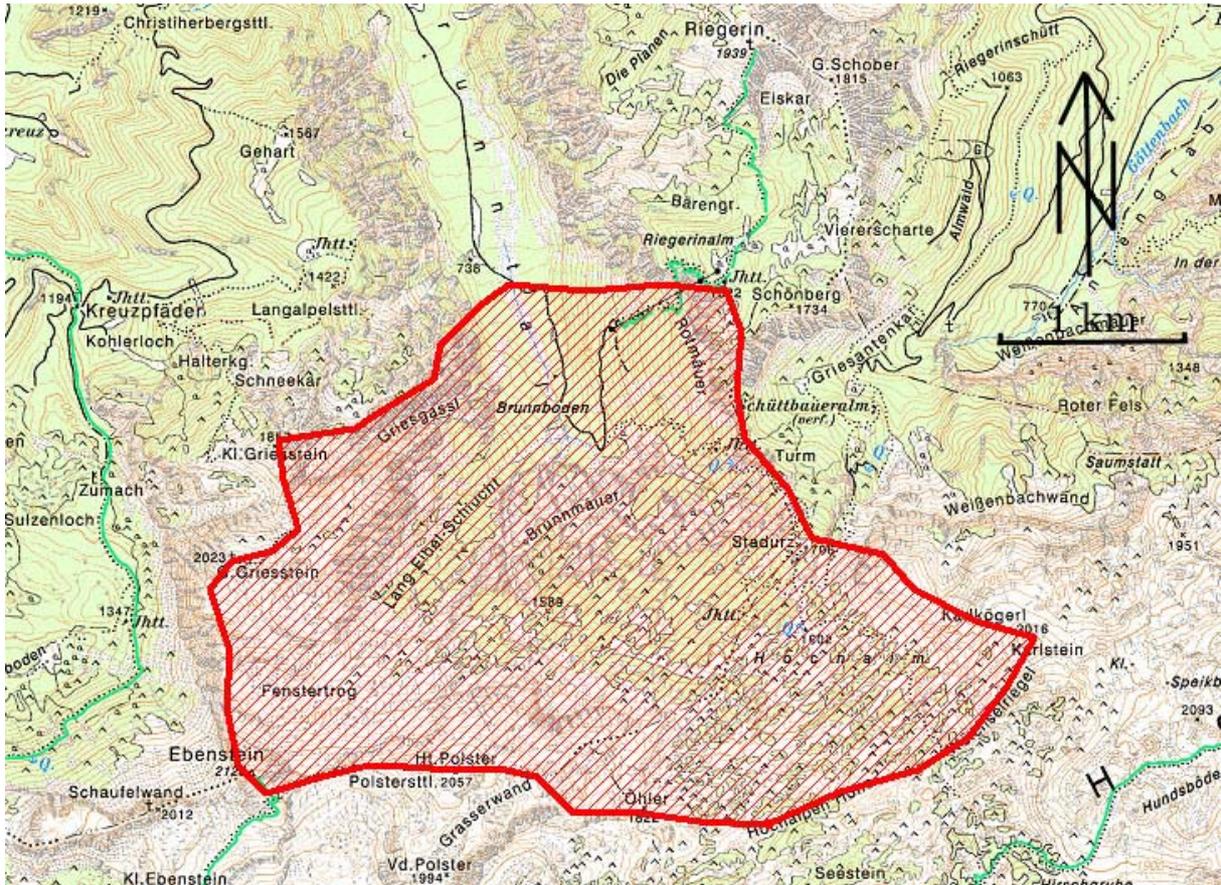


Abbildung 6: Das Einzugsgebiet des Brunnbachs bis hm 31,8 (Bachquerung der Forststrasse)

Für die weitere Berechnung wird daher eine Konzentrationszeit von 30 min verwendet.

### Räumliche Abminderung:

Da während eines einzelnen Niederschlagsereignisses innerhalb des Einzugsgebiets nicht überall der Maximalwert des Rasterelements auftritt, ist es üblich, unter Anlehnung an Niederschlagshöhen-Dauer-Flächenbeziehungen, eine räumliche Abminderung der Bemessungswerte zu berücksichtigen (siehe HAÖ).

Der mittlere Niederschlag  $N_A$  [mm] eines Starkniederschlagsereignisses in Abhängigkeit von der Niederschlagsfläche  $A$  [km<sup>2</sup>], bezogen auf einen maximalen Punktwert  $N_{\max}$  [mm] ist für eine Dauerstufe  $D$  [min]:

$$N_A = N_{\max} \cdot e^{-\omega A^\xi}$$

mit:

$$\omega = 0,0447 \cdot \left( \frac{h_N}{D} \right) + 0,0026$$

Mit  $h_N$ ...Niederschlagsmenge in mm und zugehöriger Andauer  $D$  in min und  $\xi = 0,59$

Somit können die für die weitere Berechnung erforderlichen Bemessungsniederschläge ermittelt werden (Tabelle 2).

| T [a] | N <sub>max</sub> [mm] | ω     | N <sub>A</sub> [mm] |
|-------|-----------------------|-------|---------------------|
| 100   | 110,7                 | 0,168 | 59,5                |
| 50    | 97                    | 0,147 | 56,2                |
| 10    | 65                    | 0,099 | 45,0                |
| 2     | 33                    | 0,052 | 27,2                |

Tabelle 2: Bemessungsniederschlag der unterschiedlichen Jährlichkeiten. Mit T...Jährlichkeit, N<sub>max</sub>...maximale Niederschlagsintensität in 30 Minuten im Rasterelement, ω...Erwartungswert des Niederschlags, N<sub>A</sub>...abgeminderter Wert des Niederschlags

### Bemessungsniederschlag:

Als Bemessungsniederschlag wird ein 30-minütiger Starkregen gewählt. Dies entspricht der Konzentrationszeit bei hm 31,8. Weiters wird nach Rücksprache mit dem Auftraggeber für das Bemessungsereignis ein 100-jährliches Ereignis verwendet. Somit kann der Bemessungsniederschlag mit 59,5 mm angenommen werden.

## 4.2 Abfluss

Das obere Einzugsgebiet weist kaum Infiltration auf, da zumeist das Grundgestein (Karst) ansteht. Für die Berechnung des Abflusses wird zuerst das HQ<sub>90%</sub> nach der Formel von Wundt (1953) berechnet. Basierend auf diesem HQ<sub>90%</sub> werden in weiterer Folge die Ganglinien für die einzelnen Niederschlagsereignisse über das Regionalisierungsverfahren nach Lutz (1984) abgeschätzt. Die Berechnung der Ganglinien wird wie die Berechnung des Bemessungsniederschlags für die Bachquerung der Forststrasse bei hm 31,8 durchgeführt.

### 4.2.1 Empirische Formel nach Wundt (1953)

Die Berechnung des Abflusses nach Wundt basiert auf Hüllkurven über den Wertepaaren Abflussspitze und Einzugsgebietsfläche beobachteter Ereignisse.

$$HQ_{90\%} = 13,8 \cdot F_n^{0,6} = 13,8 \cdot 9,2^{0,6} = 52,3 \text{ m}^3 / \text{s}$$

### 4.2.2 Regionalisierung nach Lutz (1984)

Da für das betrachtete Einzugsgebiet keine gemessenen Abflusswerte zu korrespondierenden Niederschlagswerten zur Verfügung stehen, wird das Regionalisierungsverfahren nach Lutz verwendet. Dabei wird aus einer Vielzahl von Einzugsgebieten

mit gemessenen Abfluss- und Niederschlagswerten ein Regionalisierungsmodell für den Gebietsrückhalt aufgestellt. Der Gebietsrückhalt wird über ereignis- und gebiets-spezifische (Bodentyp, Bodennutzung) Parameter beschrieben. Daraus erhält man den Abflussbeiwert und über diese werden die Einheitsganglinien für die unterschiedlichen Jährlichkeiten mit dem Softwarepaket für Hochwasserberechnungen der Universität Karlsruhe (IHW) berechnet. Folgende Inputparameter werden bei der Berechnung verwendet:

P1: Gebietsfaktor; Dieser liegt nur für Einzugsgebiete in Deutschland vor. Gewählt wurde hier der Gebietsfaktor für die Schmiecha (Schwäbische Alp), da es sich hier wie beim Brunntal um ein Karstgebiet handelt. ( $P1 = 0,172$ )

Längsschnitt für gewogenes Gefälle:

Für die Ermittlung der Einheitsganglinie über das Regionalisierungsverfahren nach Lutz ist das gewogene Gefälle entlang des Hauptvorfluters (verlängert bis zur Wasserscheide) zu berechnen. Dazu wird der Längsschnitt von hm 31,8 bis zur Wasserscheide aus einer topografischen Karte über Stützstellen ermittelt.

Verwendete Stützstellen:

|       |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| L [m] | 0    | 250  | 500  | 750  | 1000 | 1250 |
| H [m] | 750  | 762  | 777  | 797  | 828  | 889  |
| L [m] | 1500 | 1750 | 2000 | 2250 | 2500 | 2800 |
| H [m] | 1115 | 1301 | 1534 | 1566 | 1686 | 1774 |

Tabelle 3: Verwendete Stützstellen für die Berechnung des gewogenen Gefälles. Die Länge  $L=0$  m entspricht hm 31,8

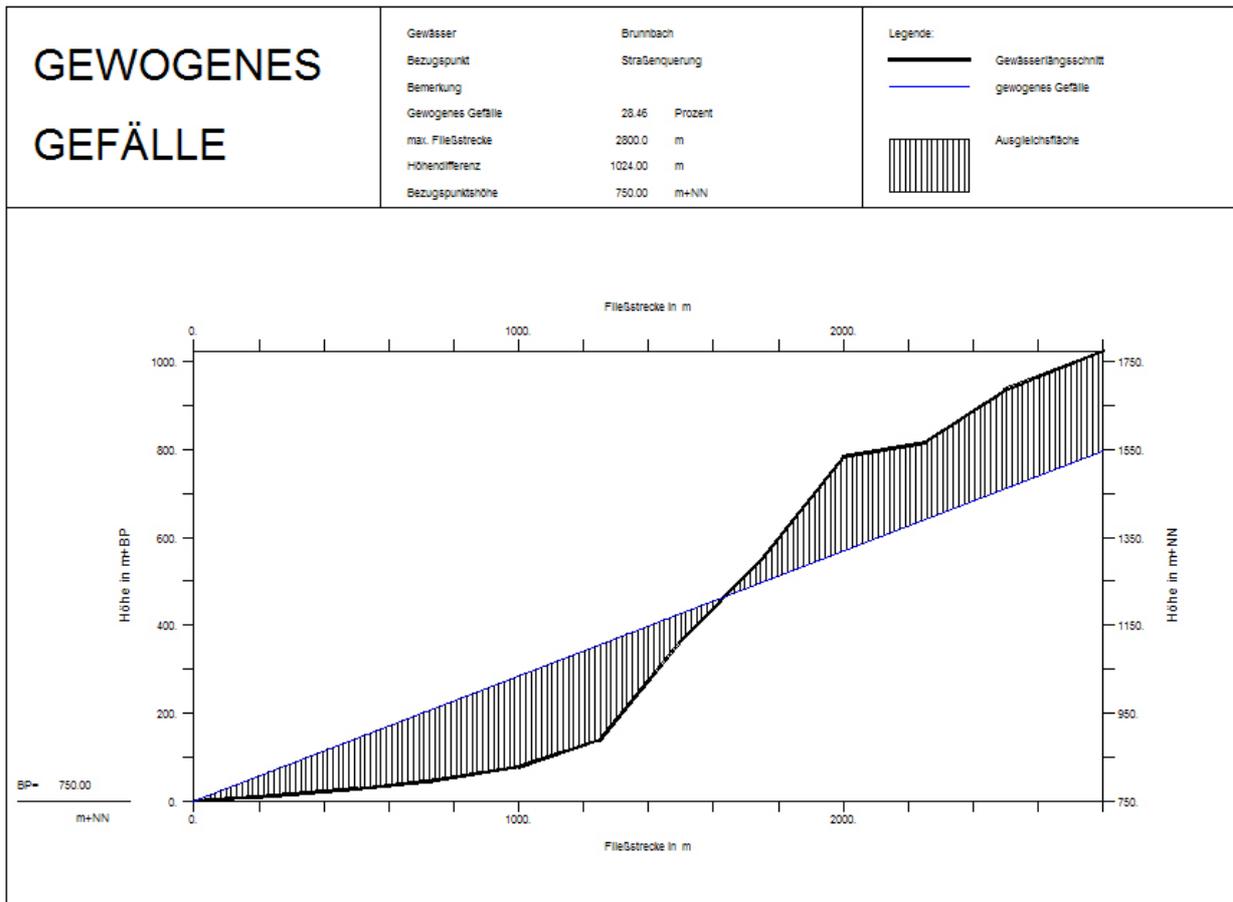


Abbildung 7: Längsschnitt des Bachlaufs bis zur Wasserscheide mit dem gewogenen Gefälle

Das ermittelte gewogene Gefälle beträgt 28,46 %.

Länge des Hauptgewässers, verlängert bis zur Wasserscheide:  $L = 2,8 \text{ km}$

Länge des Hauptgewässers bis zum Schwerpunkt des Gebiets:  $L_s = 1,46 \text{ km}$

Waldanteil in %: 40

Bebauungsanteil in %: 0

Monat, in dem das Ereignis stattfindet: Juli

### **Berechnung des Abflussbeiwerts:**

Für die Abschätzung des Abflussbeiwerts bei Extremniederschlägen wird vom DVWK (1991) das SCS-Verfahren des US Soil Conservation Service empfohlen. Bei diesem Verfahren wird der abflusswirksame Niederschlag des gesamten Niederschlagsereignisses als Funktion der Niederschlagshöhe  $N$  und einer Gebietskenngröße ( $CN$ ) beschrieben. Da allerdings die Gebietskenngröße nur näherungsweise ermittelt werden konnte (für Karstgebiet liegt keine „Curve Number“ vor), wurde zuerst mit der

empirischen Formel nach Wundt ein HQ Wert abgeschätzt. Dieser Wert wird einem HQ100 gleichgesetzt und mit diesem maximalen Abfluss wurde die mittlere „Curve Number“ des Einzugsgebiets iterativ ermittelt. Die mittlere „Curve Number“ des Einzugsgebiets beträgt 63. Mit dieser wurden dann die Abflusskoeffizienten und in weiterer Folge die Ganglinien für das HQ 50, HQ 10 und HQ 2 (Abbildung 8) ermittelt.

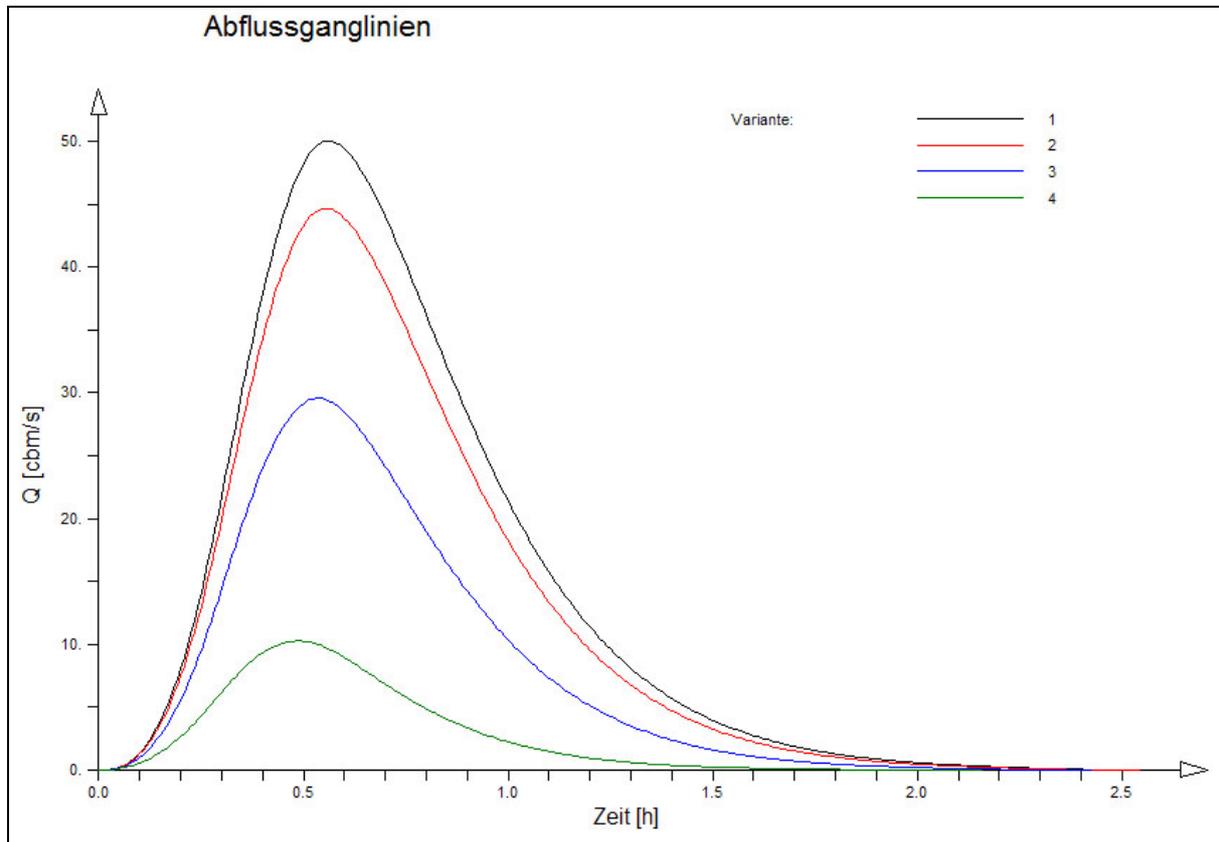


Abbildung 8: Berechnete Abflussganglinien für die Jährlichkeiten 100 (Var.1), 50 (Var.2), 10 (Var.3) und 2 (Var.4)

Es ergeben sich daher folgende Abflussspitzen und Abflussfrachten für die verschiedenen Jährlichkeiten:

|       | $Q_{\max}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] | Abflussfracht [ $10^3 \text{ m}^3$ ] |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| HQ100 | 50,0                                 | 126                                  |
| HQ50  | 44,6                                 | 100                                  |
| HQ10  | 29,6                                 | 69,6                                 |
| HQ2   | 10,2                                 | 21,3                                 |

Tabelle 4: Abflussspitzen und Abflussfrachten für die verschiedenen Jährlichkeiten

## 4.3 Geschiebe

### 4.3.1 Korngrößenverteilung

In Wildbächen hat sich zur Erstellung der Korngrößenverteilung die Linienzahlanalyse bewährt. Dabei wird über die zu analysierende Deckschicht eine Schnur gespannt, die systematische Fehler bei der Auswahl der zu untersuchenden Steine vermeiden hilft. Bei allen Steinen, die sich unter der Schnur befinden und größer als 1 cm sind, wird der Durchmesser gemessen (in der b-Achse). Die gemessenen Steine werden in Fraktionen eingeteilt und hinsichtlich ihrer Anzahl ausgewertet. Die resultierende Korngrößenverteilung des Sohlenmaterials ist in Abbildung 9 dargestellt.

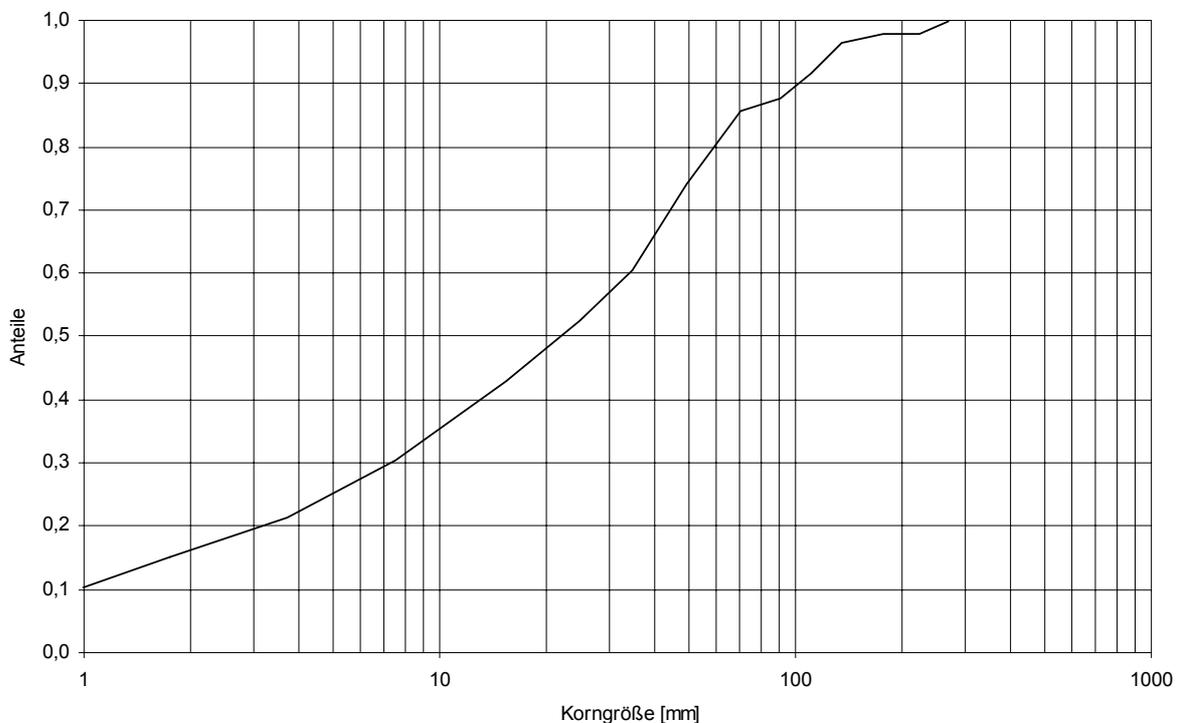


Abbildung 9: Korngrößenverteilung im Bachbett

Somit kann man einige charakteristische Kenngrößen ableiten:

Korndurchmesser beim Durchgang 10 %:  $d_{10} = 0,1$  cm

Korndurchmesser beim Durchgang 60 %:  $d_{60} = 3,5$  cm

Die Ungleichkörnigkeitszahl berechnet sich daher zu  $U = d_{60}/d_{10} = 35$ . Somit liegt ein sehr ungleichförmiger Boden vor.

### 4.3.2 Geschiebetrieb

Bei der Abschätzung des Geschiebetriebes wird folgendermaßen vorgegangen. Zuerst wird über den maximalen Abfluss der einzelnen HQs und der Fließformel von Strickler (1924) die Abflusstiefe iterativ ermittelt. Mit dieser Abflusstiefe wird dann der Geschiebetransport über die Formel von Rickenmann (1990, 1991) abgeschätzt. Der Geschiebetransport wird für den jetzigen Zustand des Gerinnes für das Querprofil bei hm 31,8 (Bachquerung der Forststrasse) der Strasse (Breite 26 m) berechnet.

Folgende Formeln wurden zur Berechnung des Geschiebetransports verwendet:

$$Q = v \cdot A$$

$$v = k_{ST} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$q_c = 0,257 \cdot (s-1)^{1,67} \cdot g^{0,5} \cdot d_{65}^{1,5} \cdot I^{-1,17}$$

$$q_B = \frac{12,6}{(s-1)^{1,6}} \cdot \left( \frac{d_{90}}{d_{30}} \right)^{0,2} \cdot (q - q_c) \cdot I^2$$

Mit Q...Abfluss, v...Fließgeschwindigkeit, A...durchströmte Fläche,  $k_{ST}$ ...Strickler-Beiwert ( $k_{ST} = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ), R...hydraulischer Radius ( $R = A/U$ ), I...Gefälle ( $I = 5,7\%$ ),  $q_c$ ...kritischer Abfluss (nach Whittaker & Jäggi, 1986),  $s = \rho_d/\rho_s = 2,65$ , g...Fallbeschleunigung,  $d_{xx}$ ...Korndurchmesser beim Durchgang xx,  $q_B$ ...Geschiebetransport pro Meter Gerinnebreite (nach Rickenmann, 1990 und 1991).

|       | Qmax [m <sup>3</sup> /s] | q [m <sup>3</sup> /(sm)] | h [m] | v [m/s] | q <sub>B</sub> [m <sup>3</sup> /(sm)] | Q <sub>B</sub> [m <sup>3</sup> /s] |
|-------|--------------------------|--------------------------|-------|---------|---------------------------------------|------------------------------------|
| HQ100 | 50,02                    | 1,92                     | 0,590 | 3,05    | 0,052                                 | 1,35                               |
| HQ50  | 44,6                     | 1,71                     | 0,550 | 3,12    | 0,046                                 | 1,19                               |
| HQ10  | 29,57                    | 1,14                     | 0,430 | 2,65    | 0,028                                 | 0,72                               |
| HQ2   | 10,2                     | 0,39                     | 0,225 | 1,74    | 0,005                                 | 0,13                               |

Tabelle 5: Abflussspitzen der einzelnen Bemessungshochwässer ( $Q_{max}$ ), Reinwasserabfluss pro Meter Breite (q), Abflusstiefen (h), Fließgeschwindigkeiten (v), Geschiebetransportraten pro Meter Breite ( $q_B$ ) und der Geschiebetransport für die gesamte Breite ( $Q_B$ ) im Querprofil bei der Strasse für die Maximalabflüsse der einzelnen Jährlichkeiten

### 4.3.3 Infiltration

Der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens kann über den effektiven Korndurchmesser ( $d_{10}$ ) und einem von der Ungleichkörnigkeitszahl abhängigen Parameter über die Formel nach Beyer (1964) abgeschätzt werden:

$$k_S = C_B \cdot d_e^2 = 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot \log(500/35) \cdot 1^2 = 0,0052 \text{ m/s.}$$

$k_s$  [m/s]      Durchlässigkeitsbeiwert

$d_e$  [mm]      Effektiver Korndurchmesser; zumeist wird  $d_e = d_{10}$  gesetzt

$C_B$  [-]      Empirischer Koeffizient; hängt nach Beyer streng von der Ungleichkörnigkeitszahl  $U$  ab. Diese Abhängigkeit wurde von Beyer in einem Nomogramm dargestellt und kann durch die Beziehung  $C_B = 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot \log(500/U)$  angenähert werden.

## **5 Verbaunungsziel, Verbaunungsgrundgedanke, Variantenstudium**

### **5.1 Verbaunungsziel**

Ziel ist es, den Geschiebetransport talauswärts bis zum Brunnsee zu verringern bzw. zu vermeiden. Dies kann nur durch eine Verringerung der Transportkapazität des Brunnbaches erreicht werden.

### **5.2 Verbaunungsgrundgedanke**

Eine solche Verringerung der Transportkapazität kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- ) *Erhöhung der Infiltration durch Ausleitung auf vorhandene Überflutungsflächen im Talboden.*
- ) *Aufweitung des Querschnitts im Talbereich.*

Dadurch wird die Speicherwirkung im Gerinne erhöht, was eine Dämpfung des Maximalabflusses und eine Streckung der Abflussganglinie bewirkt.

Um diese Maßnahmen zu erreichen, soll die Sohle des Brunnbaches auf die Höhe des umliegenden Talbodens gehoben und die in den letzten Jahren errichtete Kanalisierung des Brunnbaches entfernt werden. Dadurch wird ein einheitlicher Abfluss auf der Talbreite unter Ausnutzung eines Großteils des Talbereichs erreicht. Weiters wird durch diese Aufweitung des Gerinnes die Abflussfracht aufgrund der höheren Versickerungsleistungen vermindert sowie die Fließgeschwindigkeit aufgrund der geringeren Abflusstiefen reduziert. Dies hat zur Folge, dass das Geschiebe auf den Waldböden in den Talfluren gleichmäßig abgelagert wird und der Brunnsee von den Geschiebeablagerungen weitestgehend verschont bleibt.

### 5.3 Ausleitungsflächen

Die in den Talfluren des Brunntals für eine Ausleitung und anschließende Versickerung grundsätzlich zur Verfügung stehenden Flächen sind in Abbildung 10, deren Flächeninhalte sind in Tabelle 6 eingetragen.

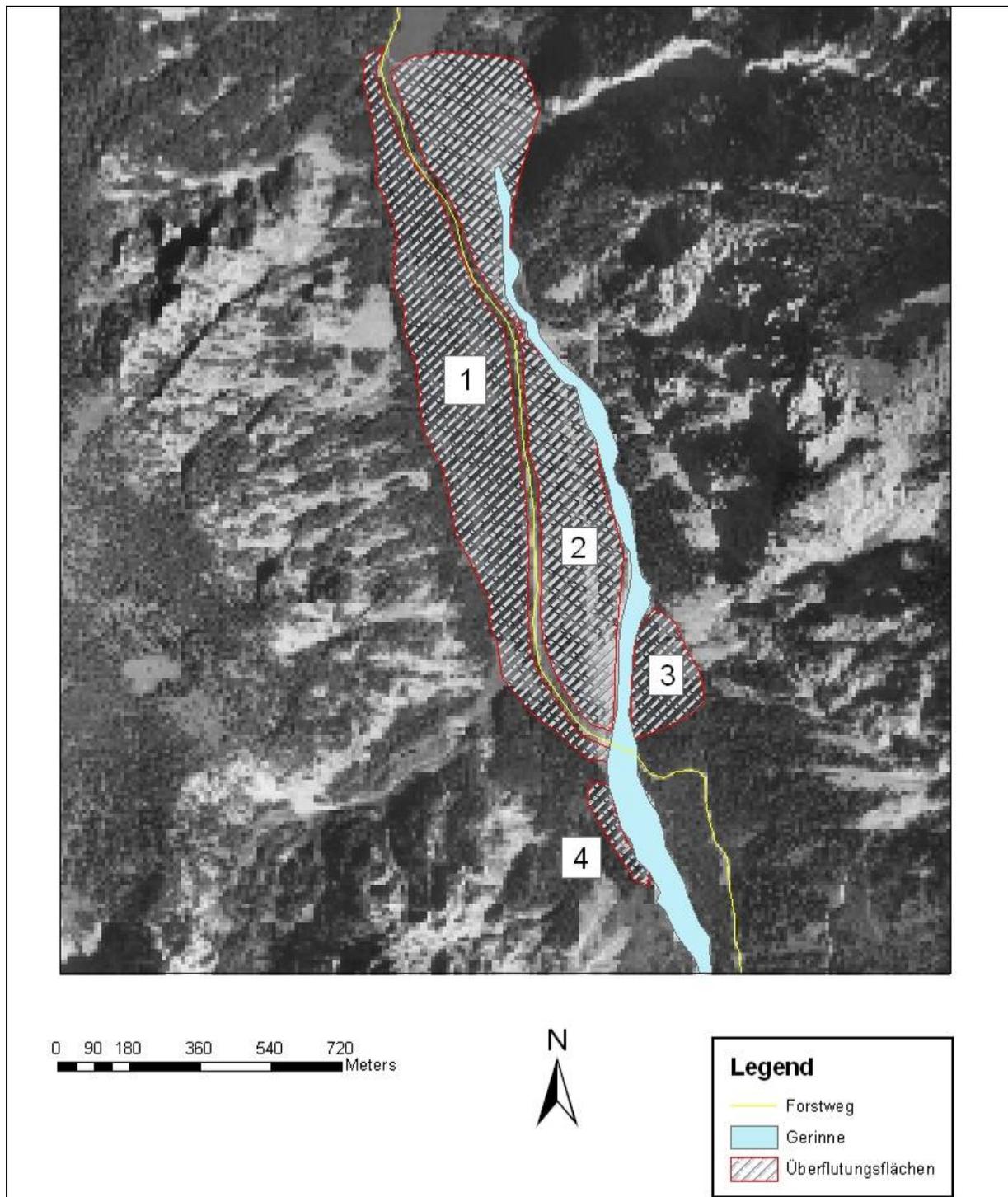


Abbildung 10: Die zur Ausleitung zur Verfügung stehenden Flächen

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| Fläche 1     | 0,26 km <sup>2</sup> |
| Fläche 2     | 0,29 km <sup>2</sup> |
| Fläche 3     | 0,04 km <sup>2</sup> |
| Fläche 4     | 0,01 km <sup>2</sup> |
| Gesamtfläche | 0,59 km <sup>2</sup> |

Tabelle 6: Flächeninhalte der in Abbildung 10 eingezeichneten Flächen

#### 5.4 Verringerung der Abflussfracht

Am Institut für Alpine Naturgefahren wurde im Zuge des Projektes Pertisau (Hübl et al, 2003) eine ähnliche Fragestellung abgehandelt, bei der genaue bodenphysikalische Untersuchungen zur Infiltration durchgeführt wurden. Dabei wurde eine Abschwächung der Abflusswelle über eine Ausleitung auf Überflutungsflächen erzeugt. Die ermittelten Korngrößenverteilungen und  $k_s$ -Werte der Überflutungsflächen beim Projekt Pertisau sind in Abbildung 11 und Tabelle 7 dargestellt. Bei diesem Projekt wurde von einer Infiltrationsrate von 80 bis 120 mm/h ausgegangen. Vergleicht man die  $k_s$ -Werte beim Projekt Pertisau mit dem  $k_s$ -Wert beim alluvialen Talboden im Brunntal ( $5,2 \cdot 10^{-3}$  m/s), so erkennt man, dass die Böden beim Projekt Pertisau niedrigere  $k_s$ -Werte, also geringere Durchlässigkeiten haben. Auch ist die Korngrößenverteilung im Talbereich des Brunntals grobkörniger (vgl. Abbildung 11).

Daher kann die Annahme einer Infiltration von 100 mm/h im Brunntal als gerechtfertigt erachtet werden.

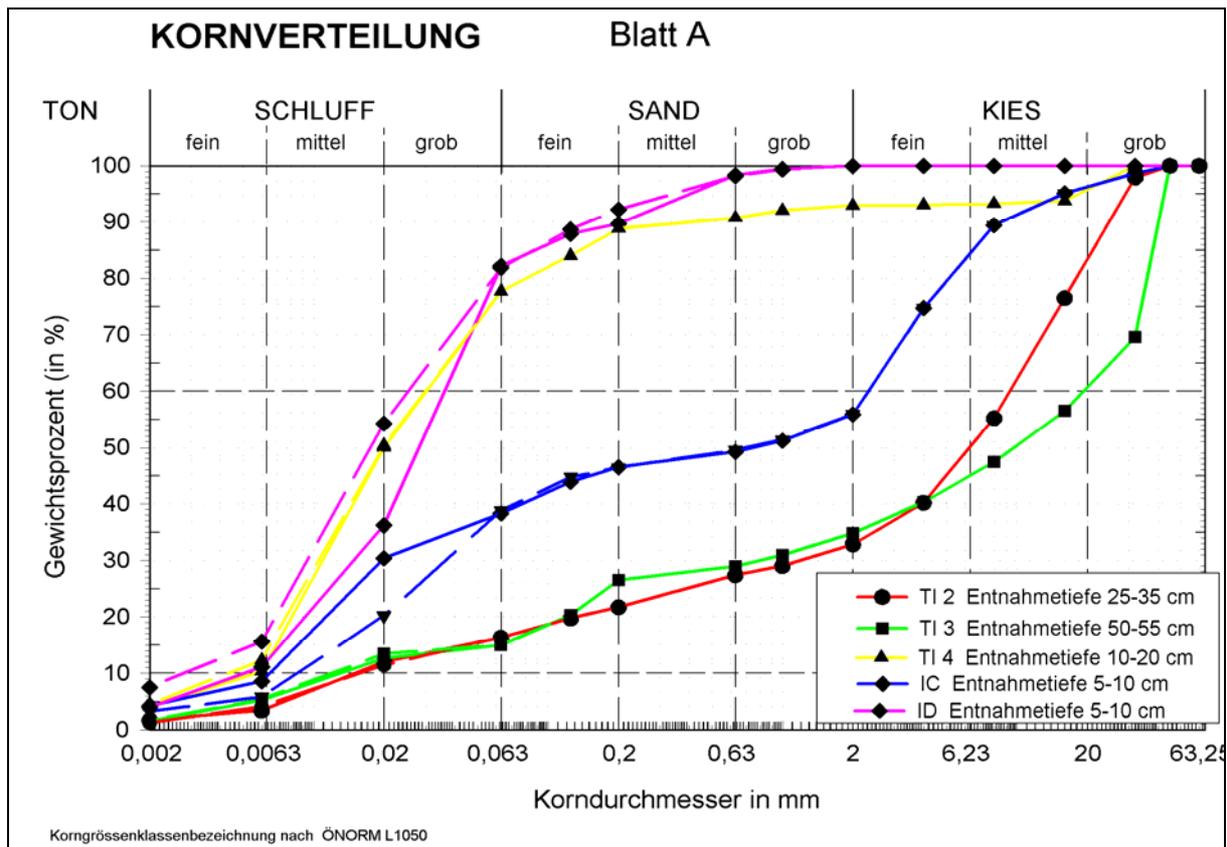


Abbildung 11: Korngrößenverteilungen beim Projekt Pertisau in unterschiedlichen Entnahmetiefen der Proben

| Tiefe [cm] | Standort D A1-1<br>$k_s$ [m/s]            | Standort D A1-2<br>$k_s$ [m/s] | Standort D A2-1<br>$k_s$ [m/s]            |
|------------|---|--------------------------------|---|
| 5-20       | $1,3 \cdot 10^{-6}$ - $3,1 \cdot 10^{-6}$ | $1,2 \cdot 10^{-4}$            | $4,1 \cdot 10^{-4}$ - $1,7 \cdot 10^{-6}$ |
| 20-40      | $4,1 \cdot 10^{-3}$                       | $0,6 \cdot 10^{-3}$            | $0,9 \cdot 10^{-3}$                       |
| 40-60      | $2,9 \cdot 10^{-4}$                       | $3,5 \cdot 10^{-5}$            | $1,1 \cdot 10^{-3}$                       |

Tabelle 7: Gegenüberstellung der ermittelten  $k_s$ -Werte beim Projekt Pertisau an 3 unterschiedlichen Standorten (der  $k_s$ -Wert im Brunntal beträgt  $5,2 \cdot 10^{-3}$  m/s)

#### Abflussfrachtberechnung Brunnbach:

Ausgehend von einer Infiltrationsrate von 100 mm/h erhält man daher folgende Abflussfrachten, die auf den einzelnen Ausleitungsflächen pro Stunde versickern können:

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| Fläche 1     | 26000 m <sup>3</sup> |
| Fläche 2     | 29000 m <sup>3</sup> |
| Fläche 3     | 4000 m <sup>3</sup>  |
| Fläche 4     | 1000 m <sup>3</sup>  |
| Gesamtfläche | 60000 m <sup>3</sup> |

Tabelle 8: Abflussfrachten, die auf den einzelnen Flächen versickern können

Subtrahiert man diese Abflussfrachten von den Abflussfrachten der einzelnen Bemessungshochwässer (Tabelle 4), erhält man die Abflussfrachten, die den Talausgang erreichen.

|       |               | Reduktionen der Abflussfrachten aufgrund der Infiltration auf den einzelnen Flächen in [m <sup>3</sup> ] |          |          |          |              |
|-------|---------------|--|----------|----------|----------|--------------|
|       | Abflussfracht | Fläche 1   | Fläche 2 | Fläche 3 | Fläche 4 | Gesamtfläche |
| HQ100 | 126000        | 100000   | 97000    | 122000   | 125000   | 66000        |
| HQ50  | 100000        | 74000  | 71000    | 96000    | 99000    | 40000        |
| HQ10  | 69600         | 43600  | 40600    | 65600    | 68600    | 9600         |
| HQ2   | 21300         | 0  | 0        | 17300    | 20300    | 0            |

Tabelle 9: Reduktionen der Abflussfrachten durch die Infiltration auf den einzelnen Teilflächen und auf der Gesamtfläche für die Bemessungshochwässer

Aus Tabelle 9 erkennt man, dass ein HQ2 bereits auf der Fläche 1 oder auch auf der Fläche 2 vollständig versickert. Für ein HQ100 erhält man bei Ausleitung auf allen vorhandenen Flächen eine Reduktion der Abflussfracht um 52 %.

## 5.5 Fließende Retention im Gerinne

Durch eine Aufweitung des Gerinnes wird eine Dämpfung der Hochwasserabflusswelle durch die Speicherwirkung im Gerinne erzielt. Dies wurde anhand einer Verbreiterung des Querschnitts auf 100 m (Abbildung 12) simuliert und über das Kalinin-Miljukov Verfahren abgeschätzt. Das Kalinin-Miljukov Verfahren ist ein hydrologisches Modell zur Beschreibung der Verformung einer Abflussganglinie entlang einer Gewässerstrecke. Als Gewässerstrecke wird hier die Entfernung 2 km angenommen (dies entspricht der Länge, auf der die Ausleitungsfächen zur Verfügung stehen). Die Inputparameter sind die Zuflussganglinien (siehe Kapitel 4), die Rauigkeiten (im Vorland  $k_{ST} = 5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  und im Gerinne  $k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  sowie die mittlere Gerinneneigung (5,7 %).



## 5.6 Auswirkungen auf den Geschiebetrieb

In weiterer Folge wird die Veränderung der Fließgeschwindigkeit und des Geschiebetransports bei einer Aufweitung des Querprofils auf 100 m untersucht. Die Berechnung des Geschiebetransports erfolgt äquivalent zu Abschnitt 4.3.2:

|       | Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s] | q [m <sup>3</sup> /(sm)] | h [m] | v [m/s] | q <sub>B</sub> [m <sup>3</sup> /(sm)] | Q <sub>B</sub> [m <sup>3</sup> /s] |
|-------|--------------------------------------|--------------------------|-------|---------|---------------------------------------|------------------------------------|
| HQ100 | 50,02                                | 0,50                     | 0,26  | 1,92    | 0,008                                 | 0,82                               |
| HQ50  | 44,6                                 | 0,44                     | 0,24  | 1,89    | 0,006                                 | 0,65                               |
| HQ10  | 29,57                                | 0,30                     | 0,19  | 1,56    | 0,002                                 | 0,18                               |
| HQ2   | 10,2                                 | 0,10                     | 0,1   | 1,02    | 0                                     | 0                                  |

Tabelle 10: Abflussspitzen der einzelnen Bemessungshochwässer (Q<sub>max</sub>), Reinwasserabfluss pro Meter Breite (q), Abflusstiefen (h), Fließgeschwindigkeiten (v), Geschiebetransportraten pro Meter Breite (q<sub>B</sub>) und der Geschiebetransport für die gesamte Breite (Q<sub>B</sub>) bei einer Aufweitung des Gerinnes auf 100 m

Bei einem Vergleich von Tabelle 5 und Tabelle 10 ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

Durch die Gerinneaufweitung kommt es zu einer Reduktion der Abflusstiefe und der Fließgeschwindigkeit und in weiterer Folge aufgrund der geringeren Schleppspannung zu einer Reduktion des Geschiebetransports. Das bedeutet, dass der Großteil des Geschiebes bei einer Vergrößerung des Abflussquerschnitts bzw. Ausleitung auf die Überflutungsflächen, auf diesen Flächen abgelagert wird. Bei einem HQ2 z.B. ergibt sich im jetzigen Zustand des Gerinnes ein Geschiebetransport von 0,125 m<sup>3</sup>/s. Bei einer Aufweitung des Gerinnes auf 100 m findet bei einem HQ2 bereits kein Geschiebetransport mehr statt; es wird flächig abgelagert. Bei einem HQ100 kommt es durch die Aufweitung zu einer Reduktion des Geschiebetransports um 40 %. Weiters ist zu berücksichtigen, dass diese Abschätzung für den Maximalwert der einzelnen Ganglinien berechnet wurde. Diese Abschätzung stellt daher einen oberen Grenzwert für den Geschiebetransport dar. Auch wurde bei dieser Abschätzung die Retentionswirkung bei einer Aufweitung des Querschnitts nicht berücksichtigt (siehe Abschnitt 4.9). Durch diese Aufweitung kommt es zu einer Dämpfung der Abflussspitzen und in weiterer Folge zu einem geringeren Geschiebetransport.

## 6 Beantragte Maßnahmen im Einzelnen

Um eine Infiltration auf den zur Ausleitung zur Verfügung stehenden Flächen zu erreichen, wird die derzeitige Sohle des Brunnbachs auf die Höhe des umliegenden Geländes gehoben. Im oberen Teil (hm 29,8 bis hm 36,5) des Brunnbachs wird eine Erhöhung des Geländes über Querbauwerke, im weiteren Elefantenzäune (Position 1) genannt, erreicht. Das Geschiebe lagert sich im Laufe der Zeit vor diesen Elefantenzäunen ab und es wird eine gleichmäßige Hebung des Gerinnes auf rund 2 m, bzw. auf die Höhe des umliegenden Geländes (Profil 6 und 7) über der derzeitigen Sohle erzielt. Von hm 31,7 bis hm 26,8 werden die bestehenden Wälle entfernt (Position 4) und das dabei anfallende Schuttmaterial im Bachbett gleichmäßig verteilt. Von Profil 8 bachabwärts erfolgt die Hebung des Bachbetts auf die Höhe des umliegenden Geländes mit Rauhbäumen, die über den Profilquerschnitt verlegt werden. Die im Talbereich befindlichen alten Gerinneläufe sind ebenfalls über Rauhbäume auf die Höhe des umliegenden Geländes anzuheben (Position 3).

Weiters ist bei fortschreitender Verlandung unter Annahme der projektierten Überflutungsflächen vorzusorgen, dass der auftretende Abfluss nicht die bestehende Forststrasse als bevorzugte Abflusslinie annimmt und so in den Bereich Brunnsee vorstößt. Durch die Anlage einer Gegensteigung in einem noch einvernehmlich festzulegenden Strassenabschnitt (Geländeverschnidung) kann dieser Gefahr Einhalt geboten werden.

### **Position 1: Errichtung von „Elefantenzäunen“ von hm 36,5 bis hm 29,8**

Die Elefantenzäune werden in den Querprofilen 1 bis 7 über die gesamte Breite des Querschnitts eingebaut. Die genaue Ausführung der Elefantenzäune ist aus dem Detailplan ersichtlich. Erstellt werden diese aus in den Boden gerammten Holzpfählen und darauf horizontal befestigten Querpfählen. Für die Pfähle werden im Untersuchungsgebiet vorhandene Lärchen- bzw. engringige Fichtenstämme mit einem Durchmesser von 20 bis 25 cm verwendet. Auf eine ausreichende Einbindung in die Uferböschung ist zu achten (siehe Detailplan). Die Querpfähle (Langhölzer) aus Fichtenstämmen werden zur Verhinderung von Unterspülungen der Elefantenzäune bis unter Gerinnesohle angebracht (laut Detailplan 1,25 bzw. 1,0 m unter Gerinnesohle)

und sukzessive mit der auftretenden Verlandung auf Sollhöhe aufgestockt. Weiters sind die Hohlräume zwischen den Querpfehlen mit Schlagabraum und Steinen abzudecken um eine Auswaschung zu verhindern. Die Höhe und Länge der Elefantenzäune ist in Tabelle 11 dargestellt. Weiters sind die dafür nötigen Laufmeter Holz bei Verwendung von Pfählen mit 25 cm Durchmesser eingetragen.

| Querprofil | Höhe [m] | Länge [m] | Holz [fm] |
|------------|----------|-----------|-----------|
| 1          | 2        | 78        | 48,8      |
| 2          | 2        | 90        | 56,3      |
| 3          | 2        | 118       | 73,8      |
| 4          | 2        | 96        | 60,0      |
| 5          | 2        | 36        | 22,5      |
| 6          | 1,5      | 30        | 16,4      |
| 7          | 1        | 35        | 16,4      |

Tabelle 11: Höhe und Länge der Elefantenzäune bei den einzelnen Querprofilen mit den dafür benötigten Festmeter Holz



Abbildung 14: Beispiel eines „Elefantenzaunes“ zur Sicherung einer Furt (Mangartbach)  
Zur Vorfeldsicherung könnten zusätzliche Raubbäume quer zur Fließrichtung eingebaut werden.

## **Position 2: Einlegen von Raubbäumen von hm 28,8 bis hm 18,8**

Die Raubbäume werden in den Querprofilen 8 bis 18 wie in der Handskizze Raubaumeinbau dargestellt verlegt. Dabei können die bisher zur provisorischen Uferbefestigung verwendeten Raubbäume verwendet werden. Diese werden zur Sicherung an zwei in die Sohle gerammte Pfähle befestigt. Pro Querprofil werden insgesamt 3 Raubbäume schräg überlappend bis über die Bachbettmitte in einem Abstand von 5 bis 10 Meter versetzt in Fließrichtung angebracht. Dieses Überlappen der 3 Raubbäume bewirkt ein Mäandrieren des Baches zwischen den Raubbäumen und somit eine Verlängerung des Fließweges. Auch wird dadurch das Ausbilden einer Niederwasserrinne gefördert. In Tabelle 12 ist die Breite der Querprofile, auf die die Raubbäume verlegt werden, angegeben.

| Querprofil | 8  | 9    | 10   | 11 | 12 | 13   | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|------------|----|------|------|----|----|------|----|----|----|----|----|
| Länge [m]  | 26 | 33,1 | 38,9 | 20 | 27 | 16,8 | 38 | 34 | 23 | 18 | 14 |

Tabelle 12: Breite der verlegten Raubbäume bei den einzelnen Querprofilen

## **Position 3: Gerinneverdämmung von hm 36,5 bis hm 18,8**

Im Talbereich sind noch kleinere ursprüngliche Gerinneläufe vorhanden. Damit diese nach dem Ausgleich der jetzigen Bachsohle auf die Höhe des umliegenden Geländes nicht als Gerinne genutzt werden, sind diese ebenfalls mit Raubbäumen oder mit vorhandenem Bachschutt auf Höhe des umliegenden Geländes zu heben.

## **Position 4: Entfernung bestehender Dämme von hm 31,7 bis hm 26,8**

Die bestehenden Dämme werden von hm 31,7 bis hm 26,8 entfernt und das dabei anfallende Schuttmaterial wird gleichmäßig auf der Bachsohle verteilt. Von hm 26,8 bis hm 18,8 sind teilweise Wälle vorhanden. Diese sind ebenfalls zu entfernen.

## 7 Kostenerfordernis und Wirtschaftlichkeit

### Position 1:

Für die Errichtung der Elefantenzäune werden bei Verwendung von Pfählen mit 25 cm Durchmesser insgesamt rund 295 Festmeter Holz benötigt. Bei einem Preis von 80 € pro Festmeter ergibt das anfallende Kosten von 23525 €. Die Baggerkosten werden mit 60 € pro Stunde angenommen, die der Hilfskräfte mit 30 € pro Stunde. Weiters wird für das Befestigungsmaterial der Querpfähle 6000 € angenommen.

Für den Baufortschritt der Elefantenzäune wird 25 m pro Tag angenommen. Bei einer Gesamtlänge der Elefantenzäune von rund 483 m erfordert das bei acht Stunden pro Tag rund 19 Tage. Somit ergeben sich folgende Kosten:

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Pfähle               | 23525 € |
| Befestigungsmaterial | 6000 €  |
| 2 Bagger             | 18240 € |
| 2 Hilfskräfte        | 9120 €  |
| Summe                | 56885 € |

### Position 2:

Für den Baufortschritt der Rauhbäume werden 3 Querprofile pro Tag angenommen. Weiters wird 1000 € für Kleinmaterial angenommen. Es ergeben sich daher für rund 4 Tage folgende Kosten.

|               |        |
|---------------|--------|
| 1 Bagger      | 1920 € |
| 1 Hilfskraft  | 960 €  |
| Kleinmaterial | 1000 € |
| Summe         | 3880 € |

### Position 3:

Da die erforderliche Kubatur vorab nicht festzulegen ist, wird für diese Position eine Pauschale angenommen.

|          |        |
|----------|--------|
| Pauschal | 5000 € |
| Summe    | 5000 € |

### Position 4:

Beim Abtragen der Dämme auf die Höhe des umliegenden Geländes von hm 31,7 bis hm 26,8 sind Massenbewegung in der Höhe von rund 3950 m<sup>3</sup> erforderlich. Bei einer Förderleistung einer Baggerstunde von 60 m<sup>3</sup> und einem geschätzten Preis von 60 € ergeben sich so anfallende Kosten von 3950 €.

Somit ergeben sich folgende Gesamtkosten:

|            |         |
|------------|---------|
| Position 1 | 56885 € |
| Position 2 | 3880 €  |
| Position 3 | 5000 €  |
| Position 4 | 3950 €  |
| Summe      | 69715 € |

## 8 Literaturverzeichnis

BEYER (1964): Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilungskurve. WWT 14: 165-168, Berlin.

DVWK (1991): Beitrag zur Bestimmung des effektiven Niederschlags für Bemessungshochwasser aus Gebietskenngrößen; Ergebnis einer vergleichenden Untersuchung durch den DVWK - Fachausschuss „Niederschlags – Abfluss – Modelle“.

FLÜGEL & NEUBAUER (1984): Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. Steiermark. Geologische Karte der Steiermark 1:200.000 mit Erläuterungen. Geologische Bundesanstalt, „Bundesländerserie“ . Wien .

HÜBL, JUGOVIC, FOURNIER, FRÖMEL, PÖLZL, GRUBER, HOLZINGER, ZOTT (2003): Hochwasserschutz durch Reaktivierung von Überflutungsräumen - Evaluierung des Systemverhaltens im Verbauungsprojekt "Pertisauer Wildbäche": Hydraulische Modellversuche zur Optimierung des Ausleitungsbauwerkes Dristenau, IAN Report 76 Band 3, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien (unveröffentlicht).

KÖCK (1995): Pflanzenstandorte in den Nordöstlichen Kalkalpen Österreichs – wald- und humanökologische Perspektiven. Diplomarbeit am Institut für Waldökologie der Universität für Bodenkultur, Wien 1995.

KÖCK (1997): Waldgesellschaften in Wildalpen, Standortkartierung. ined.

LORENZ & SKODA (2000): Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen ( $D \leq 12$  Stunden) mit inadäquaten Daten. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 80 S.1-24; Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 2000.

LUTZ (1984): IHW, Berechnung von Hochwasserabflüssen unter Anwendung von Gebietskenngrößen, Heft 24, Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität Karlsruhe (TH).

MANDL & PAVLIK (1993). Zwischenbericht 1993 für den Zeitraum Juni 1992 bis März 1993 über geologische Arbeiten im Hochschwab- und Schneeberggebiet im Rahmen des Karstforschungsprogrammes. Geologische Bundesanstalt. Wien 1993.

MAYER (1974): Wälder des Ostalpenraumes. Standort, Aufbau und waldbauliche Bedeutung der wichtigsten Waldgesellschaften in den Ostalpen samt Vorland. Fischer Verlag. Stuttgart.

PILGRIM (1987): Australian Rainfall and Runoff: A Guide to flood estimation, Volume 1. Revised edition. Institution of Engineers Australia. Barton, A.C.T., 1987.

RICKENMANN (1990): Bedload transport capacity of slurry flows at steep slopes. Mitteilungen 103. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.

RICKENMANN (1991): Hyperconcentrated flow and sediment transport at steep slopes. J. Hydraul. Eng., 117(11): 1419-1439.

STRICKLER (1924): Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauheitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen, Schweiz. Bauzeitung, Bd. 83, 265-268.

WHITTAKER & JÄGGI (1986): Blockschwellen. Mitt. Nr. 91 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 187p.

WUNDT (1953): Gewässerkunde. Springer Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg.

ZUKRIGL (1973): Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenostrand, Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Heft 101.

## 9 Grundstücksdatenbankauszug

| AUSZUG AUS DEM GRUNDSTÜCKSVERZEICHNIS |     |                   |                          | NUMMERIERUNG: getrennt |     |          |       |     |
|---------------------------------------|-----|-------------------|--------------------------|------------------------|-----|----------|-------|-----|
| KATASTRALGEMEINDE: 67112 Wildalpen    |     |                   |                          | GRENZKATASTER: TNA     |     |          |       |     |
| VERMESSUNGSAMT: Liezen                |     |                   |                          | ***** 2007-08-08       |     |          |       |     |
| EINGABE (VOR SORT): 779 780 781 784/1 |     |                   |                          |                        |     |          |       |     |
| *****                                 |     |                   |                          |                        |     |          |       |     |
| GST-NR                                | G   | MBL-BEZ           | BA (NUTZUNG)             | FLÄCHE                 | EMZ | VHW      | GB-NR | EZ  |
| 779                                   |     | 6628-82           |                          | 75659                  |     | 499/1999 |       | 275 |
|                                       |     |                   | Wald                     | T 13968                |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Sonstige (Ödland)        | T 56574                |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Sonstige (Fels/Geröll)   | T 5117                 |     |          |       |     |
| 780                                   |     | 6628-82           |                          | 51371                  |     | 499/1999 |       | 275 |
|                                       |     |                   | Wald                     | T 43179                |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Sonstige (Ödland)        | T 8192                 |     |          |       |     |
| 781                                   |     | 6628-82           |                          | 6397063                |     | 499/2005 |       | 275 |
|                                       |     |                   | Landw. genutzt           | T 3600                 | 288 |          |       |     |
|                                       |     |                   | Alpe                     | T 720156               |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Wald                     | T 3071774              |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Gewässer (steh.)         | T 3049                 |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Sonstige (Ödland)        | T 462590               |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Sonstige (Fels/Geröll)   | T 2135894              |     |          |       |     |
| 784/1                                 |     | 6629-74           |                          | 5693995                |     | 499/2005 |       | 275 |
|                                       |     |                   | Landw. genutzt           | T 35005                | 854 |          |       |     |
|                                       |     |                   | Alpe                     | T 55114                |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Wald                     | T 4940570              |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Sonstige (Straßenanlage) | T 270                  |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Sonstige (Ödland)        | T 96737                |     |          |       |     |
|                                       |     |                   | Sonstige (Fels/Geröll)   | T 566299               |     |          |       |     |
| *****                                 |     |                   |                          |                        |     |          |       |     |
| EZ                                    | LNR | EIGENTÜMER        |                          |                        |     |          |       |     |
| 275                                   | 1   | ANTEIL: 1/1       |                          |                        |     |          |       |     |
|                                       |     | Stadt Wien        |                          |                        |     |          |       |     |
|                                       |     | ADR: Rathaus 1082 |                          |                        |     |          |       |     |

Abbildung 15: Grundstücksdatenbankauszug

## 10 Planbeilagen

| Planbezeichnung              | Maßstab    |
|------------------------------|------------|
| Lageplan mit Kataster        | 1:5000     |
| Längenschnitt des Brunnbachs | 1:5000/500 |
| Querprofile 1 bis 7          | 1:500      |
| Querprofile 8 bis 18         | 1:500      |
| Detailplan Elefantenzäune    | 1:50       |
| Handskizze Rauhbaumeinbau    | /          |

Tabelle 13: Planbeilagen