

KULTURLANDSCHAFT UND SCHUTZ VOR NATURGEFAHREN IN OBWALDEN

Fachartikel



Grosse Schiere, Gehretschwand im Jahr 1897. Arbeiter bei der Erstellung einer Wildbachsperre. Quelle: Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.

Sarnen, 31. Januar 2018
Projektnr. 1705



belop gmbh

Ingenieure und Naturgefahrenfachleute

Tulpenweg 2
6060 Sarnen

041 661 02 70
www.belop.ch

Impressum

Auftraggeber: Verein Kulturlandschaft – Landschaft und Kultur Obwalden

Auftragnehmer: belop gmbh
Tulpenweg 2
CH-6060 Sarnen

Projektnummer: 1705

Leitung: Seppi Berwert

Fassung vom: 31. Januar 2018

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	2
2	NATURGEFAHREN	2
2.1	Wildbäche, Hochwasser	3
2.1.1	Begriffe.....	3
2.1.2	Geschichte des Hochwasserschutzes	3
2.1.3	Gewässerkorrekturen im Sarneraatal nach 1864	5
2.1.4	Die Zuflüsse der Giswiler Laui oberhalb des Schwemmkegels.....	18
2.2	Rutschungen, Hangmuren.....	21
2.2.1	Begriffe.....	21
2.2.2	Rutschung Hintergraben, Sarnen	21
2.2.3	Sachsler Wildbäche.....	23
2.3	Lawinen.....	25
2.3.1	Begriffe.....	25
2.3.2	Geschichte der Lawinenverbauungen	25
2.3.3	Lawinenverbauung Matthorn.....	26
2.3.4	Lawinenverbauung Rigidal	28
2.4	Bergsturz, Felssturz, Steinschlag	31
2.4.1	Begriffe.....	31
2.4.2	Historische Bergstürze im Kanton Obwalden	32
2.4.3	Steinschlag und Felssturz	34

Verzeichnisse

1 Einleitung

Die Landschaft in Obwalden wird und wurde durch die abiotische (unbelebte) und biotische (belebte) Natur geprägt. Die abiotische Natur hat die Landschaft in den grossen Zügen geformt. Die biotische Natur belebt und gestaltet die Landschaft. Zur biotischen Natur gehört auch der Mensch. Er versucht die Landschaft seit vielen Jahren nach seinen Bedürfnissen zu gestalten. Eines seiner Bedürfnisse ist sein eigener Schutz und der Schutz seiner Sachwerte vor schädlichen Naturereignissen wie Hochwasser, Murgänge, Rutschungen oder Lawinen. Im Rahmen seiner Möglichkeiten hat der Mensch Massnahmen entwickelt, um sich vor den Gefahren der Natur möglichst zu schützen. Dieser Schutz vor Naturgefahren hat die Landschaft in Obwalden in den letzten 150 Jahren mitgeprägt. Der vorliegende Fachbericht soll einen Überblick über die Naturgefahren im Kanton Obwalden geben und anhand von Beispielen aufzeigen, wie Naturereignisse und der Schutz vor solchen unsere Landschaft in Obwalden geprägt haben und prägen.

Für die Bearbeitung waren folgende Fragestellungen zentral:

- Was sind Naturgefahren?
- Wie gehen und gingen die Menschen mit Naturgefahren um?
- Inwiefern haben die Naturgefahren unsere Landschaft/Kulturlandschaft beeinflusst?
- Wie versucht sich der Mensch vor Naturgefahren zu schützen?

Die Fragestellungen wurden immer im Blick auf die Landschaft/Kulturlandschaft Obwalden früher und heute gelegt. Im Bericht werden zentrale Fachbegriffe erklärt, um den Bericht einem breiten Publikum zugänglich zu machen. Aufgrund der vielen Datenquellen und zeitlichen Ressourcen können nicht alle Aspekte abgehandelt werden. Schliesslich soll der Bericht es dem Leser auch ermöglichen, seine eigenen Schlüsse und Betrachtungen zu Naturgefahren und Landschaft/Kulturlandschaft in Obwalden zu ziehen.

Ein besonderer Dank gehört dem Regierungsrat Josef Hess und dem Amtsleiter für Wald und Landschaft Roland Christen für die wertvollen Ergänzungen und das kritische Mitdenken.

2 Naturgefahren

«Eine Naturgefahr ist ein durch natürliche Prozesse ausgelöster Zustand oder Vorgang, der Schäden verursachen oder Opfer fordern kann.»¹ Zu den bekanntesten Naturgefahren in der Schweiz gehören Hochwasser, Murgänge, Rutschungen, Sturzprozesse, Lawinen und Stürme. Weniger bekannt sind Erdbeben, da sie seltener vorkommen. Erdbeben können jedoch sehr hohe Sach- und Personenschäden anrichten, wenn sie auftreten. Alle erwähnten Naturgefahren kommen auch im Kanton Obwalden vor. Dieser Bericht geht jedoch auf die beiden Naturgefahren Stürme und Erdbeben nicht näher ein.

¹ Kanton Bern: http://www.naturgefahren.sites.be.ch/naturgefahren_sites/de/index/gefahren_risiken/

2.1 Wildbäche, Hochwasser

2.1.1 Begriffe

Wildbach: Ein Gerinne, das bei Hochwasser sehr viel Geschiebe führt. Das Geschiebe bewegt sich dabei im Schnitt um Grössenordnungen langsamer als die Strömung.²

Murgänge: Wasser und Feststoffe vermengen sich derart, dass sie sich gemeinsam bewegen. Charakteristisch ist dabei ein Abfluss in mehreren Schwällen. Diese ereignen sich aber auch in normalerweise nicht durchflossenen Runsen, wenn dort Schutt von einem plötzlichen Wasseranfall mobilisiert wird. Dabei entsteht meist nur ein einziger Schwall. Ein Synonym für Murgang ist der Ausdruck Rufe. Mit diesem Begriff werden jedoch auch oberflächliche Hangrutsche bezeichnet.³

Wildbachverbau: Hier geht es in erster Linie um eine Verminderung des Geschiebeaufkommens im Erosionsgebiet. Sohlen- und Ufersicherungen im Bachbett können Tiefen- und Seitenerosion stoppen oder zumindest vermindern. Dabei müssen die Geschiebequellen in den Hängen unterbunden werden. Sofern die entsprechenden Massnahmen wasserbaulicher Art sind, rechnet man sie zum Wildbachverbau – und die Bauobjekte entsprechend den Wildbachverbauungen. Der Übergang zu den Hangverbauungen und anderen erdbaulichen Massnahmen ist fließend. Unterhalb der Waldgrenze besteht auch die Möglichkeit zur Stabilisierung gewisser Geschiebeherde mittels Aufforstung, was nicht unter die Überschrift Wildbachverbau fällt.⁴

2.1.2 Geschichte des Hochwasserschutzes

«Kleinere Eingriffe ins Gewässernetz erfolgten wohl schon zur Zeit der Römer, doch gibt es darüber keine Berichte. Dasselbe gilt für das frühe Mittelalter. Die ersten spärlichen Dokumente stammen aus dem 11. und 12. Jahrhundert und lassen meist einen grossen Interpretationsraum offen. Die eigentliche Ära des baulichen Hochwasserschutzes setzte erst in der Neuzeit ein. Dabei kann die Kanderumleitung von 1711–1714 als Vorläufer und die Linthkorrektur von 1807–1816 als wegweisende Arbeit – sowohl für den Flussbau wie für den Wildbachverbau – gewertet werden. Zu den Höhepunkten gehörten dann zweifellos die Korrektur des Alpenrheins ab 1862, die Korrektur der Rhone ab 1863 und die Juragewässerkorrektur ab 1868.»⁵

Die Gründung des Bundesstaates im Jahre 1848 wie auch die Gründung der Eidgenössischen Polytechnischen Schule im Jahre 1855 (heute ETH Zürich) mit den Fachabteilungen Forstschule und Ingenieurschule führten dazu, dass ein gesamtschweizerisches Konzept mit Wissen sowie den notwendigen Mitteln bereitgestellt werden konnte. Mit den Erkenntnissen der Wasserbauer und Forstleute wurde die Gefahrenabwehr auf Stufe Bund mit dem Forstpolizeigesetz von 1876 und das Wasserbaupolizeigesetz von 1877 erstmals gesetzlich verankert. In der Folge wurden eine grosse Anzahl Wasserbau- und Aufforstungsprojekten durch den Bund mitfinanziert (vgl. Abbildung 1).

² Vischer 2003: 12.

³ Vischer 2003: 12.

⁴ Vischer 2003: 43.

⁵ Vischer 2003: 4.



Abbildung 1: Ausbezahlte Bundesbeiträge für Korrekturen und Verbauungen in den Jahren 1863-1913. Quelle: Graphik aus *Die Wildbachverbauung in der Schweiz*. Bern: Stämpfli'sche Buchdruckerei, 1890-1916. ETH-Bibliothek Zürich, Rar 8951, <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-45904>, Public Domain Mark.

2.1.3 Gewässerkorrekturen im Sarneraatal nach 1864

Carl Culmann wurde mit der Gründung der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich als Professor für Ingenieurwissenschaften berufen. Zusammen mit Elias Landolt Professor für Forstwirtschaft konnte er durch die Bundesbehörden zu einer Standortbestimmung und Neuausrichtung gewonnen werden. Carl Culmann bereiste die ganze Schweiz und verfasste im Rahmen seines Auftrages einen Bericht *«an den hohen schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweizerischen Wildbäche»*. In seiner Einleitung beschreibt er das Sarneraatal wie folgt:

«Das Gebiet der Sarner Aa, Obwalden, ist durch den Lungern- und den Sarner-See in mehrere Gebiete getheilt, die hinsichtlich ihrer wasserbaulichen Verhältnisse ganz unabhängig von einander sind, und auch zwischen diesen Seen ist das Gefälle der Aa so gering, dass diese gar kein Geschiebe zu führen vermag, daher meist in geschlossenem Lauf wie ein Fluss in der Niederung fliesst und leicht zu corrigieren ist; diese Umstände beschränken die Verheerungen aller Wildbäche auf die nächste Umgebung ihrer Ausmündung, wo alle Geschiebe liegen bleiben und wo sich daher ungeheure Schuttkegel bilden, die eine Versumpfung der oberhalb liegenden Gegend des Hauptthals bewirken. Dies ist speziell der Fall bei dem Lauibach, der kleinen Melch, der grossen und der kleinen Schlieren, die wir mit der grossen Melch, dem Eybach bei Lungern und der Aa oberhalb des Lungern-Sees zu den bedeutenderen Wildbächen des Aathals zählen.»⁶

Diese einleitende Beschreibung von Culmann schildert grob den Zustand der grossen Wildbäche des Sarneraats vor den grossen Gewässerkorrekturen im Kanton Obwalden und das Problem der Versumpfung im Haupttal. Angaben zur damaligen Linienführung können der Erstausgabe der Dufour Karte von 1864, die als erstes Kartenwerk die Schweiz geometrisch korrekt darstellte, entnommen werden. In Abbildung 2 wird die Linienführung der Kleinen und Grossen Schliere, der Sarneraa und der Grossen Melchaa gemäss Dufourkarte Erstausgabe dargestellt, wie sie damals Carl Culmann angetroffen hat.

⁶ Culmann 1864: 272.

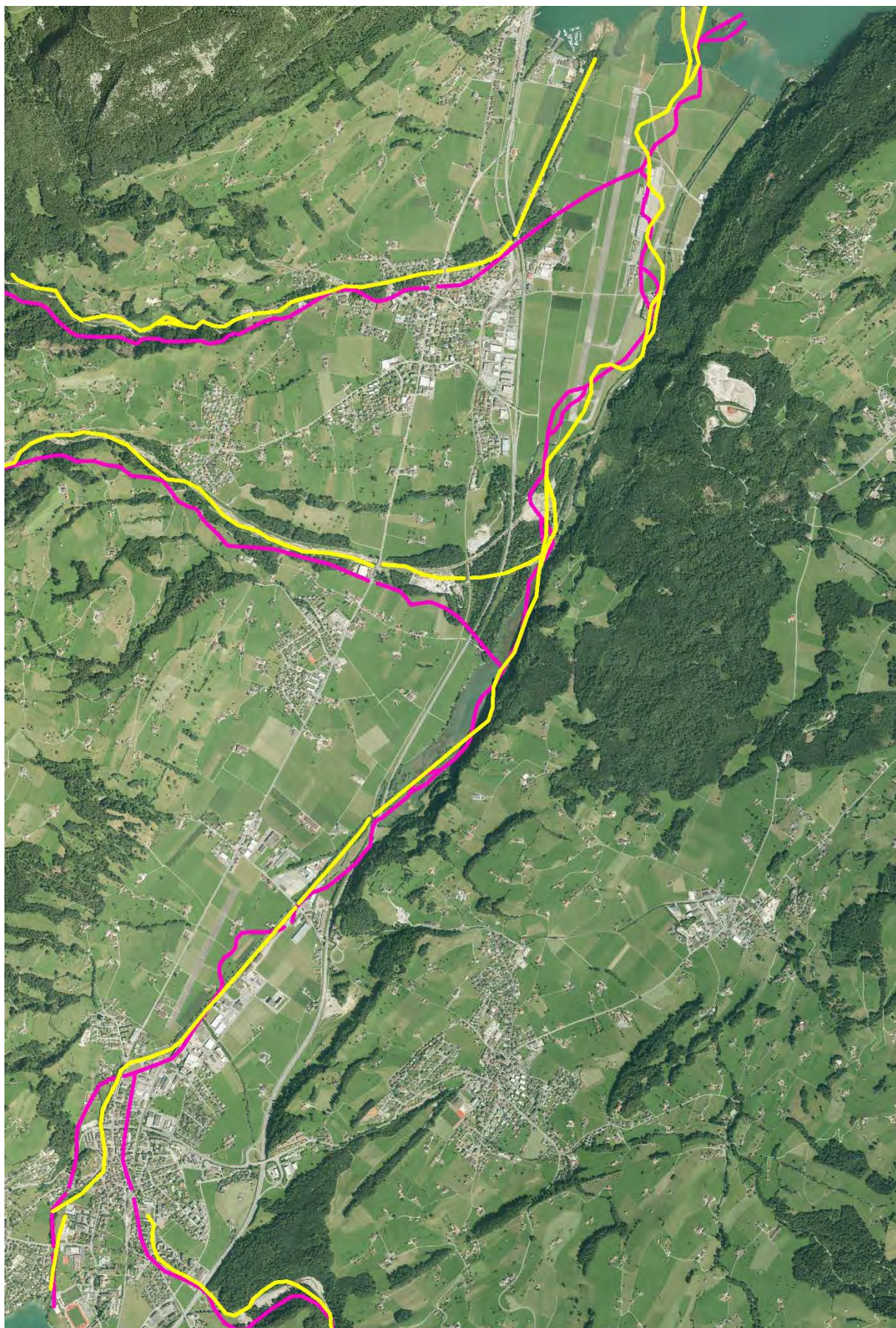


Abbildung 2: Sarneraai, Grosse Melchaa, Grosse und Kleine Schliere. Gewässerlinie pink: Erstausgabe Dufour Karte 1864, Gewässerlinie gelb: Erstausgabe Siegfriedkarte 1875-1894. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.

2.1.3.1 Grosse Melchaa Korrektion

Während des Aufenthalts von Carl Culmann in Obwalden floss die Grosse Melchaa noch nicht in den Sarnersee, sondern mitten durch das Dorf Sarnen. Dass die Melchaa auch im Mittelalter nicht in den Sarnersee floss, ist auf verschiedenen Gemälden zu sehen wie beispielsweise auf dem Holzschnitt der Stumpf Chronik im Jahre 1548 (vgl. Abbildung 3). Auf dem Holzschnitt ist zu erkennen, dass eine damals einfache Holzbrücke über die Grosse Melchaa führte. Im 19. Jahrhundert, noch vor der Gewässerkorrektur, zeigen alte Fotos eine gedeckte Holzbrücke, die über die Grosse Melchaa führte (vgl. Abbildung 4 und Abbildung 5).

Die Grosse Melchaa ein Wildbach, der stark geschiebeführend war und ist, bereitete vor der Korrektion nach Vischer folgenden zwei Hauptprobleme: ⁷

- Das Bett der Sarneraa hob von der Mündungsstelle abwärts an und steilte sich auf, so dass die Sarneraa in diesem Bereich verwilderte.
- Die Erhöhung der Sarneraa unterhalb der Mündungsstelle Grosse Melchaa führte zu einem Rückstau oberhalb der Mündungsstelle in der Sarneraa wie auch in der Mündungsstrecke der Grossen Melchaa.

In Ringwald ist zu lesen, dass verschiedene Überschwemmungsereignisse vor 1880 in Sarnen dokumentiert sind. In seiner Schrift ist auch dokumentiert, dass man im 16. Jahrhundert vergeblich versucht hat, den See abzusenken. 1748 hat man das Bett der Grossen Melchaa tiefer gegraben. ⁸

Im Jahr 1880 wurde schliesslich die Grosse Melchaa in den Sarnersee geleitet. Das Projekt wurde damals durch den Ingenieur Caspar Diethelm geplant und geleitet. Der Bund prüfte das Projekt und sicherte einen Beitrag von 40% an die Kosten zu. Bis 1883 wurde die Sarneraa mit Tieferlegung und streckenweisen Kanalisierung reguliert. ⁹

⁷ Vischer 2006: 507.

⁸ Ringwald 1933: 26, 28.

⁹ Vischer 2006: 507.

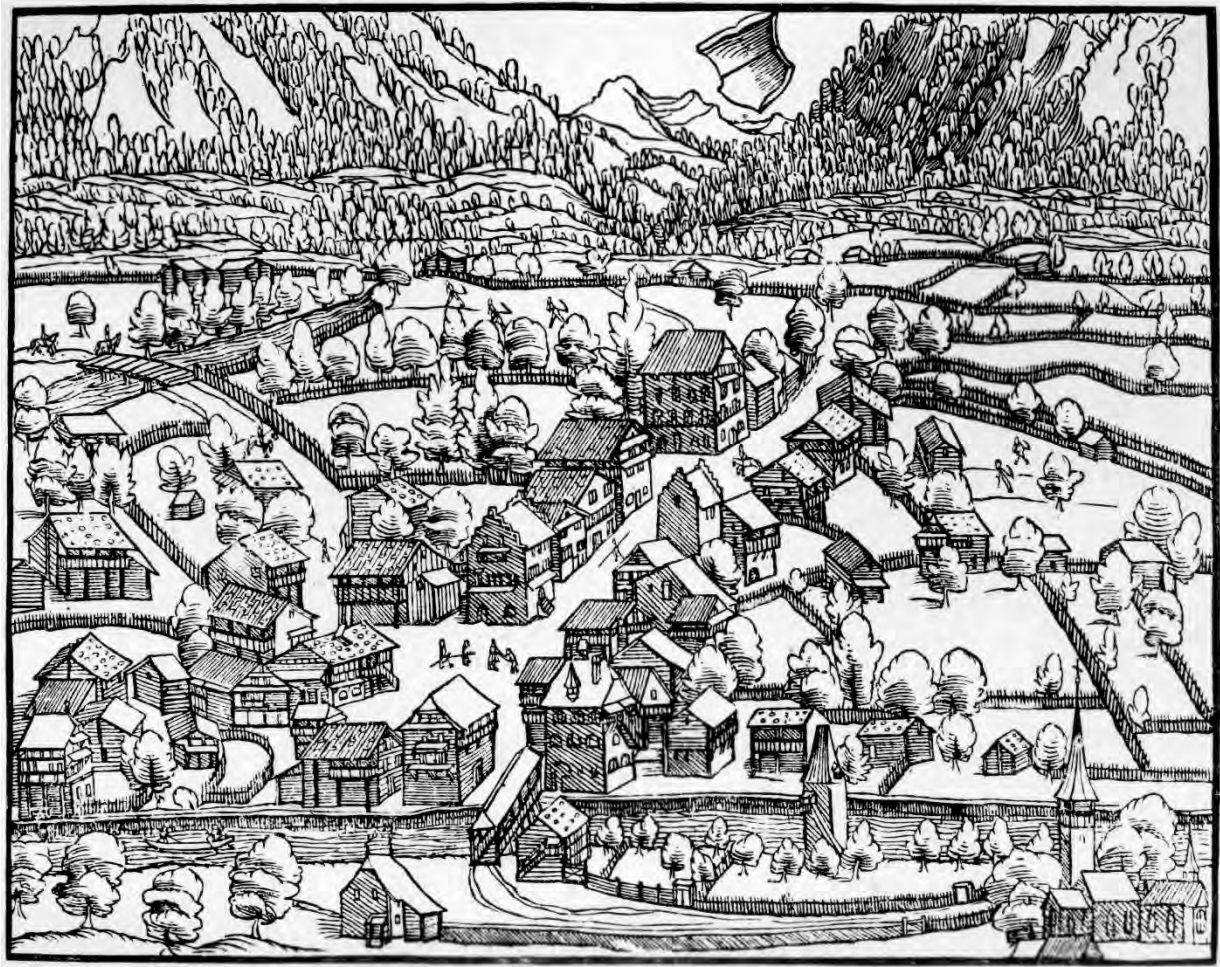


Abbildung 3: 1548 Sarnen Vogelansicht Holzschnitt aus Stumpf Chronik. Quelle: Kupferstich, Staatsarchiv Obwalden.



Abbildung 4: Brücke Kernserstrasse vor 1880 mit Blick in Richtung Arvi. Quelle: Foto, Historisches Museum Obwalden.



Abbildung 5: Brücke Kernserstrasse vor 1880 mit Blick in Richtung Stanserhorn. Quelle: Foto, Historisches Museum Obwalden.

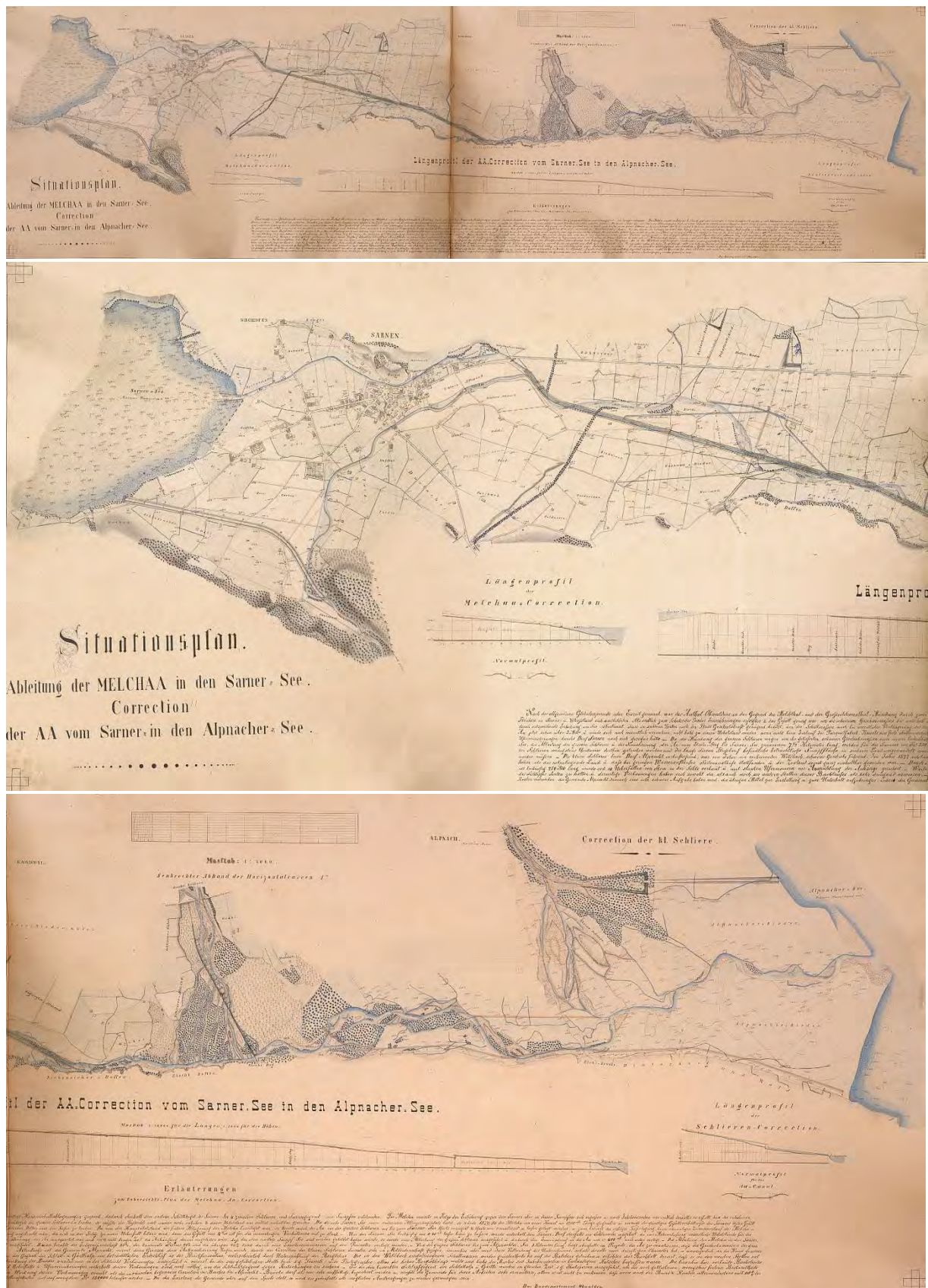


Abbildung 6: Situationsplan 1 : 5 000: Ableitung der Melchaa in den Sarner-See, Correction der Aa vom Sarner- in den Alpachersee mit zugehörigen Längenprofilen und Normalprofilen. Quelle: Plan, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.

2.1.3.2 Grosse Schlieren Korrektion

Die Grosse Schliere wie sie Culmann angetroffen hat, ist auf dem Luftbild in Abbildung 7 zu sehen. Eindrücklich ist der grosse Schwemmkegel.

Ringwald schreibt, dass in den Chroniken schon früh von bedeutenden Katastrophen berichtet wird. 1560 soll in der Gegend der Lochalp im Mittellauf eine seitliche Rufe stattgefunden haben, die zur vollständigen Stauung der Schliere führte, so dass der ganze Oberlauf in einen See verwandelt wurde. Beim Ausbruch ist dann der grosse Weiler Schoried völlig durch die gewaltige Mure überdeckt worden.¹⁰

Die Verbauung der Grossen Schliere im Schwemmkegel begannen in den Folgejahren nach dem Unwetterereignis vom 05. August 1931. Bei diesem Ereignis wurde die Eisenbahnbrücke vom Widerlager gehoben und abgedreht.¹¹

Mit der Verbauung des Schwemmkegels wurde 1948 die 50 m lange alte gedeckte Holzbrücke der Brünigstrasse (vgl. Abbildung 9) durch eine neue Stahlbetonbrücke ersetzt.¹²



Abbildung 7: Schwemmkegel grosse Schliere um ca. 1921. Quelle: Luftbild, aus Ringwald 1933.

¹⁰ Ringwald 1933: 25.

¹¹ Ringwald 1933: 26.

¹² Minder: <http://www.swiss-timber-bridges.ch/detail/1342>.



Abbildung 8: Grosse Schliere im Schwemmkegel kanalisiert und einem Geschiebesammler im Jahr 2012. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.



Abbildung 9: Holzbrücke Brünigstrasse über grosse Schliere vor 1931. Quelle: Foto, Sammlung Otto Camenzind.

2.1.3.3 Kleine Schliere Korrektion

Die kleine Schliere floss 1864 in den alten Lauf der Sarneraa (vgl. Abbildung 2). Die Arbeiten, die Kleine Schliere via Kanal mit einem Geschiebesammler 700 m vor der Mündung in den Alpachersee zu leiten und der Sperrenverbau, erfolgten zur Hauptsache in den Jahren 1879 bis 1887 (vgl. Abbildung 10, Abbildung 11 und Abbildung 12).¹³



Abbildung 10: Situationsplan Korrektion kleine Schliere. Quelle: Die Wildbachverbauung in der Schweiz. Bern: Stämpfli'sche Buchdruckerei, 1890-1916. ETH-Bibliothek Zürich, Rar 8951, <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-45904>, Public Domain Mark.

¹³ OBI 1892: 33.



Abbildung 11: Alte Einmündungen Sarneraa und neue Einmündung Kleine Schliere in den Alpnachersee im Jahr 1919. Quelle: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz / Fotograf: Mittelholzer, Walter / LBS_MH01-000162 / Public Domain Mark.



Abbildung 12: Kanalisierte Sarneraa und Kleine Schliere im Jahr 2012. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.

2.1.3.4 Sachsler Wildbäche

Der Dorfbach von Sachseln wurden 1897 bis 1904 oberhalb des Dorfes gefasst und in einem Kanal durch das Dorf in den See geführt. Er bereitete Sachseln immer wieder Sorgen. So wurde das Dorf 1975, 1984 und am verheerendsten 1997 überschwemmt. Der Dorfbach wurde dann in der Folge verlegt (vgl. Abbildung 13 und Abbildung 14).



Abbildung 13: Von rechts nach links Dorfbach, Totenbuelbach und Edisriederbach Sachseln im Jahr 1925. Quelle: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz / Fotograf: Mittelholzer, Walter / LBS_MH01-004927 / Public Domain Mark.



Abbildung 14: Von rechts nach links Dorfbach, Totenbüelbach und Edisriederbach im Jahr 2012. Der Dorfbach wurden nach dem Unwetterereignis von 1997 in den ausgebauten Edisriederbach geleitet. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.

Dass Massnahmen alleine im Schwemmkegel nicht ausreichen und die Pflege der Schutzwälder von enorm wichtiger Bedeutung sind, kann an einem Beispiel aus der Untersuchung¹⁴, die für das Einzugsgebiet der Sachsler Wildbäche gemacht wurde, gezeigt werden. Ca. 20 bis 30 Jahre vor dem Ereignis von 1997 ereigneten sich auf der Beispielfläche Schwandenwald markante Veränderungen. Borkenkäferschaden und Stürme schlugen grosse Öffnungen in den ehemals geschlossenen Wald. Das Unwetterereignis von 1997 verursachte dann eine Vielzahl von Rufen, die sich insbesondere in der Waldschadenfläche häuften.

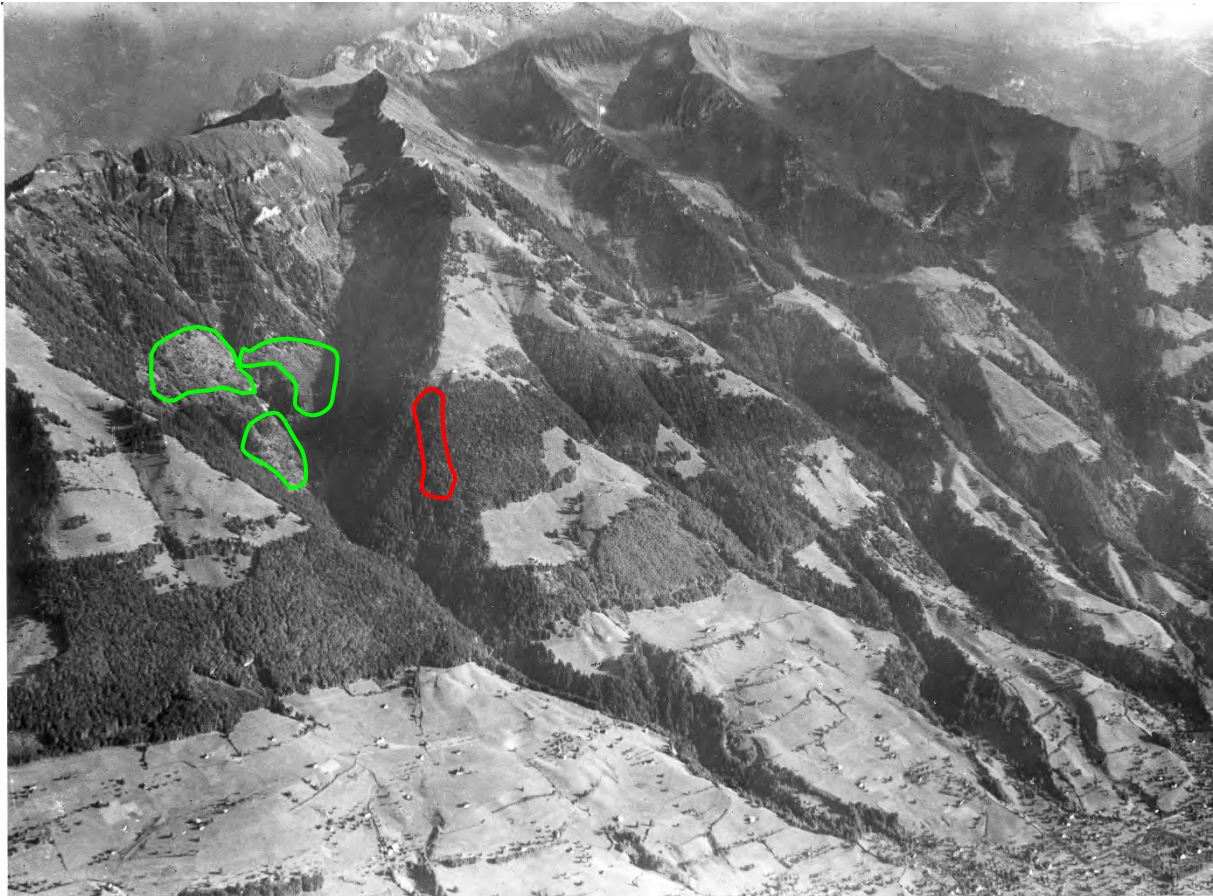
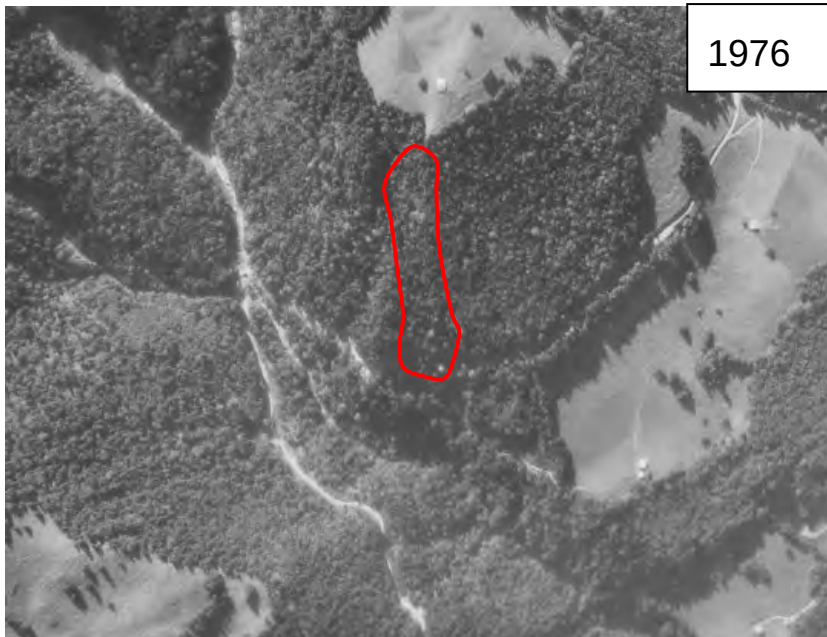


Abbildung 15: Einzugsgebiete der Sachsler Wildbäche im Jahr 1926. Grüne Flächen = Aufforstungsflächen, rote Fläche = Beispielfläche Schwandenwald. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch in der ersten südwestlich gelegene Gebiet Zimmeregg und Musbord. Quelle: Luftbild, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.

¹⁴ Amt für Wald und Landschaft 2003.



1976

Schwandenwald

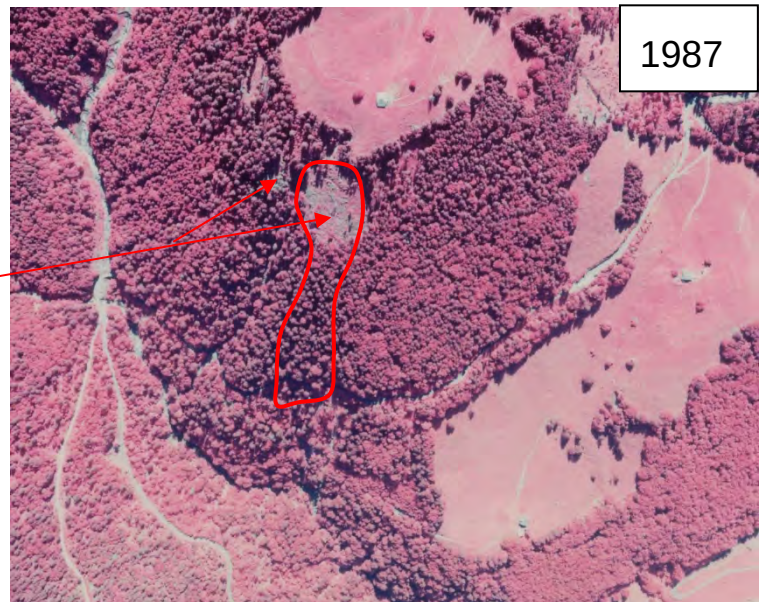
Unwetter:
1903
1975

Geschlossener Waldzustand ohne Schäden.
Keine Hinweise auf Hangprozesse, weder im Wald, noch im Alpggebiet.

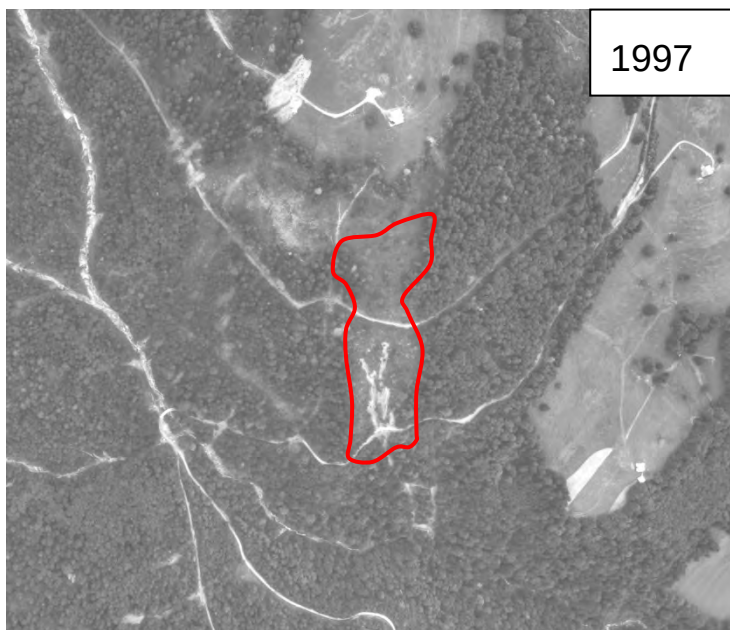
Waldschäden: 1982 und Folgejahre.
Unwetterschäden: 1984.

Windwurffläche unterhalb Burgletsflue.
In der Fläche sind kleinere Erosionsansätze erkennbar.

Waldschäden: Vivian 1990 und Folgejahre.
Unwetterschäden: 1997.



1987



1997

Die Windwurffläche von 1982 wurde durch Vivian 1990 gegen unten ausgeweitet.
In der Schadenfläche ereigneten sich 1997 insgesamt 6 Rufen. In den Waldbeständen beidseitig der Fläche ereigneten sich keine Rufen.

Verbau: 1998, 5 Rufen
Kosten: total Fr. 95'000
Orkan Lothar 1999

Abbildung 16: Beispielfläche Schwandenwald. Quelle: Luftbilder, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwaldens.

2.1.4 Die Zuflüsse der Giswiler Laui oberhalb des Schwemmkegels

Die Giswiler Laui gehört zu den grössten Wildbächen der Schweiz. Ihr Bachbett im Schuttkegel ist nicht ohne Grund auch heute noch sehr breit. Immer wieder hat die Laui den Giswiler Talboden übersart. Am 13. Juli 1629 brach die Laui aus und zerstörte die Kirche von Giswil im Kleinteil. Die Kirche wurde danach auf den ehemaligen Burghügel der Ritter von Hunwil verlegt. Bei diesem Ereignis brachte die Laui so viel Geschiebe, dass die Aa, die ursprünglich links vom Kirchhügel bei Rudenz vorbeifloss, gestaut wurde und sich ein See bildete. Im Jahr 1761 wurde der See dann durch einen Stollen abgeleitet und die Aa auf die rechte Seite verlegt. Mit dem Bau des Dreiwässerkanals in den Jahren 1875 und 1876 liess man den Wasserlauf der Giswiler Laui mit dem Aawasser aus dem Lungernsee und mit der Kleinen Melchaa zusammenfliessen.¹⁵

Der Zustand des Mittellaufes mit ihren Zuflüssen Mettenlaui und Rotmoosgraben beschrieb Culmann wie folgt:

«... hier beginnen die beidseitigen Böschungen starke Abbrüche zu zeigen, die immer höher und steiler werden bis zum Glaubenbühl-Tahl, wo die Abbrüche die grösste Höhe in losen Schutthalden erreicht haben, und wo Schutz gegen Vertiefung durch Sohlenversicherung dring nothwendig wäre. Der Hauptarm ist hier in einem sehr bösen Zustand. Weiter unten geht dann das Thal in eine Schlucht über, die rechts durch eine Felswand, links durch Trümmer derselben gebildet wird. In dieser Schlucht finden sich viele Stellen, die sich zur Anlage von Thalsperren vortrefflich eignen und wo mit verhältnismässig geringen Kosten die Geschiebezufuhr abgeschnitten werden könnte.»

Wenn die von Culmann vorgeschlagenen Massnahmen mit dem Zustand von heute verglichen werden, dann stellt man fest, dass die Vorschläge von Culmann umgesetzt wurden. Es wurde jedoch nicht nur die Laui mit Sperren an den geeigneten Stellen verbaut sondern auch die beiden Zubringer Rotmoosgraben und Mettenlaui. Neben den Sohlensicherungen wurden auch die Einhänge entwässert und aufgeforstet. Beim Vergleich der Abbildung 17 mit Abbildung 18 erkennt man, dass sich die Landschaft heute weniger wild präsentiert. Beim genaueren Betrachten fällt auf, dass grosse Flächen im Hackerenboden und in der Schwand aufgeforstet wurden.

¹⁵ Ringwald 1933:



Abbildung 17: Grosse Laui, Mettenlauri und Rotmoosgraben im Jahr 1931. Quelle: Luftbild, Staatsarchiv Obwalden.

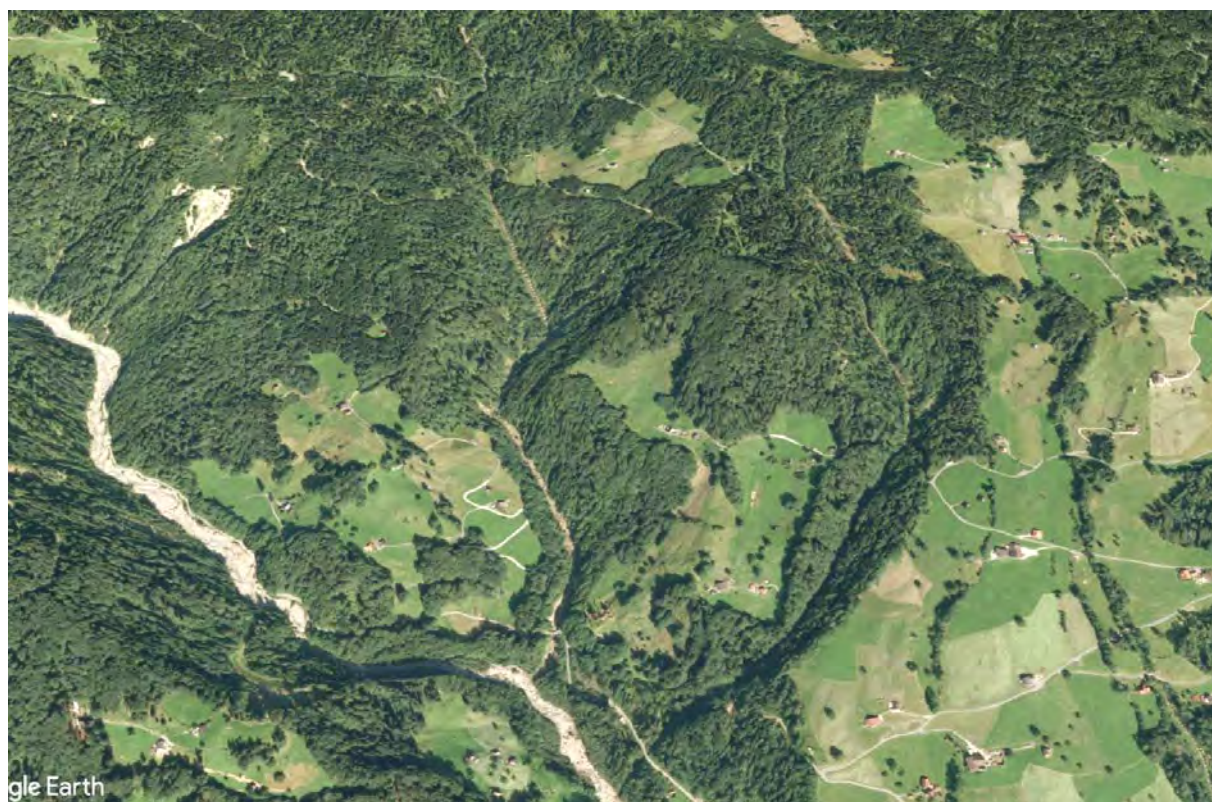


Abbildung 18: Grosse Laui, Mettenlauri und Rotmoosgraben im Jahr 2012. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.



Abbildung 19: Steinsperre und Holzsperrern im Rotmoosgraben nach Erstellung um ca. 1905. Quelle: Foto, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.



Abbildung 20: Betonsperren Mettenlauri um ca. 1938. Quelle: Foto, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.

2.2 Rutschungen, Hangmuren

2.2.1 Begriffe

Rutschungen: Eine Rutschung kann sich an mässig bis steil geneigten Hängen vor allem zwischen 10° und 40° ereignen. Sie sind in ihrer Erscheinung (Grösse, Tiefe, Form der Gleitfläche) sehr vielfältig und laufen je nach Untergrundstruktur, Gesteinsbeschaffenheit, Beteiligung von Wasser sehr unterschiedlich ab.¹⁶

Hangmure: Eine Hangmure ist ein an steilen Hängen erfolgendes, schnelles Abfahren eines Gemisches aus Lockergestein (Stein, Holz, Boden und Vegetationsbedeckungen) und viel Wasser. Gelegentlich werden Hangmuren auch durch oberflächliche Rutschungen ausgelöst, sehr oft jedoch auch ohne Vorhandensein einer Gleitfläche.¹⁷

2.2.2 Rutschung Hintergraben, Sarnen

Der Hintergraben ist ein altes aktives Rutschgebiet. Im Ereigniskataster des Kantons Obwalden sind in den Jahren 1919 und 1954 grössere Rutschbewegungen verzeichnet, die den starken Bewegungen von 2013 entsprechen.¹⁸

Das Gebiet war bis 1960 kaum erschlossen. Mit dem Integralen Sanierungskonzept der westlichen Sarnersee Wildbäche, wurden im Gehrisbach und Schlimbach zur Stabilisierung der Bachsohle und der seitlichen Bacheinhänge Betonsperren erstellt. Zu dieser Zeit wurde auch ein Teil des Gebietes aufgeforstet und oberflächlich entwässert. Da bei Rutschungen praktisch immer Wasser im Spiel ist, hat die Entwässerung einer Rutschung immer oberste Priorität. Dafür muss man aber zuerst wissen wo das Wasser sich im Boden befindet. Bei einer tiefgründigen Rutschung (> 15m) ist dies sehr schwierig, da es den entsprechenden Röntgenblick nicht gibt. Rutschungsentwässerungen von tiefgründigen Rutschungen sind deshalb sehr kostspielig.

Mit dem Ereignis von 2013 wurde auch die Gefahrenkarte angepasst. Dies hatte zur Folge, dass sich die rote Gefahrenzone noch etwas erweitert hat, was wiederum Auswirkungen auf die durch die Rutschung zerstörten Gebäude hatte. Die zerstörten Gebäude in der roten Zone mussten an sichere Orte verlegt werden bzw. durften nicht mehr in der gleichen Bauweise erstellt werden.

Die Konsequenzen der Beschleunigung der Rutschung Hintergraben vor und nach dem Ereignis können den nachfolgenden Abbildungen entnommen werden.

¹⁶ PLANAT: <http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/>

¹⁷ PLANAT: <http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/>

¹⁸ belop 2015: 15.



Abbildung 21: Hintergraben Sarnen vor der Beschleunigung der Rutschung 2012. Strichpunktlinie rot = Rutschungsperimeter. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.

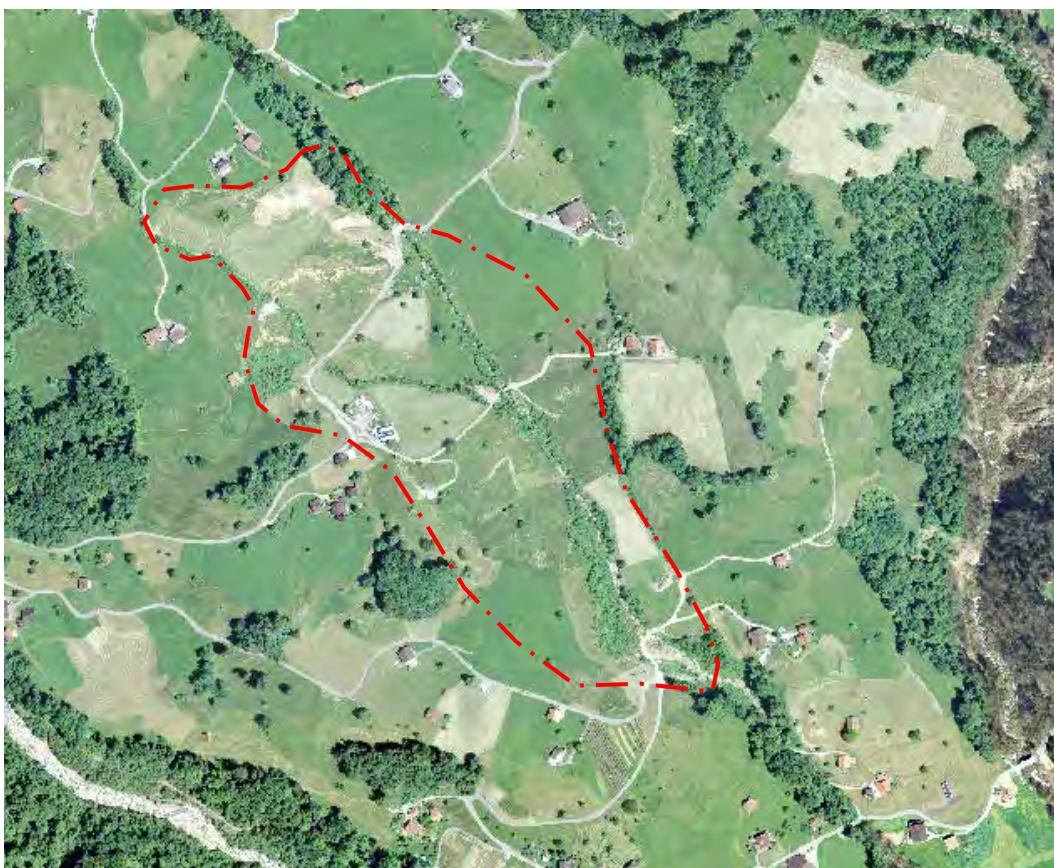


Abbildung 22: Hintergraben Sarnen nach der Beschleunigung der Rutschung 2015. Strichpunktlinie rot = Rutschungsperimeter 2013. Quelle: Orthophotoplan 2015, GIS Daten AG.

2.2.3 Sachsler Wildbäche

Der Starkniederschlag am 15. August 1997 löste eine grosse Anzahl Rufen aus. Insgesamt ereigneten sich über 500 oberflächennahe Rutschungen. Diese flossen zu einem grossen Teil in Form von Hangmuren bis in die wasserführenden Gerinne.¹⁹

Um Nachbrüche und somit weiteren Geschiebeeintrag zu verhindern, wurden mehr als 300 Rufen verbaut. Die meisten Rufenanrisse wurden mit Holzwerken gesichert, eingedeckt und bepflanzt. Einige Rufenflächen wurden ohne weitere Werke bepflanzt.²⁰



Abbildung 23: Totenbielbach im Gebiet Zimmeregg 1997 nach dem Unwetter. Auffallend sind die hohe Anzahl Rufen auf alten Waldschäden- und Sturmflächen. Quelle: Luftbild, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.

¹⁹ Rickli 2001: 17.

²⁰ Amt für Wald und Landschaft 2010: 3 & 8.



Abbildung 24: Totenbielbach im Gebiet Zimmeregg im Jahr 2012. Ein grosser Teil der Rüfen von 1997 wurde nach dem Ereignis verbaut und bepflanzt. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.

2.3 Lawinen

2.3.1 Begriffe

Lawine: Ein Lawinenabgang ist ein Vorgang, bei dem sich im Anrissgebiet losgelöster Schnee oder Eis plötzlich und schnell in einer Sturzbahn als gleitende Masse oder wirbelndes Schnee-Luftgemisch abwärts bewegt und in einem Ablagerungsgebiet zum Stillstand kommt.²¹

Lawinenverbauung: Lawinenverbauungen sind technische Massnahmen, die Siedlungen und Verkehrswege von Lawinen schützen. Im Anrissgebiet werden Stützverbauungen erstellt, die das Anreissen einer Lawine verhindern. Durch den Bau von Ablenk- oder Auffangdämmen wird der Gefahrenraum im Ablagerungsgebiet verkleinert. Mit Lawinengalerien oder verstärkten bergseitigen Hauswänden wird ein gefährdetes Objekt direkt geschützt.²²

Neben den Technischen Massnahmen gibt es auch die forstlichen, raumplanerischen und organisatorischen Massnahmen. Mit forstlichen Massnahmen ist die Bewaldung einer potentiellen Lawinenfläche gemeint. Diese Massnahme ist eine effiziente und kostengünstige Massnahme, sie beschränkt sich jedoch auf die waldfähigen Bereiche. Mit raumplanerischen Massnahmen werden gefährdete Gebiete langfristig gesichert, damit sie nicht verbaut werden. Gefahrenzonenpläne verbieten in stark gefährdeten Bereichen das Bau ganz oder es darf nur mit Auflagen gebaut werden. Zu den organisatorischen Massnahmen gehören Sperrungen von Strassen und Evakuierungen von Häusern.²³

2.3.2 Geschichte der Lawinenverbauungen

Die Gebirgswälder waren früher wohl der einzige Schutz gegen Lawinen. Seit dem Hochmittelalter kennt man Bannbriefe, die die Wälder unter Schutz gestellt bzw. die Nutzung beschränkt haben. Im ersten Eidgenössischen Forstpolizeigesetz von 1876 wurde dann erstmals der Begriff Schutzwald verwendet.²⁴ Im Jahr 1942 wurde das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) gegründet mit dem Ziel, das Prozessverständnis für Lawinenniedergänge zu verbessern. Die grossen Lawinenverbauungen in der Schweiz erfolgten nach dem Lawinenwinter von 1951 in den 60er Jahren. Auch im Kanton Obwalden gingen im Lawinenwinter 1951 verschiedene Lawinen nieder. Nach diesen Ereignissen begann man mit der Planung von technischen Massnahmen oberhalb der Waldgrenze und fuhr mit den Aufforstungsmassnahmen weiter. Neu waren die Planung und Erstellung von Verbauungen im Lawinenanrissgebiet oberhalb der Waldgrenze. Um die Lawinenverbauungen zu erstellen und später auch unterhalten zu können, wurde meistens als erstes eine Basiserschliessung erstellt.

²¹ PLANAT: <http://www.planat.ch/de/wissen/lawinen/>

²² PLANAT: <http://www.planat.ch/de/wissen/lawinen/>

²³ PLANAT: <http://www.planat.ch/de/wissen/lawinen/>

²⁴ Schuler 2000: 135.

2.3.3 Lawinenverbauung Matthorn

Das Matthorn, ein vorgelagerter Gipfel des Pilatus ist ein bekanntes Lawinenanrissgebiet im Kanton Obwalden. Die Lawinen aus dem Gebiet Matthorn sind deshalb so gefährlich, weil sie über die Bachgerinne (Giessenbach, Hüenerbach und Wolfortbach) bis zum Tal geführt werden können. Im Ereigniskataster des Kantons Obwalden sind ab dem 20. Jahrhundert für das Gebiet mehrere Ereignisse eingetragen. Im Jahr 1945 beispielsweise erreichte eine Lawine über den Hüenerbach fast den Talboden. Diese Lawine zerstörte die Alphütte der Hinteren Oberen Chretzenalp und drückte ca. 1750 m³ Holz zu Boden. Im Lawinenwinter von 1951 kamen alle drei Matthornlawinenzüge und erreichten fast den Talboden. Die Lawinen haben eine beträchtliche Kubatur Schutzwald niedergerissen. Eine Schätzung geht von 3000 m³ Lawinenholz aus. Wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben löste der Lawinenwinter von 1951 in der Schweiz eine grosse Anzahl Lawinenprojekte aus. Die vom Sarneraatal gut sichtbaren Lawinenverbauungswerke wurden zur Hauptsache in der Zeit von 1955 bis 1994 erstellt. Die Aufforstungen waren auch Teil der Lawinenverbauungsprojekte.²⁵

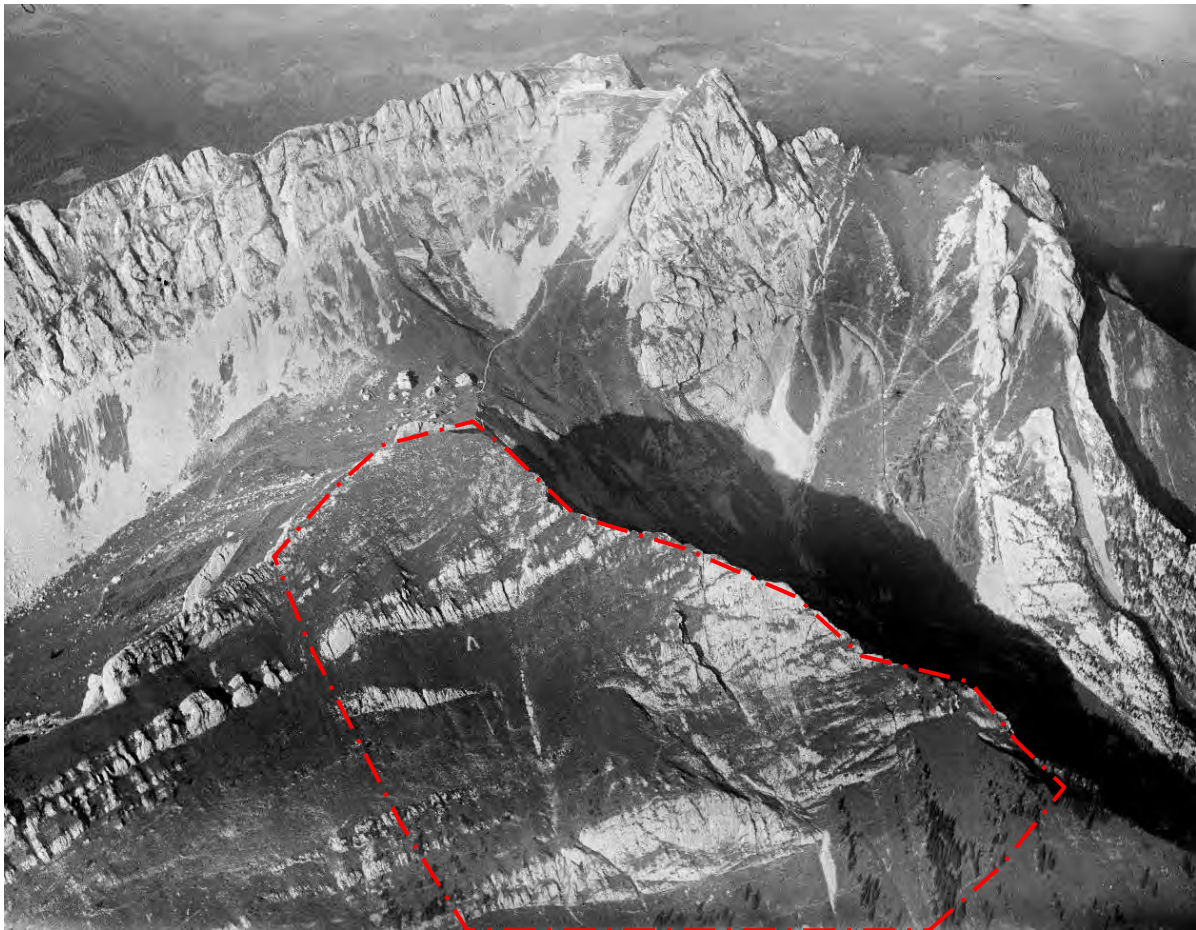


Abbildung 25: Anrissgebiet Matthorn im Jahr 1919. Zu dieser Zeit waren noch keine Lawinenverbauungen im Anrissgebiet erstellt. Strichpunktlinie rot = Verbauffläche. Quelle: Luftbild, ETH Bildarchiv Zürich; Stiftung Luftbild Schweiz; Fotograf: Mittelholzer, Walter; LBS_MH01-002460; Public Domain Mark.

²⁵ Kantonaales Oberforstamt 1994.

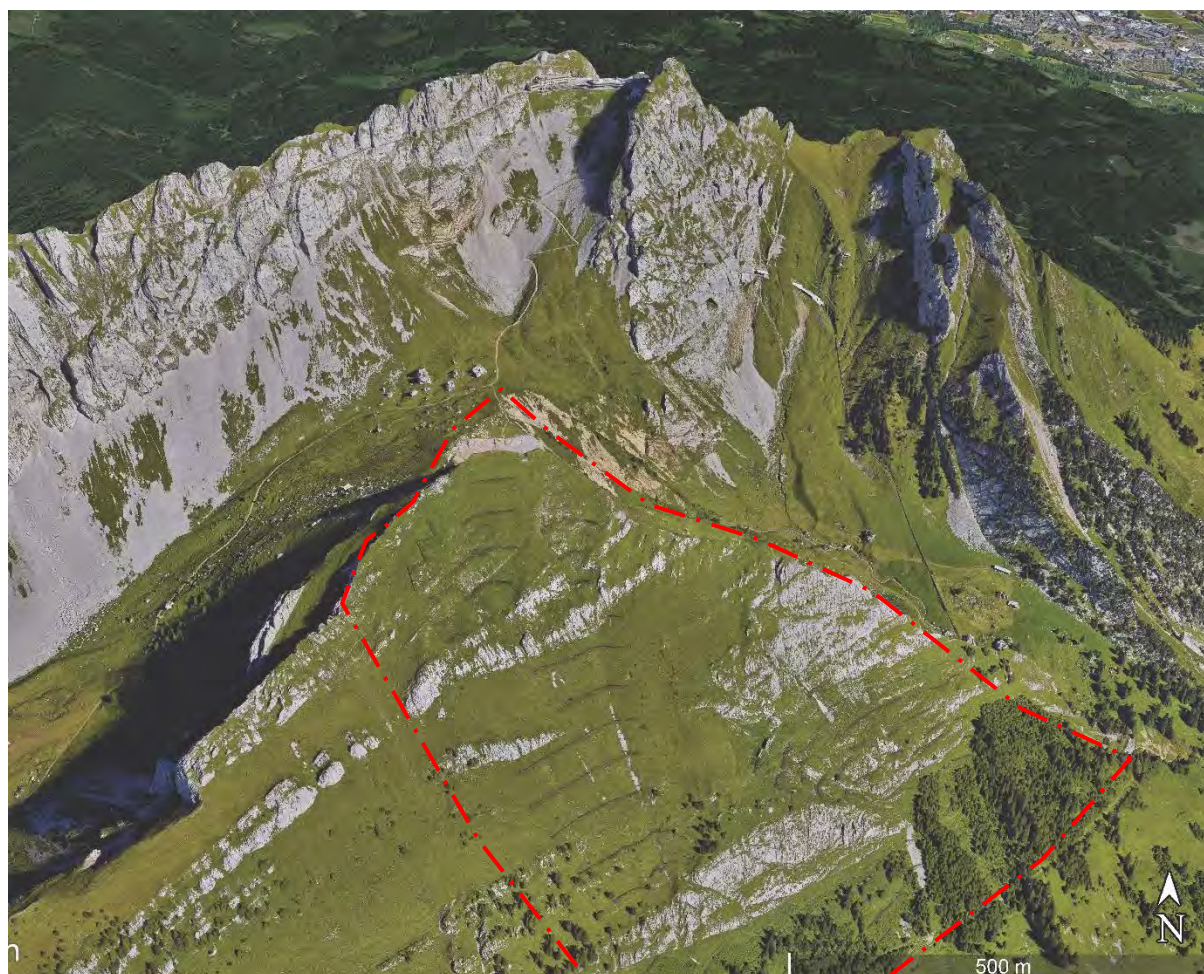


Abbildung 26: Anrissgebiet Matthorn mit Lawinverbauungen und Aufforstungen im Jahr 2013. Gut ersichtlich die Lawinverbauungen aus Stahlwerken. In der Ecke unten rechts sieht man den Aufforstungserfolg. Strichpunktlinie rot = Fläche mit Lawinverbauungswerken. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.

2.3.4 Lawinenverbauung Rigidal

Auch in Engelberg bedrohten immer wieder Lawinen aus dem Gebiet Rigidal den Talboden. Im Ereigniskataster des Kantons Obwalden ist eine Lawine im Jahr 1910 verzeichnet. Diese Lawine zerstört damals die Häuser in der Walschneise Bord und einen Stall sowie eine Vorhütte beim damaligen Altersheim/Spital. Im Lawinenwinter von 1951 erreichte eine grosse Lawine aus dem Gebiet Rigidal den Talboden und zerstörte die aufgeforsteten Jungwaldflächen von 1930. Der eine Arm verschüttete die Horbisstrasse mehrere Meter hoch. Der andere Arm beschädigte den Stall des Heimwesens von Josef Hess im Hinter Horbis. Auch diese Lawinen zerstörte in der Sturzbahn den Schutzwald. Mit den Wiederaufforstungen des Schutzwaldes begann man jeweils sogleich. Die Lawinenverbauungswerke Rigidal aus Stahl wurden in den Jahren 1986 bis 1992 errichtet. Später in den Jahren 1996 bis 2002 erstellt man Schneesetze.²⁶

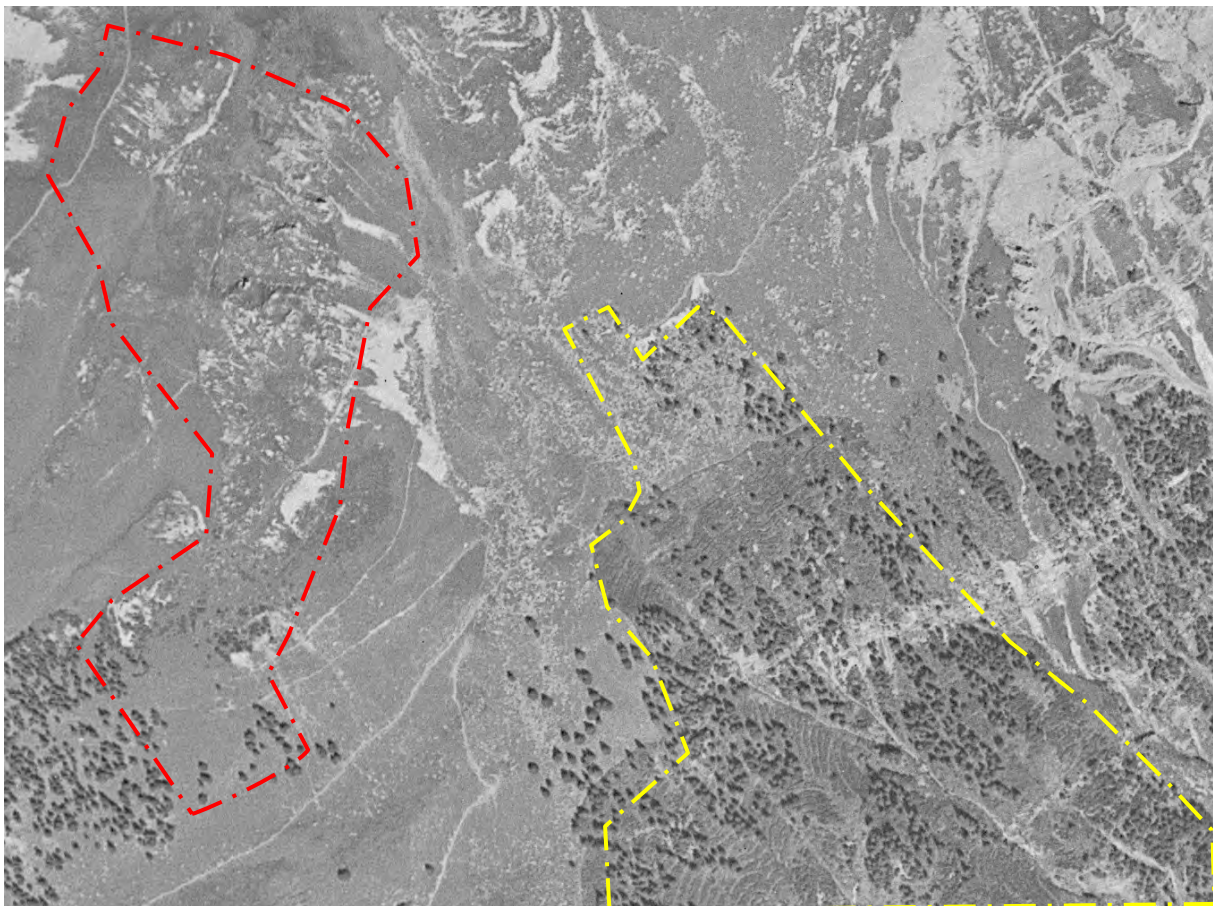


Abbildung 27: Gebiet Rigidal im Jahr 1946. Trotz den grossen Bemühungen Ende des 19. Jahrhunderts, hatte es der Wald schwer sich zu etablieren. Nicht zuletzt auch, weil ihn immer wieder Lawinen aus dem Anrissgebiet teilweise bis ganz zerstören. Strichpunktlinie rot = Fläche mit Lawinenverbauungswerken ab 1951; Strichpunktlinie gelb = Aufforstungsflächen. Quelle: Luftbild, Bundesamt für Landestopografie swisstopo.

²⁶ Amt für Wald und Landschaft 2002: 1-6.

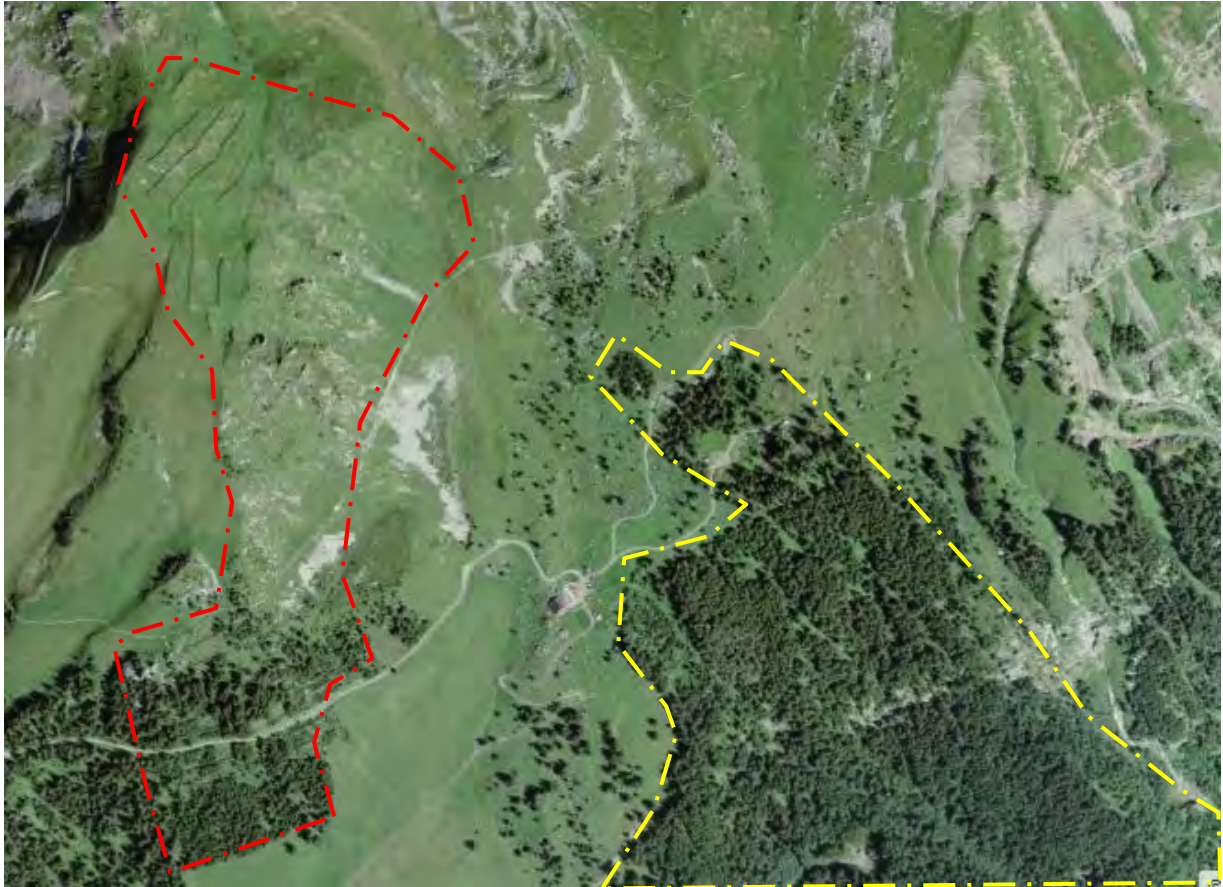


Abbildung 28: Lawinenverbauung Rigidal mit Aufforstungen im Jahr 2012. Gut erkennbar die Lawinenverbauungen aus Stahlwerken und die Aufforstungserfolge. Strichpunktlinie rot = Verbauungsfläche seit 1951. Strichpunktlinie gelb = Aufforstungsflächen. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.



Abbildung 29: Aufforstungsmassnahme Erdterrassen (Bermen) im Gebiet Dürrenwald-Schlettern 1926. Quelle: Foto, Sammlung Familie Hess.



Abbildung 30: Dürrenwald zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit grossen Lücken, die damals zur Beweidung genutzt wurden. Quelle: Foto, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.



Abbildung 31: Der gleiche Ausschnitt im Jahr 2017, zeigt den Erfolg der Aufforstungsarbeiten zwischen 1924 und 1939. Quelle: Foto, Josef Hess.

2.4 Bergsturz, Felssturz, Steinschlag

2.4.1 Begriffe

Bergsturz: Die Wissenschaft definiert Bergsturz als Faktor von Zeit und Masse, als Fels- und Schuttbewegung, die mit hoher Geschwindigkeiten, in Sekunden oder Minuten aus Bergflanken niedergeht und ein Volumen von über 1 Mio. m³ aufweist. Der Begriff ist ungenau und übertrieben. Selten nämlich stürzt ein ganzer Berg, meist nur ein Teil davon und die Bewegung kann man auch nicht als Stürzen bezeichnen, vielmehr ist es ein Fallen oder Gleiten.²⁷

Felssturz: Hier löst sich ein grösseres Gesteinspaket aus dem Gebirgsverband und stürzt ab. Das verlagerte Volumen liegt meist zwischen 100 und mehreren 100'000 Kubikmetern. Im Gegensatz zum Bergsturz sind die Interaktionen zwischen den Sturzkomponenten geringer.²⁸

Steinschlag: Für einen Steinschlag sind mehr oder weniger isolierte Sturzbewegungen von Einzelkomponenten von bis zu mehreren Kubikmetern Grösse charakteristisch. Die Bewegung erfolgt fallend, springend und rollend.²⁹

²⁷ Flüeler 2011: 13.

²⁸ Kanton Bern: http://www.naturgefahren.sites.be.ch/naturgefahren_sites/de/index/gefahren_risiken/

²⁹ Kanton Bern: http://www.naturgefahren.sites.be.ch/naturgefahren_sites/de/index/gefahren_risiken/

2.4.2 Historische Bergstürze im Kanton Obwalden

Die Landschaftsbilder um Engelberg und den Kernwald sind stark durch historische Bergstürze geprägt.

«Wo heute die Gerschnialp liegt, erhob sich vor dem Engelberger Bergsturz ein ganzer Berg. Die Wissenschaft nennt ihn den Trübsee-Hahnen, weil er einerseits die Trübsee gegen Nordosten abschloss und anderseits ursprünglich mit dem Engelberger Hahnen tektonisch verbunden war. Jahrtausendlange Erosionen isolierte ihn aber so, dass er frei stehend und nur mehr mit dem Gerschniberg verbunden war, welchen jedoch ein ausgedehntes Kluftsystm durchzieht. Ein allzu unsicherer Nachbar, weshalb der Trübsee-Hahnen Ende der letzten Eiszeit in gewaltiger, rasanter Fahrt auf den Engelberger Talgletscher fuhr. Die Trümmer sind heute weitgehend mit Vegetation überdeckt.»³⁰

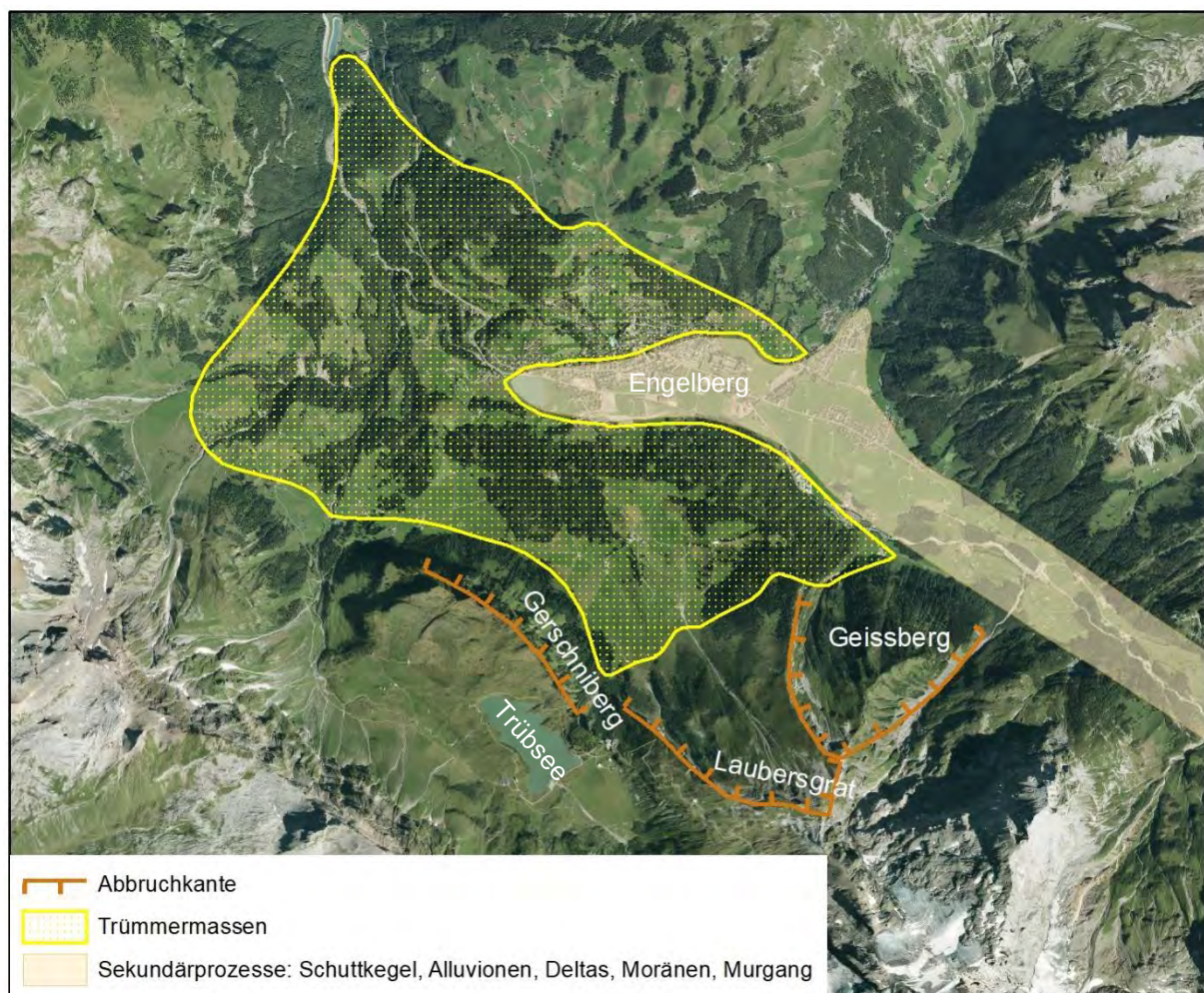


Abbildung 32: Abbruch und Ablagerungsgebiet der Bergstürze vom Trübsee-Hahnen. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.

³⁰ Flüeler 2011: 113.

«Beim Kernwald-Bergsturz lösten sich von der Westflanke des Stanserhorns aus dem Brännli- und Chälengraben 95 Mio. m³ Fels. Der Grossteil der Trümmer schoss über den Hangfuss des Stanserhorns hinaus und kam einen Kilometer nördlich dem Mueterschwanderberg im Gebiet des Kernwalds zu liegen. Nördlich von St. Jakob ragen einige Hügel aus dem Drachenried. Form, Material und Lage deuten darauf hin, dass sie auf einen früheren, spätglazialen Bergsturz zurückzuführen sind.»³¹

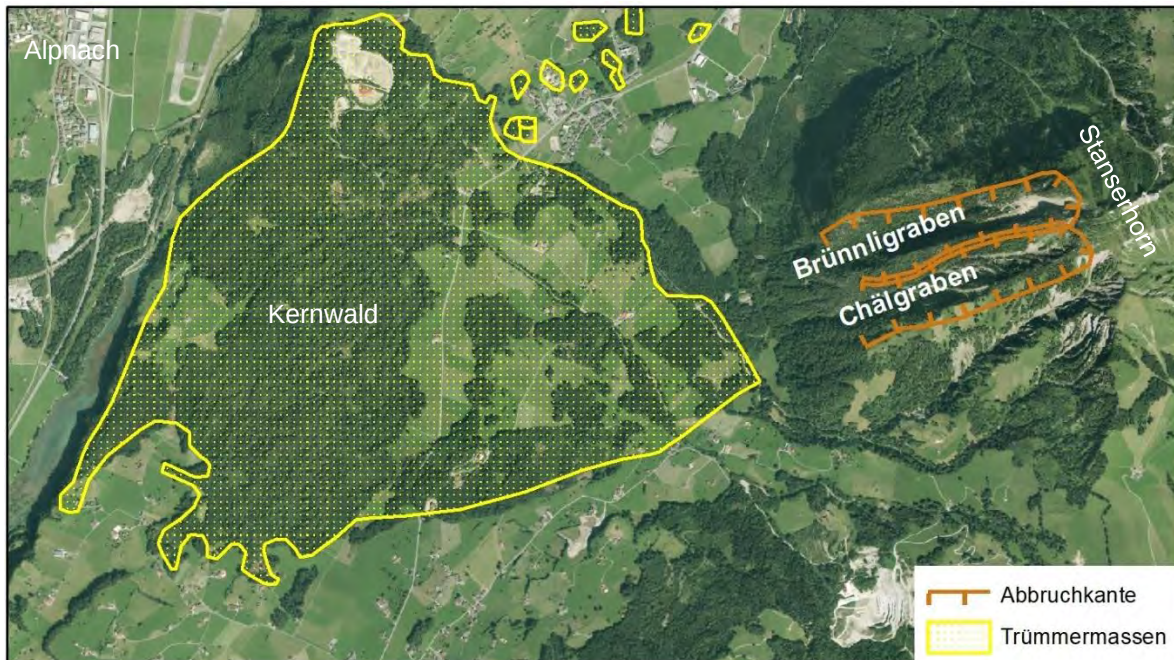


Abbildung 33: Abbruch und Ablagerungsgebiet der Bergstürze vom Stanserhorn. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.

³¹ Flüeler 2011: 97.

2.4.3 Steinschlag und Felssturz

Der Steinschlag und Felssturz hat im Kanton Obwalden vor allem für die wichtigen Verkehrsachsen wie die N08 eine grosse Bedeutung. So wurden in den letzten 20 Jahren gerade im Bereich des Brünigpasses oder auch bei den Kantonsstrassen nach Engelberg und ins Melchtal eine grosse Anzahl Steinschlagschutznetze und Felssicherungen realisiert. Diese Schutzsysteme sind meistens ziemlich versteckt, da sie sich in Obwalden hauptsächlich in bewaldetem Gebiet befinden. Diese Schutzmassnahmen fallen vor allem dem Strassenbenützer auf.

Verzeichnisse

Abbildungen

Abbildung 1: Ausbezahlte Bundesbeiträge für Korrekturen und Verbauungen in den Jahren 1863-1913. Quelle: Graphik aus Die Wildbachverbauung in der Schweiz. Bern: Stämpfli'sche Buchdruckerei, 1890-1916. ETH-Bibliothek Zürich, Rar 8951, http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-45904 , Public Domain Mark.....	4
Abbildung 2: Sarneraa, Grosse Melchaa, Grosse und Kleine Schliere. Gewässerlinie pink: Erstausgabe Dufour Karte 1864, Gewässerlinie gelb: Erstausgabe Siegfriedkarte 1875-1894. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.	6
Abbildung 3: 1548 Sarnen Vogelperspektive Holzschnitt aus Stumpf Chronik. Quelle: Kupferstich, Staatsarchiv Obwalden.....	8
Abbildung 4: Brücke Kernserstrasse vor 1880 mit Blick in Richtung Arvi. Quelle: Foto, Historisches Museum Obwalden.	8
Abbildung 5: Brücke Kernserstrasse vor 1880 mit Blick in Richtung Stanserhorn. Quelle: Foto, Historisches Museum Obwalden.	8
Abbildung 6: Situationsplan 1 : 5 000: Ableitung der Melchaa in den Sarner-See, Correction der Aa vom Sarner- in den Alpnachersee mit zugehörigen Längenprofilen und Normalprofilen. Quelle: Plan, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.....	9
Abbildung 7: Schwemmkegel grosse Schliere um ca. 1921. Quelle: Luftbild, aus Ringwald 1933.	10
Abbildung 8: Grosse Schliere im Schwemmkegel kanalisiert und einem Geschiebesammler im Jahr 2012. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.	11
Abbildung 9: Holzbrücke Brünigstrasse über grosse Schliere vor 1931. Quelle: Foto, Sammlung Otto Camenzind.....	11
Abbildung 10: Situationsplan Korrektur kleine Schliere. Quelle: Die Wildbachverbauung in der Schweiz. Bern: Stämpfli'sche Buchdruckerei, 1890-1916. ETH-Bibliothek Zürich, Rar 8951, http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-45904 , Public Domain Mark.	12
Abbildung 11: Alte Einmündungen Sarneraa und neue Einmündung Kleine Schliere in den Alpnachersee im Jahr 1919. Quelle: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz / Fotograf: Mittelholzer, Walter / LBS_MH01-000162 / Public Domain Mark.	13
Abbildung 12: Kanalisierte Sarneraa und Kleine Schliere im Jahr 2012. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.	13
Abbildung 13: Von rechts nach links Dorfbach, Totenbuelbach und Edisriederbach Sachseln im Jahr 1925. Quelle: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/Stiftung Luftbild Schweiz / Fotograf: Mittelholzer, Walter / LBS_MH01-004927 / Public Domain Mark.	14
Abbildung 14: Von rechts nach links Dorfbach, Totenbuelbach und Edisriederbach im Jahr 2012. Der Dorfbach wurde nach dem Unwetterereignis von 1997 in den ausgebauten Edisriederbach geleitet. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.	15
Abbildung 15: Einzugsgebiete der Sachslers Wildbäche im Jahr 1926. Grüne Flächen = Aufforstungsflächen, rote Fläche = Beispielfläche Schwandenwald. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch in der ersten südwestlich gelegene Gebiet Zimmeregg und Musbord. Quelle: Luftbild, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.....	16

Abbildung 16: Beispielfläche Schwandenwald. Quelle: Luftbilder, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwaldens.....	17
Abbildung 17: Grosse Laui, Mettenlaur und Rotmoosgraben im Jahr 1931. Quelle: Luftbild, Staatsarchiv Obwalden.....	19
Abbildung 18: Grosse Laui, Mettenlaur und Rotmoosgraben im Jahr 2012. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.	19
Abbildung 19: Steinsperre und Holzsperrern im Rotmoosgraben nach Erstellung um ca. 1905. Quelle: Foto, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.....	20
Abbildung 20: Betonsperren Mettenlaur um ca. 1938. Quelle: Foto, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.	20
Abbildung 21: Hintergraben Sarnen vor der Beschleunigung der Rutschung 2012. Strichpunktlinie rot = Rutschungssperimeter. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG..	22
Abbildung 22: Hintergraben Sarnen nach der Beschleunigung der Rutschung 2015. Strichpunktlinie rot = Rutschungssperimeter 2013. Quelle: Orthophotoplan 2015, GIS Daten AG.....	22
Abbildung 23: Totenbielbach im Gebiet Zimmeregg 1997 nach dem Unwetter. Auffallend sind die hohe Anzahl Rufen auf alten Waldschäden- und Sturmflächen. Quelle: Luftbild, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.	23
Abbildung 24: Totenbielbach im Gebiet Zimmeregg im Jahr 2012. Ein grosser Teil der Rufen von 1997 wurde nach dem Ereignis verbaut und bepflanzt. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.	24
Abbildung 25: Anrissgebiet Matthorn im Jahr 1919. Zu dieser Zeit waren noch keine Lawinenverbauungen im Anrissgebiet erstellt. Strichpunktlinie rot = Verbaufäche. Quelle: Luftbild, ETH Bildarchiv Zürich; Stiftung Luftbild Schweiz; Fotograf: Mittelholzer, Walter; LBS_MH01-002460; Public Domain Mark.	26
Abbildung 26: Anrissgebiet Matthorn mit Lawinenverbauungen und Aufforstungen im Jahr 2013. Gut ersichtlich die Lawinenverbauungen aus Stahlwerken. In der Ecke unten rechts sieht man den Aufforstungserfolg. Strichpunktlinie rot = Fläche mit Lawinenverbaugswerken. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.....	27
Abbildung 27: Gebiet Rigidal im Jahr 1946. Trotz den grossen Bemühungen Ende des 19. Jahrhunderts, hatte es der Wald schwer sich zu etablieren. Nicht zuletzt auch, weil ihn immer wieder Lawinen aus dem Anrissgebiet teilweise bis ganz zerstören. Strichpunktlinie rot = Fläche mit Lawinenverbaugswerken ab 1951; Strichpunktlinie gelb = Aufforstungsflächen. Quelle: Luftbild, Bundesamt für Landestopografie swisstopo.....	28
Abbildung 28: Lawinenverbauung Rigidal mit Aufforstungen im Jahr 2012. Gut erkennbar die Lawinenverbauungen aus Stahlwerken und die Aufforstungserfolge. Strichpunktlinie rot = Verbaugungsfläche seit 1951. Strichpunktlinie gelb = Aufforstungsflächen. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.	29
Abbildung 29: Aufforstungsmassnahme Erdterrassen (Bermen) im Gebiet Dürrenwald-Schlettern 1926. Quelle: Foto, Sammlung Familie Hess.....	29
Abbildung 30: Dürrenwald zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit grossen Lücken, die damals zur Beweidung genutzt wurden. Quelle: Foto, Amt für Wald und Landschaft des Kantons Obwalden.	30

Abbildung 31: Der gleiche Ausschnitt im Jahr 2017, zeigt den Erfolg der Aufforstungsarbeiten zwischen 1924 und 1939. Quelle: Foto, Josef Hess.	30
Abbildung 32: Abbruch und Ablagerungsgebiet der Bergstürze vom Trübsee-Hahnen. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.	32
Abbildung 33: Abbruch und Ablagerungsgebiet der Bergstürze vom Stanserhorn. Quelle: Orthophotoplan 2012, GIS Daten AG.	33

Veröffentlichte Literatur

- BUSINGER, ALOYS: Historisch-geographisch-statistisches Gemälde der Schweiz. Der Kanton Unterwalden, Heft 6. St. Gallen und Bern, bei Huber und Compagnie, 1836.
- CULMANN, CARL; ESCHER VON DER LINTH, ARNOLD: Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweiz. Wildbäche, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859 und 1863. Zürich: Zürcher und Furrer, 1864.
- FLÜELER, ELSBETH: Berge entstehen – Berge vergehen. Wanderungen zu Bergstürzen entlang der Alpen. Bern hep verlag ag, 2011.
- KÜCHLER, ANTON: Chronik – Notizen zur Gemeinde. <https://www.hvgiswil.ch/downloads>
- LAUIWUHRGENOSSENSCHAFT GISWIL: 70 Jahre Lauiwuhrgenossenschaft Giswil. Giswil, 1979
- HESS, JOSEF: Uisä Wald. Engelberger Dokumente – Heft 30. Alpnach. Engelberg, 2011.
- MINDER, WERNER: Swiss Timber Bridges. <http://www.swiss-timber-bridges.ch/>.
- OBI: Wildbachverbauungen und Flusskorrekturen in der Schweiz. Eidgenössisches Oberbauinspektorat. Erstes Heft. Bern, 1890.
- OBI: Wildbachverbauungen und Flusskorrekturen in der Schweiz. Eidgenössisches Oberbauinspektorat. Drittes Heft. Bern, 1914.
- PLANAT: Nationale Plattform Naturgefahren. <http://www.planat.ch/>
- RICKLI, CHRISTIAN (RED.): Vegetationswirkungen und Rutschungen – Untersuchung zum Einfluss der Vegetation auf oberflächennahe Rutschprozesse anhand der Unwetterereignisse in Sachseln OW am 15. August. 1997. Birmensdorf, 2001.
- RINGWALD, FRITZ: Wirtschaft und Besiedlung des Kantons Obwalden. Zürich, 1933.
- SCHULER, ANTON; BÜRGI, MATTHIAS; FISCHER, WERNER; HÜRLIMANN, KATJA: Wald- und Forstgeschichte. ETH Zürich, 2000.
- VISCHER, DANIEL: Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz. Von den Anfängen bis ins 19. Jahrhundert. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 5 – Bern, 2003.
- VISCHER, DANIEL: 125 Jahre Umleitung der Grossen Melchaa in den Sarnersee. Geomatik Schweiz, Band 104. Zürich, 2006.
- WALDNER, A: Die Melchaa-Correction bei Sarnen. Die Eisenbahn. Bd. XIII Nr. 2. Orell Füssli & Co. Zürich, 1880.

Unveröffentlichte Literatur

AMT FÜR WALD UND LANDSCHAFT: Lawinenverbauung Rigidal. Schlussbericht. Sarnen, 2002.

AMT FÜR WALD UND LANDSCHAFT: Schadenereignisse und Waldentwicklung am Beispiel von drei ausgewählten Flächen in den Einzugsgebieten der Sachsler Wildbäche. Stalden, 2003.

AMT FÜR WALD UND LANDSCHAFT: Rufenverbau Sachseln Unwetterschäden vom 15. August 1997. Schlussdokumentation. Sarnen, 2010.

AMT FÜR WALD UND LANDSCHAFT: Rutschung Hintergraben Bauprojekt. Technischer Bericht. Sarnen, 2015.

KANTONALES OBERFORSTAMT OBWALDEN: Vorprojekt Lawinenverbauung und Aufforstung Matthorn 1995. Technischer Bericht. Stalden, 1994