

EGAR-Kartierung

Erläuterungen und Beschreibung der Vegetations- bzw. Hydrotop-Typen in Wildbacheinzugsgebieten

Mit CN-Werten und Gesamtabflussbeiwerten und für
das SCS-Verfahren (Caspary)



Wasser





Bayerisches Landesamt für
Umwelt



EGAR-Kartierung

Erläuterungen und Beschreibung der Vegetations- bzw. Hydrotop-Typen in Wildbacheinzugsgebieten

**Mit CN-Werten und Gesamtabflussbeiwerten und für
das SCS-Verfahren (Caspary)**

Impressum

Erläuterungen und Beschreibung der Vegetations- bzw. Hydrotop-Typen in Wildbacheinzugsgebieten

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

Fax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:

Dr. Thomas Schauer, Ziegelei 6, 82538 Gelting / Geretsried (Erläuterung und Beschreibung der Vegetations- bzw. Hydrotop-Typen in Wildbacheinzugsgebieten)

LfU, Referat 61, Stefan Braitto, Karl Mayer (Berechnung von CN-Werten aus den Abflussbeiwerten bei Abflusskonstanz von Be-
regnungsversuchen)

Redaktion:

LfU, Referat 61, Stefan Braitto, Karl Mayer

Bildnachweis:

Dr. Thomas Schauer, Ziegelei 6, 82538 Gelting / Geretsried (sämtliche Fotos)

Stand:

Februar 2014

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund und Methodik	5
2	Beschreibung der Kartiereinheiten (Vegetationsformationen) zur Beurteilung des Oberflächenabflusses bei Starkregen	6
2.1	Weitgehend vegetationslose Flächen	7
2.1.1	Steinfluren der Schuttkare	7
2.1.2	Felsfluren oder reiner Fels	9
2.1.3	Pioniervegetation auf Anbruchs- und Erosionsflächen	10
2.1.4	Pioniervegetation auf Bach und Flussalluvionen	11
2.2	Natürliches Grasland und Offenland	11
2.2.1	Blaugras-Horstseggenrasen (inkl. Polsterseggenrasen)	11
2.2.2	Rostseggenrasen, z. T. hochstaudenreich und Alpenfettweiden auf tiefgründigen Standorten	13
2.2.3	Rostseggenrasen auf subanstehendem bis anstehendem Fels	15
2.2.4	Subalpine Hochstaudenfluren	16
2.2.5	Moore, Pfeifengrasriede, Kleinseggenriede	18
2.3	Intensiv bewirtschaftetes Grünland	20
2.3.1	Mähwiesen frisch bis mäßig feucht	20
2.3.2	Nasswiesen mit Sumpfdotterblume, Binsen oder Seggenbestände (Streuwiesen)	22
2.3.3	Alm/Alpweiden frisch	23
2.3.4	Alm/Alpweide feucht, oft verdichtet	26
2.3.5	Alm/Alpweiden stark beweidet, frisch bis feucht, mit hohem Anteil an Borstgras	28
2.3.6	Rasenansaat und Skipistenplanien	30
2.3.7	Lägerfluren	31
2.4	Strauch- und Zwergstrauchflächen	33
2.4.1	Reine Latschenbestände	33
2.4.2	Latsche mit Grünerle	34
2.4.3	Reines Grünerlengebüsch	35
2.4.4	Kalkalpine Zwergstrauchheiden, Zwergsträucher, mäßig trocken bis frisch mit Bewimperter Alpenrose	36
2.4.5	Zwergsträucher mäßig feucht bis feucht mit Rostroter Alpenrose, Rauschbeere und oft mit Grünerle, meist hochstaudenreich	37

2.5	Wälder	39
2.5.1	Nadelwälder mit Kiefern, Fichten oder Lärchen auf Hangschutt	39
2.5.2	Nadelwälder mit Kiefer und Fichte auf subanstehendem Gestein	40
2.5.3	Bergmischwald	41
2.5.3.1	Bergmischwald frisch	42
2.5.3.2	Bergmischwald feucht	44
2.5.3.3	Bergmischwald nass	45
2.5.4	Grauerlenwälder und Erlenpflanzungen	47
2.5.5	Mischbestände im Bereich der Waldgrenze aus Fichte, Latsche und anderen Gehölzen	49
2.5.6	Bach- und flussbegleitende Gehölze und Auwälder	50
2.5.7	Windwurf und Kahlschläge	52
3	Diskussion	53
4	Literatur	54
5	Abbildungsverzeichnis	55
	Anhang	59
	Berechnung von CN-Werten aus Abflussbeiwerten bei Abflusskonstanz von Beregnungsversuchen	

1 Hintergrund und Methodik

Im Folgenden wird die Vorgehensweise oder Methode zur Abschätzung des Oberflächenabflusses in Wildbacheinzugsgebieten bei Starkregen erläutert. Anlass der Untersuchungen zum Oberflächenabfluss war die Beobachtung, dass bei Starkregen die Wildbäche in unterschiedlichen Wildbacheinzugsgebieten sehr unterschiedlich reagieren; das heißt in mehreren Gebieten steigt die Wasserführung eines Wildbaches bei oder nach Starkregen rasant und kurzfristig an, während in manch anderen Gebieten – trotz hoher Niederschläge – sich nur eine moderate Wasserführung einstellt, die dann allmählich abklingt.

Um diesem Phänomen auf den Grund zu gehen, wurden vom Bayerischen Landesamt für Umwelt über viele Jahre Beregnungsversuche durchgeführt. Auf ausgewählten Standorten mit einer Fläche von 100 m² wurde für 1 Stunde ein Starkregen von 100 l/m² aufgebracht und das oberflächlich abfließende Wasser aufgefangen und über kalibrierte Wannen gemessen (näheres s. KARL u. TODRIAN 1973). Dabei wurden für jede Beregnungsfläche standortrelevante Komponenten oder Parameter wie Vegetation, Bodenart, Bodentyp, Geomorphologie, Geologie, Hangneigung, Bewirtschaftung und sonstige Nutzungseinflüsse wie Beweidung und Tourismus erfasst. Unter Oberflächenabfluss wird hier der Anteil des Starkniederschlages verstanden, der an der Geländeoberfläche abfließt und meist unmittelbar in den nächsten Vorfluter gelangt. Vergleichbare Beregnungsversuche wurden auch vom Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BfW Innsbruck) durchgeführt. Somit standen für eine Auswertung Daten von über 700 Versuchen zur Verfügung.

Im Zusammenhang mit dem Projekt Einzugsgebiete Alpine Regionen (EGAR) (s. BUNZA u. SCHAUER 2004) wurde eine Legende zur flächigen Erfassung der verschiedenen Standorte in einem Wildbacheinzugsgebiet erstellt, um eine differenzierte Zuordnung der zu erwartenden Abflussbeiwerte bei Starkregen vorzunehmen.

Die Höhe des Oberflächenabflusses hängt im Wesentlichen von den Standorteigenschaften ab. Hinzu kommt noch die Vorfeuchte des Bodens, in Abhängigkeit vom vorausgegangenen Witterungsverlauf.

Ziel des Projektes EGAR war die Erfassung und Beurteilung des Naturgefahrenpotenzials und deren Wechselwirkungen in Wildbacheinzugsgebieten für das Raummanagement in den Alpen auf regionaler Ebene. Im Untersuchungszeitraum 1998 bis 2001 wurde die Methode in Zusammenarbeit mit diversen Fachbehörden Deutschlands, Österreichs und Italiens fachübergreifend erarbeitet. Im Anschluss daran (in einem Zeitraum von fast 10 Jahren) erfolgte mit der erarbeiteten Methode eine flächige Untersuchung und Bearbeitung des gesamten bayerischen Alpenraumes im Maßstab 1 : 25 000. Dabei wurden unter anderem anhand von Geländebegehungen und zusätzlicher Luftbildauswertung Standortkarten im Hinblick auf die bei Starkregen zu erwartenden Abflüsse erstellt. Als Kartengrundlage dienten die topographischen Karten 1 : 25 000 des Bayerischen Landesvermessungsamtes München. Die im Gelände erstellten „Feldkarten“ wurden eingescannt und mit regionalen Prozesskarten zu morphodynamischen Vorgängen wie Massenschurf durch Wasser oder Schnee oder Massenselbstbewegungen wie Stürze, Gleiten und Kriechen überlagert (s. BUNZA, SCHAUER 2004).

Für die Karten zum Oberflächenabfluss wurde eine Legende von 29 Kartiereinheiten auf vegetationskundlicher und geobotanischer Basis erstellt, die eine Zuordnung der zu erwartenden Oberflächenabflüsse in 5 Abflussbeiwertsklassen (s. unten), erlaubt.

Aufgrund des Kartiermaßstabes von 1 : 25 000 im Projekt EGAR wurden für die Kartierung zum Oberflächenabfluss größere Kartiereinheiten bzw. Vegetationsformationen gewählt. Bei einer Kartierung anhand von Vegetationseinheiten zur flächenmäßigen Darstellung des Oberflächenabflusses in einem genaueren Maßstab etwa 1 : 5 000 bis 1 : 10 000 ist es auch möglich, differenziertere Angaben zu den Abflussgrößen zu treffen. Im Folgenden werden innerhalb der jeweiligen Kartiereinheiten, die bei

der „EGAR-Kartierung“ angewendet wurden, auch Hinweise für eine differenziertere Abschätzung des Abflusses geliefert.

Für die aktuelle Kartierung wurde basierend auf den Abflussbeiwertsklassen für jede Einheit ein charakteristischer *Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz* vergeben. Zur Verwendung im SCS-Verfahren (Caspary) wurden ausgehend von diesem *Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz* angepasste *Gesamtabflussbeiwerte* und *CN-Werte* ermittelt. Die Methodik zur Ermittlung der *CN-Werte* aus dem *Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz* ist im **Anhang** beschrieben.

In den folgenden Beschreibungen der Vegetationseinheiten sind neben den Abflussbeiwertsklassen (bei Abflusskonstanz) die jeweils zugehörigen CN-Werte [$CN_{SCS-EGAR}$] und Gesamtabflussbeiwerte [$\Psi_{SCS-EGAR}$] angegeben.

Sämtliche Kartiereinheiten wurden als shape-file digitalisiert und mit den entsprechenden Werten attribuiert. Der file wird vom LfU über den Geodatenserver zur Verfügung gestellt.

In den folgenden Kapiteln werden die wesentlichen Merkmale der jeweiligen Kartiereinheiten oder Pflanzenformationen beschrieben. Die Kartiereinheiten umfassen meist mehrere Pflanzengesellschaften. Dementsprechend ist auch die Variationsbreite des Oberflächenabflusses sehr breit gefasst. Dies ist bei einer Kartierung im Maßstab 1 : 25 000 allein schon wegen der kartografischen Darstellbarkeit zwingend. Es wird hier, versucht weitere geobotanische Hinweise hinsichtlich einer differenzierteren Ansprache des zu erwartenden Oberflächenabflusses innerhalb der Kartiereinheiten zu liefern.

2 Beschreibung der Kartiereinheiten (Vegetationsformationen) zur Beurteilung des Oberflächenabflusses bei Starkregen

Für die aufgeführten Kartiereinheiten werden folgende abflussrelevante Merkmale aufgezeigt:

- Zugehörige Pflanzengesellschaften mit kennzeichnendem Charakter und Zeigerpflanzen
- Bevorzugte geologische Einheiten
- Bodenkundliche Merkmale wie Bodenart und Bodentyp
- Nutzungsintensität wie Weidenutzung, Skipistennutzung, waldwirtschaftliche Nutzungen
- Geomorphologische Merkmale Schurfflächen, Gerinnedichte, Eintiefungstendenzen, Schutt- und Schlammströme, Bergsturzflehen etc.
- Einzelbeobachtung nach oder während eines Starkregens, Einschwemmungen oder Transport von Lockermaterial, Schichtflutenschurf etc.
- Ferner werden charakteristische Fotos zu den jeweiligen Kartiereinheiten (auch mit kennzeichnenden Pflanzen) geliefert.

Zur Beurteilung des zu erwartenden Oberflächenabflusses finden im Wesentlichen folgende Merkmalskomplexe Anwendungen:

- Vegetationskundliche Merkmale wie Pflanzengesellschaften sowie abflussrelevante Zeigerpflanzen, d. h. Pflanzen, die Aufschluss über die Höhe des zu erwartenden Oberflächenabflusses bei Starkregen geben
- Bodenkundliche Merkmale wie Bodenart und Bodentyp
- Geologische und geomorphologische Merkmale wie Hartgesteine oder veränderlich feste Gesteine, Bergstürze, Schuttströme, subansteher Fels, Schurfflächen, Blaiken, Gerinnedichte
- Nutzungseinflüsse wie Weidenutzung, Waldweide, Skipistenplanien, Maschineneinsatz bei der Waldbewirtschaftung
- Vorkommen und Verbreitung: z. B. überwiegend im Talbereich oder montanen bis subalpinen Bereich oder über der Waldgrenze im alpinen Bereich

Die Hangneigung als Bewertungskriterium hat sich aufgrund zahlreicher Berechnungsversuche als unbedeutend erwiesen. Der Einfluss der Hangneigung auf den Oberflächenabfluss wird vielfach durch die Kombination anderer Faktoren überlagert. Häufig zeigen gerade flache Hänge erhöhte Abflüsse; dies besonders bei älteren Rutschmassen oder an Hängen Kriech- und Fließbewegungen, während die steilen Hänge ein stabiles Bodenskelett mit hoher Infiltration aufweisen.

2.1 Weitgehend vegetationslose Flächen

2.1.1 Steinfluren der Schuttkare

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Alpine und subalpine Kalkschuttgesellschaften, montane bis subalpine Feinschuttgesellschaften,

Kennzeichnende Arten der alpinen und subalpinen Kalkschuttgesellschaften (Auswahl): Rundblättriges Täschelkraut oder Hellerkraut (*Thlaspi rotundifolium*), Alpen-Gemskresse (*Hutchinsia alpina*), Alpen-Gänsekresse (*Arabis alpina*), Alpen-Leinkraut (*Linaria alpina*), Schwarze Schafgarbe (*Achillea atrata*), Bewimperte Nabelmiere (*Moehringia ciliata*), Gemen-Schwingel (*Festuca rupicaprina*), Alpen-Schwingel (*Festuca alpina*), Gewöhnliches Leimkraut oder Taubenkropf (*Silene vulgaris*), Schnee-Pestwurz (*Petasites paradoxus*), Kahler Alpendost (*Adenostyles glabra*)

Kennzeichnende Arten der montanen bis subalpinen Feinschuttgesellschaften (Auswahl): Huflattich (*Tussilago farfara*), Weiße Pestwurz (*Petasites albus*), Berg-Baldrian (*Valeriana montana*), Alpen-Distel (*Carduus defloratus*), Gelbes Veilchen (*Viola biflora*), Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*)

Bodenkundliche Merkmale der alpinen Kalkschuttgesellschaften:

Kalk- und Dolomitschutt, Lockersyosem

Bodenkundliche Merkmale der montanen bis subalpinen Feinschuttgesellschaften:

Feinerdereicher Kalkschutt, Protorenzina, Moderrenzina auf Blockschutt mit oft lehmigen Kluffverfüllungen

Geologische und geomorphologische Merkmale der alpinen Kalkschuttgesellschaften:

Hartkalke und Dolomite, meist grobkörniger und blockiger, beweglicher Schutt

Geologische und geomorphologische Merkmale der montanen bis subalpinen Feinschuttgesellschaften:

Grob- bis feinkörniger Kalk- und Mergelschutt mit unterschiedlicher Beweglichkeit, oft auch gefestigter Ruhschutt

Nutzungseinflüsse

Keine, gelegentlich Kiesabbau

Vorkommen der alpinen Kalkschuttgesellschaften

Alpine bis hochalpine Zone, als Verwitterungsprodukt unter Felswänden

Vorkommen der montanen bis subalpinen Feinschuttgesellschaften

Montane bis subalpine Zone, Schuttkegel aus Wandverwitterung oder aus Vermurungen und entlang von Wildbächen

Beurteilung des Oberflächenabflusses der alpinen und subalpinen Kalkschuttgesellschaften

Abflussbeiwertsklasse 1 = 0-10 %

Wegen der hohen Durchlässigkeit der Block- und Geröllhalden der alpinen Schuttkare ist mit einem sehr geringen Oberflächenabfluss zu rechnen, der unter 10 % liegen dürfte.

Beurteilung des Oberflächenabflusses der montanen bis subalpinen Feinschuttgesellschaften

Abflussbeiwertsklasse 3 = 31-50 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 38$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,13$$

Je nach Feinerdeanteil und Verlehmung der Klüfte sind die Abflussbeiwerte als sehr variabel anzusetzen. An Hängen mit höheren Anteilen an Huflattich oder Weisser Pestwurz ist mit Abflussbeiwerten von etwa 50 % zu rechnen.

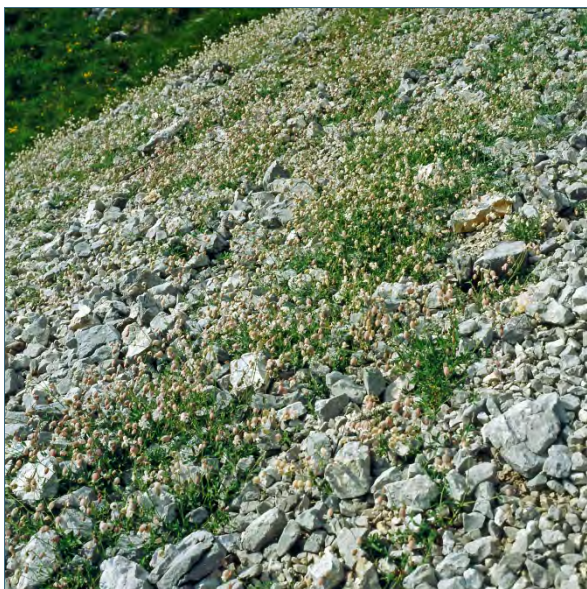


Abb. 1:
Kalkschuttgesellschaft mit Gewöhnlichem Leimkraut oder Taubenkropf auf Grobschotter mit hoher Infiltration: Oberflächenabfluss 0-10 % Auf Feinschutt mit stärkerer Verlehmung: Oberflächenabfluss 30-50 %

2.1.2 Felsfluren oder reiner Fels

Vegetationskundliche Merkmale

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Stängel-Fingerkraut (*Potentilla caulescens*), Aurikel (*Primula auricula*), Kugelschötchen (*Kernera saxatilis*), Zwerg-Gänsekresse (*Arabis bellidifolia*), Zwerg-Kreuzdorn (*Rhamnus pumila*), Stachelspitzige Segge (*Carex mucronata*)

Bodenkundliche Merkmale

Fels

Geologische und geomorphologische Merkmale

Meist Hartkalke und Dolomite, Festgesteine, zerklüftet oder fest

Nutzungseinflüsse

Keine

Vorkommen

Subalpine bis alpine Stufe

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 3-5 = 31- >75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 88$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,72$$

Je nach Klüftigkeit der Felswände ist die Schwankungsbreite des Oberflächenabflusses sehr hoch. Sie dürfte zwischen 30 und 90 % schwanken.



Abb. 2: Je nach Klüftigkeit der Felswände ist die Schwankungsbreite des Oberflächenabflusses sehr hoch. Im stark zerklüfteten Fels ist die Versickerung hoch und der Abfluss gering: Oberflächenabfluss 30-50 %



Abb. 3: Je nach Klüftigkeit der Felswände ist die Schwankungsbreite des Oberflächenabflusses sehr hoch. Im kompakten Fels ist mit hohen Abflüssen zu rechnen: Oberflächenabfluss 80-90 %

2.1.3 Pioniervegetation auf Anbruchs- und Erosionsflächen

Vegetationskundliche Merkmale

Sehr geringer Deckungsgrad der Pflanzendecke, meist nur 1-10 %

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Huflattich (*Tussilago farfara*), Blaugrüne Segge (*Carx flacca*), Gewöhnlicher Hornklee (*Lotus corniculatus*), Weiß-Klee (*Trifolium repens*), Wasser-Dost (*Eupatoria cannabinina*), Acker-Schachtelhalm (*Equisetum arvense*)

Bodenkundliche Merkmale

Rohboden, oft stark verlehmt

Geologische und geomorphologische Merkmale

Hang- und Verwitterungsschutt unterschiedlicher geologischer Herkunft, oft aus eiszeitlichen Talverfüllungen, großflächig als Feilen- und Uferanbrüche, Erd- und Schuttstrom, kleinflächig als Translationsbodenanbruch oder Rotationsanbruch

Nutzungseinflüsse

Keine

Vorkommen

Bacheinhänge, Bachtobeln, Steilhänge und Runsen in fast allen Höhenlagen

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 5 = > 75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 93$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,82$$

Bei den durchgeführten Beregnungsversuchen lagen die Abflusswerte durchwegs zwischen 75 und 90 %.



Abb. 4: Hangrutschung: Oberflächenabfluss über 75 %



Abb. 5: Feilenanbruch: Oberflächenabfluss über 75 %

2.1.4 Pioniervegetation auf Bach und Flussalluvionen

Je nach Höhe des Wasserstandes schwanken die Ausdehnungen der vegetationsarmen Alluvionen sehr stark. Zudem unterliegen diese Schotter- und Kiesbänke aufgrund der Hochwasserdynamik einem ständigen Wandel. Beregnungsversuche liegen nicht vor. Aufgrund der meist grobkörnigen Böden sind die möglichen Abflussgrößen gering anzusetzen. Die Bedeutung des Oberflächenabflusses (z. B. für den Hochwasserabfluss eines Wildbaches) dieser gewässerbegleitenden, meist kleinflächigen Vegetationsformation ist sicherlich gering.

$$CN_{\text{SCS-EGAR}} = 56$$

$$\Psi_{\text{SCS-EGAR}} = 0,28$$



Abb. 6:
Pioniervegetation auf
Flussalluvionen mit
Schnee-Pestwurz:
Oberflächenabfluss et-
wa 10-30 %

2.2 Natürliches Grasland und Offenland

2.2.1 Blaugras-Horstseggenrasen (inkl. Polsterseggenrasen)

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Blaugras-Horstseggenrasen, Polsterseggenrasen

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Kalk-Blaugras (*Sesleria caerulea*), Horst-Segge (*Carex sempervirens*), Polster-Segge (*Carex firma*), Alpen-Rispengras (*Poa alpina*), Berg-Hahnenfuß, (*Ranunculus montanus*), Silberwurz (*Dryas octopetala*). Zottiges Habichtskraut (*Hieracium villosum*), Stängelloser Kalk-Enzian (*Gentiana clusii*), Alpen-Wundklee (*Anthyllis alpestris*), Glänzende Skabiose (*Scabiosa lucida*), Scheuchzers Glockenblume (*Campanula scheuchzeri*), Blaugrüner Steinbrech (*Saxifraga caesia*)

Bodenkundliche Merkmale

Moderrendzina, Mullrendzina

Geologische und geomorphologische Merkmale

Verwitterungsschutt der Festgesteine wie Hauptdolomit, Wettersteinkalk; häufig starke Treppenbildung durch Beweidung

Nutzungseinflüsse

Beweidung mit Rindern, häufig auch mit Schafen

Vorkommen

Überwiegend in der subalpinen Stufe, im Bereich der Baum- und Waldgrenze und darüber

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 2-3 = 11-50 %

$$CN_{\text{SCS-EGAR}} = 48$$

$$\Psi_{\text{SCS-EGAR}} = 0,21$$

Die Höhe des Abflusses hängt ab von der Mächtigkeit und der Korngröße des Verwitterungsschuttes. Im grobkörnigen Schutt ist der Abflussbeiwert mit 10-30 % relativ gering. Auch die Durchwurzelung der Humusschicht durch die zahlreichen, meist tief wurzelnden Kräuter bewirkt eine gute Infiltration. Weit höher, etwa zwischen 30 und 50 % ist der Abfluss auf flachgründigen Standorten z. T. mit subanstehendem Fels, charakterisiert durch Polster-Segge, Silberwurz, Blaugrüner Steinbrech zu beurteilen. Treppenbildung oder Viehgangl scheinen nach bisherigen Versuchen eher abflussmindernd zu wirken. Bei einer Überbeweidung durch Schafe entstehen degradierte, fast vegetationslose Flächen mit hohen Abflussbeiwerten, die bei 60-80 % liegen.



Abb. 7: Der im Frühsommer meist artenreiche Blaugras-Horstseggenrasen bevorzugt die Verwitterungsdecke der Hartkalke und Dolomite. Gute Durchwurzelung und eine günstige Korngrößenzusammensetzung mit einer guten Infiltration bedingen nur mäßig hohe Abflüsse: Oberflächenabfluss 20-30 %.



Abb. 8: Blaugras-Horstseggenrasen im Herbstaspekt: Oberflächenabfluss 20-30 %



Abb. 9:
Durch jahrelange Schafbeweidung degradiertes, stark erodiertes Blaugras-Horstseggenrasen: Oberflächenabfluss 60-80 %

2.2.2 Rostseggenrasen, z. T. hochstaudenreich und Alpenfettweiden auf tiefgründigen Standorten

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Rostseggenrasen, Alpine Milchkrautweiden, Violetschwengel-Rasen

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Rost-Segge (*Carex ferruginea*), Blaugras (*Sesleria caerulea*), Rotes Straußgras (*Agrostis tenuis*), Violetter Schwengel (*Festuca violacea*), Alpen-Lieschgras (*Phleum alpinum*), Große Bibernelle (*Pimpinella major*), Mutterwurz (*Mutellina adonidifolia* = *Ligusticum mutellina*), Gold-Pippau (*Crepis aurea*), Alpen-Wegerich (*Plantago alpina*), Berg-Wegerich (*Plantago atrata*), Wald-Storchschnabel (*Geranium sylvaticum*), Große Sterndolde (*Astrantia major*), Braun-Klee (*Trifolium badium*), Alpen-Wundklee (*Anthyllis alpestris*), Narzissen-Windröschen (*Anemone narcissiflora*), Trollblume (*Trollius europaeus*), Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*), Kelch-Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*), Blutwurz (*Potentilla erecta*)

Bodenkundliche Merkmale

Lehmig-tonige Böden, geringe Skelettanteile, Pseudogley, Pseudogley-Hanggley

Geologische und geomorphologische Merkmale

Verwitterungsschutt veränderlich fester Gesteine wie Kössener Mergel, Allgäu Schichten, Lias-Kalke, hohe Gerinnettdichte, oft auch mit relikten Rutschbuckeln und Anzeichen von Kriechbewegungen, Schneeschurf und/oder Blaiken

Nutzungseinflüsse

Beweidung, Skipistennutzung und damit auch Befahren mit Pistenraupen; viele dieser gutwüchsigen Steilhangwiesen wurden früher gemäht und das sogenannte Wildheu im Winter mit Schlitten zu Tal gebracht.

Vorkommen

In der Regel hochmontane und subalpine Zone, auch oberhalb der Waldgrenze, bevorzugt an nordexponierten Hängen; oft in regelmäßigen Lawinengassen und an Gleitschneehängen und in tieferen Lagen durch menschliche Einwirkung (Weide und Mahd) sekundär erweitert

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4 = 51-75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 78$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,55$$

Aufgrund des meist hohen Feinanteils der Böden ist die Infiltration bei Starkregen vermindert; die wasserhaltende Kraft der Böden ist ziemlich hoch, weshalb auch auf steilen Hängen und vermeintlich trockenen Standorten viele Feuchtezeiger wie Trollblume, Kelch-Simsenlilie oder Sumpf-Herzblatt auftreten. Eine meist gutwüchsige Krautschicht dieser nährstoffreichen Standorte verringert nur geringfügig und dies nur in der Anfangsphase eines Starkregens den Abfluss, der mit 50-75 % anzusetzen ist. Intensive Beweidung und Humusschwund erhöhen zusätzlich die Abflussbewerte.



Abb. 10: Der blumenreiche Rostseggenrasen der subalpinen Stufe kennzeichnet lehmig-tonige Böden vor allem der Allgäu-Schichten und Mergelkalke: Oberflächenabfluss 50-75 %



Abb. 11: Rostseggenrasen auf tonig, feuchten Böden mit vielen Trollblumen: Oberflächenabfluss 60-75 %



Abb. 12: Blumenreiche Alpenfettweide der tieferen Lagen auf tiefgründigen, lehmigen bis tonigen Standorten. Die Infiltration ist bei Starkregen ziemlich gering: Oberflächenabfluss 50-75 %

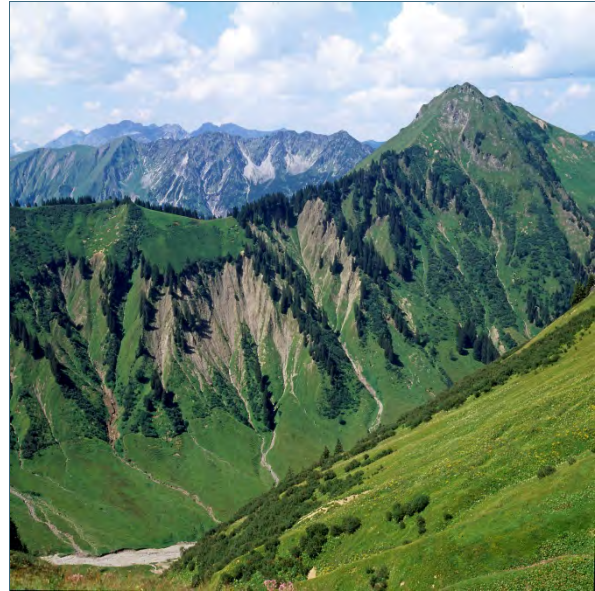


Abb. 13: Steilhänge mit Rostseggenrasen neigen häufig zu größeren Hangrutschungen. Diese Erosionsflächen zeichnen sich durch sehr hohe Abflüsse aus: Oberflächenabfluss über 75 %

2.2.3 Rostseggenrasen auf subanstehendem bis anstehendem Fels

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Rostseggenrasen

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Rost-Segge (*Carex ferruginea*), Blaugras; (*Sesleria caerulea*), Blaues Pfeifengras (*Molinia caerulea*), Rohr-Pfeifengras (*Molinia arundinacea*), häufig mit vielen Feuchtezeigern wie: Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*), Kelch-Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*), Blutwurz (*Potentilla erecta*), Mehl-Primel (*Primula farinosa*), Alpenmaßliebchen (*Aster bellidiastrum*), auf sehr flachgründigen Felsstandorten noch mit Alpen- und Gewöhnlichem Fettkraut (*Pinguicula alpina* und *P. vulgaris*), Felsen-Baldrian (*Valeriana saxatilis*) und Polster-Segge (*Carex firma*)

Bodenkundliche Merkmale

Moderrendzina, dazwischen kleinflächig reiner Fels

Geologische und geomorphologische Merkmale

Vorwiegend auf schwer verwitternden Hartkalken oder Festgesteinen in steilen bis sehr steilen Hanglagen

Nutzungseinflüsse

Für Weidebetrieb meist zu steil und auch zu unergiebig

Vorkommen

In allen Höhenlagen, von den steilen Talflanken bis zur Wald- oder Baumgrenze; häufig durch frühere Holznutzung und vielfach durch Lawinenabgänge gefördert

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4 = 51-75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 78$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,55$$

Diese Standorte sind sehr flachgründig und erreichen meist nur ein bis zwei Dezimeter. Darunter kommt der anstehende und meist kaum zerklüftete Fels. Bei den hohen und häufigen Niederschlägen der Nordalpen sind diese Standorte sehr wasserzünftig; das heißt, es besteht auch ein fast permanenter oberflächennaher Abfluss, der eine gewisse Verzögerung des reinen Oberflächenabflusses bewirkt. Dies erklärt auch, warum viele Feuchtezeiger und Arten der Flachmoore an diesen scheinbar trockenen Standorten vorkommen. Das Speichervermögen dieser flachgründigen Standorte ist sehr gering und die Abflussbeiwerte liegen meist im Bereich zwischen 60 und 75 %.



Abb. 14: Rostseggenrasen auf flachgründigen bis felsigen Standorten. Das Speichervermögen dieser flachgründigen Standorte auf subanstehendem, meist wenig zerklüfteten Fels ist sehr gering: Oberflächenabfluss 60-75 %. Siehe auch Text zu Abb. 13.



Abb. 15: Rostseggenrasen auf flachgründigen bis felsigen Standorten.

2.2.4 Subalpine Hochstaudenfluren

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Alpendost-Hochstaudenflur, Alpenmilchlattich-Gesellschaft

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Grauer Alpendost (*Adenostyles alliariae*), Berg-Kälberkropf (*Chaerophyllum villarsii*), Großblättrige Schafgarbe (*Achillea macrophylla*), Fuchs-Greiskraut (*Senecio fuchsii*) Österreichischer Bärenklau (*Heracleum austriacum*), Gelber und Blauer Eisenhut (*Aconitum vulparia* und *A. napellus*), Rundblättriger Steinbrech (*Saxifraga rotundifolia*), Alpen-Milchlattich (*Cicerbita alpina*), Wald-Storchschnabel (*Geranium sylvaticum*), Rasenschmieie (*Deschampsia cespitosa*)

Bodenkundliche Merkmale

Mergelige, feuchte, feinerdereiche Böden; am Übergang von Wäldern zu den darüber liegenden Schutthalden und Felswänden kommen meist sickerfeuchte und skelettreiche Böden vor

Geologische und geomorphologische Merkmale

Bevorzugt sind Standorte mit veränderlich festen Gesteinen, die tiefgründig verwitternde Böden mit hohem Feinerdeanteil liefern. Die subalpinen Hochstaudenfluren bestehen aus einer Vielzahl von artenreichen Pflanzengesellschaften auf recht unterschiedlichen Standorten. Gemeinsam sind der Nährstoffreichtum und hohe die Bodenfeuchte; deshalb finden sich die Hochstaudenfluren auch auf schattseitigen Schutthängen mit langer Schneebedeckung ebenfalls ein.

Nutzungseinflüsse

Beweidung durch Rinder gering, durch Schafe in manchen Gebieten ziemlich intensiv

Vorkommen

Subalpine und untere alpine Zone, also im Bereich und oberhalb der Waldgrenze; bedingt durch Steinschlag und Lawinenabgänge auch in tieferen Lagen

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4 = 51-75 %

$$CN_{\text{SCS-EGAR}} = 71$$

$$\Psi_{\text{SCS-EGAR}} = 0,45$$

Aufgrund der vielfältigen Standortsansprüche ist die Variationsbreite der Abflussbeiwerte sehr hoch anzusetzen. Auf lehmigen, feinerdereichen Standorten sind Werte über 60 % und darüber anzusetzen, während auf skelettreichen Schotterhängen die Abflussbeiwerte unter 50 % liegen dürften. (Beregnungsversuche in diesen schwer erreichbaren Gebieten liegen nur wenige vor).



Abb. 16: Die Variationsbreite des Oberflächenabflusses der artenreichen Hochstaudenfluren ist ziemlich groß: Oberflächenabfluss bei großem Skelettanteil 40-50 %.



Abb. 17: Die Variationsbreite des Oberflächenabflusses der artenreichen Hochstaudenfluren ist ziemlich groß: Oberflächenabfluss bei geringem Skelettanteil 50-75 %.

2.2.5 Moore, Pfeifengrasriede, Kleinseggenriede

Diese Kartiereinheit ist sehr heterogen und umfasst zahlreiche Pflanzengesellschaften. Gemeinsam sind hohe Grundwasser- oder Hangwasserstände; es handelt sich also um sehr nasse Standorte. In intakten Mooren ist die Wassersättigung immer sehr hoch, sodass infolge von Sauerstoffarmut ein vollständiger Abbau und Mineralisierung der abgestorbenen Pflanzenreste nicht erfolgt; es entsteht Torf. Ist die Torfmächtigkeit sehr gering, so spricht man von anmoorigen Pflanzengesellschaften. Sümpfe sind vernässte Böden, die gelegentlich austrocknen, sodass ein Abbau der organischen Substanz zu Humus erfolgt. Der Übergang von Sumpf zu Moor ist oft fließend. Die reinen Sumpfgesellschaften auf Nassstandorten sind bereits oben abgehandelt.

Moore

Vegetationskundliche Merkmale, Moore allgemein

Grundsätzlich wird zwischen Niedermooren und Hochmooren unterschieden. Niedermoore haben Anschluss an mineralhaltiges Grundwasser oder werden von Hangwasser gespeist. Niedermoore sind also minerotroph. Hochmoore sind infolge des starken Wachstums der Torfmoose aus dem Grundwasserbereich herausgewachsen und werden nur von mineralarmen Niederschlagswasser gespeist. Sie sind ombrotroph und können nur in sehr niederschlagsreichen Gebieten, z. B. im Nordstau der Alpen existieren.

Kleinseggenriede wie auch das Pfeifengrasried charakterisieren ebenfalls Nassstandorte. Im Alpenraum kommt es infolge geringerer Stoffproduktion meist nur zu einer geringmächtigen Torfbildung. Auch sie zählen zu den Niedermooren.

Niedermoore

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften der Niedermoore (Auswahl): Torfseggenried, Pfeifengrasried, Kopfbinsenried, Rasenbinsenried

Kennzeichnende Arten (Auswahl) der Niedermoore: Torf- oder Davall-Segge (*Carex davalliana*), Breitblättriges Wollgras (*Eriophorum latifolium*), Igel- oder Stern-Segge (*Carex echinata*), Rostrottes Kopfried (*Schoenus ferrugineus*), Rasen-Binse (*Trichophorum cespitosum*), Blaues Pfeifengras (*Molinia caerulea*), Mehl-Primel (*Primula farinosa*), Alpen-Fettkraut (*Pinguicula alpina*), Kelch-Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*), Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*)

Bodenkundliche Merkmale

Niedermoor, Hanggley, Nasshanggley

Geologische und geomorphologische Merkmale

Quellige, sickernasse Standorte in Mulden und Hängen mit meist geringer Neigung auf unterschiedlichen, aber wasserstauenden, geologischen Einheiten

Nutzungseinflüsse

Sehr geringe Weidenutzung

Vorkommen

Montane bis subalpine Zone, im Bereich veränderlich fester Gesteine großflächiger und häufiger vertreten

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 5 = > 75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 93$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,82$$

Die Abflussbeiwerte sind meist sehr hoch anzusetzen und liegen meist zwischen 70 und 80 %. In Nassjahren mit voller Bodensättigung können sie bis zu 100 % ansteigen.

Hochmoore

Vegetationkundliche Merkmale

Hochmoor-Torfmoosgesellschaft, Bunte Torfmoosgesellschaft, Berg-Kiefernhochmoor

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Torfmoose (*Sphagnum magellanicum*, *S. rubellum*), Scheidiges Wollgras (*Eriophorum vaginatum*), Gewöhnliche Moosbeere (*Oxycoccus palustris*), Rauschbeere (*Vaccinium uliginosum*), Berg-Kiefer (*Pinus mugo*)

Bodenkundliche Merkmale

Hochmoorböden

Geologische und geomorphologische Merkmale

Mulden oder flach geneigte Hänge auf unterschiedlichen, aber wasserstauenden geologischen Einheiten

Nutzungseinflüsse

Beweidung nur in Ausnahmefällen, als Skipiste nur randlich berührt

Vorkommen

überwiegend in der montanen Stufe

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4-5 = 51- >75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 93$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,82$$

Aufgrund eines mächtigen Polsters aus Torfmoosen mit einer relativ guten Wasserspeicherung sind die Abflussbeiwerte nicht ganz so hoch anzusetzen und liegen anhand einiger Berechnungsversuche am Randgehänge von Hochmooren zwischen 50 und 70 %. In Nassjahren mit voller Bodensättigung können sie bis zu 100 % ansteigen.



Abb. 18: Leicht geneigtes Hangmoor im Allgäu: Oberflächenabfluss meist über 75 %.



Abb. 19: Rasenbinsenmoor: Oberflächenabfluss meist über 75 %.



Abb. 20: Torfmoose kennzeichnen dauernasse Standorte mit Torfbildung. Torfmoose kommen auch in nassen Bergwäldern, besonders häufig in der Flyschzone vor: Oberflächenabfluss meist über 75 %.

2.3 Intensiv bewirtschaftetes Grünland

2.3.1 Mähwiesen frisch bis mäßig feucht

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Glatthaferwiese, Goldhaferwiese

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*), Goldhafer (*Trisetum flavescens*), Rot-Schwingel (*Festuca rubra*), Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*), Zweijähriger Pippau (*Crepis biennis*), Wiesenkerbel (*Anthriscus silvestris*), Wiesen-Klee (*Trifolium pratense*)

Bodenkundliche Merkmale

Tiefgründige Braunerden mit lehmigen oder lehmig-sandigen Oberböden, gelegentlich auch ehemalige Aueböden mit Feuchtezeigern (s. u.).

Geologische und geomorphologische Merkmale

Meist flach bis mäßig geneigte Hänge im Talgrund auf Hang- und Verwitterungsschutt

Nutzungseinflüsse

Regelmäßige Mahd und gelegentlich Nachweide

Vorkommen

Tallagen, meist in Siedlungsnähe, kaum über 1000 m.

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 2 = 11-30 %

$$CN_{\text{SCS-EGAR}} = 48$$

$$\Psi_{\text{SCS-EGAR}} = 0,21$$

Die Bandbreite des Abflusses liegt zwischen 11 und 30 %. Höhere Abflussbeiwerte (30-40 %) sind auf Flächen mit stärkerer Verdichtung des Oberbodens durch häufiges Düngen mit schweren Güllefahrzeugen zu erwarten; hier stellt sich häufig der Kriechender Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) als Anzeiger für verdichtete Böden ein. Auch die mäßig feuchten Mähwiesen mit Feuchtezeigern wie Kohldistel (*Cirsium oleraceum*) oder Wiesen-Knöterich (*Polygonum bistorta*) neigen zu höheren Werten. Diese liegen etwa zwischen 30 und 40 %.



Abb. 21: Typische Mähwiese im Talgrund des Karwendels



Abb. 22: Goldhafer, ein typischer Begleiter frischer Bergwiesen: Oberflächenabfluss 10-30 %



Abb. 23: Kriechender Hahnenfuß, ein Anzeiger für verdichtete, feuchte Standorte: Oberflächenabfluss 30-40 %



24: Kohldistel, Anzeiger für mäßig feuchte bis feuchte Wiesen: Oberflächenabfluss 30-40 %

2.3.2 Nasswiesen mit Sumpfdotterblume, Binsen oder Seggenbestände (Streuwiesen)

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Sumpfdotterblumenwiese, Binsenwiese, Waldsimsen-Flur, Eisenhutblättrige Hahnenfuß-Kälberkropf-Gesellschaft

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Spitzblütige Binse (*Juncus acutiflorus*), Flatter-Binse (*Juncus effusus*), Faden-Binse (*Juncus filiformis*), Waldsimse (*Scirpus sylvaticus*), Eisenhutblättriger Hahnenfuß (*Ranunculus aconitifolius*), Rauhhaariger Kälberkropf (*Chaerophyllum hirsutum*), Sumpf-Pippau (*Crepis paludosa*)

Bodenkundliche Merkmale

Hanggleye, Nasshangleye, Anmoorgleye

Geologische und geomorphologische Merkmale

Meist verlehmteter Hang- und Verwitterungsschutt, Schutt- und Schwemmfächer, Moräne, Kössener Mergel, Lias Fleckenmergel, Flächen mit Kriech- und Fließbewegungen, häufig in flachen Mulden und Gräben

Nutzungseinflüsse

Gelegentlich beweidet und durch Tritt noch zusätzlich verdichtet

Vorkommen

Waldfreie, stark vernässte Flächen, überwiegend in der montanen und subalpinen Zone, meist im Kontakt zu Alm- oder Alpflächen.

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 5 = > 75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 93$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,84$$

Der Oberflächenabfluss in dieser Kartiereinheit liegt über 75 % und kann in Nassjahren oder bei einer starken Vorfeuchte bis auf 100 % steigen.



Abb. 25: Nasswiese mit Eisenhutblättrigem Hahnenfuß (weiß) und Trollblume (gelb): Oberflächenabfluss über 75 %



Abb. 26: Die Sumpfdotterblume in Reinbestand zeigt stark vernässte, lehmige und tonige Standorte an: Oberflächenabfluss über 75 %



Abb. 27:
Der Eisenhutblättrige Hahnenfuß bevorzugt sickernasse und quellige Staudenwiesen sowie feuchte bis nasse Hochstaudenfluren und nasse Bergwälder: Oberflächenabfluss über 75 %

2.3.3 Alm/Alpweiden frisch

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Meist Kammgrasweiden in unterschiedlichen Ausbildungen

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Kammgras (*Cynosurus cristatus*), Rot-Schwingel (*Festuca rubra*), Rotes Straußgras (*Agrostis tenuis*), Gemeines Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), Gewöhnliche Schafgarbe (*Achillea millefolium*), Rauer Löwenzahn (*Leontodon hispidus*), Große Bibernelle (*Pimpi-*

nella major), Spitz-Wegerich (*Plantago lanceolata*), Mittlerer Wegerich (*Plantago media*), Gold-Pippau (*Crepis aurea*), Berg-Hahnenfuß (*Ranunculus montanus*)

Bodenkundliche Merkmale

Kalksteinbraunlehme, humose Lehm- und Steinböden

Geologische und geomorphologische Merkmale

Meist Hang- und Verwitterungsschutt, teilweise verlehmt und tiefgründig

Nutzungseinflüsse

Regelmäßiger Weidebetrieb mit Rindern, Kühen und gelegentlich mit Pferden; häufig mit ausgeprägten Viehgang oder Treppenbildung; bei starker Trittbelastung kleinflächig mit Translationsbodenrutschungen.

Vorkommen

Meist großflächig verbreitet; waldfreie (ehemalige Waldstandorte) Hänge, überwiegend in der montanen und unteren subalpinen Zone, etwa bis ca. 1600 m

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 3 = 31-50 %

$$\begin{aligned} \text{CN}_{\text{SCS-EGAR}} &= 64 \\ \Psi_{\text{SCS-EGAR}} &= 0,37 \end{aligned}$$

Der Oberflächenabfluss schwankt zwischen 31 und 50 %. Nach längeren Trockenperioden, z. B. im Herbst entstehen besonders auf lehmigen Böden kleine Trockenrisse. Dadurch verringern sich anhand mehrerer Berechnungsversuche die Abflussbeiwerte. Nach längeren Feuchteperioden dagegen steigen die Abflussbeiwerte. Auch in Hängen mit stärkerem Anteil an erodierten Flächen ist ein höherer Abfluss zu erwarten.



Abb. 28: Mäßig trockene bis frische Almweide



Abb. 29: Das Kammgras, ein charakteristischer Begleiter von montanen Almweiden: Oberflächenabfluss 30-40 %



Abb. 30:
Der Wiesen-Kümmel, ein Doldenblütler, ist ein Zeiger für frische, aber etwas erdichtete Lehm- und Tonböden. Hier das typisch gefiederte Blatt: Oberflächenabfluss 40-50 %

2.3.4 Alm/Alpweide feucht, oft verdichtet

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Meist Kammgrasweiden mit Binsen, Rossminze, Rasenschmiele

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Kammgras (*Cynosurus cristatus*), Rot-Schwingel (*Festuca rubra*), Rotes Straußgras (*Agrostis tenuis*), Gemeines Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), Arten mäßig trockener Böden wie Gewöhnliche Schafgarbe (*Achillea millefolium*) oder Mittlerer Wegerich (*Plantago media*) entfallen, dafür treten mehr Arten der Feuchtstandorte wie Rossminze (*Mentha longifolium*), Blaugrüne Binse (*Juncus inflexus*), Flatter-Binse (*Juncus effusus*), Alpen-Binse (*Juncus alpinus*) und Anzeiger für Bodenverdichtung wie Kriech-Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) oder Plattthalm-Binse (*Juncus compressus*) auf

Bodenkundliche Merkmale

Braunlehme mit Stausohle, Pseudogleye, meist tiefgründige, lehmige bis tonige Böden

Geologische und geomorphologische Merkmale

Meist Hang- und Verwitterungsschutt, teilweise verlehmt und tiefgründig

Nutzungseinflüsse

Regelmäßiger Weidebetrieb mit Rindern, Kühen und gelegentlich mit Pferden. Bei starker Trittbelastung häufig mit mehr oder weniger starken Trittschäden und Bodenverwundungen

Vorkommen

Häufig an den Unterhängen unterhalb der frischen Kammgrasweide, oft mit kleinflächigen Quellaustritten (kleine Nassflächen mit Sumpfdotterblume)

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4 = 51-75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 78$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,55$$

Der Oberflächenabfluss schwankt zwischen 50 und 75 %. Besonders hohe Abflüsse sind bei Starkregen in binsenreichen Beständen mit hoher Bodenfeuchte oder auf Flächen, die durch Weidebetrieb stark verdichtet (Stausohlenbildung) sind, zu erwarten.



Abb. 31: Binsenreiche, nasse Almweide: Oberflächenabfluss über 75 %



Abb. 32: Die Blaugrüne Binse und anderer Binsenarten sind typische Zeiger für feuchte bis nasse Almweiden: Oberflächenabfluss je nach der Höhe von Feuchtezeigern 50-75 %



Abb. 33: Die Rossminze ebenfalls ein Zeiger für verdichte und feuchte Almweiden. Oberflächenabfluss 50-75 %



Abb. 34: Die horstbildende Rasenschmiele zeigt verdichte und mäßig feuchte Wiesen an. Da sie vom Vieh gemieden wird, gelangt sie oft zur Vorherrschaft und bildet Reinbestände aus: Oberflächenabfluss 50-60 %



Abb. 35:
Reinbestand der Rasenschmiele. Oberflächenabfluss 50-60 %

2.3.5 Alm/Alpweiden stark beweidet, frisch bis feucht, mit hohem Anteil an Borstgras

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Rotschwingelrasen, Kammgrasweiden, beide mit hohem Anteil an Borstgras oder reine Borstgrasrasen

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Borstgras (*Nardus stricta*), Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*), Besenheide (*Calluna vulgaris*), Kammgras (*Cynosurus cristatus*), Rot-Schwingel (*Festuca rubra*), Rotes Straußgras (*Agrostis tenuis*), Gemeines Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), Wald-Hainsimse (*Luzula sylvatica*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), in reinen Borstgrasrasen Arnika (*Arnica montana*)

Bodenkundliche Merkmale

Braunerde (auch pseudovergleyt), Pseudogleye, Podsole

Geologische und geomorphologische Merkmale

Veränderlich feste Gesteine wie Flysch, vor allem Reiselbergersandstein, Kieselkalke und sonstige saure Böden liefernde Gesteine

Nutzungseinflüsse

Starke bis übermäßige Beweidung auf meist mäßig bis feuchten Böden

Vorkommen

Meist kleinflächig (nur wenige Hektar) in der montanen bis subalpinen Stufen

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4 = 51-75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 78$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,55$$

Ein hoher Anteil des Borstgrases (etwa über 40-50 % Deckung) bewirkt einen Strohdacheffekt und damit einen Abfluss von 50-60 %. Kommen noch Feuchtezeiger wie Pfeifengras (*Molinia caerulea*), Blutwurz (*Potentilla erecta*) und Torfmoose (*Sphagnum spec.*) vor, so werden Abflüsse bis 75 % erreicht. Auch auf Flächen mit hohem Anteil an Rasen-Schmiele – ein Zeiger für verdichtete und zu Staunässe neigenden Böden – ist mit höheren Abflüssen zu rechnen.



Abb. 36: Das Borstgras besiedelt kalkarme bis saure Böden; es wird vom Weidevieh gemieden, so dass es bei starker Beweidung zur Vorherrschaft gelangt: Oberflächenabfluss 50-60 %



Abb. 37: Fast geschlossener Borstgrasrasen. Aufgrund des Strohdacheffektes und des dichten Wurzelfilzes der Borstgrasrasen kommt es zu Oberflächenabflüssen von 50-60 %



Abb. 38: Treten in borstgrasreichen Almweiden weitere Feuchtezeiger wie die abgebildete Blutwurz oder Torfmoose (siehe Abb. 20) auf, so ist mit Oberflächenabflüssen bis zu 75 % zu rechnen.

2.3.6 Rasenansaat und Skipistenplanien

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: keine definierten Gesellschaften, sondern Rohbodenpioniere und handelsübliche Grassamenmischungen

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Rohbodenpioniere: Huflattich (*Tussilago farfara*), Weisse Pestwurz (*Petasites albus*), Hopfenklee (*Medicago lupulina*), Breit-Wegerich (*Plantago major*), Blaugrüne Segge (*Carex glauca*); Gewöhnliche Margerite (*Chrysanthemum leucanthemum*), Wiesen- und Weiß-Klee (*Trifolium pratense*, *T. repens*). Hauptsächlichliche Arten der Grassamenmischungen: Rot-Schwingel (*Festuca rubra*), Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*), Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*), Englisches Raygras (*Lolium perenne*), Wiesen- und Weiß-Klee (*Trifolium pratense*, *T. repens*)

Bodenkundliche Merkmale

Rohböden, Ranker, teilweise mit Humusauftrag

Geologische und geomorphologische Merkmale

Hangschutt

Nutzungseinflüsse

Starke Verdichtung durch Planierraupen und sonstigen Maschineneinsatz

Vorkommen

Skipisten

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 3-5 = 31- >75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 88$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,72$$

Pistenflächen im Hauptdolomit mit Grobschutt weisen stärkere Infiltrationseigenschaften auf und neigen dementsprechend zu geringen Abflussbeiwerten, die etwa bei 30-50 % anzusetzen sind; dagegen fallen die Abflussbeiwerte von abgeschobenen Pistenflächen auf veränderlich festen Gesteinen wie Flyschgestein, Kössener Schichten und Allgäuschichten sehr hoch aus und betragen häufig 80-90 %.



Abb. 39: Bei der Planierung von Skipisten wird der humusreiche Oberboden abgeschoben; zurückbleibt ein stark verdichteter Rohboden, auf dem sich Rohbodenpioniere wie der Huflattich sich ansiedeln: Oberflächenabfluss über 75 %



Abb. 40: Der Huflattich, ein Besiedler frischer Erosionsflächen: Oberflächenabfluss über 75 %



Abb. 41: Durch Ansaat entsteht nur ein artenarmer Rasen, der über viele Jahre eine sehr geringe Wasserspeicherkapazität besitzt: Oberflächenabfluss über 75 %

2.3.7 Lägerfluren

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Alpenampferflur

Kennzeichnende Arten (Auswahl) der Alpenampferflur: Alpen-Ampfer (*Rumex alpinus*), Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*), Alpen-Greiskraut (*Senecio alpinus*), Brennessel (*Urtica dioica*), Weißer Germer (*Veratrum album*), Ross-Minze (*Mentha longifolium*), Eisenhutblättriger Hahnenfuß (*Ranunculus aconitifolius*), Kriechender Hahnenfuß (*Ranunculus repens*), Wald-Sternmiere (*Stellaria nemorum*)

Bodenkundliche Merkmale

Nährstoffreiche, mäßig feuchte bis feuchte, meist verdichtete Lehmböden

Geologische und geomorphologische Merkmale

Almen oder Alpen sind bevorzugt in Gebieten mit veränderlich festen Gesteinen, die tiefgründige nährstoffreiche Böden liefern, angelegt. Ebene oder nur sanft geneigte Hänge, vielfach auch Mulden werden vom Weidevieh als Schlaf- und Ruheplatz (Viehläger) genutzt.

Nutzungseinflüsse

Als Viehläger im Bereich der Alm- oder Alphütten genutzt

Vorkommen

Montane und subalpine Stufe

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4 = 51-75 %

Aufgrund der räumlich nur selten auftretenden Verbreitung im EGAR-Datensatz zum SCS-Verfahren nicht vorhanden

Aufgrund der starken Verdichtung des lehmigen bis tonigen Bodens ist der Oberflächenabfluss mit über 50 bis 75 % anzusetzen. Da diese Flächen oft sehr flach oder in seichten Mulden liegen, erfolgt die Weitergabe an die unteren Flächen und in den nächsten Vorfluter nur moderat.



Abb. 42:
Lägerflur mit Reinbe-
stand aus Alpen-
Ampfer: Oberflächen-
abfluss 50-75 %

2.4 Strauch- und Zwergstrauchflächen

2.4.1 Reine Latschenbestände

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Karbonat-Alpenrosen-Latschengebüsch

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Latsche (*Pinus mugo*), Gewöhnliche Vogelbeere, (*Sorbus aucuparia*), Zwerg-Vogelbeere (*Sorbus chamaemespilus*), Bewimperte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis idaea*), Schneeheide (*Erica herbacea*), Berg-Reitgras (*Calamagrostis varia*)

Bodenkundliche Merkmale

Moderrendzina, oft mit starker Rohhumusaufgabe, Lockersyrosem in Blockschutt- und Geröllhalden

Geologische und geomorphologische Merkmale

Dolomit, Wettersteinkalk und sonstige Hartkalke

Nutzungseinflüsse

Gebietsweise aufgelichtet durch Schafbeweidung mit Bodendegradation, gelegentlich auch Rinderbeweidung

Vorkommen

Im Bereich der Waldgrenze und darüber bis etwa 2200 m, in tieferen Lagen in wiederbesiedelten Lawingassen, Bergsturzfällen und Steilhängen mit Blockschutt und Geröll; bevorzugt sind sonnseitige Lagen

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 2–3 = 11-50 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 56$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,28$$

Bestände auf humusreicheren Böden oder Böden mit starker Rohhumusaufgabe liegt der Oberflächenabfluss bei etwa 20-30 %. In Blockschutt und Geröllhalden ist der Abfluss niedriger anzusetzen. Höhere Abflussbeiwerte ergeben sich in weidegeschädigten und bodendegradierten Beständen. Dort sind Abflüsse bis zu 50 % und auch zu erwarten.



Abb. 43: Reiner Latschenbestand mit intakter Bodenbildung: Oberflächenabfluss 10-30 %



Abb. 44: Durch Schafbeweidung stark geschädigter Latschenbestand mit degradiertem Boden: Oberflächenabfluss 40-50 % oder mehr

2.4.2 Latsche mit Grünerle

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Karbonat-Latschengebüsch mit Rostblättriger Alpenrose

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Latsche (*Pinus mugo*), Grün-Erle (*Alnus viridis*), Bäumchen-Weide (*Salix waldsteiniana*), Glanz-Weide (*Salix glabra*), Rostblättrige Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*), Grauer Alpendost (*Adenostyles alliariae*), Trollblume (*Trollius europaeus*), Rauschbeere (*Vaccinium uliginosum*), Rundblättriger Steinbrech (*Saxifraga rotundifolia*), Behaarte Hainsimse (*Luzula pilosa*), Draht-Schmiele (*Deschampsia flexuosa*), Alpen-Milchlattich (*Cicerbita alpina*), Wald-Storchschnabel (*Geranium sylvaticum*), Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*)

Bodenkundliche Merkmale

Tangelrendzina, Moderrendzina, gut durchfeuchtete Böden mit höherem Feinerde- und Lehmanteil

Geologische und geomorphologische Merkmale

Hauptsächlich auf veränderlich festen Gesteinen

Nutzungseinflüsse

Beweidung

Vorkommen

Höhenverbreitung ähnlich wie Reine Latschenbestände, bevorzugt an nordost- bis nordwestexponierten Hängen und Hangmulden. Oft auch hangabwärts im Anschluss an das Reine Latschengebüsch

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 3-4 = 31-75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 71$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,47$$

Aufgrund der höheren Bodenfeuchte und des höheren Feinerdegehaltes und des Lehmanteils bewegt sich der Oberflächenabfluss etwa zwischen 40 und 60 %. Bei intensiverem Weidebetrieb ist auf diesen trittempfindlichen Standorten mit noch höheren Abflussbeiwerten zu rechnen.



Abb. 45:
Latschenbestand mit eingesprengten Grünerlen. Tritt die Grünerle in Latschenbeständen auf, so ist mit einem höheren Feinerde- und Lehmanteil zu rechnen: Oberflächen 40-60 %.

2.4.3 Reines Grünerlengebüsch

Vegetationskundliche Merkmal

Pflanzengesellschaften: Grünerlengebüsch

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Grün-Erle (*Alnus viridis*), Schlucht-Weide (*Salix appendiculata*), Bäumchen-Weide (*Salix waldsteiniana*), Grauer Alpendost (*Adenostyles alliariae*), Meisterwurz (*Peucedanum ostruthium*), Berg-Kälberkropf (*Chaerophyllum villosii*), Großblättrige Schafgarbe (*Achillea macrophylla*), Fuchs-Greiskraut (*Senecio fuchsii*), Österreichischer Bärenklau (*Heracleum austriacum*), Gelber und Blauer Eisenhut (*Aconitum vulparia* und *A. napellus*), Rundblättriger Steinbrech (*Saxifraga rotundifolia*), Alpen-Milchlattich (*Cicerbita alpina*), Wald-Storchschnabel (*Geranium sylvaticum*), Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*), Alpen-Frauenfarn (*Streptopus amplexifolius*), Eisenhutblättriger Hahnenfuß (*Ranunculus aconitifolius*), Weißer Germer (*Veratrum album*)

Bodenkundliche Merkmale

Pseudogley-Braunerde, mergelige, tonige, steinige Lehmböden, wasserhaltende und wasserstauende Schichten, feuchter Hangschutt

Geologische und geomorphologische Merkmale

Veränderlich feste Gesteine wie Flysch, Kössener Mergel, Lias-Fleckenmergel, Allgäu-Schichten

Nutzungseinflüsse

Sporadisch beweidet

Vorkommen

In der oberen montanen und subalpinen Stufe, etwa 1200-2200 m; nordexponierte, schattige Steilhänge oder in Mulden und Gräben mit langer Schneebedeckung; in niederschlagsreichen Gebieten auch in sonnseitigen Lagen

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4 = 51-75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 78$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,55$$

Aufgrund der bodenkundlichen und geologischen Eigenschaften liegen die Abflussbeiwerte etwa zwischen 60 und 75 % an sickernassen, quelligen Standorten können sie auch höher ausfallen.



Abb. 46: Die Grünlerle bevorzugt in Reinbeständen nordseitige Hänge auf Flysch, Allgäuschichten und ähnliche geologische Schichten, die mergelige, feuchte Böden liefern: Oberflächenabfluss 60-75 %, auf sickernassen Hängen auch mehr



Abb. 47: Die Grünlerle bevorzugt in Reinbeständen nordseitige Hänge auf Flysch, Allgäuschichten und ähnliche geologische Schichten, die mergelige, feuchte Böden liefern: Oberflächenabfluss 60-75 %, auf sickernassen Hängen auch mehr

2.4.4 Kalkalpine Zwergstrauchheiden, Zwergsträucher, mäßig trocken bis frisch mit Bewimperter Alpenrose

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Schneeheide-Alpenrosengebüsch

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Bewimperte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*), Zwerg-Alpenrose (*Rhodothamnus chamaebuxus*), Schneeheide (*Erica herbacea*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis idaea*), Bäumchen-Weide (*Salix waldsteiniana*), Seidelbast (*Daphne mezereum*), Steinröschen (*Daphne striata*), Echte Bärentraube (*Arctostaphylos uva ursi*), Silberdistel (*Carlina acaulis*), Buxbaumblättriges Kreuzkraut (*Polygala chamaebuxus*), Silberwurz (*Dryas octopetala*), Herzblättrige Kugelblume (*Globularia cordifolia*), Blaugras (*Sesleria caerulea*), Berg-Reitgras (*Calmagrostis varia*)

Bodenkundliche Merkmale

Moderrendzina, Syrosem, Ruhschutt und Blockhalden

Geologische und geomorphologische Merkmale

Hartkalke wie Wettersteinkalk, Dolomit oder Rätalk

Nutzungseinflüsse

Schafbeweidung, oft durch frühere Rodung des Bergfichtenwaldes oder durch Schwenden der Latsche entstanden

Vorkommen

Subalpine Stufe, etwa 1400-2200 m, auf Bergstürzen, Schuttflächen und Blockhalden auch tiefer

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 2 = 11-30 %

$$CN_{\text{SCS-EGAR}} = 48$$

$$\Psi_{\text{SCS-EGAR}} = 0,21$$

Je nach Skelettanteil der Böden liegen die Abflussbeiwerte zwischen 11 und 30 %; auf degradierten Flächen durch Schafbeweidung sind höhere Abflussbeiwerte mit etwa 50 % anzusetzen.



Abb. 48: Kalkalpine Zwergstrauchheiden wachsen meist auf Standorten mit skelettreichen Hartkalcken: Oberflächenabfluss 10-30 %



Abb. 49: Bewimperte Alpenrose, Charakterart der alpinen Zwergstrauchheiden: Oberflächenabfluss 10-30 %.

2.4.5 Zwergsträucher mäßig feucht bis feucht mit Rostroter Alpenrose, Rauschbeere und oft mit Grünerle, meist hochstaudenreich

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Bodensaure Alpenrosenheide

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Rostrote Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*), Zwergwacholder (*Juniperus communis ssp. nana*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Rauschbeere (*Vaccinium uliginosum*), Heidekraut (*Calluna vulgaris*), Gemeiner Alpenlattich (*Homogyne alpina*), Arnika

(*Arnica montana*), Draht-Schmiele (*Deschampsia flexuosa*), Blutwurz (*Potentilla erecta*), Bärtige Glockenblume (*Campanula barbata*), Borstgras (*Nardus stricta*), Bergfarn (*Thelypteris limbosperma*), Torfmoose (*Sphagnum spec.*)

Bodenkundliche Merkmale

Rohhumusranker, Tangelrendzina, Tonmergel, tiefgründige, feuchte Braunerde pseudovergleyt

Geologische und geomorphologische Merkmale

Veränderlich feste Gesteine wie Flysch, Lias, Allgäuschichten

Nutzungseinflüsse

Die Bodensaure Alpenrosenheide hat durch Rodung von subalpinen Waldgesellschaften und Schwenden von Latschenbeständen zur Gewinnung von Weideflächen oft große Ausdehnungen erfahren. Auf degradierten Flächen wird diese Zwergstrauchgesellschaft durch Borstgrasrasen ersetzt.

Vorkommen

Hochmontane und subalpine Zone, mit einem schmalen Streifen über der Baumgrenze, etwa 1400 bis 2400 m

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4 = 51-75 %

$$CN_{\text{SCS-EGAR}} = 71$$

$$\Psi_{\text{SCS-EGAR}} = 0,45$$

Aufgrund der bodenkundlichen und geologischen Eigenschaften schwanken die Werte für den Oberflächenabfluss zwischen 51 und 75 %.



Abb. 50: Mäßig feuchte bis feuchte Zwergstrauchheide auf veränderlich festem Gestein und mergeligen Böden: Oberflächenabfluss 50-75 %



Abb. 51: Rostrote Alpenrose, Charakterart lehmig, toniger Böden auf veränderlich festem Gestein: Oberflächenabfluss 50-75 %

2.5 Wälder

2.5.1 Nadelwälder mit Kiefern, Fichten oder Lärchen auf Hangschutt

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Schneeheide-Kiefernwald, Lärchenwald

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Fichte (*Picea abies*), Lärche (*Larix europaea*), Berberitze (*Berberis vulgaris*), Felsenbirne (*Amelanchier ovalis*), Schneeheide (*Erica herbacea*), Berg-Reitgras (*Calamagrostis varia*), Kalk-Blaugras (*Sesleria caerulea*), Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum*), Horst-Segge (*Carex sempervirens*), Rindsauge (*Bupthalmum salicifolium*), Schwarze Akelei (*Aquilegia atrata*), Ästige Graslilie (*Anthericum ramosum*), Alpen-Leinblatt (*Thesium alpinum*), Mücken-Händelwurz (*Gymnadenia conopsea*)

Bodenkundliche Merkmale

Rendzina, Kalkblockschutt, Verwitterungsschutt der Festgestein wie Hauptdolomit, Wettersteinkalk

Geologische und geomorphologische Merkmale

Hauptdolomit, Wettersteinkalk und andere Hartkalke

Nutzungseinflüsse

Gebietsweise Waldweide durch Rinder und Schafe

Vorkommen

Von den Tallagen bis in die hochmontane Stufe bis etwa 1500 m; meist in südexponierter Lage; häufig an Hängen der Föhntäler

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 2 = 11-30 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 38$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,13$$

Der Schneeheide-Kiefernwald stockt meist auf klüftigen, durchlässigen Böden mit hoher Infiltration. Auch die Lärche besiedelt ähnlich blockreiche Standorte. Der Oberflächenabfluss ist daher mit etwa 10-20 % anzusetzen. Allerdings kann es bei Starkregen infolge von Interflow zu einem Anspringen von Hangquellen unterhalb dieser Föhren- oder Lärchenbestände kommen.



Abb. 52: Lärchenwald auf grob blockigem Hangschutt mit hoher Infiltration: Oberflächenabfluss 10-20 %

2.5.2 Nadelwälder mit Kiefer und Fichte auf subanstehendem Gestein

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Pflanzensoziologisch keine definierten Gesellschaften

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Fichte (*Picea abies*), Pfeifengras (*Molinia caerulea*), Rohr-Pfeifengras (*Molinia litoralis*), Rost-Segge (*Carex ferruginea*), Horst-Segge (*Carex sempervirens*), Blaugras, (*Sesleria caerulea*), Berg-Reitgras (*Calamagrostis varia*), Blaugrüne Segge (*Carex flacca*), häufig mit vielen Feuchtezeigern wie: Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*), Kelch-Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*), Wasserdost (*Eupatoria cannabin*), Blutwurz (*Potentilla erecta*), Mehl-Primel (*Primula farinosa*), Alpenmaßliebchen (*Aster bellidiastrum*), auf sehr flachgründigen Felsstandorten noch mit Alpen- und Gewöhnlichem Fettkraut (*Pinguicula alpina* und *P. vulgaris*), Felsen-Baldrian (*Valeriana saxatilis*) und Silberwurz (*Dryas octopetala*)

Bodenkundliche Merkmale

Moderrendzina, dazwischen kleinflächig reiner Fels

Geologische und geomorphologische Merkmale

Vorwiegend auf schwer verwitternden Hartkalken in steilen bis sehr steilen Hanglagen

Nutzungseinflüsse

Keine Holznutzung mit Ausnahme nach Sturmschäden; Beweidung stark eingeschränkt

Vorkommen

Von den Tallagen bis in die hochmontane Stufe bis etwa 1500 m, meist in südexponierter Lage. Aufgrund des stark verkürzten Bodenprofils und des stauenden Felsuntergrundes können sich nur anspruchslose, lockere Wälder aus Föhre und Fichte entwickeln. In den niederschlagsreichen Nordalpen mit häufigen, oft nur kurzzeitigen Regen- und Gewitterfällen trocknen diese scheinbar trockenen Standorte nur selten aus, da die Wurzeln der Feuchtezeiger wie Pfeifengras, Kelch-Simsenlilie oder Sumpf-Herzblatt vom Interflow dieser sickerfeuchten Standorte auf subanstehendem Fels profitieren. Auf südexponierten Hängen überwiegt die Föhre oder Wald-Kiefer; auf schattseitigen Standorten kommt die Fichte zur Vorherrschaft.

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4-5 = 51- >75 %

$$CN_{\text{SCS-EGAR}} = 71$$

$$\Psi_{\text{SCS-EGAR}} = 0,45$$

Geringe Bodenmächtigkeit und stauender Felsuntergrund bewirken hohe Oberflächenabflüsse bei Starkregen, die sich je nach Mächtigkeit der Böden etwa zwischen 60 und 80 % bewegen.



Abb. 53: Lückiger Fichtenwald auf subanstehendem Gestein: Oberflächenabfluss 60-80 %



Abb. 54: Das Pfeifengras – eine Charakterart feuchter bis nasser Streuwiesen und Moore – kommt auch in scheinbar trockenen Wäldern aus Föhre oder Fichte vor und kennzeichnet dort die sickerfeuchte Situation dieser Standorte auf subanstehendem Fels: Oberflächenabfluss 60-80 %

2.5.3 Bergmischwald

Eine große Vielfalt von Waldgesellschaften wurde auch für den bayerischen Alpenraum im Laufe der Zeit nach pflanzensoziologischen Gesichtspunkten aufgestellt. Im Zusammenhang mit der Bereitschaft zu geringen oder hohen Oberflächenabflüssen werden hier summarisch die Bergwälder (neben den bereits aufgeführten Nadelwäldern auf Kalkschutt und subanstehendem Gestein) in 3 Kartiereinheiten gegliedert, die Aufschluss über die zu erwartenden Abflussgrößen bei Starkregen geben können.

Zu berücksichtigen ist, dass der Großteil auch der Bergwälder durch forstliche Nutzung über viele Jahrhunderte stark überprägt ist. Die Fichte ist in vielen Waldgesellschaften dominierend und die ursprünglich stärker vertretenen Laubbäume wie Buche, Ahorn aber auch die Tanne sind dadurch stark zurückgetreten.

Eine Zuordnung zu den natürlichen oder naturnahen Waldgesellschaften ist nur unter Berücksichtigung der Boden- oder Krautschicht annähernd möglich. Aber auch diese ist in ihrer Artenvielfalt oft eingeschränkt, sodass man oft nur auf wenige noch vorhandenen Gräser und Kräuter zurückgreifen

kann. Dies gilt auch für die im Idealfall reiche Palette der Feuchte- und Nässezeiger. So muss man in dichten, schattigen, fast reinen Fichtenbeständen kleine Lücken aufsuchen, um anhand der spärlichen Bodenflora die standörtlichen Verhältnisse beurteilen zu können. Hier sind zusätzliche bodenkundliche, geologische und geomorphologische Kriterien sehr wichtig.

2.5.3.1 Bergmischwald frisch

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften (Auswahl): Alpenheckenkirschen-Buchen-Tannenwald, Waldmeister-Buchen-Tannenwald, Waldgersten-Buchenwald, Hainsimsen-Buchenwald

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Berg-Reitgras (*Calamagrostis varia*), Nickendes Perlgras (*Melica nutans*), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum*), Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum*), Waldgerste (*Hordelymus europaeus*), Wald-Trespe (*Bromus ramosus*), Wald-Bingelkraut (*Mercurialis perennis*), Hasenlattich (*Prenanthes purpurea*), Kahler Alpendost (*Adenostyles glabra*), Stinkender Hainsalat (*Aposeris foetida*), Wilder Majoran (*Origanum vulgare*), Wald-Sauerklee (*Oxalis acetosella*), Wald-Sanikel (*Sanicula europaea*), Große Bibernelle (*Pimpinella major*), Wald-Meister (*Galium odoratum*), Wald-Habichts-Kraut (*Hieracium murorum*), Wolliger Hahnenfuß (*Ranunculus lanuginosus*), Wald-Knautie (*Knautia dipsacifolia*), Frauenfarn (*Athyrium filix femina*), Wurmfarne (*Dryopteris filix mas*), Feuchtezeiger: Klebriger Salbei (*Salvia glutinosa*), Wasserdost (*Eupatoria cannabinum*)

Bodenkundliche Merkmale

Meist mittel- bis tiefgründige, oft skelettreiche, humose Böden, Braunerde, Kalksteinbraunlehme, auch Moderrendzina

Geologische und geomorphologische Merkmale

Bevorzugt Hartkalke wie Wettersteinkalk, Dolomit, oft verlehnten Hang- und Verwitterungsschutt

Nutzungseinflüsse

Forstliche Nutzung, Waldweide

Vorkommen

Von den Tallagen bis in die subalpine Zone, bis etwa 2000 m

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 1-2 = 0-30 %

$$CN_{\text{SCS-EGAR}} = 48$$

$$\Psi_{\text{SCS-EGAR}} = 0,21$$

Die meisten dieser frischen Waldgesellschaften neigen nur zu geringen Abflussbeiwerten, die mit etwa 10 % anzusetzen sind. Gesellen sich einige Zeiger für mäßig feuchte Böden wie Klebriger Salbei oder Wasserdost hinzu, so können Abflussbeiwerte von etwa 20 % erreicht werden. Zusätzliche Belastung durch schwere, forstliche Erntegeräte bedingen eine stärkere Verdichtung des Oberbodens und damit eine weitere Erhöhung des Oberflächenabflusses.



Abb. 55: Bergmischwald frisch aus Buche, Tanne und Fichte. Eine vegetationskundliche Beurteilung der Standorteigenschaften hinsichtlich Oberflächenabfluss ist nur anhand der Krautschicht möglich.



Abb. 56: Der Waldmeister ist ein Vertreter frischer Bergmischwälder: Oberflächenabfluss etwa 10 %



Abb. 57: Klebriger Salbei ist Zeiger für mäßig feuchte Standorte: Oberflächenabfluss etwa 20 %.



Abb. 58: Wasserdost ist Zeiger für mäßig feuchte Standorte: Oberflächenabfluss etwa 20 %.

2.5.3.2 Bergmischwald feucht

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Alpenheckenkirschen-Buchen-Tannenwald, Waldmeister-Buchen-Tannenwald, Hochstauden-Buchen-Tannenwald, Labkraut-Tannenwald, Ahorn-Eschenwald

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Ähnliche Artengarnitur wie bei Bergwälder frisch, hinzukommen noch als Feuchtezeiger folgende Arten: Weisse Pestwurz (*Petasites albus*), Rauhaariger Kälberkropf (*Chaerophyllum hirsutum*), Berg-Kälberkropf (*Chaerophyllum villarsii*), Grauer-Alpendost (*Adenostyles alliariae*), Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*), Kohldistel (*Cirsium oleraceum*), Wasserdost (*Eupatoria cannabin*), Wald-Schachtelhalm (*Equisetum sylvaticum*), Hain-Gilbweiderich (*Lysimachia nemorum*), Alpen-Hexenkraut (*Circaea alpina*), Mittleres Hexenkraut (*Circaea intermedia*), vereinzelt auch Grau- und Grünerle (*Alnus incana*, *A. viridis*)

Bodenkundliche Merkmale

Pseudogley-Braunlehme, Pseudogley

Geologische und geomorphologische Merkmale

Bevorzugt in geologischen Einheiten mit veränderlich festen Gesteinen, höhere Gerinnedichte, relikte, verlehnte Schuttströme und Rutschmassen

Nutzungseinflüsse

Forstliche Nutzung, Waldweide

Vorkommen

Tallagen, Taleinhänge, montane bis hochmontane Stufe, etwa bis 1600 m

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 3 = 31-50 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 56$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,28$$

Die zu erwartenden Werte des Oberflächenabflusses schwanken zwischen 30 und 50 %. Höhere Abflüsse treten auf: bei stärkerem Auftreten der o. g. Feuchtezeiger; bei Arten wie Wald-Schachtelhalm, Grauer Alpendost, Grau- und Grünerle sind durchaus hohe Werte von 50-60 % anzusetzen. Holzbringung mit schweren Erntemaschinen bewirkt eine zusätzliche Erhöhung des Abflusses.



Abb. 59: Weiße Pestwurz, ein Zeiger für mäßig bis feuchte Bergwälder: Oberflächenabfluss bei geringem Anteil und Fehlen sonstiger Feuchtezeiger 30-40 %



Abb. 60: Rauer Kälberkopf, ein Begleiter feuchter Bergwälder: Oberflächenabfluss 40-50 %



Abb. 61: Stark feuchter Bergwald mit Wald-Schachtelhalm: Oberflächenabfluss etwa 50 %.

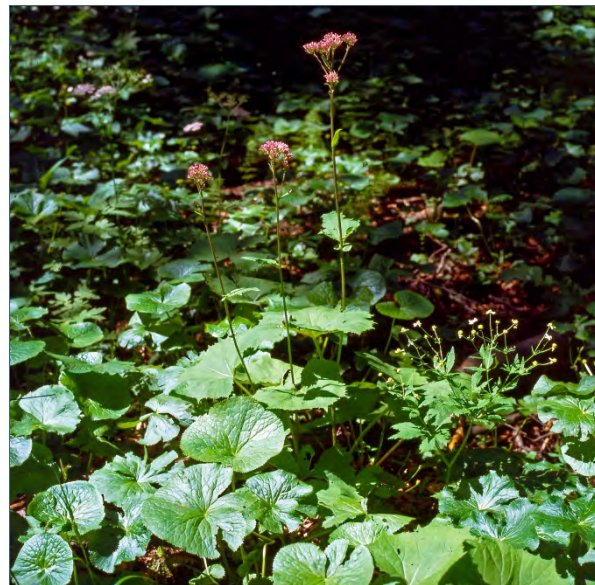


Abb. 62: Hoher Anteil vom Grauen Alpendost und anderen oben genannten Feuchtezeigern in Bergwäldern lassen hohe Abflusswerte erwarten: Oberflächenabfluss 50-60 %

2.5.3.3 Bergmischwald nass

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Hochstauden-Buchen-Tannenwald, Labkraut-Tannenwald, Ahorn-Eschenwald

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Feuchtezeiger: Weisse Pestwurz (*Petasites albus*), Rauhaariger Kälberkropf (*Chaerophyllum hirsutum*), Berg-Kälberkropf (*Chaerophyllum villarsii*), Grauer-Alpendost (*Adenostyles alliariae*), Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*), Kohldistel (*Cirsium oleraceum*), Wasserdost (*Eupatoria cannabinum*), Wald-Schachtelhalm (*Equisetum sylvaticum*), Hain-Gilbweiderich (*Lysimachia nemorum*), Alpen-Hexenkraut (*Circaea alpina*), Mittleres Hexenkraut (*Circaea intermedia*), vereinzelt auch Grau- und Grünerle (*Alnus incana*, *A. viridis*)

Nässezeiger: Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Riesen-Schachtelhalm, (*Equisetum telmateia*), Eisenhutblättriger Hahnenfuß (*Ranunculus aquilegifolius*), Sumpf-Pippau (*Crepis paludosa*), Hänge-Segge (*Carex pendula*), Winkel-Segge (*Carex remota*), Wechselblättriges Milzkraut (*Chrysosplenium alternifolium*), Flatter-Binse (*Juncus effusus*), Torfmoose (*Sphagnum spec.*)

Bodenkundliche Merkmale

Hanggley, Nasshanggley, sickernasse oder staunasse, mergelige, tonige Böden, Weidestausohle, oft auch auf Wiederaufforstungen früherer intensiv beweideter Flächen (z. B. häufig in gleichaltrigen Fichtenreinbeständen in der Flyschzone)

Geologische und geomorphologische Merkmale

Veränderlich feste Gesteine wie Flysch, Kössener Mergel, Liaskalke, Allgäuschichten; hohe Gerinnetichte, Schuttströme, Rutschmassen

Nutzungseinflüsse

Forstliche Nutzung, Waldweide

Vorkommen

Tallagen, Taleinhänge, montane bis hochmontane Stufe, etwa bis 1600 m

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4-5 = 51- >75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 78$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,55$$

Die Abflussbeiwerte bewegen sich etwa zwischen 60 und 80 %

Holzbringung mit schweren Erntemaschinen bewirkt eine zusätzliche Erhöhung des Abflusses.



Abb. 63:
Nasser Bergwald mit
vielen Seggenarten wie
die Rispensegge:
Oberflächenabfluss 60-
80 %



Abb. 64: Riesen-Schachtelhalme charakterisieren nasse Bergwälder mit hohen Abflüssen: Oberflächenabfluss 60-80 %.



Abb. 65: Die Sumpfdotterblume (diese ist im schattigen Wald meist ohne Blüten, aber gut kenntlich an den runden fett glänzenden Blättern) charakterisieren nasse Bergwälder mit hohen Abflüssen: Oberflächenabfluss 60-80 %.

Weitere Zeiger für nasse Wälder sind Eisenhutblättriger Hahnenfuß (s. Abb. 27) und Torfmoose (s. Abb. 20): Oberflächenabfluss 60-80 %

2.5.4 Grauerlenwälder und Erlenpflanzungen

Vegetationskundliche Merkmale

Pflanzengesellschaften: Grauerlenwald

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Grau-Erle (*Alnus incana*), Großblättrige oder Schlucht-Weide (*Salix appendiculata*), Fichte (*Picea excelsa*), Winkel-Segge (*Carex remota*), Hänge-Segge (*Carex pendula*), Gelbe Segge (*Carex flava*), Flatter-Binse (*Juncus effusus*), Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Rie-

sen-Schachtelhalm (*Equisetum telmateia*), Sumpf-Pippau (*Crepis paludosus*), Rauhaariger Kälberkropf (*Chaerophyllum hirsutum*), Alpen-Greiskraut (*Senecio alpinus*), Huflattich (*Tussilago farfara*), Mädesüß (*Filipendula ulmaria*), Kriech-Hahnenfuß (*Ranunculus repens*), Wechselblättriges Milzkraut (*Chrysosplenium alternifolium*), Kohldistel (*Cirsium oleraceum*), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum*), Blauer und Gelber Eisenhut (*Aconitum napellus*, *A. vulparia*)

Bodenkundliche Merkmale

Hanggley, Nasshanggley, sickernasse und staunasse Böden

Geologische und geomorphologische Merkmale

Veränderlich feste Gesteine, besonders Flysch, tonreiche eiszeitliche Talverfüllungen, Moränen, Schuttströme, Rutschmassen

Nutzungseinflüsse

Geringe Beweidung

Vorkommen

In Schluchten, Einhänge von Bachläufen und Gräben in 600-1200 m Höhe

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 4-5 = 51- >75 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 71$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,45$$

Grauerlenwälder mit hoher Anzahl an Feuchte- und Nässezeigern weisen hohe bis sehr hohe Abflusswerte auf; sie liegen zwischen 60 und 80 %; weniger hoch sind die Werte bei skelettreichen oder schotterreichen Hängen, die zur Stabilisierung mit der Grauerle bepflanzt wurde.



Abb. 66: Grauerlenwald auf einem alten Schuttstrom mit Kriech- und Fließbewegungen: Oberflächenabfluss 60-80 %



Abb. 67: Grauerlenwald an einem Flyschhang; Grauerlenwälder in den Alpen stocken auf sickernassen bis staunassen Böden: Oberflächenabfluss 60-80 %

2.5.5 Mischbestände im Bereich der Waldgrenze aus Fichte, Latsche und anderen Gehölzen

Vegetationskundliche Merkmale

Kennzeichnende Arten (Auswahl): Fichte (*Picea abies*), Latsche (*Pinus mugo*), Gewöhnliche Vogelbeere, (*Sorbus aucuparia*), Mehlbeerbaum (*Sorbus aria*), Zwerg-Vogelbeere (*Sorbus chamaemespilus*), Bewimperte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis idaea*), Schneeheide (*Erica herbacea*), Kahler Alpendost (*Adenostyles glabra*), Berg-Reitgras (*Calamagrostis varia*)

Bodenkundliche Merkmale

Meist mittel- bis tiefgründige, oft skelettreiche, humose Böden, Braunerde, Kalksteinbraunlehme, Moderrendzina, oft mit starker Rohhumusauflage, Lockersyrosem in Blockschutt- und Geröllhalden

Geologische und geomorphologische Merkmale

Bevorzugt Hartkalke wie Wettersteinkalk, Dolomit und sonstige Hartkalke

Nutzungseinflüsse

Gebietsweise aufgelichtet durch Schafbeweidung mit Bodendegradation, gelegentlich auch Rinderbeweidung

Vorkommen

Im Bereich der Waldgrenze, etwa zwischen 1600 und 2000 m, in tieferen Lagen in wiederbesiedelten Lawinengassen, Bergsturzfällen und Steilhängen mit Blockschutt und Geröll

Beurteilung des Oberflächenabflusses

Abflussbeiwertsklasse 2-3 = 11-50 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 38$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,13$$

Beständen auf humusreicheren Böden oder Böden mit starker Rohhumusauflage liegt der Oberflächenabfluss bei etwa 20-30 %. In Blockschutt und Geröllhalden ist der Abfluss niedriger anzusetzen. Höhere Abflussbeiwerte ergeben sich in weidegeschädigten und bodendegradierten Beständen. Dort sind Abflüsse bis zu 50 % zu erwarten.

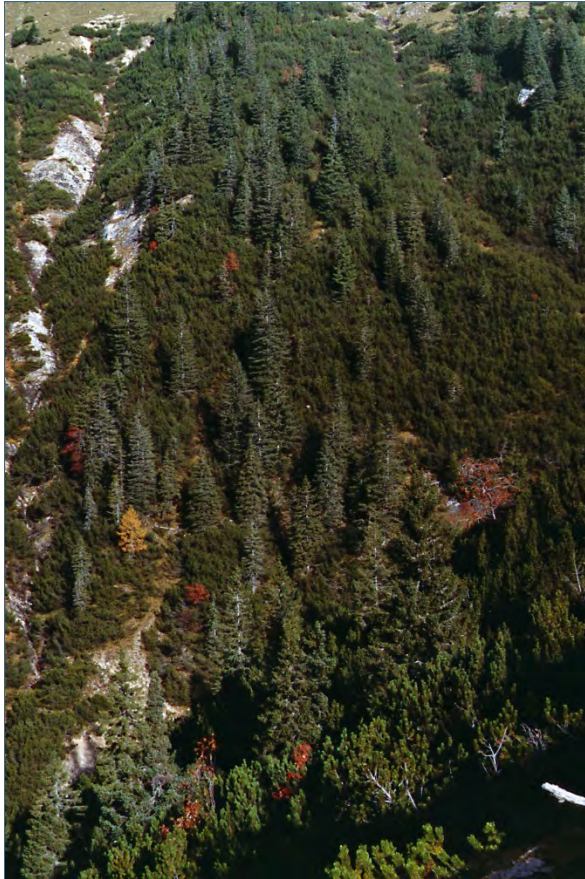


Abb. 68:
Mischbestand aus
Fichte und Latsche:
Oberflächenabfluss 10-
50 %, weitere Differen-
zierung siehe unter
2.4.1. Reine Latschen-
bestände.

2.5.6 Bach- und flussbegleitende Gehölze und Auwälder

Vegetationskundliche Merkmale

Weidenauwald, Grauerlenauwald

Kennzeichnende Arten zum Weidenauwald (Auswahl): Lavendel-Weide (*Salix eleagnos*), Purpur-Weide (*Salix purpurea*), Reif-Weide (*Salix daphnoides*), Bruch-Weide (*Salix fragilis*), Kratzbeere (*Rubus caesius*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*), Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*), Wald-Engelwurz (*Angelica sylvestris*), Wiesen-Labkraut (*Galium mollugo*), Blaugrüne Segge (*Carex flacca*), Gemeine Schafgarbe, (*Achillea millefolium*), Huflattich, *Tussilago farfara*, Schnee-Pestwurz (*Petasites paradoxus*)

Kennzeichnende Arten zum Grauerlenauwald (Auswahl): Grau-Erle (*Alnus incana*), Purpur-Weide (*Salix purpurea*), Fichte (*Picea excelsa*), Winkel-Segge (*Carex remota*), Hänge-Segge (*Carex pendula*), Gelbe Segge (*Carex flava*), Flatter-Binse (*Juncus effusus*), Kratzbeere (*Rubus caesius*), Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Sumpf-Pippau (*Crepis paludosa*), Rauhaariger Kälberkopf (*Chaerophyllum hirsutum*), Alpen-Greiskraut (*Senecio alpinus*), Huflattich (*Tussilago farfara*), Mädesüß (*Filipendula ulmaria*), Kriechender Hahnenfuß (*Ranunculus repens*), Wechselblättriges Milzkraut (*Chrysosplenium alternifolium*), Kohldistel (*Cirsium oleraceum*), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum*), Blauer und Gelber Eisenhut (*Aconitum napellus*, *A. vulparia*), Kleinblütiges Springkraut (*Impatiens parviflora*), Brennessel (*Urtica dioica*)

Bodenkundliche Merkmale zum Weidenauwald

Rambla, Borowina; kiesige, grobsandige bis schluffige Böden

Bodenkundliche Merkmale zum Grauerlenauwald

Gley, Borowina, Mergelrendzina, schluffige, lehmige bis tonige Böden

Geologische und geomorphologische Merkmale zum Weidenauwald

Talalluvionen und Verwitterungsschutt aus überwiegend Hartkalken und Dolomit

Geologische und geomorphologische Merkmale zum Grauerlenauwald

Talalluvionen und Verwitterungsschutt aus veränderlich festen Gesteinen

Nutzungseinflüsse

gelegentlich Rinderbeweidung

Vorkommen

Bach und Flusstäler

Beurteilung des Oberflächenabflusses im Weidenauwald

Abflussbeiwertsklasse 2 = 11-30 %

$$CN_{SCS-EGAR} = 38$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,13$$

Aufgrund der meist skelettreichen, kiesig- bis grob schotterigen Böden sind niedrige Abflussbeiwerte mit etwa 10-30 % anzusetzen.

Beurteilung des Oberflächenabflusses im Grauerlenwald

Abflussbeiwertsklasse 3 = 31-50 %

Im EGAR-Datensatz zum SCS-Verfahren nicht berücksichtigt

Aufgrund des höheren Feinkornanteiles sind hier Abflussbeiwerte zwischen 30 und 50 % anzusetzen.



Abb. 69: Weiden-Auwald im Halblechgebiet auf Kies und Geröll: Oberflächenabfluss 10-30 %

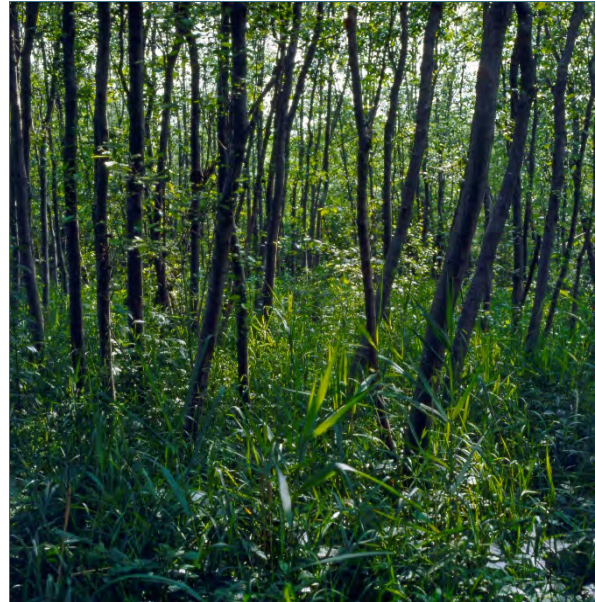


Abb. 70: Erlen-Auwald an der Tiroler Achen: Oberflächenabfluss 30-50 %

2.5.7 Windwurf und Kahlschläge

Auf Windwurf- und Kahlschlagflächen steigen die Abflussbeiwerte etwas an, da sowohl die Wirkung der Interzeption als auch die Funktion der biologischen Dränung wegfällt. Die Bäume und Sträucher des Waldbestandes verbrauchen mehr Wasser (sogenannte Evapotranspiration) als z. B. reines Grünland. Durch den geringeren Dräneffekt werden die Standorte feuchter und der Oberflächenabfluss nimmt zu. Für die hier aufgeführten Waldformationen sind daher nach einem Kahlhieb jeweils die höheren Abflussbeiwerte anzusetzen. Im Laufe einer Wiederbewaldung dürften die Abflussbeiwerte wieder sinken.

$$CN_{SCS-EGAR} = 56$$

$$\Psi_{SCS-EGAR} = 0,28$$



Abb. 71: Kahlhieb: Oberflächenabfluss 30-60 %.



Abb. 72: Windwurf: Oberflächenabfluss 30-60 %.

3 Diskussion

Die hier aufgeführten Abflussbeiwerte und deren Bandbreite für die einzelnen Vegetationseinheiten beruhen auf den Messergebnissen der Beregnungsanlage des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU). Das Institut für Wildbach- und Lawinenforschung in Innsbruck – jetzt Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BfW) – führt ähnliche Beregnungsversuche mit einer vergleichbaren Großregenanlage durch. Um die Vergleichbarkeit der beiden Anlagen (LfU und BfW) zu testen, wurden im Jahre 2000 gemeinsame Beregnungsversuche im Ammergebirge (s. KOHL ET AL. 2002) durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die vom LfU erzielten Messwerte auf denselben Vegetationseinheiten durchschnittlich um 12 % geringer ausfielen. Diese Unterschiede in der Abflussmessung sind in der technischen Konzeption der beiden Anlagen begründet. Zum einen beaufschlagt die Anlage des LfU nur die zu untersuchende Messparzelle, dagegen beregnet die Anlage des BfW auch die Seitenränder, also die Flächen außerhalb der Messparzelle. Im Falle LfU kommt es wohl zu lateralen Verlusten – trotz seitlicher Leitbleche. Hinzu kommt noch ein weiterer Unterschied der beiden Anlagen; während die LfU-Anlage mittels Leitblechen und den Auffangtrichter fast ausschließlich reinen Oberflächenabfluss misst, wird bei der BfW-Anlage über die Bodenmatrix eingebettete Auffangfolie (in 10 cm Tiefe) auch ein gewisser Teil des oberflächennahen, rasch abfließenden Interflow erfasst. Das heißt, die Werte des LfU sind etwas zu niedrig und die Werte des BfW sind gegenüber dem „tatsächlichen Abflussbeiwert“ etwas zu hoch.

4 Literatur

- [1] BUNZA, G., DEISENHOFER, H. E., KARL, J., PORZELT, M., RIEDL, J. (1985): Beiträge zu Oberflächenabfluss und Stoffabtrag bei künstlichen Starkniederschlägen. DVWK – Schriftenreihe d. Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. , 71.
- [2] BUNZA, G., SCHAUER, TH. (1989): Der Einfluss von Vegetation, Geologie und Nutzung auf den Oberflächenabfluss bei künstlichem Starkregen in Wildbacheinzugsgebieten der Bayerischen Alpen. Informationsbericht Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, H.2, München.
- [3] BUNZA, G., JÜRGING, P., LÖHMANSRÖBEN, R., SCHAUER, TH. UND ZIEGLER, R. (1996): Abfluss- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten – Grundlagen zum integralen Wildbachschutz. - Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, H. 27.
- [4] BUNZA, G. UND SCHAUER, TH. (2004): Erfassung und Beurteilung des Naturgefahren – und Nutzungspotenzials und deren Wechselwirkungen in Wildbacheinzugsgebieten für das Raummanagement in den Alpen auf regionaler Ebene. - Wildbach- und Lawinenverbau, H. 149.
- [5] KARL, J., TOLDRIAN, H. (1973): Eine transportable Beregnungsanlage für die Messung von Oberflächenabfluss und Bodenabtrag. - Wasser & Boden; 3.
- [6] LÖHMANSRÖBEN, R., SCHAUER, TH., (1966): Ableitung hydrologischer Eigenschaften zur Beurteilung des Abfluss- und Abtragsgeschehens aus boden- und vegetationskundlichen Kriterien. - Internat. Symposium INTERPRAEVENT, Garmisch-Partenkirchen, Bd. 1.
- [7] MARKART, G., KOHL, B. UND ZANETTI, P. (1996): Einfluss von Bewirtschaftung, Vegetation und Boden auf das Abflussverhalten von Wildbacheinzugsgebieten – Ergebnisse von Abflussmessungen in ausgewählten Teileinzugsgebieten des Finsingtales (Zillertal/Tirol). - Internat. Symposium INTERPRAEVENT, Garmisch-Partenkirchen, Bd. 1.
- [8] KOHL, B., MARKART, G., SCHAUER, TH., PORZELT, M. (2002): Vergleich zweier Großregenanlagen zur Abschätzung des Abfluss- und Infiltrationsverhalten von unterschiedlichen Boden-/Vegetationskomplexen. - BfW-Berichte; Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrum für Wald, Wien.
- [9] MARKART, G., KOHL, B., SOTIER, B., SCHAUER, TH., BUNZA, G. UND STERN, R. (2004): Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen. - BFW-Dokumentation; Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrum für Wald, Wien 2004, Nr. 3.
- [10] MARKART, G. UND KOHL, B. (2004): Abflussverhalten in Wildbacheinzugsgebieten bei unterschiedlicher Landnutzung. - Wildbach- und Lawinenverbau, H. 149.
- [11] SCHAUER, TH., (1992): Der Beitrag der Vegetationskartierung für die Abschätzung und Prognose des Abflusses, des Abtrages und der Belastung bei spezifischen Nutzungen in alpinen Wildbacheinzugsgebieten. - Internat. Symposium INTERPRAEVENT, Bern, Bd. 6.
- [12] SCHAUER, TH., 2000: Der Einfluss der Schafbeweidung auf das Abfluss- und Abtragsgeschehen. - Internat. Symposium INTERPRAEVENT, Villach, Bd. 2.
- [13] SCHAUER, TH., CASPARI C. (2004): DER BLV Pflanzenführer für unterwegs – 1150 Blumen, Gräser, Bäume & Sträucher – BLV Buchverlag München, 5. Aufl.
- [14] SCHAUER, TH., CASPARI C., CASPARI S. (2012): Die Pflanzen Mitteleuropas. Über 1500 Arten. - BLV Buchverlag München.

5 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Kalkschuttgesellschaft mit Gewöhnlichem Leimkraut oder Taubenkropf auf Grobschotter mit hoher Infiltration: Oberflächenabfluss 0-10 % Auf Feinschutt mit stärkerer Verlehmung: Oberflächenabfluss 30-50 %	8
Abb. 2:	Je nach Klüftigkeit der Felswände ist die Schwankungsbreite des Oberflächenabflusses sehr hoch. Im stark zerklüfteten Fels ist die Versickerung hoch und der Abfluss gering: Oberflächenabfluss 30-50 %	9
Abb. 3:	Je nach Klüftigkeit der Felswände ist die Schwankungsbreite des Oberflächenabflusses sehr hoch. Im kompakten Fels ist mit hohen Abflüssen zu rechnen: Oberflächenabfluss 80-90 %	9
Abb. 4:	Hangrutschung: Oberflächenabfluss über 75 %	10
Abb. 5:	Feilenanbruch: Oberflächenabfluss über 75 %	10
Abb. 6:	Pioniervegetation auf Flussalluvionen mit Schnee-Pestwurz: Oberflächenabfluss etwa 10-30 %	11
Abb. 7:	Der im Frühsommer meist artenreiche Blaugras-Horstseggenrasen bevorzugt die Verwitterungsdecke der Hartkalke und Dolomite. Gute Durchwurzelung und eine günstige Korngrößenzusammensetzung mit einer guten Infiltration bedingen nur mäßig hohe Abflüsse: Oberflächenabfluss 20-30 %.	12
Abb. 8:	Blaugras-Horstseggenrasen im Herbstaspekt: Oberflächenabfluss 20-30 %	12
Abb. 9:	Durch jahrelange Schafbeweidung degradiertes, stark erodiertes Blaugras-Horstseggenrasen: Oberflächenabfluss 60-80 %	13
Abb. 10:	Der blumenreiche Rostseggenrasen der subalpinen Stufe kennzeichnet lehmig-tonige Böden vor allem der Allgäu-Schichten und Mergelkalke: Oberflächenabfluss 50-75 %	14
Abb. 11:	Rostseggenrasen auf tonig, feuchten Böden mit vielen Trollblumen: Oberflächenabfluss 60-75 %	14
Abb. 12:	Blumenreiche Alpenfettweide der tieferen Lagen auf tiefgründigen, lehmigen bis tonigen Standorten. Die Infiltration ist bei Starkregen ziemlich gering: Oberflächenabfluss 50-75 %	15
Abb. 13:	Steilhänge mit Rostseggenrasen neigen häufig zu größeren Hangrutschungen. Diese Erosionsflächen zeichnen sich durch sehr hohe Abflüsse aus: Oberflächenabfluss über 75 %	15
Abb. 14:	Rostseggenrasen auf flachgründigen bis felsigen Standorten. Das Speichervermögen dieser flachgründigen Standorte auf subanstehendem, meist wenig zerklüfteten Fels ist sehr gering: Oberflächenabfluss 60-75 %. Siehe auch Text zu Abb. 13.	16
Abb. 15:	Rostseggenrasen auf flachgründigen bis felsigen Standorten.	16
Abb. 16:	Die Variationsbreite des Oberflächenabflusses der artenreichen Hochstaudenfluren ist ziemlich groß: Oberflächenabfluss bei größerem Skelettanteil 40-50 %.	17
Abb. 17:	Die Variationsbreite des Oberflächenabflusses der artenreichen Hochstaudenfluren ist ziemlich groß: Oberflächenabfluss bei geringem Skelettanteil 50-75 %.	17
Abb. 18:	Leicht geneigtes Hangmoor im Allgäu: Oberflächenabfluss meist über 75 %.	20

Abb. 19: Rasenbinsenmoor: Oberflächenabfluss meist über 75 %.	20
Abb. 20: Torfmoose kennzeichnen dauernasse Standorte mit Torfbildung. Torfmoose kommen auch in nassen Bergwäldern, besonders häufig in der Flyschzone vor: Oberflächenabfluss meist über 75 %.	20
Abb. 21: Typische Mähwiese im Talgrund des Karwendels	21
Abb. 22: Goldhafer, ein typischer Begleiter frische Bergwiesen: Oberflächenabfluss 10-30 %	21
Abb. 23: Kriech-Hahnenfuß, ein Anzeiger für verdichtete, feuchte Standorte: Oberflächenabfluss 30-40 %	22
Abb. 24: Kohldistel, Anzeiger für mäßig feuchte bis feuchte Wiesen: Oberflächenabfluss 30-40 %	22
Abb. 25: Nasswiese mit Eisenhutblättrigem Hahnenfuß (weiß) und Trollblume (gelb): Oberflächenabfluss über 75 %	23
Abb. 26: Die Sumpfdotterblume in Reinbestand zeigt stark vernässte, lehmige und tonige Standorte an: Oberflächenabfluss über 75 %	23
Abb. 27: Der Eisenhutblättrige Hahnenfuß bevorzugt sickernasse und quellige Staudenwiesen sowie feuchte bis nasse Hochstaudenfluren und nasse Bergwälder: Oberflächenabfluss über 75 %	23
Abb. 28: Mäßig trockene bis frische Almweide	25
Abb. 29: Das Kammgras, ein charakteristischer Begleiter von montanen Almweiden: Oberflächenabfluss 30-40 %	25
Abb. 30: Der Wiesen-Kümmel, ein Doldenblütler, ist ein Zeiger für frische, aber etwas erdichtete Lehm- und Tonböden. Hier das typisch gefiederte Blatt: Oberflächenabfluss 40-50 %	25
Abb. 31: Binsenreiche, nasse Almweide: Oberflächenabfluss über 75 %	27
Abb. 32: Die Blaugrüne Binse und anderer Binsenarten sind typische Zeiger für feuchte bis nasse Almweiden: Oberflächenabfluss je nach der Höhe von Feuchtezeigern 50-75 %	27
Abb. 33: Die Rossminze ebenfalls ein Zeiger für verdichte und feuchte Almweiden. Oberflächenabfluss 50-75 %	27
Abb. 34: Die horstbildende Rasenschmiele zeigt verdichte und mäßig feuchte Wiesen an. Da sie vom Vieh gemieden wird, gelangt sie oft zur Vorherrschaft und bildet Reinbestände aus: Oberflächenabfluss 50-60 %	27
Abb. 35: Reinbestand der Rasenschmiele. Oberflächenabfluss 50-60 %	28
Abb. 36: Das Borstgras besiedelt kalkarme bis saure Böden; es wird vom Weidevieh gemieden, sodass es bei starker Beweidung zur Vorherrschaft gelangt: Oberflächenabfluss 50-60 %	29
Abb. 37: Fast geschlossener Borstgrasrasen. Aufgrund des Strohdacheffektes und des dichten Wurzelfilzes der Borstgrasrasen kommt es zu Oberflächenabflüssen von 50-60 %	29
Abb. 38: Treten in borstgrasreichen Almweiden weitere Feuchtezeiger wie die abgebildete Blutwurz oder Torfmoose (siehe Abb. 20) auf, so ist mit Oberflächenabflüssen bis zu 75 % zu rechnen.	29

Abb. 39: Bei der Planierung von Skipisten wird der humusreiche Oberboden abgeschoben; zurückbleibt ein stark verdichteter Rohboden, auf dem sich Rohbodenpioniere wie der Huflattich ansiedeln: Oberflächenabfluss über 75 %	31
Abb. 40: Der Huflattich, ein Besiedler frischer Erosionsflächen: Oberflächenabfluss über 75 %	31
Abb. 41: Durch Ansaat entsteht nur ein artenarmer Rasen, der über viele Jahre eine sehr geringe Wasserspeicherkapazität besitzt: Oberflächenabfluss über 75 %	31
Abb. 42: Lägerflur mit Reinbestand aus Alpen-Ampfer: Oberflächenabfluss 50-75 %	32
Abb. 43: Reiner Latschenbestand mit intakter Bodenbildung: Oberflächenabfluss 10-30 %	34
Abb. 44: Durch Schafbeweidung stark geschädigter Latschenbestand mit degradiertem Boden: Oberflächenabfluss 40-50 % oder mehr	34
Abb. 45: Latschenbestand mit eingesprengten Grün-erlen. Tritt die Grünerle in Latschenbeständen auf, so ist mit einem höheren Feinerde- und Lehmanteil zu rechnen: Oberflächen 40-60 %.	35
Abb. 46: Die Grünerle bevorzugt in Reinbeständen nordseitige Hänge auf Flysch, Allgäu-Schichten und ähnliche geologische Schichten, die mergelige, feuchte Böden liefern: Oberflächenabfluss 60-75 %, auf sickernassen Hängen auch mehr	36
Abb. 47: Die Grünerle bevorzugt in Reinbeständen nordseitige Hänge auf Flysch, Allgäu-Schichten und ähnliche geologische Schichten, die mergelige, feuchte Böden liefern: Oberflächenabfluss 60-75 %, auf sickernassen Hängen auch mehr	36
Abb. 48: Kalkalpine Zwergstrauchheiden wachsen meist auf Standorten mit skelettreichen Hartkalken: Oberflächenabfluss 10-30 %	37
Abb. 49: Bewimperte Alpenrose, Charakterart der alpinen Zwergstrauchheiden: Oberflächenabfluss 10-30 %.	37
Abb. 50: Mäßig feuchte bis feuchte Zwergstrauchheide auf veränderlich festen Gestein und mergeligen Böden: Oberflächenabfluss 50-75 %	38
Abb. 51: Rostrote Alpenrose, Charakterart lehmig, toniger Böden auf veränderlich festen Gesteinen: Oberflächenabfluss 50-75 %	38
Abb. 52: Lärchenwald auf grob blockigem Hangschutt mit hoher Infiltration: Oberflächenabfluss 10-20 %	40
Abb. 53: Lückiger Fichtenwald auf subanstehendem Gestein: Oberflächenabfluss 60-80 %	41
Abb. 54: Das Pfeifengras – eine Charakterart feuchter bis nasser Streuwiesen und Moore – kommt auch in scheinbar trockenen Wäldern aus Föhre oder Fichte vor und kennzeichnet dort die sickerfeuchte Situation dieser Standorte auf subanstehendem Fels: Oberflächenabfluss 60-80 %	41
Abb. 55: Bergmischwald frisch aus Buche, Tanne und Fichte. Eine vegetationskundliche Beurteilung der Standorteigenschaften hinsichtlich Oberflächenabfluss ist nur anhand der Krautschicht möglich.	43
Abb. 56: Der Waldmeister ist ein Vertreter frischer Bergmischwälder: Oberflächenabfluss etwa 10 %	43
Abb. 57: Klebriger Salbei ist Zeiger für mäßig feuchte Standorte: Oberflächenabfluss etwa 20 %.	43

Abb. 58: Wasserdost ist Zeiger für mäßig feuchte Standorte: Oberflächenabfluss etwa 20 %.	43
Abb. 59: Weiße Pestwurz, ein Zeiger für mäßig bis feuchte Bergwälder: Oberflächenabfluss bei geringem Anteil und Fehlen sonstiger Feuchtezeiger 30-40 %	45
Abb. 60: Rauer Kälberkopf, ein Begleiter feuchter Bergwälder: Oberflächenabfluss 40-50 %	45
Abb. 61: Stark feuchter Bergwald mit Wald-Schachtelhalm: Oberflächenabfluss etwa 50 %.	45
Abb. 62: Hoher Anteil vom Grauen Alpendost und anderen oben genannten Feuchtezeigern in Bergwäldern lassen hohe Abflusswerte erwarten: Oberflächenabfluss 50-60 %	45
Abb. 63: Nasser Bergwald mit vielen Seggenarten wie die Rispen-Segge: Oberflächenabfluss 60-80 %	47
Abb. 64: Riesen-Schachtelhalme charakterisieren nasse Bergwälder mit hohen Abflüssen: Oberflächenabfluss 60-80 %.	47
Abb. 65: Die Sumpfdotterblume (diese ist im schattigen Wald meist ohne Blüten, aber gut kenntlich an den runden fett glänzenden Blättern) charakterisieren nasse Bergwälder mit hohen Abflüssen: Oberflächenabfluss 60-80 %.	47
Abb. 66: Grauerlenwald auf einem alten Schuttstrom mit Kriech- und Fließbewegungen: Oberflächenabfluss 60-80 %	48
Abb. 67: Grauerlenwald an einem Flyschhang; Grauerlenwälder in den Alpen stocken auf sickernassen bis staunassen Böden: Oberflächenabfluss 60-80 %	48
Abb. 68: Mischbestand aus Fichte und Latsche: Oberflächenabfluss 10-50 %, weitere Differenzierung siehe unter 2.4.1. Reine Latschenbestände.	50
Abb. 69: Weiden-Auwald im Halblechgebiet auf Kies und Geröll: Oberflächenabfluss 10-30 %	52
Abb. 70: Erlen-Auwald an der Tiroler Achen: Oberflächenabfluss 30-50 %	52
Abb. 71: Kahlhieb: Oberflächenabfluss 30-60 %.	52
Abb. 72: Windwurf: Oberflächenabfluss 30-60 %.	52

Anhang

**Berechnung von CN-Werten aus den
Abflussbeiwerten bei Abflusskonstanz
von Beregnungsversuchen**

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	61
2	Material und Methoden	62
2.1	EGAR-Karte	62
2.2	Ermittlung des effektiven Niederschlags	63
2.3	Ermittlung der Ganglinie	64
3	Methodik	65
4	Validierung	66
5	Abbildungsverzeichnis	67

1 Allgemeines

Von der bayerischen Wasserwirtschaftsbehörde wird das von Caspary modifizierte SCS-Verfahren zur Berechnung hydrologischer Kennwerte an Wildbächen empfohlen. In dem Einheitsganglinienverfahren wird der effektive Niederschlag durch das SCS-Verfahren und die Ganglinie durch die Einheitsganglinie nach SCS/Caspary berechnet. Das Verfahren wurde an bayerische Verhältnisse (Datengrundlage) angepasst um die Ergebnisqualität zu steigern (siehe BRAITO 2014). Im SCS-Verfahren wird das Einzugsgebiet, neben den topographischen Parametern, durch den CN-Wert parametrisiert. Der CN-Wert beschreibt das Retentionsvermögen einer Fläche und wird maßgeblich durch die Vegetation und Landnutzung bestimmt.

Als Datengrundlage wird eine Kartierung von Hydrotop-Typen eines bestimmten Abflussbeiwertes, aus dem Projekt EGAR verwendet. Die Hydrotop-Typen wurden anhand von Messungen des Oberflächenabfluss bei Beregnungsversuchen gebildet und liegen flächendeckend für den gesamten bayerischen Alpenraum vor. Um die EGAR Karte auch als Datengrundlage für das SCS-Verfahren brauchbar zu machen, mussten die Abflussbeiwerte in CN-Werte umgerechnet werden. Wegen der speziellen Definition (vgl. Kapitel 2.1) der EGAR-Abflussbeiwerte mussten einige Annahmen getroffen werden.

2 Material und Methoden

2.1 EGAR-Karte

Im Zuge des EGAR-Projektes (Bunza et al. 2004) wurden im bayerischen Alpenraum Hydrotopen (hydrologische Einheiten) kartiert (M 1:25 000). Das sind Flächen mit ähnlichem hydrologischem Charakter und Reaktion. Für diese hydrologischen Einheiten wurden Abflussbeiwerte und Oberflächenrauigkeiten aus Beregnungsversuchen mit Abflussmessungen berechnet. Die Grundlage zur Ableitung der Hydrotopen bildeten 470 standardisierte Beregnungsversuche, die auf verschiedenen Flächen im bayerischen Alpenraum durchgeführt wurden (vgl. MARKART ET AL 2003). Es konnte eine Beziehung zwischen Abflussmenge und Vegetation sowie Landnutzung und Bodeneigenschaften festgestellt werden. Anhand der beiden Indikatoren wurden 29 Typen gebildet. Diese Hydrotop-Typen wurden verwendet, um den bayerischen Alpenraum zu kartieren.

Beregnungsversuche/Starkregensimulationen

Bei den Beregnungsversuchen wurde ein Starkregen auf einer Fläche von 100 m² simuliert. Ein Niederschlag von 100 mm wurde mit konstanter Intensität in 60 min aufgebracht. Gemessen wurde der Oberflächenabfluss (l/s). Daneben wurden die Vegetation und Bodenparameter aufgenommen, um die Versuchsflächen zu charakterisieren. Das Ziel war es, Abflussbeiwerte mit den aufgenommenen Parametern in Verbindung zu bringen. Anhand dieser leicht abzuschätzenden Parameter sollte sich schließlich der Abflussbeiwert bestimmen lassen.

Laut STEPANEK ET AL. (2004) führen Starkregensimulationen mittels Großregenanlage (> 40 m²) zur Bildung einer annähernd trapezförmigen Ganglinie, unabhängig von Intensität und Flächengröße, sofern die Niederschlagsdauer die Anlaufzeit übersteigt (vgl. Abb. 1). Die Randbedingungen sind dabei:

- Blockförmige Niederschlagsverteilung, homogene Überregnung, Niederschlagsdauer länger als die Konzentrationszeit
- Möglichst homogene Fläche
- Definierte rechteckige Fläche

Bei den standardisierten Beregnungsversuchen wurden die Randbedingungen eingehalten. Alle untersuchten Flächen wiesen nach bestimmter Zeit einen konstanten Oberflächenabfluss auf. Es entstand die Definition Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz, die jenem Prozentsatz des Niederschlages entspricht, der zum Zeitpunkt einer konstanten Infiltration abfließt. Durch dieses Sättigungsverhalten aller Böden, eignet sich der Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz besser um hydrologische Einheiten zu charakterisieren. Der Gesamtabflussbeiwert hängt sehr vom individuellen Ereignis ab. Der Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz bezieht sich auf das normierte Regenereignis (100 mm/h).

Kohl und Markart (2004) definierten drei Abflussbeiwerte:

1. Gesamtabflussbeiwert (Ψ_0), Verhältnis des insgesamt gefallenen Niederschlages zum Gesamtabfluss
2. Spitzenabflussbeiwert (Ψ_{\max}), Verhältnis des fallenden Niederschlages zum Abfluss zum Zeitpunkt des maximalen Abflusses Q_{\max}
3. Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz (Ψ_{const}), Verhältnis des fallenden Niederschlages zum Abfluss zum Zeitpunkt des konstanten Abflusses Q_{const}

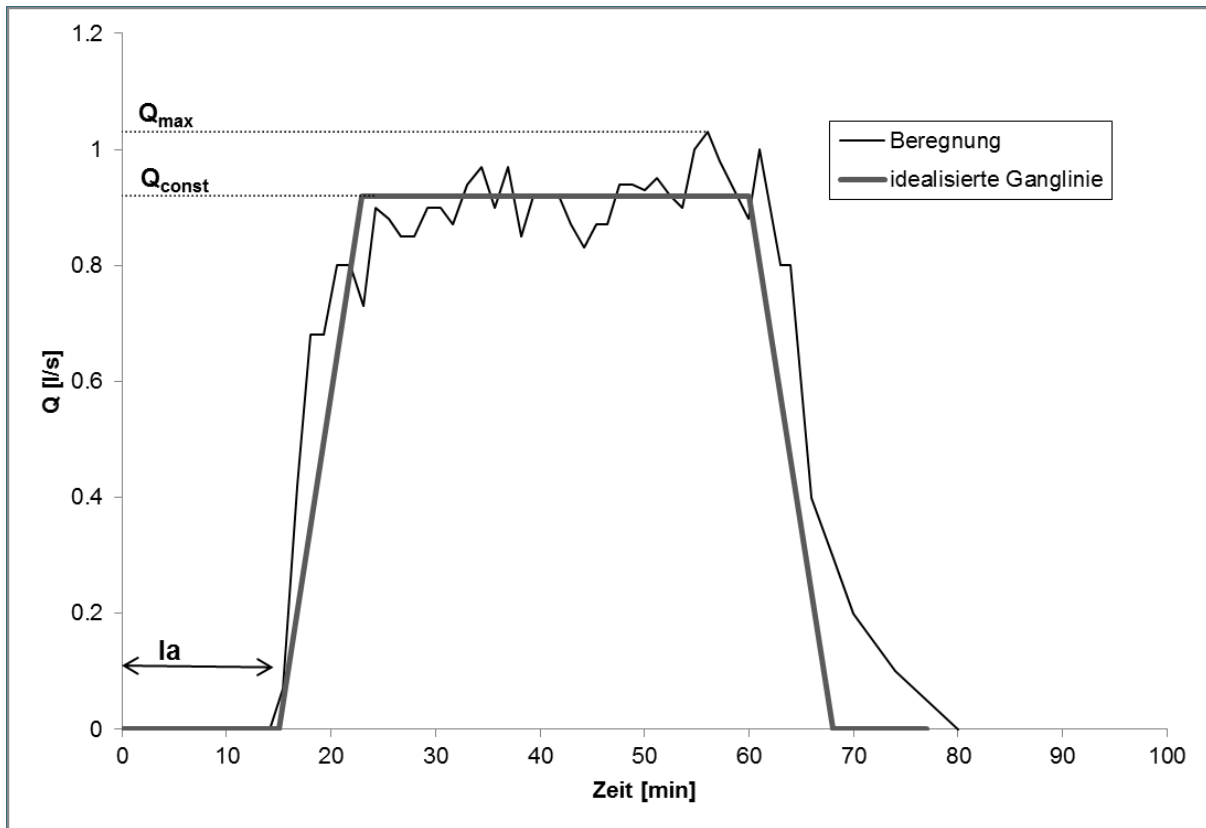


Abb. 1: Verlauf des Abflusses während eines beispielhaften Beregnungsversuches. Generalisiert lässt sich die Abflusskurve durch einen Anfangsverlust (I_a -Beginn des Niederschlagsereignisses bis Bildung des ersten Oberflächenabflusses), den ansteigenden Ast, das konstante Plateau und den abfallenden Ast beschreiben. Das konstante Plateau spiegelt die Sättigung des Bodens nach 20 min wider. Die idealisierte Form der Ganglinie ergibt ein Trapez.

Aus den Indikatoren Vegetation, Boden und Landnutzung lassen sich Abflussbeiwerte bei Abflusskonstanz einschätzen. Durch statistische Auswertungen wurden Charakter-Typen aus den Versuchsfeldern gebildet, die ein ähnliches Abflussverhalten aufzeigten. So entstanden 29 Hydrotop-Typen mit entsprechendem Abflussbeiwert (Ψ_{const}) für die EGAR-Karte.

2.2 Ermittlung des effektiven Niederschlags

Das SCS-Verfahren ist eine Methode zur Schätzung des Oberflächenabflusses (effektiver Niederschlag) für ein bestimmtes Regenereignis (Niederschlagshöhe). Darauf aufbauend wurde das SCS-Einheitsganglinienverfahren zur Bestimmung der Abflussganglinie entwickelt, das von Caspary modifiziert wurde.

Die Bestimmung des effektiven Niederschlags (N_{eff})/Abflussvolumen [m^3]

Das Runoff- Curve- Number- Verfahren wurde vom Soil Conservation Service (SCS) entwickelt. Bei diesem Verfahren wird der abflusswirksame Anteil des Niederschlags in Abhängigkeit der Ereignisniederschlagshöhe und einem gebietsspezifischen Parameter ermittelt. Der gebietsspezifische Parameter (CN-Wert) ist eine Funktion der Bodenschichtkapazität (Bodenspeicherung). Neben der Bodenschichtkapazität wird auch der Anfangsverlust bei der Berechnung des Abflusses berücksichtigt. Aus den Parametern Niederschlagshöhe (P), Anfangsverlust (I_a) und dem maximalen Rückhalt (S) wird der effektive Niederschlag bestimmt.

$$N_{eff} = \frac{(P - I_a)^2}{P + S - I_a}$$

Es wurde angenommen, dass der Anfangsverlust (I_a) ein Faktor des maximalen Bodenrückhaltes ist. Das originale Verfahren sah nach Auswertungen von kleinen Einzugsgebieten in Amerika einen Anfangsverlust von $0,2 \cdot S$ vor. Laut DVWK (1991) werden bei einem Anfangsverlust von $0,05 \cdot S$ deutlich bessere Ergebnisse für den süddeutschen Raum erzielt.

$$N_{eff} = \frac{(P - 0,05 \cdot S)^2}{P + 0,95 \cdot S}$$

Der maximale Bodenrückhalt (Bodenspeicher) S ist unbekannt und wird anhand des CN-Wertes beschrieben.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Der CN-Wert beschreibt auf Basis der hydrologischen Standorteigenschaften (Landnutzung/Vegetation, Bodenart, Bodenfeuchte) den maximalen Bodenrückhalt.

Der Oberflächenabfluss N_{eff} mit bekanntem CN-Wert für $I_a = 0,05 \cdot S$ berechnet sich mit:

$$N_{eff} = \frac{\left(\frac{P}{25,4} - \frac{50}{CN} + 0,5\right)^2}{\frac{P}{25,4} + \frac{950}{CN} - 9,5} \cdot 25,4$$

Im Vergleich zur obigen Diskussion über die Definition der Abflussbeiwerte, ist der CN-Wert durch die Niederschlagshöhe, den effektiven Niederschlag und den Anfangsverlust definiert und verhält sich indirekt proportional zum Speichervermögen.

Die Abhängigkeit des Gesamtabflussbeiwertes ψ und des CN-Wertes ist durch eine Funktion gegeben. Für $I_a = 0,05 \cdot S$:

$$\psi = \frac{\left(N - \left(\frac{50}{CN} - 0,5\right) \cdot 25,4\right)^2}{N \cdot \left(N + 20 \cdot \left(\frac{50}{CN} - 0,5\right) \cdot 25,4\right)}$$

2.3 Ermittlung der Ganglinie

Um aus dem Abflussvolumen (N_{eff}) eine Ganglinie zu erzeugen, wird ein weiterer Berechnungsschritt benötigt. Dabei wird versucht das Abflussverhalten des Einzugsgebietes wiederzugeben. Das Einheitsganglinienverfahren ist eine Methode zur Beschreibung der Abflusskonzentration eines Einzugsgebietes. Verwendet wird das Einheitsganglinienverfahren nach SCS/Caspary. Das SCS-Einheitsganglinienverfahren, das von Caspary modifiziert wurde, ermittelt in der Regel sehr spitze Einheitsganglinien mit großen Scheitelwerten. Die im SCS-Verfahren ursprüngliche lineare Speicherkaskade wurde durch eine Nash-Kaskade ersetzt, wobei die Parameter (n , k) vom CN-Wert, der Länge des Vorfluters und dem mittleren Geländegefälle bestimmt werden.

Die Funktion und ihre Parameter werden durch folgende Formeln beschrieben:

Nash-Kaskade:

$$u(t) = (1/k)^{n-1} \cdot (e^{-t/k}) / (\Gamma(n) \cdot k)$$

Parameter der Nash-Kaskade

$$t_{max} = LV^{0,8} * (1000/CN - 9)^{0,7} / (2,924 * IG^{0,5}) + \Delta t * 0,5$$

$$n_1 = 4,7$$

$$k_1 = t_{max} / (n_1 - 1)$$

mit:	LV	= Länge des Vorfluters bis zur Wasserscheide	[km]
	IG	= mittleres Geländegefälle	[-]
	CN	= Curve-Number	[-]
	n_1	= Anzahl der Kaskaden (Speicher)	[-]
	k_1	= Rückhaltekonstante aller Speicher	[1/h]

3 Methodik

Von den Beregnungsversuchen wurden Abflussbeiwerte bei Abflusskonstanz (Ψ_{const}) für die EGAR-Hydrotop-Typen abgeleitet. Um den CN-Wert bestimmen zu können, braucht man die Niederschlags-höhe und den effektiven Niederschlag bei gegebenem Anfangsverlust ($I_a=0,05*S$). Die Nieder-schlagshöhe der standardisierten Versuche ist bekannt und liegt bei 100 mm. Nicht bekannt ist der ef-fektive Niederschlag der EGAR-Typen. Der effektive Niederschlag ließe sich einfach durch den Ge-samtabflussbeiwert (Verhältnis gefallener Niederschlag zu effektiven Niederschlag) berechnen. Eine Umrechnung der Ψ_{const} -Werte in Gesamtabflussbeiwerte (Ψ_0) war also erforderlich, um den EGAR-Hydrotop-Typen einen CN-Wert zuzuordnen.

Bei den Beregnungsversuchen wurde der gemessene Abflussbeiwert selbstverständlich aufgezeich-net, jedoch konnte das statistische Verfahren zur Typenbildung nicht mehr nachvollzogen werden. Die gemessenen Gesamtabflussbeiwerte der Beregnungsversuche dienten zur Validierung der hier be-schriebenen Umrechnungsmethodik (siehe Kapitel 4).

Um aus Ψ_{const} den Gesamtabflussbeiwert zu berechnen mussten einige Annahmen getroffen werden. Die generalisierte Betrachtung der trapezförmigen Ganglinien erlaubte eine Berechnung eines Ge-samtabflussbeiwertes in Abhängigkeit des Ψ_{const} . Vernachlässigt man weiter den ansteigenden und abfallenden Ast der Ganglinie, kann Ψ_0 durch die Reduzierung des Ψ_{const} um den Anfangsverlust ge-schätzt werden.

Unter diesen vereinfachten Annahmen lässt sich der Gesamtabflussbeiwert ($\Psi_{0,ber}$) berechnen aus, der gesamten Niederschlagsdauer (t_{ges}), dem Anfangsverlust (t_A) und dem Abflussbeiwert bei Abfluss-konstanz (Ψ_{const}):

$$\Psi_{0,ber} = \frac{t_{ges} - t_A}{t_{ges}} * \Psi_{const}$$

Da sowohl die Niederschlagshöhe (100 mm) als auch die Dauer (60 min) der normierten Beregnungs-versuche bekannt sind, bleibt noch der Anfangsverlust t_A als Unbekannte. Der Anfangsverlust ist von vielen Faktoren abhängig, die Streubreite der Messwerte ist daher entsprechend groß. STEPANEK ET AL. (2004) konnte eine deutliche Abhängigkeit der Dauer des Anfangsverlustes zu der Höhe des ge-messenen Abflussbeiwertes feststellen und beschrieb diese mit der Formel:

$$t_A = 13,65 * \Psi^2 - 34,72 * \Psi + 26,74$$

4 Validierung

Die Validierung der Abflussbeiwert-Umrechnung wurde anhand der Daten aus den Beregnungsversuchen durchgeführt. Für alle 470 Versuche liegt der Gesamtabflussbeiwert (Ψ_0) und der Abflussbeiwert bei Abflusskonstanz (Ψ_{const}) dokumentiert vor. Diese Abflussbeiwerte sind die Verhältnisse von gemessenen Niederschlags- und Abflussmengen. Um die Güte der Berechnung des Ψ_0 aus Ψ_{const} zu beurteilen, wurde die Methode an den Beregnungsversuchen angewendet. Aus den gemessenen Ψ_{const} wurden Gesamtabflussbeiwerte berechnet ($\Psi_{0,\text{ber}}$). So konnten die berechneten Gesamtabflussbeiwerte mit den gemessenen Gesamtabflussbeiwerten ($\Psi_{0,\text{gem}}$) verglichen werden.

In Abbildung 2 werden die $\Psi_{0,\text{gem}}$ gegen die $\Psi_{0,\text{ber}}$ aufgetragen. Der Abstand zur 1:1-Diagonale stellt die Abweichung der beiden Werte dar. Ist $\Psi_{0,\text{gem}}$ identisch zu $\Psi_{0,\text{ber}}$ liegt der Punkt auf der 1:1-Diagonalen. Liegt ein Punkt oberhalb der Diagonalen, wird Ψ_0 durch die Berechnung überschätzt, liegt er darunter, unterschätzt.

Die lineare Regression zeigt eine zunehmende Unterschätzung bei zunehmendem Abflussbeiwert.

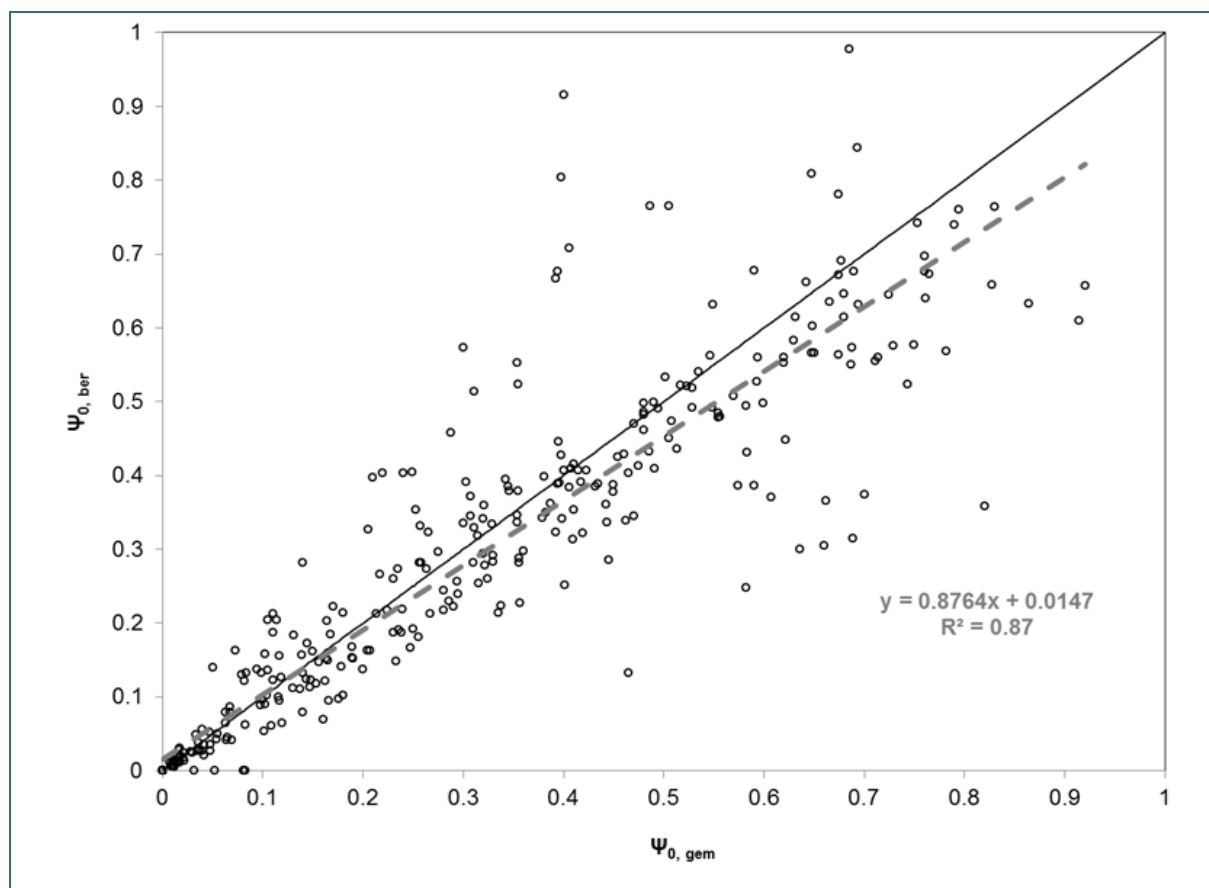


Abb. 2: Vergleich der berechneten ($\Psi_{0,\text{ber}}$) und gemessenen ($\Psi_{0,\text{gem}}$)-Gesamtabflussbeiwerte

5 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Verlauf des Abflusses während eines beispielhaften Beregnungsversuches. Generalisiert lässt sich die Abflusskurve durch einen Anfangsverlust (Ia-Beginn des Niederschlagsereignisses bis Bildung des ersten Oberflächenabflusses), den ansteigenden Ast, das konstante Plateau und den abfallenden Ast beschreiben. Das konstante Plateau spiegelt die Sättigung des Bodens nach 20 min wider. Die idealisierte Form der Ganglinie ergibt ein Trapez. 63
- Abb. 2: Vergleich der berechneten ($\Psi_{0, \text{ber}}$) und gemessenen ($\Psi_{0, \text{gem}}$)-Gesamtabflussbeiwerte 66

