

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN  
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT  
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

# **An den Klimawandel angepasste und funktionserfüllende Uferbestockung im Bezirk Schwyz**

Bachelorarbeit

von

Pfenninger Damian

Bachelorstudiengang 2020

Abgabetermin: 06.07.2023

Umweltingenieurwesen

FachkorrektorIn:

Marty Peter, Dozent Forschungsgruppe Stadtökologie

Grüentalstrasse 14, 8820 Wädenswil ZH

Roth Ernst, Sachbearbeiter Gewässer Bezirk Schwyz

# **Impressum**

## **Kontakt**

Pfenninger Damian

## **Zitiervorschlag**

Pfenninger, D. (2023). *An den Klimawandel angepasste und funktionserfüllende Uferbestockung im Bezirk Schwyz*. [Bachelorarbeit unveröffentlicht]. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

## **Schlagworte**

Bezirk Schwyz, Uferbestockung, Fließgewässerabschnitte, Funktionen, Klimawandel, Artenzusammensetzung, Biodiversität

## **Keywords**

District of Schwyz, riparian woody plants, sections of watercourses, functions, climate change, species composition, biodiversity

## **Institut**

ZHAW Life Sciences und Facility Management,  
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (IUNR)  
Grüentalstrasse 14, 8820 Wädenswil

## Zusammenfassung

Gewässer in der Schweiz stehen aufgrund der anthropogenen Einflüsse wie Wasserkraftnutzung, Verunreinigungen, Verbauungen und Klimawandel unter hohem Druck. Aufgrund dessen will die Gewässerschutzgesetzgebung in der Schweiz naturnahe Gewässer fördern, indem nachteilig einwirkende Einflüsse auf die Gewässer reduziert werden. Zu den wichtigen Elementen der Gewässer gehören die Uferzonen. Die in der Uferzone wachsenden Ufergehölze erfüllen dabei wichtige Funktionen im Ökosystem wie zum Beispiel Beschattung der Gewässer, Pufferzonenbildung, Uferstabilisierung usw. Durch die Klimaerwärmung steht auch die Uferbestockung unter hohem Druck.

In dieser Studie wurden acht Fliessgewässerabschnitte im Bezirk Schwyz untersucht. Das Ziel war es, herauszufinden wie eine an den Klimawandel angepasste und funktionserfüllende Uferbestockung im Bezirk Schwyz erreicht werden kann. Um diese Frage zu beantworten, wurde die Artenzusammensetzung der Uferbestockungen über den Deckungsgrad aufgenommen. Gleichzeitig wurde evaluiert, wie sich die Artenzusammensetzung basierend auf den Fliessgewässerabschnitten mit dem fortschreitenden Klimawandel ändern sollte. Zusätzlich wurden Interviews mit Verantwortlichen der Uferbestockungspflege durchgeführt, sowie die Ökomorphologie und Bodenbedeckung erfasst.

Die höchsten durchschnittlichen Deckungsgrade der Arten waren beim *Coryllus avellana* mit 5.7 %, «Diverses» mit 5.4 % und *Acer pseudoplatanus* mit 5.3 %. Der durchschnittliche unbestockte Anteil aller Fliessgewässerabschnitte war 57.7 %, wobei der höchste 75.5 % aufwies. Folgende Arten unterschieden sich signifikant vom durchschnittlichen Deckungsgrad aller Fliessgewässerabschnitte von 2.0 % zusammen: *Acer pseudoplatanus*, *Coryllus avellana*, «Diverses» und *Salix caprea*. Durch den Klimawandel wird es eine Verschiebung der Höhenstufen geben. Besonders expandieren im Bezirk Schwyz wird die submontante Höhenstufe, wodurch sich die Artenzusammensetzung neu orientieren wird. Den grössten Einfluss auf die Wachstumsbedingungen von Pflanzen wird die Variation der Niederschläge haben. Eine an den Klimawandel angepasste und funktionserfüllende Uferbestockung kann erreicht werden, wenn folgende Massnahmen umgesetzt werden: Allgemein hohe Biodiversität mit Arten, die nach den Indikatoren an die vorherrschenden Standortbedingungen angepasst sind, am Gewässerrand Weichholzpflanzen wie *Salix spp.* und *Alnus spp.*, in der gewässerfernen Zone Hartholzpflanzen mit sicherlich *Coryllus avellana* und *Acer pseudoplatanus*, Pionierarten und trockenheitsverträgliche Arten wie *Coryllus avellana*, *Betula pendula*, *Populus tremula*, zu meidende Arten sind *Fraxinus excelsior*, *Rubus sp.*, *Picea abies* und *Sambucus racemosa*, dichte & hohe Bestockungen, Ungleichaltrigkeit im Bestand und nicht zuletzt genügend Gewässerraum.

## Abstract

Water bodies in Switzerland are under high pressure due to anthropogenic influences such as hydropower use, pollution, shoring and climate change. The purpose of the water protection legislation in Switzerland therefore is to promote near-natural water bodies by reducing detrimental impacts on them. The riparian zones are among the most important elements of a watercourse. The riparian woody plants growing in the riparian zone fulfil several important functions in the ecosystem, such as shading the water bodies, forming buffer zones, stabilising the banks, etc. Due to climate warming, riparian woody plants are also under high pressure.

In this study, eight sections of watercourses in the district of Schwyz were investigated. The goal was to discover how function-fulfilling and climate change-adapted riparian vegetation can be achieved in the district of Schwyz. To answer this question, the species composition of the riparian vegetation was assessed based on the degree of cover. At the same time, it was evaluated how the species composition should change in relation to river sections as climate change progresses. In addition, interviews were conducted with those responsible for the management the riparian vegetation and the ecomorphology and land use were recorded.

The highest average proportion of species was *Coryllus avellana* with 5.7 %, «diverse» with 5.4 % and *Acer pseudoplatanus* with 5.3 %. The average unstocked proportion of all stream sections was 57.7 %, the highest 75.5 %. The following species deviated significantly from the average cover of all stream sections of 2.0 % together: *Acer pseudoplatanus*, *Coryllus avellana*, «diverse» and *Salix caprea*. Due to climate change, there will be a shift in altitude levels. The submontane altitudinal gradient will expand, especially in the district of Schwyz, which will lead to a reorientation of the species composition. The greatest influence on plant growth conditions is likely to be the variation in precipitation. Functional riparian vegetation adapted to climate change can be achieved if the following measures are implemented: Generally high biodiversity with species adapted to the prevailing site conditions according to the indicators, at the watercourse edge softwood plants such as *Salix spp.* and *Alnus spp.*, in the zone far from the watercourse hardwood plants with certainly *Coryllus avellana* and *Acer pseudoplatanus*, pioneer species and drought-tolerant species such as *Coryllus avellana*, *Betula pendula* and *Populus tremula*, species to be avoided are *Fraxinus excelsior*, *Rubus sp.*, *Picea abies* and *Sambucus racemosa*, dense and tall stockings, uneven-aged stocks and last but not least sufficient water space.

# Inhaltsverzeichnis

Glossar.....	
1	Einleitung..... 1
1.1	Ausgangslage Uferbestockung ..... 1
1.2	Ausgangslage Bezirk Schwyz ..... 2
1.3	Fragestellung ..... 3
1.4	Vorgehen ..... 4
2	Literaturübersicht..... 5
2.1	Funktionen einer Uferbestockung..... 5
2.1.1	Pufferwirkung ..... 5
2.1.2	Lebensraum ..... 6
2.1.3	Vernetzung der Landschaft..... 6
2.1.4	Hochwasserdämmung..... 7
2.1.5	Beschattung ..... 7
2.1.6	Energieströme ..... 8
2.1.7	Erosionsminderung..... 8
2.2	Welche Veränderungen bringt der Klimawandel mit sich?..... 9
2.3	Gesetzeslage ..... 10
3	Material und Methoden ..... 11
3.1	Untersuchungsgebiet ..... 11
3.1.1	Nietenbach ..... 12
3.1.2	Gründelisbach ..... 12
3.1.3	Chlausenbach ..... 13
3.1.4	Änderenbach ..... 14
3.1.5	Nidlaubbach ..... 14
3.1.6	Waagbach ..... 15
3.1.7	Bettbach ..... 16
3.1.8	Mettelbach..... 16
3.2	Probenahme der Uferbestockung..... 17
3.3	Bestimmung Parameter ..... 17
3.3.1	Artenzusammensetzung..... 18
3.3.2	Heckenstruktur ..... 18
3.3.3	Ökomorphologie & Gewässerraum ..... 18
3.3.4	Bodenbedeckung..... 19
3.4	Datenanalyse ..... 20
3.5	Interview Uferbestockungspflege ..... 20
3.6	Bewertung Fließgewässerabschnitte ..... 21

4	Resultate .....	22
4.1	Artenzusammensetzung .....	22
4.2	Statistische Auswertung .....	25
4.3	Gewässerraum & Ökomorphologie .....	26
4.4	Interviews Uferbestockungspflege.....	27
4.5	Bodenbedeckung .....	29
4.6	Einfluss des Klimawandels auf Gehölze.....	30
4.7	Zukunftsfähigkeit von Gehölzarten .....	31
4.7.1	Salicaceae (Weidengewächse).....	31
4.7.2	Betulaceae (Birkengewächse) .....	32
4.7.3	Cornaceae (Hartriegelgewächse) .....	33
4.7.4	Neophyten .....	33
4.7.5	Baumarten.....	33
4.8	Veränderung der Höhenstufen durch den Klimawandel im Bezirk Schwyz.....	35
4.9	Indikatoren von Gehölzarten .....	37
5	Diskussion .....	39
5.1	Bewertung pro untersuchten Fließgewässerabschnitt.....	43
5.2	Allgemeine Massnahmen .....	44
5.3	Fazit.....	46
5.4	Ausblick .....	47
6	Literaturverzeichnis.....	48
	Abbildungsverzeichnis .....	58
	Tabellenverzeichnis .....	60
	Anhangsverzeichnis .....	

## Glossar

Begriff	Definition
Anemochorie	Ausbreitung der Samen und Früchte durch Wind
Aquatisch	Im Wasser lebend
Baumhecke	Hecke aus niedrigen und hohen Sträuchern mit mehreren Bäumen
Denitrifikation	Umwandlung von Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) zu molekularem Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) durch Bakterien
Dormanz	Vorübergehende Ruhephase von Pflanzen in Samen oder Knospen
Evapotranspiration	Wasserverdunstung von der Erdoberfläche und Pflanzen zusammen
Fluvial	Durch Fließgewässer verursachte Prozesse
Hochhecke	Hecke aus niedrigen und hohen Sträuchern bis 6 m hoch
Interzeption	Niederschlag wird von Oberflächen (z.B. Vegetation) aufgefangen und zurückgehalten
Klimaxarten	Stabiler Endzustand im Artenspektrum
Kohäsion	Zusammenhalten von Partikeln
Lateral	In Seitenrichtung verlaufend
Longitudinal	In Längsrichtung verlaufend
Niederhecke	Hecke aus niedrigen Sträuchern von 2–3 m hoch
Ökomorphologie	Strukturen im und am Gewässer
Ökosystemleistung	Vorteile und Nutzen die Menschen aus einem natürlichen Ökosystem ziehen
Orographisch	In Fließrichtung, flussabwärts
Phänologie	Jahreszeitliche Änderung des Wachstums und der Entwicklung der Pflanzen
Physiologisch	Den normalen Lebensvorgängen entsprechend
Phytoremediation	Sanierung von Verunreinigungen mittels Pflanzen
Schleppkraft	Kinetische Energie eines Fließgewässers
Sukzession	Veränderung der Artenzusammensetzung in einem Lebensraum über eine gewisse Zeit
Terrestrisch	An Land lebend
Transekt	Beobachtungspunkt an einer Linie
Verklausung	Verstopfung eines Fließgewässers durch Schwemmholz und Sedimente

Lateinischer Name	Deutscher Name
<i>Acer campestre</i>	Feldahorn
<i>Acer platanoides</i>	Spitzahorn
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn
<i>Alnus glutinosa</i>	Schwarzerle
<i>Alnus incana</i>	Grauerle
<i>Betula pendula</i>	Hängebirke
<i>Cornus mas</i>	Kornelkirsche, Tierlibaum
<i>Cornus sanguinea</i>	Roter Hartriegel
<i>Crataegus laevigata</i>	Zweiggriffliger Weissdorn
<i>Corylus avellana</i>	Gemeine Hasel
<i>Fagus sylvatica</i>	Rotbuche
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gemeine Esche
<i>Picea abis</i>	Gemeine Fichte
<i>Populus tremula</i>	Espe, Zitterpappel
<i>Populus alba</i>	Silberpappel
<i>Prunus padus</i>	Gewöhnliche Traubenkirsche
<i>Prunus spinosa</i>	Schlehdorn, Schwarzdorn
<i>Quercus petraea</i>	Traubeneiche
<i>Quercus robur</i>	Stieleiche
<i>Ribes rubrum</i>	Rote Johannisbeere
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Gewöhnliche Robinie
<i>Rosa canina</i>	Hundsrose
<i>Rubus sp.</i>	Brombeere
<i>Salix alba</i>	Silberweide
<i>Salix caprea</i>	Salweide
<i>Salix cinerea</i>	Aschweide, Grauweide
<i>Salix daphnoides</i>	Reifweide
<i>Salix purpurea</i>	Purpurweide
<i>Salix triandra</i>	Mandelweide
<i>Salix viminalis</i>	Korbweide
<i>Salix x fragilis</i>	Bruchweide
<i>Sambucus racemosa</i>	Roter Holunder
<i>Sambucus nigra</i>	Schwarzer Holunder
<i>Tilia cordata</i>	Winterlinde
<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommerlinde
<i>Ulmus glabra</i>	Bergulme
<i>Viburnum lantana</i>	Wolliger Schneeball
<i>Viburnum opulus</i>	Gewöhnlicher Schneeball



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage Uferbestockung

Gewässer in der Schweiz stehen aufgrund der anthropogenen Einflüsse unter hohem Druck. Gründe wie Wasserkraftnutzung, Verbauungen, Verunreinigungen und nicht zuletzt der Klimawandel gefährden die Trinkwasserversorgung wie auch die Lebensräume von Tieren und Pflanzen (BAFU, 2022a). Weltweit macht Süsswasser lediglich 0.01 % der gesamten Wassermenge aus (Dudgeon et al., 2006), beherbergt aber 10 % aller Tierarten (Balian et al., 2008). Aquatische Arten erfuhren weltweit seit 1970 den höchsten Biodiversitätsrückgang von 83 % (WWF, 2022). Ebenso sind in der Schweiz viele Lebewesen in und an Gewässern bereits ausgestorben oder bedroht (BAFU, 2022a). Das Sustainable Development Goal 6 (nachhaltiges Entwicklungsziel), eingeführt von United Nations, verfolgt das Ziel die Wasserqualität weltweit zu verbessern sowie auch wasserangebundene Ökosysteme wiederherzustellen und zu schützen (UN, 2015). Die darauf aufbauende revidierte Gewässerschutzgesetzgebung in der Schweiz will naturnahe Gewässer fördern, indem nachteilig einwirkende Einflüsse auf die Gewässer reduziert werden (BAFU, 2022a).

Zu den wichtigen Elementen der Gewässer gehören die Uferzonen (Naiman et al., 2005). Uferzonen sind definiert als semiterrestrische Übergangsgebiete vom Gewässerrand bis zu anderen Gebieten wie Wald und Landwirtschaft, die regelmässig durch Süsswasser beeinflusst werden (Naiman et al., 2005). Aufgrund ihrer räumlichen Anordnung interagieren die Uferzonen mit dem aquatischen und terrestrischen Ökosystem, was sie sehr dynamisch und divers macht (Naiman et al., 2005). Beispielsweise weisen in der Schweiz 43 % der 3666 National Prioritären Arten (NPA) eine Bindung zu Gewässer auf, wobei 34 % ihren Lebensraum in und an Fliessgewässern benötigen. Dabei dienen Fliessgewässer für 13 % der NPA als Schwerpunktlebensraum und für 21 % als Nebenlebensraum. (UNA, 2021).

Die in der Uferzone wachsenden Ufergehölze erfüllen dabei wichtige Funktionen im Ökosystem wie zum Beispiel Beschattung der Gewässer, Pufferzonenbildung und Uferstabilisierung (Imhof, 1995). Durch die Klimaerwärmung steht die Uferbestockung unter hohem Druck (Naiman et al., 2005). Durch den Effekt der Klimaerwärmung wird sich nicht nur die Temperatur erwärmen, sondern es sind auch Veränderungen in Bezug auf Niederschlag, Sonneneinstrahlung, Windgeschwindigkeiten und Evapotranspiration zu erwarten (Hulme, 2005). Extremwetterereignisse wie tägliche Temperaturextreme, Starkniederschläge und deren Abflüsse wie auch langanhaltende Dürreperioden haben seit Messbeginn 1950 global zugenommen und werden mit grosser Wahrscheinlichkeit in Zukunft weiter an Intensität und Frequenz zunehmen (IPCC, 2014). Zusätzlich drohen den Uferzonen

weitere Gefahren wie invasive Neophyten und die intensive Landnutzung. Solche Einflüsse können drastische Veränderungen in der Artenzusammensetzung von Uferzonen mit sich bringen (Naiman et al., 2005). Die Erkenntnisse daraus, wie die Ökosysteme mit ihren Arten auf klimatische Veränderungen reagieren, wird eine Schlüsselrolle für deren Erhaltung spielen (Hulme, 2005).

## 1.2 Ausgangslage Bezirk Schwyz

Da sich diese Untersuchung auf den Bezirk Schwyz begrenzt, wird zuerst auf diese Region eingegangen. Der Bezirk Schwyz liegt in der Zentralschweiz (Abb. 1) und ist mit einer Fläche von 506.8 km<sup>2</sup> der grösste Bezirk im Kanton. Der Kanton Schwyz weist als Vergleich eine Fläche von 908.2 km<sup>2</sup> auf (Kanton Schwyz, o. J.).

Der Bezirk Schwyz wie auch der Kanton Schwyz weisen im Verhältnis zur gesamten Schweiz mehr Landwirtschaftsflächen auf (Tab. 1).

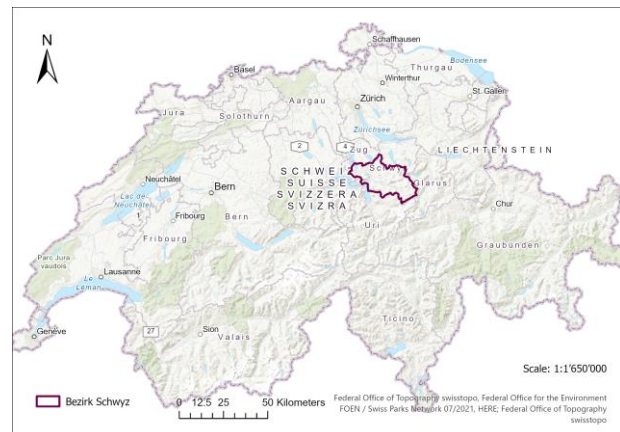


Abb. 1 Geographische Lage des Bezirks Schwyz in der gesamten Schweiz

Tab. 1 Bodenbedeckung für den Bezirk Schwyz [%], Kanton Schwyz [%] und der gesamten Schweiz [%] aufgeteilt in Siedlungsflächen, Landwirtschaftsflächen, bestockte Flächen und unproduktive Flächen (Schwyzer Kantonalbank, 2022), (BAFU, 2018)

Bodenbedeckung	Bezirk Schwyz [%]	Kanton Schwyz [%]	Schweiz [%]
Siedlungsflächen	4.6	6.5	7.9
Landwirtschaftsflächen	42.9	42.2	35.2
Bestockte Flächen	29.3	30.3	31.8
Unproduktive Flächen	20.7	21.0	25.1

Der Kanton Schwyz ist netzartig dicht durchzogen von Fliessgewässern mit einer insgesamt Länge von ca. 2400 km. Davon weisen einige Hochwasserschutz- und auch ökologische Defizite auf. Mittels einer strategischen Planung wurde der Handlungsbedarf für die Erhaltung der Funktionen von Fliessgewässern eruiert, dies im Interesse des Hochwasserschutzes und der Renaturierung (Amt für Gewässer, 2020). Damit die Artenvielfalt und der Hochwasserschutz gewährleistet sind, ist fachgerechter Unterhalt der Bestockung unabdingbar. Für diesen Unterhalt sind Wuhrkorporationen verantwortlich. Die Wuhrkorporation ist eine Körperschaft, die Aufgaben zu Wasserbau und Gewässerunterhalt erfüllt. Die GrundeigentümerInnen der Ufer bilden zusammen die Wuhrkorporation. Finanziert wird diese durch das Perimeterverfahren. Hierbei sind die GrundeigentümerInnen

der Ufer verpflichtet Beiträge zu leisten, abhängig von der Gefahrenzone und der Schätzung der Objekte in der Gefahrenzone, in der sich das Grundeigentum befindet (Ressort Umwelt Bezirk Schwyz, 2022). Falls keine Wuhrkorporationen existieren, sorgen die GrundeigentümerInnen für den fachgerechten Unterhalt. Die Hoheitsträgerschaft der fließenden öffentlichen Gewässer ist dabei stets der Bezirk Schwyz (Kanton Schwyz, 2019).

### **1.3 Fragestellung**

Für intakte, naturnahe Gewässer ist eine ortsangepasste und funktionierende Uferbestockung von grosser Bedeutung. Der Kanton Schwyz hat bereits ein Massnahmenkonzept für grössere Fliessgewässer mit ökologischen- und Hochwasserschutzdefiziten erarbeitet (Amt für Gewässer, 2020). Der Bezirk Schwyz, welcher gemäss rechtlichen Vorgaben des Kantons zuständig ist für den Gewässerunterhalt an öffentlichen Fliessgewässern (Kanton Schwyz, 2019), will dabei noch einen Schritt weitergehen. Der Bezirk will der Bedeutung der Uferbestockung Rechnung tragen und ausgehend vom Bestand bei mittleren und kleinen Fliessgewässern eine angepasste Ufervegetation fördern. Das Ziel ist, den Faktor Klimawandel miteinzubeziehen, um die Uferbestockung resistent und resilient gegenüber den zukünftigen Einflüssen zu gestalten. Mit spezifischer Artenwahl und Pflege soll dabei eine an den Klimawandel angepasste und funktionserfüllende Uferbestockung erreicht werden. Es wurde dabei versucht folgende Fragestellungen zu beantworten:

#### **Hauptfrage**

- Wie kann eine an den Klimawandel angepasste und funktionserfüllende Uferbestockung im Bezirk Schwyz erreicht werden?

Zur Beantwortung der Hauptfrage waren folgende Teilfragen relevant:

#### **Teilfragen**

- Wie sieht die Artenzusammensetzung der Uferbestockung an mittleren und kleinen Fliessgewässern konkret aus?
- Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Uferbestockung bezüglich Artenzusammensetzung und Funktion aus?
- Wo bestehen Lücken und Verbesserungspotenziale im Hinblick auf eine optimale und zukunftsorientierte Uferbestockung?

## 1.4 Vorgehen

Als erster Schritt wird versucht, die Wichtigkeit der Uferbestockung in ihrer Funktion aufzuzeigen. Um schlussendlich auf die Fragestellungen besser eingehen zu können, wurden acht Fließgewässerabschnitte im Bezirk Schwyz selektiert mit der Idee diese als Referenzobjekte zu untersuchen und zu beurteilen. Des Weiteren soll es möglich sein mit dieser Referenz andere ähnliche Fließgewässer miteinzubeziehen, um allenfalls auch dort entsprechende Massnahmen einzuleiten. Bei der Untersuchung der Fließgewässerabschnitte wurden folgende Parameter analysiert:

- **Artenzusammensetzung** → unterschiedliche Arten besitzen verschiedene Eigenschaften und Funktionen (Naiman et al., 2005). Wichtig ist wie sie in der Lage sind, sich an den Klimawandel anzupassen.
- **Ökomorphologie & Gewässerraum** → beeinträchtigte Ökomorphologie und Gewässerräume können negative Auswirkungen auf die Gewässer haben. Ein möglicher Grund ist hierbei ein mangelhafter Uferbereich (BAFU, 1998).
- **Bodenbedeckung** → menschliche Tätigkeiten sind zum Teil verantwortlich für Nährstoff- & Schadstoffbelastung der Gewässer (Naiman et al., 2005).
- **Uferbestockungspflege** → Bewirtschaftung kann die Artenzusammensetzung und Funktionen der Uferbestockung verändern oder beeinträchtigen (Wohlgemuth et al., 2014).

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die verschiedenen Arten sowie deren Zukunftsfähigkeit wurde mittels einer Literaturrecherche genauer untersucht.

## **2 Literaturübersicht**

In diesem Kapitel werden Grundlagen erarbeitet, die relevant sind für das Beantworten der Fragestellungen. Unter anderem wird aufgezeigt wie bedeutsam, aber auch verletzlich eine Uferbestockung sein kann.

### **2.1 Funktionen einer Uferbestockung**

Die Uferbestockung erfüllt relevante Funktionen, welche helfen diverse Einflüsse wie zum Beispiel Landnutzung, Hochwasser oder Klimaerwärmung zu dämpfen. Durch diese Funktionen kann auch der Zustand der Natur wieder verbessert werden. Stichworte hierfür sind zum Beispiel Nährstoffeintrag und Biodiversitätsverlust. Im Folgenden wird auf die relevanten Funktionen genauer eingegangen.

#### **2.1.1 Pufferwirkung**

Uferbestockung kann als Puffer wirken, da Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor mit relativ hoher Effizienz gereinigt werden können. Die Uferbestockung kann somit multifunktional die Nährstoffauswaschung von intensiv genutzten angrenzenden Landwirtschaftszonen dämmen (Kuusemets et al., 2001). Durch die Vernetzung des aquatischen und terrestrischen Ökosystems fließt praktisch der gesamte Oberflächenabfluss durch die Uferzone, bevor er in die Gewässer gelangt. Zusätzlich reguliert die Uferzone die longitudinalen wie auch vertikalen Stoffflüsse und sie kann Nährstoffe aufnehmen und abgeben (Naiman et al., 2005). Das Rückhaltevermögen von Nährstoffen hängt von Faktoren wie Bodeneigenschaften, Nährstoffeintragsraten wie auch Artenzusammensetzung der Vegetation ab (Naiman et al., 2005). Nährstoffe wie Stickstoff werden in Uferzonen entweder durch Denitrifikation oder durch die Aufnahme der Pflanzen dem System entnommen. Die Denitrifikation wird hierbei als wichtigster Mechanismus für den Abbau von Stickstoff angesehen (Hill, 1996).

Die Stickstoffaufnahme auf bestockten Flächen kann signifikant höher sein als auf krautigen Flächen (Hefting et al., 2005). Uferbestockung kann auch den biologischen Abbau von persistenten Molekülen, wie zum Beispiel Pestiziden durch Phytoremediation verbessern. Dabei werden die Pestizide abgebaut oder durch die Wurzeln aufgenommen, was den Eintrag in Gewässer verringert (Reichenberger et al., 2007). Die Effektivität hängt dabei von der Breite des Uferstreifens, der Fließgeschwindigkeit vom Oberflächenwasser und dem Bodentyp ab (USDA, 2000).

### 2.1.2 Lebensraum

Ufergehölze, welche auch als Hecken und Feldgehölze klassifiziert werden, bereichern nicht nur die Tier- und Pflanzenwelt, sondern sind auch wichtige Elemente für das Landschaftsbild (Baur et al., 1997). Entscheidende Faktoren für die Biodiversität dieser Ufergehölze sind die Pflege, Struktur wie auch die vorzufindenden Pflanzenarten (Baur et al., 1997). Durch das stark beschattete Innere und den hohen Lichteinfall ausserhalb, entsteht eine bemerkenswerte Diversität an Klein- und Kleinstlebensräumen. Viele Insektenarten und Gliederfüsser profitieren von dieser Vielfalt und dienen wiederum als Nahrungsgrundlage für Vogelarten, insbesondere Singvögel. Für Insekten zum Beispiel ist besonders wichtig, dass die Blütopflanzen unterschiedliche Blütezeiten aufweisen (Baur et al., 1997). Zudem eignen sich Feldgehölze aufgrund ihres dichten Wachstums, ergänzt durch Dornen- und Stachelsträucher, als Schutzhabitat vor Räubern wie auch für Brutplätze diverser Vogelarten (Hupke, 2015). Feldgehölze dienen auch als Unterschlupf für Kleiräuber wie Wiesel (*Mustela spp.*), Igel (*Erinaceus europaeus*) und Spitzmäuse (*Soricidae spp.*), welche sich als Nützlingle in der Landwirtschaft eignen (Hupke, 2015). Die Biodiversität wird beeinflusst durch die Nutzung der angrenzenden Zonen. Durch eine intensive Nutzung von Landwirtschaftsflächen werden mehr Nährstoffe eingetragen, was die Struktur von Ufergehölzen verarmen lassen kann (Jeanneret et al., 2009). Allgemein wichtig für die Biodiversität sind strukturreiche, ungleichaltrige und diverse Hecken (Baur et al., 1997). Nahe am Gewässer wachsen meist Pionierarten wie *Salix spp.* (Weidenarten), *Populus spp.* (Pappelnarten) und *Alnus spp.* (Erlenarten), welche zu den Weichholzarten zählen. Besonders holzfressende Insekten profitieren von diesen Weichholzarten (Delarze et al., 2008). Im Altholz entstehende Löcher werden häufig von höhlenbrütenden Vögeln wie Meisen (*Paridae spp.*), Stare (*Sturnidae spp.*) und Spechte (*Picidae spp.*) besetzt (Delarze et al., 2008). Zusätzlich bietet Totholz von Ufergehölzen nicht nur an Land einen wichtigen Lebensraum (Baur et al., 1997), sondern sorgt auch bei Eintrag ins Gewässer für eine erhöhte Habitatdiversität (Allan & Castillo, 2007).

### 2.1.3 Vernetzung der Landschaft

Viele Tierarten sind darauf angewiesen, ihr Habitat zu wechseln. Gründe dafür sind zum Beispiel Nahrungs- und Brutplatzsuche sowie die saisonale Wanderung (Bergstedt, 2011). Durch Verkehr und Verkehrswege werden Lebensräume vieler Tier- und Pflanzenarten zerschnitten. Aufgrund dieser Barrierewirkung kann der Austausch von Individuen gehemmt werden, was schliesslich die Überlebensfähigkeit der Population gefährden kann. (Forman & Alexander, 1998). Zusätzlich ist für die Verbreitung einiger Pflanzenarten die Wanderung von Tieren wichtig, da Samen am Fell haften oder als Kot ausgeschieden werden (Bergstedt, 2011). Als Vernetzungselemente eignen sich Hecken und Feldgehölze, welche vermehrt an Bachläufen, als sogenannte Uferbestockung, zu finden sind (Bergstedt, 2011).

#### **2.1.4 Hochwasserdämmung**

Uferbestockung im Abflussquerschnitt erhöht die Rauigkeit des Terrains, dadurch wird lokal die Fliessgeschwindigkeit verringert und somit auch die Schleppkraft des Wassers (Florineth, 2004). Wichtig sind dabei elastische Pflanzen, sogenannte Weichholzpflanzen, welche sich bei überströmendem Wasser biegen und in Fliessrichtung ablegen. Damit wird nicht nur so die Fliessgeschwindigkeit reduziert, sondern auch der Boden vor Erosion geschützt (Florineth, 2004). Hartholzpflanzen, wie zum Beispiel *Corylus avellana* oder *Acer pseudoplatanus*, hingegen erzeugen Turbulenzen wodurch Erosionen ausgelöst werden können (Florineth, 2004). Vegetation im Uferbereich kann aber auch bei gleichem Abfluss den Hochwasserspiegel erhöhen, was sich besonders bei kleinen Fliessgewässern zeigt (Jäggi & Kuster, 1991). Auch die Schleppkraft des Wassers kann Ufererosion auslösen, wodurch Gehölze destabilisiert werden und ins Gerinne fallen. Diese Gehölze, dann klassifiziert als Schwemmholz, können Verklausungen verursachen und zu Überflutungen führen (WSL, 2006).

Ufervegetation, besonders Waldzonen, können durch Interzeption wie auch Transpiration die Abflussmenge reduzieren. Dies zeigt vor allem Wirkung bei Niedrigabflüssen bis zu kleineren Hochwassern, jedoch nicht bei grossen Hochwassern (Dingman, 2002). Kleine Fliessgewässer und deren Uferzonen reagieren dabei sensibler auf vereinzelte Niederschlagsereignisse (Naiman et al., 2005).

#### **2.1.5 Beschattung**

Mangelnde Beschattung der Gewässer kann Temperaturanstiege um mehrere Grad Celsius bewirken (Jakob, 2010). Beschattung kann den Wärmeeintrag der Strahlungsenergie der Sonne auf Fliessgewässer signifikant senken. Besonders betroffen sind dabei die kleinen Fliessgewässer (Webb & Zhang, 1997). Ebenfalls wird der Wind durch die Bestockung gedämpft, was den Wärmeeintrag von Luft zu Wasser verringert (Caissie, 2006). Beschattung bewirkt auch eine Dämpfung der Temperatur-Tagesganglinie der Fliessgewässer (Lin et al., 2020). Entscheidend hierfür ist unter anderem die Evapotranspiration (Akbari, 2009). Die Evapotranspiration zeigt auch Effekte auf die Landnutzung im gewässernahen Raum. Die tieferen Temperaturen im Wald resultieren in schwächeren Tagesschwankungen und kühleren Tagestemperaturen (Lin et al., 2020). Siedlungsgebiete haben keine bis geringe Evapotranspiration und erwärmen sich dadurch stärker (Saher et al., 2021). Beschattungen erzielen besonders bei mittleren und kleineren Fliessgewässern eine bedeutsame Wirkung (Mende & Sieber, 2020). Die Effizienz einer Beschattung ist abhängig von der Dichte, Breite (Osborne & Kovacic, 1993) und Höhe der Bestockung (Gregory et al., 1991).

### **2.1.6 Energieströme**

Die Uferbestockung dient als wichtiges Element für laterale und longitudinale Energieströme (Naiman et al., 2005). Durch den Laubfall wird organisches Material in die Fließgewässer eingetragen (Naiman et al., 2005). Das organische Material wird von aquatischen Organismen zerkleinert, zersetzt und durch fluviale Prozesse verteilt. Dieser Energiefluss ist von grosser Bedeutung, da kleinere Fragmente mobiler sind, sich besser verteilen und somit die Stoffwechselraten flussabwärts beeinflussen (Naiman et al., 2005). Bei kleinen Fließgewässern mit dichter Bestockung kann der Kohlenstoffeintrag über die Uferbestockung 80 bis 95 % vom gesamten Kohlenstoffeintrag ausmachen (Connors & Naiman, 1984). In gemässigten Klimazonen, wo sich auch der Bezirk Schwyz befindet, ist der Eintrag von organischem Material saisonabhängig, wobei die höchsten Werte im Herbst erreicht werden (Naiman et al., 2005). Nicht zu vergessen ist der Energieaustausch von wirbellosen Tieren zwischen den Gewässern und der Uferzone, welche an beiden Orten als Nahrungsgrundlage dienen (Allan & Castillo, 2007).

### **2.1.7 Erosionsminderung**

Die Durchwurzelung einer Bestockung macht die Flussufer widerstandsfähiger gegen fluviale Erosion. Zudem können die Wurzeln aufgrund der Kohäsion einem Massenversagen der Ufer entgegenwirken, nicht aber wenn eine Schotterschicht im Terrain vorhanden ist (Daly et al., 2015). Durch die Interzeption und Transpiration der Uferbestockung werden Niederschlagsmengen gepuffert, wodurch das Erosionsrisiko reduziert wird (Dingman, 2002). Sickerwasser kann bei Böschungen zu Unterspülungen, Instabilität und schlussendlich zu Erosion führen. Von Bedeutung sind dabei der Verlust von Stützmaterial durch Mobilisierung der Sickerpartikel wie auch ein erhöhter Bodenwasserdruck. (Chu–Agor et al., 2008). Ufererosion erhöht die Sedimentfracht der Gewässer (Fox et al., 2016). Erhöhte Sedimentbelastung kann zu einer Beeinträchtigung der Wasserqualität führen, was eine Bedrohung für die menschliche Gesundheit wie auch für das aquatische Ökosystem darstellen kann. Der Lebensraum von Wildtieren kann durch degradierte Uferzonen ebenfalls beeinträchtigt werden. Landwirtschaftszonen im Uferbereich sind dabei anfälliger als bestockte Flächen (Botero–Acosta et al., 2017).



## 2.2 Welche Veränderungen bringt der Klimawandel mit sich?

Durch den Klimawandel sind drastische Veränderungen bereits geschehen, aber auch noch vermehrt zu erwarten (NCCS, 2018). Besonders zu beachten sind Veränderungen der Temperatur und der Niederschlagsmengen. Hierbei wird ein besonderer Fokus auf den Untersuchungsraum Bezirk Schwyz, sprich Kanton Schwyz, gelegt.

Die Klimaerwärmung hat seit Messbeginn 1864 in der Schweiz wie auch im Kanton Schwyz einen mittleren Temperaturanstieg der Luft von ca. 2 °C bewirkt (NCCS, 2021). Im Vergleich dazu hat sich die globale Jahresmitteltemperatur um ca. 1 °C erwärmt. Bei den Niederschlagsmengen ist im Sommer eher mit einer Abnahme und im Winter mit einer Zunahme zu rechnen (NCCS, 2021). Durch die Klimaerwärmung verändert sich auch der Niederschlag und somit dessen Abfluss. Von 1999 bis 2018 zeigte sich ein negativer Trend von -9.3 % für den Niederschlag und -10.1 % für den Abfluss pro Jahrzehnt (Michel et al., 2019). Die stärksten Trends beim Abfluss zeigten sich im Sommer, wobei die Trends je nach Abflussregime variieren. (Michel et al., 2019). Bei einem konsequenten Anstieg von Treibhausgasen wird sich bis im Jahr 2060 (Szenario RCP 8.5) das Klima im Kanton Schwyz wie folgt verändern (Abb. 2).

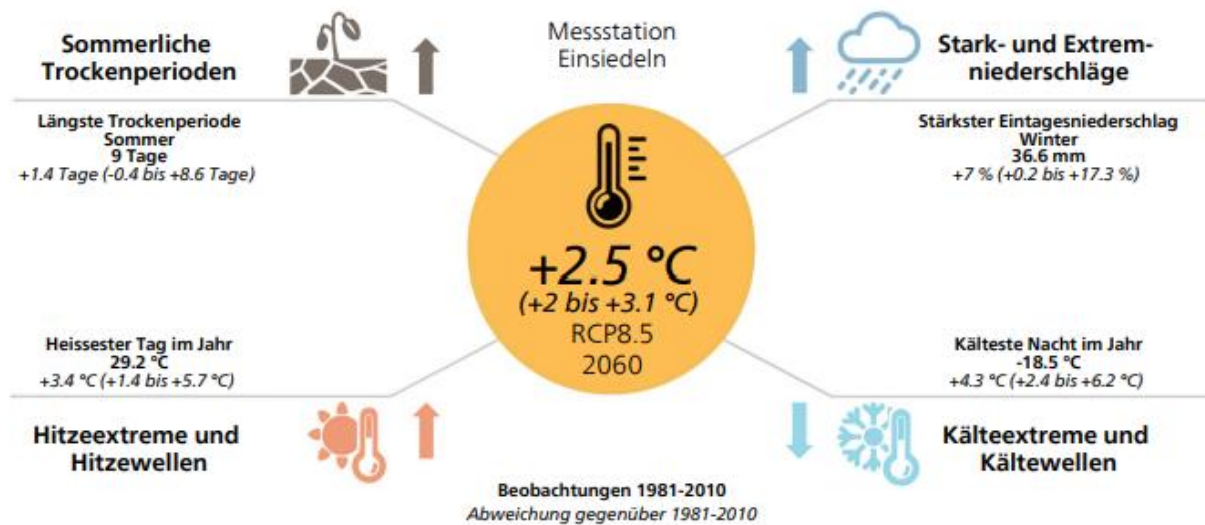


Abb. 2 Übersicht der erwarteten Änderungen in Extremwerten für die Messtation Einsiedeln für den Zeitraum um 2060 gegenüber der Normperiode 1981–2010 (Annahme: Emissionsszenario RCP8.5). Die erwartete Erhöhung der Schweizer Mitteltemperatur gegenüber der Normperiode 1981–2010 beträgt zu diesem Zeitpunkt 2.6 °C (NCCS, 2021)

## 2.3 Gesetzeslage

Die folgenden Gesetze beruhen auf dem Schutz der Uferzonen wie auch die sich darin befindende Uferbestockung. Zum Gewässerraum gehören die Gerinnesohle wie auch beide Uferbereiche. Der Gewässerraum verfügt über Mindestanforderungen da sonst mit nachteiligen Auswirkungen auf Gewässer zu rechnen ist.

Nach Art. 41a Abs. 1 Ziff. a–c GSchV muss die Breite des Gewässerraums in Biotopen von nationaler Bedeutung mindestens betragen:

- a. für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von weniger als 1 m natürlicher Breite: 11 m;
- b. für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von 1–5 m natürlicher Breite: die 6–fache Breite der Gerinnesohle plus 5 m;
- c. für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von mehr als 5 m natürlicher Breite: die Breite der Gerinnesohle plus 30 m.

Nach Art. 41a Abs. 2 Ziff. a–b GSchV muss die Breite in übrigen Gebieten des Gewässersraums mindestens betragen:

- a. für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von weniger als 2 m natürlicher Breite: 11 m;
- b. für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von 2–15 m natürlicher Breite: die 2.5–fache Breite der Gerinnesohle plus 7 m (GSchV, 1998).

Des Weiteren sind gemäss Art. 18 Ziff.1 NHG Lebensräume wie Uferbereiche, Hecken und Feldgehölze besonders zu schützen, um dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten entgegenzuwirken (NHG, 1996).

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Untersuchungsgebiet

Nachfolgend sind die acht untersuchten Fließgewässerabschnitte mit ihren Kurzportraits zu finden. In dieser Studie beschränkt sich das Untersuchungsgebiet auf den Bezirk Schwyz. Für die Untersuchung wurden acht kleinere bis mittlere Fließgewässerabschnitte selektiert (Abb. 3). Um eine möglichst heterogene und aussagekräftige Probenahme zu gewährleisten, wurden die Fließgewässerabschnitte nach den folgenden Kriterien ausgewählt:

- Abfluss < 1 m<sup>3</sup>/s
- Kein Richtplaneintrag unter Handlungsbedarf Fließgewässer
- Geographisch verteilt im Bezirk mit unterschiedlichen Höhenlagen
- Ausserhalb Waldgebiete
- Ausreichende Informationsgrundlage im WebGIS
- Hoher Anteil angrenzender Flächen (Siedlungsgebiet, Landwirtschaftsgebiet und Naturschutzgebiet)
- Zugänglichkeit

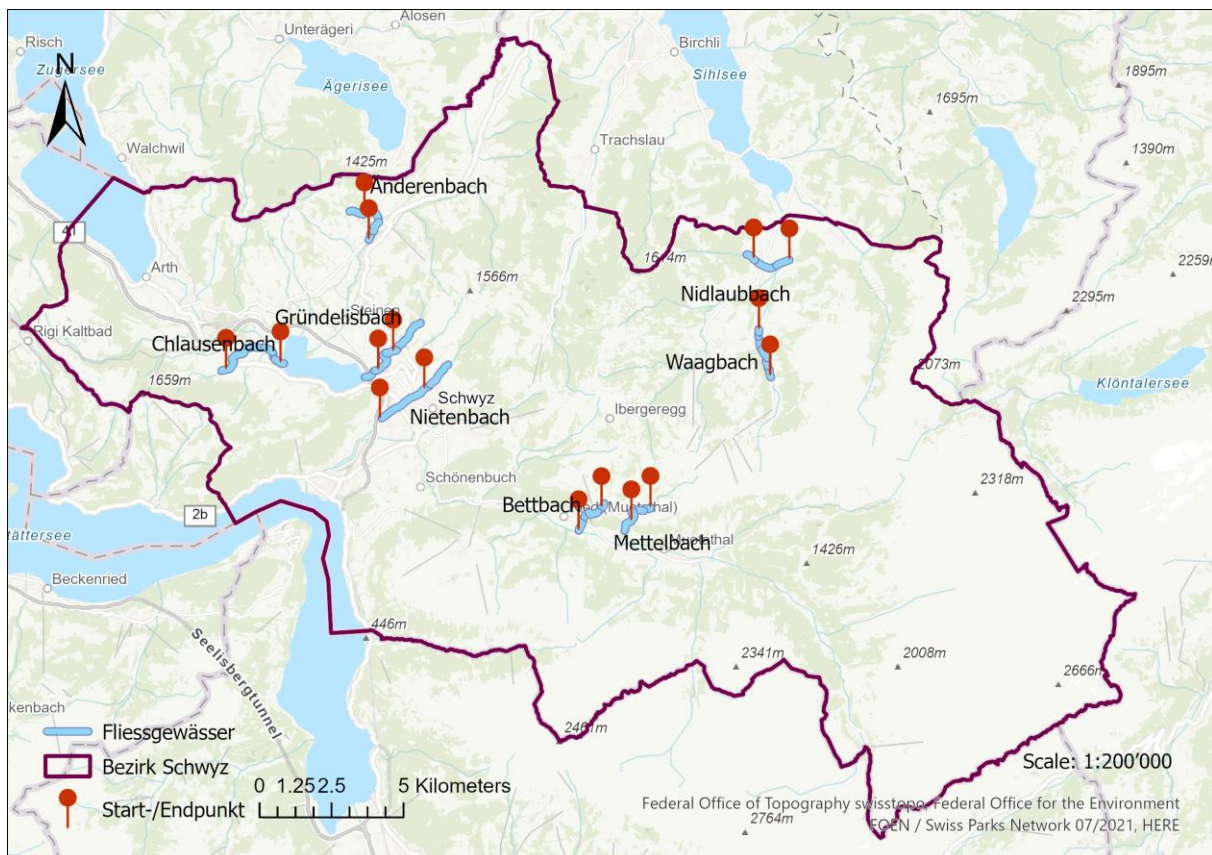


Abb. 3 Untersuchungsraum Bezirk Schwyz (violett umrandet) mit dem Start-/Endpunkt (rot) der Probenahme der acht Fließgewässerabschnitte (blau) Nietenbach, Gründelisbach, Chlausenbach, Änderenbach, Nidlaubbach, Waagbach, Bettbach und Mittelbach

Die Kurzportraits beinhalten Informationen über Meereshöhe (m ü. M.) und Koordinaten zu Start- und Endpunkt, untersuchte Distanz (km) sowie mittlerer Abfluss (m<sup>3</sup>/s) (BAFU, 2000). Zusätzlich stehen zur besseren Veranschaulichung Bilder zur Verfügung.

### 3.1.1 Nietenbach

Der Nietenbach befindet sich in der Gemeinde Schwyz (Abb. 4). Charakteristisch für dieses Fließgewässer waren viele Verbauungen und wenig Uferbestockung (Abb. 5).

Meereshöhe [m ü. M.] Start/Ende	Untersuchte Distanz [km]	Mittlerer Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	Koordinaten	
			Start	Ende
444/577	2.1	0.18	2'690'420, 1'208'143	2'692'076, 1'209'281



Abb. 5 Fließgewässerabschnitt Nietenbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung

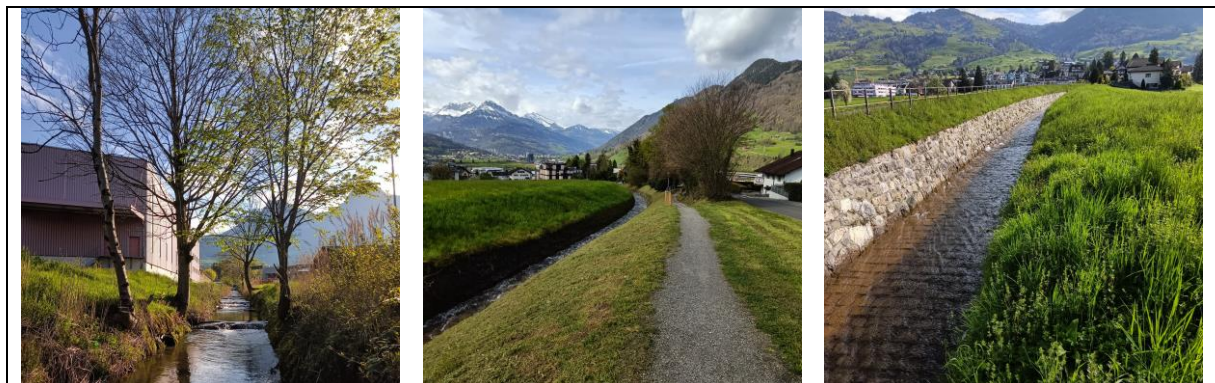


Abb. 4 Aufnahmen vom Fließgewässerabschnitt Nietenbach (© Pfenninger Damian)

### 3.1.2 Gründelisbach

Der Gründelisbach befindet sich in der Gemeinde Schwyz (Abb. 6). Hier war ein hoher Anteil *Salix spp.* vorzufinden mit zum Teil bereits ausgeführter Pflege (Abb. 7).

Meereshöhe [m ü. M.] Start/Ende	Untersuchte Distanz [km]	Mittlerer Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	Koordinaten	
			Start	Ende
459/525	1.2	0.14	2'690'364, 1'209'853	2'690'921, 1'210'530



Abb. 6 Fließgewässerabschnitt Gründelisbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung



Abb. 7 Aufnahmen vom Fließgewässerabschnitt Gründelisbach (© Pfenninger Damian)

### 3.1.3 Chlausenbach

Der Chlausenbach befindet sich in den Gemeinden Arth und Lauerz (Abb. 8). Der Chlausenbach fließt durch die Moorlandschaft von nationaler Bedeutung, namens Lauerzersee-Sägel-Schutt (BAFU, 2017). Hier war ein hoher Anteil Erlen vorzufinden (Abb. 9).



Abb. 8 Fließgewässerabschnitt Chlausenbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung

Meereshöhe [m ü. M.] Start/Ende	Untersuchte Distanz [km]	Mittlerer Abfluss [m³/s]	Koordinaten	
			Start	Ende
447/535	2.8	0.26	2'687'000, 1'210'113	2'685'153, 1'209'898



Abb. 9 Aufnahmen vom Fließgewässerabschnitt Chlausenbach (© Pfenninger Damian)

### 3.1.4 Änderenbach

Der Änderenbach fliesst durch die Gemeinde Sattel (Abb. 10). Hier war ein hoher Anteil *Salix spp.* mit jedoch allgemein wenig Uferbestockung vorzufinden (Abb. 11).

Meereshöhe [m ü. M.] Start/Ende	Untersuchte Distanz [km]	Mittlerer Abfluss [m³/s]	Koordinaten	
			Start	Ende
749/809	1.7	0.17	2'690'062, 1'214'418	2'689'897, 1'215'277

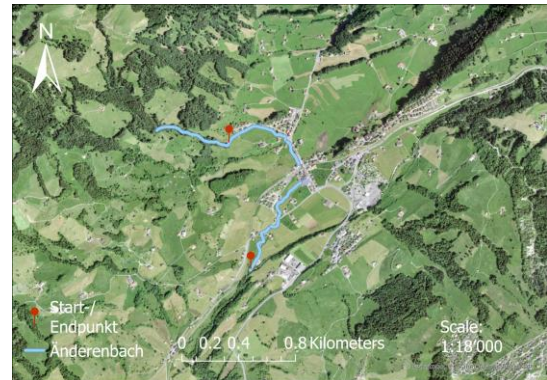


Abb. 10 Fließgewässerabschnitt Änderenbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung

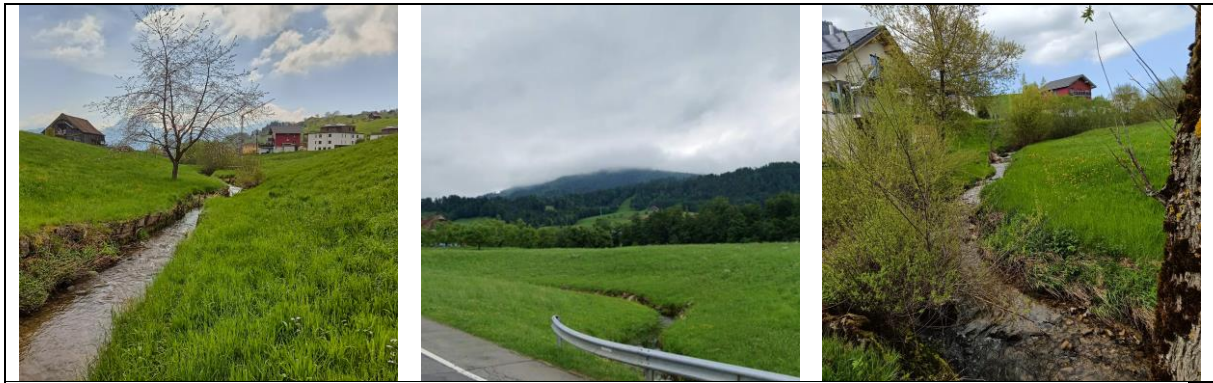


Abb. 11 Aufnahmen vom Fließgewässerabschnitt Änderenbach (© Pfenninger Damian)

### 3.1.5 Nidlaubbach

Der Nidlaubbach befindet sich in der Gemeinde Unteriberg (Abb. 12). Angrenzend liegt das Moorgebiet von nationaler Bedeutung, namens Breitried–Schützenried–Oberer Sihlsee–Allmig (BAFU, 2017). Beim Nidlaubbach war ein renaturierter Bereich mit vielen *Alnus spp.* vorzufinden (Abb. 13).

Meereshöhe [m ü. M.] Start/Ende	Untersuchte Distanz [km]	Mittlerer Abfluss [m³/s]	Koordinaten	
			Start	Ende
907/955	1.45	0.16	2'704'665, 1'213'689	2'703'420, 1'213'721



Abb. 12 Fließgewässerabschnitt Nidlaubbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung



Abb. 13 Aufnahmen vom Fließgewässerabschnitt Nidlaubbach (© Pfenninger Damian)

### 3.1.6 Waagbach

Der Waagbach fließt durch die Gemeinde Unteriberg (Abb. 14). Am Waagbach gab es viele *Salix spp.* wie auch ein breites Sohlenprofil (Abb. 15).

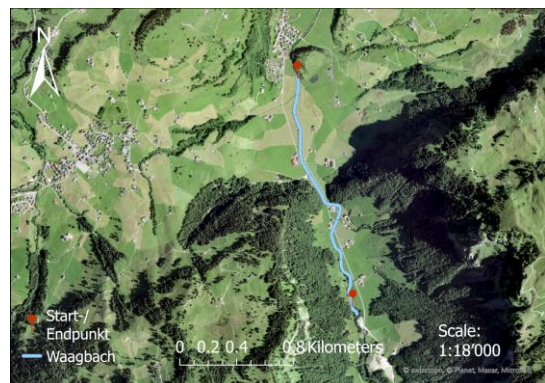


Abb. 14 Fließgewässerabschnitt Waagbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung

Meereshöhe [m ü. M.] Start/Ende	Untersuchte Distanz [km]	Mittlerer Abfluss [m³/s]	Koordinaten	
			Start	Ende
927/965	1.8	0.92	2'703'606, 1'211'261	2'703'992, 1'209'671



Abb. 15 Aufnahmen vom Fließgewässerabschnitt Waagbach (© Pfenninger Damian)

### 3.1.7 Bettbach

Der Bettbach fliesst durch die Gemeinden Illgau und Muotatal (Abb. 16). Charakteristisch für den Bettbach war ein Wasserfall wie auch ein hoher Uferbestockungsanteil (Abb. 17).

Meereshöhe [m ü. M.] Start/Ende	Untersuchte Distanz [km]	Mittlerer Abfluss [m³/s]	Koordinaten	
			Start	Ende
572/847	1.3	0.24	2'697'339, 1'204'295	2'698'278, 1'205'294

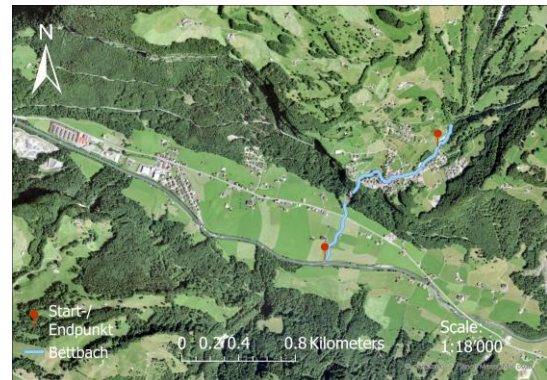


Abb. 16 Fließgewässerabschnitt Bettbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung



Abb. 17 Aufnahmen vom Fließgewässerabschnitt Bettbach (© Pfenninger Damian)

### 3.1.8 Mettelbach

Der Mettelbach befindet sich in der Gemeinde Illgau (Abb. 18). Beim Mettelbach war ein geringer Anteil Uferbestockung vorzufinden (Abb. 19).

Meereshöhe [m ü. M.] Start/Ende	Untersuchte Distanz [km]	Mittlerer Abfluss [m³/s]	Koordinaten	
			Start	Ende
1069/1215	1.2	0.22	2'699'164, 1'204'619	2'699'836, 1'205'122



Abb. 18 Fließgewässerabschnitt Mettelbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung





Abb. 19 Aufnahmen vom Fliessgewässerabschnitt Mettelbach (© Pfenninger Damian)

### 3.2 Probenahme der Uferbestockung

Das Ziel hierbei war es, den Bestand der Artenzusammensetzung aller Fliessgewässerabschnitte zu bestimmen. Dabei wurden die Gehölzarten auf Artniveau bestimmt, mit Ausnahme von *Rubus sp.* (Brombeere). Grund hierfür war, dass es schwierig ist, *Rubus sp.* auf Artniveau zu bestimmen. Dies geschah aus erlangtem Wissen als angehender Umweltingenieur und Landschaftsgärtner, jedoch abgestützt auf das Artenbestimmungsbuch Flora Helvetica von Lauber et al. Auflage 6. Die Artenbestimmung erfolgte zwischen dem 27. April 2023 bis 5. Mai 2023. Die Arten der Uferbestockung der Fliessgewässer wurden dabei orographisch links und rechts der Ufer aufgenommen. Aufgrund der langen Abschnitte wurde der Deckungsgrad der Arten wie auch unbestockte Flächen alle 25 m auf jeweils beiden Uferseiten geschätzt und in Prozenten angegeben. Die Summe eines 25 m–Abschnittes ergab so immer 100 %. Arten, die selten anzutreffen waren, wurden in die Kategorie «Diverses» eingeteilt. Dazu gehörten zum Beispiel *Cornus mas*, *Crataegus laevigata*, *Fagus sylvatica*, *Populus tremula*, *Populus alba*, *Prunus padus*, *Prunus spinosa*, *Quercus petraea*, *Quercus robur*, *Ribes rubrum*, *Rosa canina*, *Sambucus racemosa*, *Sambucus nigra*, *Viburnum opulus*, *Viburnum lantana* usw. (Deutsche Namen sind im Glossar zu finden). Zudem galt zu differenzieren, ob es sich jeweils um Niederhecken (< 2.5 m), Hochhecken (2.5–6.0 m) oder Baumhecken (> 6.0 m) handelte. Grund dafür sind die unterschiedlich zu handhabenden Pflegeeinsätze (BVU, 2010), die Biodiversität (Baur et al., 1997) sowie die mangelnde Beschattung einer Niederhecke (BAFU, 2022b). Die Aufnahmen wurden über ein Tablet direkt im Microsoft Excel (Version 2208) eingetragen.

### 3.3 Bestimmung Parameter

In diesem Kapitel wird die Methodik zur Berechnung der Anteile der wichtigen Parameter beschrieben. Ziel war dabei, je nach Parameter den prozentualen Anteil oder Mittelwert über den gesamten Fliessgewässerabschnitt zu erhalten. Bei der Heckenstruktur wurde der prozentuale Anteil über alle Fliessgewässerabschnitte zusammen berechnet.

### **3.3.1 Artenzusammensetzung**

#### **Ziel**

Prozentualer Anteil jeder Art inklusive dem unbestockten Anteil.

#### **Vorgehen**

1. Deckungsgrad pro Art und unbestockt beider Uferseiten addieren
2. Dividieren durch Gesamtsumme aller Deckungsgrade
3. Multiplizieren mit 100

### **3.3.2 Heckenstruktur**

#### **Ziel**

Prozentualer Anteil der drei Heckenstrukturen «Niederhecke», «Hochhecke» und «Baumhecke» über alle Fliessgewässerabschnitte zusammen.

#### **Vorgehen**

1. Anteil der einzelnen Heckenstrukturen addieren
2. Dividieren durch Gesamtsumme der drei Heckenstrukturen
3. Multiplizieren mit 100

### **3.3.3 Ökomorphologie & Gewässerraum**

Da die Funktionen der Uferbestockung mit dem Gewässerraum und somit der Ökomorphologie eng zusammenhängen, wurde die mittlere Sohlenbreite, die mittlere Uferbreite sowie die Ökomorphologie über das WebGIS des Kantons Schwyz aufgenommen. Für den Soll-Zustand des Gewässerraums wurde für den Chlausenbach die Berechnung nach Art. 41a Abs. 1 Ziff. b GSchV verwendet. Grund dafür war der angrenzende Teil im Biotop von nationaler Bedeutung. Die restlichen Gewässerräume der Fliessgewässerabschnitte wurden nach Art. 41a Abs. 2 Ziff. b GSchV berechnet. Bei der Einteilung der ökomorphologischen Strukturen galten die folgenden fünf Strukturen nach BAFU (1998):

- Klasse I: «natürlich/ naturnahe»
- Klasse II: «wenig beeinträchtigt»
- Klasse III: «stark beeinträchtigt»
- Klasse IV: «naturfremd/künstlich»
- Klasse V: «eingedolt»

## **Ziel**

Mittelwert der mittleren Sohlenbreite, der mittleren Uferbreite wie auch der prozentuale Anteil der fünf ökomorphologischen Klassen.

## **Vorgehen mittlere Sohlenbreite & mittlere Uferbreite**

1. Breite (m) Sohle & Ufer eines ökomorphologischen Abschnittes multiplizieren mit ihrer Distanz (m)
2. Dividieren durch Distanz (m) des gesamten untersuchten Fließgewässerabschnittes
3. Jeweils Resultat der Sohle und der Ufer addieren
4. Für die Uferbreite beide Uferseiten addieren und durch zwei dividieren für Mittelwert

## **Vorgehen Gewässerraum**

1. Für den Ist-Zustand: Mittlere Sohlenbreite (m) + (2 \* mittlere Uferbreite (m))
2. Für den Soll-Zustand Chlausenbach: (Mittlere Sohlenbreite (m) \* 6) + 5 (m)
3. Für den Soll-Zustand Rest: (Mittlere Sohlenbreite (m) \* 2.5) + 7 (m)

## **Vorgehen Ökomorphologie**

1. Distanz (m) eines ökomorphologischen Abschnittes dividieren durch Distanz (m) des gesamten untersuchten Fließgewässerabschnittes
2. Multiplizieren mit 100
3. Nach den fünf Klassen zuweisen und addieren

### **3.3.4 Bodenbedeckung**

Die menschlichen Aktivitäten und somit die Bodenbedeckung sind zum Teil verantwortlich für Nährstoff- und Schadstoffeintrag über die Ufer ins Gewässer (Naiman et al., 2005). Aufgrund dessen wurde die Bodenbedeckung basierend auf der Arealstatistik (%) für das Einzugsgebiet der Fließgewässer (BAFU, 2019), sowie direkt angrenzende Bodenbedeckung bestimmt. Die angrenzende Bodenbedeckung basiert auf der Bodenbedeckungskarte vom WebGIS des Kantons Schwyz.

## **Ziel**

Prozentualer Anteil der verschiedenen Bodenbedeckungskategorien, welche direkt an den Fließgewässerabschnitt angrenzen. Dies wurde für beide Uferseiten durchgeführt.

## **Vorgehen**

1. Mit der Funktion «Messen» die einzelnen angrenzenden Bodenbedeckungskategorien am Fließgewässer in longitudinaler Richtung messen (Abb. 20)

2. Die einzelnen Kategorien addieren
3. Dividieren durch die Länge des gesamten untersuchten Fließgewässerabschnittes
4. Multiplizieren mit 100

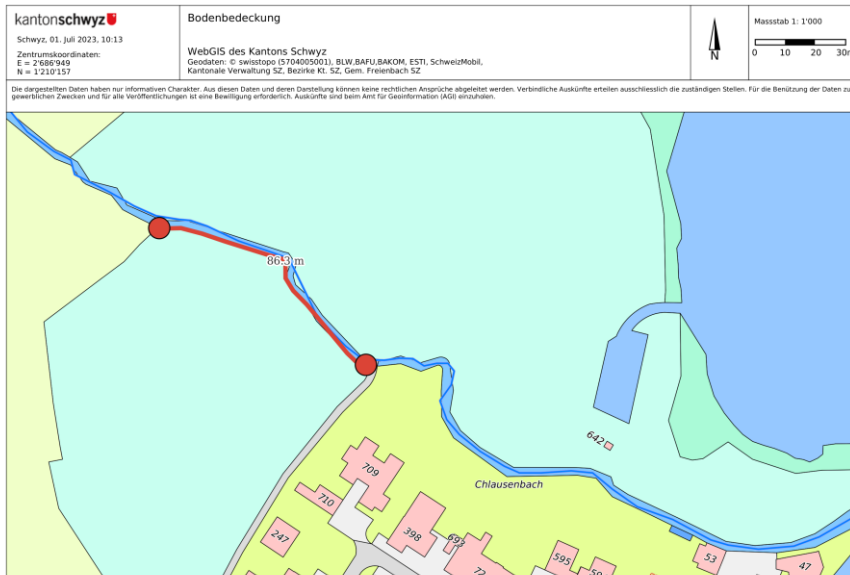


Abb. 20 Schematische Darstellung mit der Funktion «Messen» der verschiedenen Bodenbedeckungskategorien entlang am Fließgewässer Chlausenbach, rot = gemessener Distanz (m) einer Bodenbedeckungskategorie (hier hellblau Hoch-Flachmoor) einer Uferseite (SZ Amt für Geoinformation, 2023)

### 3.4 Datenanalyse

Für die statistische Auswertung wurde der durchschnittliche Deckungsgrad pro Art der jeweiligen Fließgewässerabschnitte bestimmt. Es galt herauszufinden, ob gewisse Arten einen signifikant höheren Deckungsgrad als der durchschnittliche Deckungsgrad aller Fließgewässerabschnitte zusammen (Mittelwert) aufwiesen. Deshalb wurden nur die Arten, welche einen höheren Deckungsgrad als der Mittelwert aufwiesen, für die Datenanalyse verwendet. Grundlegend war hierbei der Students t-Test für eine Stichprobe, wobei hier die Referenz zum Mittelwert galt. Für die Datenanalyse und Visualisierungen wurde R (Version 4.2.3) und RStudio (Version 2023.03.1+446) verwendet. Der verwendete R-Code ist im Anhang G zu finden.

### 3.5 Interview Uferbestockungspflege

Um den Ist-Zustand der Uferbestockung aufzunehmen, wurden Interviews über die Uferbestockungspflege durchgeführt. Das Ziel dabei war es herauszufinden mit welchen Methoden und in wie grossen zeitlichen und räumlichen Abständen die Pflege durchgeführt wird und ob allfälliges Verbesserungspotenzial besteht, um die Funktionen und Resistenz

der Uferbestockung zu verbessern. Als InterviewpartnerInnen boten sich die Wuhrmeister oder Wuhrpräsidenten der jeweiligen Fliessgewässer an. Da die Pflege der Uferbestockung beim Chlausenbach und Änderenbach nicht auf einer Wuhrkorporation basiert, sind die GrundeigentümerInnen für die Pflege verantwortlich (Kanton Schwyz, 2019). Aus diesem Grund wurden diese Interviews mit zwei bis drei GrundeigentümerInnen, welche einen beträchtlichen Anteil an den Ufern besitzen, befragt. Die Antworten wurden dann für eine einfachere Darstellung gekürzt und zusammengefasst. Die Originalantworten sind im Anhang F zu finden.

### **3.6 Bewertung Fliessgewässerabschnitte**

Die Bewertung pro Fliessgewässerabschnitt basiert auf den Ergebnissen der Resultate. Als Vereinfachung wurde dies in einer Tabelle dargestellt mit den wichtigen behandelten und bewertbaren Kriterien. Die Idee war es die Fliessgewässerabschnitte nach den Mittelwerten über alle Fliessgewässerabschnitte zu bewerten. Hierfür wurden fünf verschiedene Kategorien für das Abweichen vom Mittelwert festgelegt, wobei der Mittelwert als 100 % galt. Die fünf Kategorien wurden wie folgt eingeteilt:

- Kategorie «I»: < 50 %
- Kategorie «II»:  $\geq 50\% < 75\%$
- Kategorie «III»:  $\geq 75\% \leq 125\%$
- Kategorie «IV»:  $>125\% \leq 150\%$
- Kategorie «V»:  $> 150\%$

## 4 Resultate

In diesem Kapitel wurde versucht auf die Fragestellungen einzugehen. Hier sind alle untersuchten Parameter zu finden.

### 4.1 Artenzusammensetzung

Die Artenzusammensetzung zeigt auf wie die Uferbestockung an mittleren und kleinen Fließgewässern im Bezirk aussieht. Die acht untersuchten Fließgewässerabschnitte können dabei als Referenz für andere ähnliche Fließgewässer dienen. Die zusammengefassten erhobenen Daten zur Artenzusammensetzung sind im Anhang B ersichtlich.

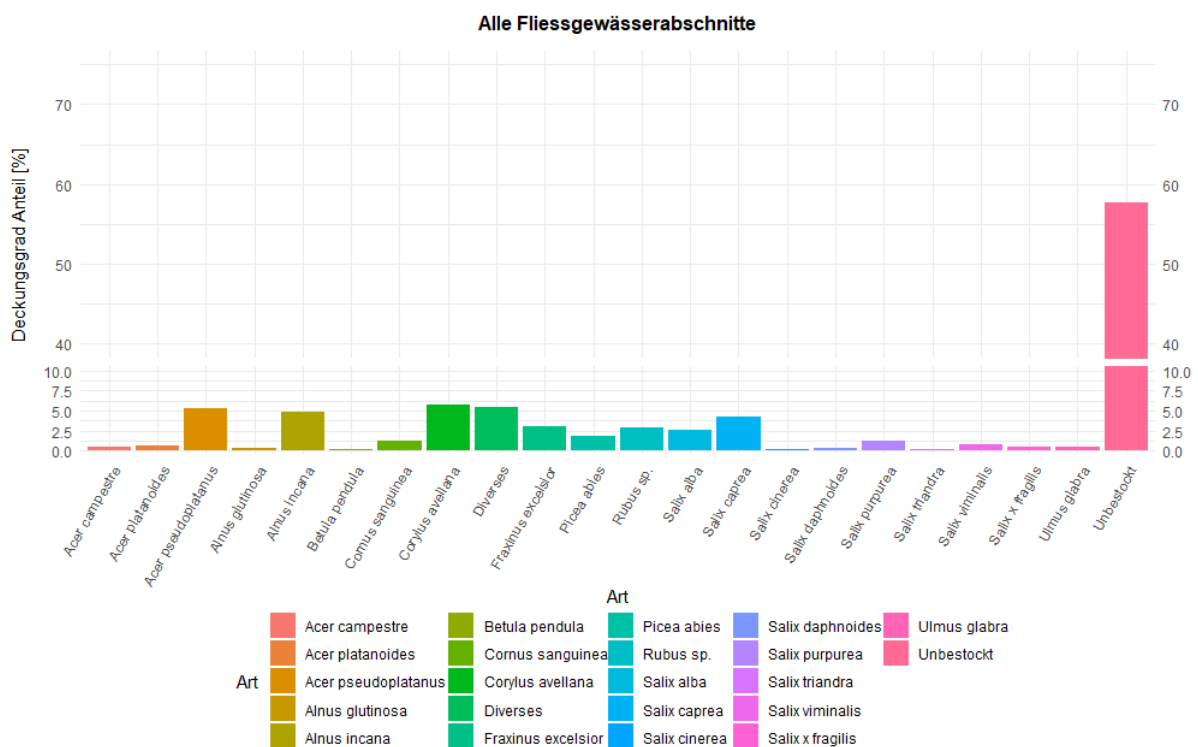


Abb. 21 Durchschnittlicher Deckungsgrad [%] der Arten aller Fließgewässerabschnitte inklusive «Diverses» und «Unbestockt», Lücke in der y-Achse ist von 10–40 %

Die höchsten durchschnittlichen Deckungsgrade waren beim *Coryllus avellana* (Gemeine Hasel) mit 5.7 %, «Diverses» mit 5.4 % und *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn) mit 5.3 % (Abb. 21). Bei den Weichholzarten dominierten die *Alnus incana* (Grauerle) mit 4.8 % und *Salix caprea* (Salweide) mit 4.2 % (Abb. 21).

Der durchschnittliche unbestockte Deckungsgrad war 57.7 % (Abb. 21).

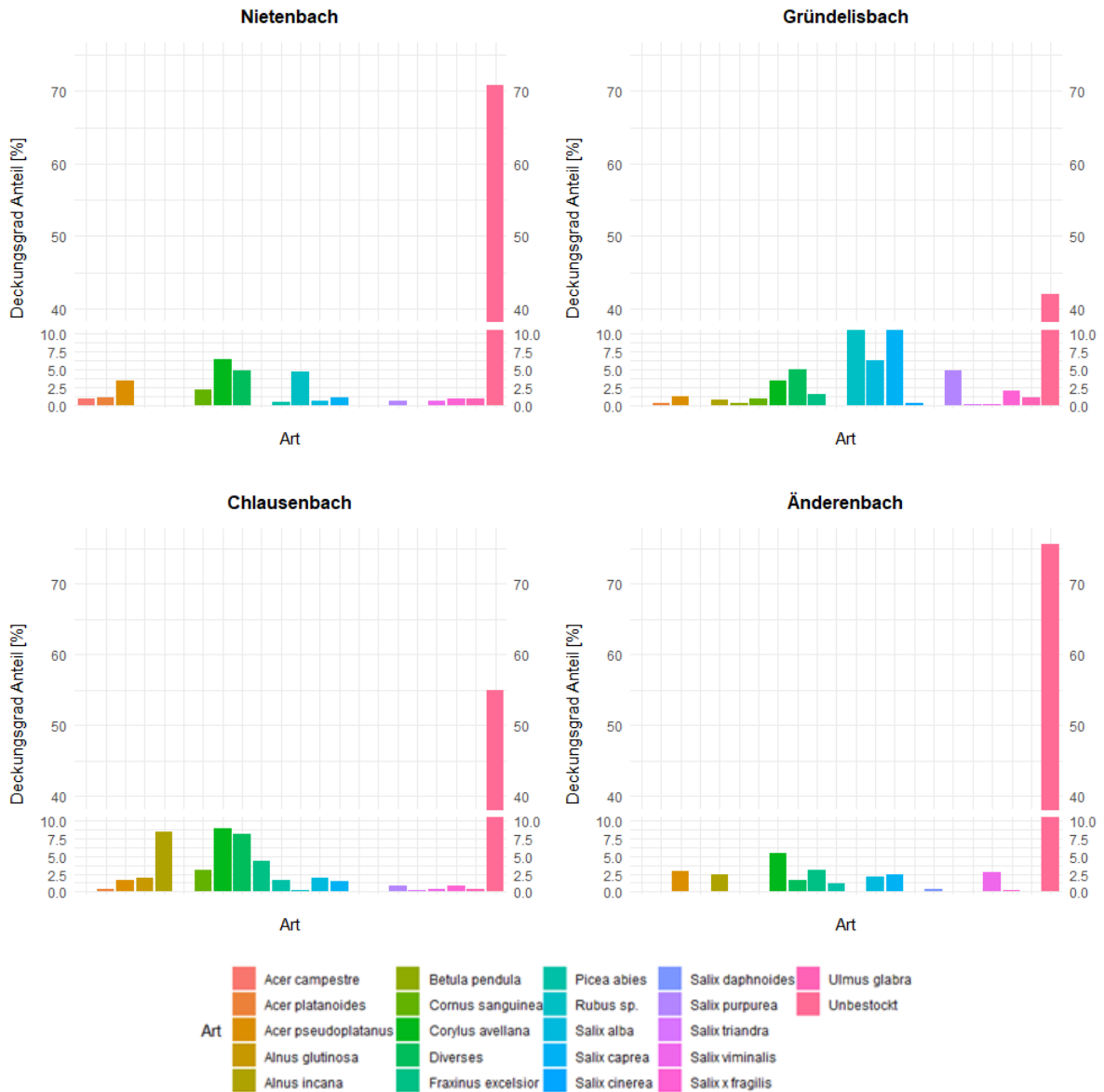


Abb. 22 Deckungsgrad Anteil [%] der Arten inklusive «Diverses» und «Unbestockt» der Fließgewässerabschnitte Nietenbach, Gründelisbach, Chlausenbach und Änderenbach, Lücke in der y-Achse ist von 10–40 %

Die dominanten Arten waren *Rubus sp.* mit 18.0 % und *Salix caprea* mit 10.9 % im Gründelisbach und *Coryllus avellana* im Chlausenbach mit 9.0 %, im Nietenbach mit 6.4 % und im Änderenbach mit 5.4 % (Abb. 22).

Der höchste unbestockte Deckungsgrad war beim Änderenbach mit 75.5 % und der zweithöchste beim Nietenbach mit 70.8 % vorzufinden (Abb. 22). Der tiefste unbestockte Deckungsgrad war beim Gründelisbach mit 42.0 % (Abb. 22).

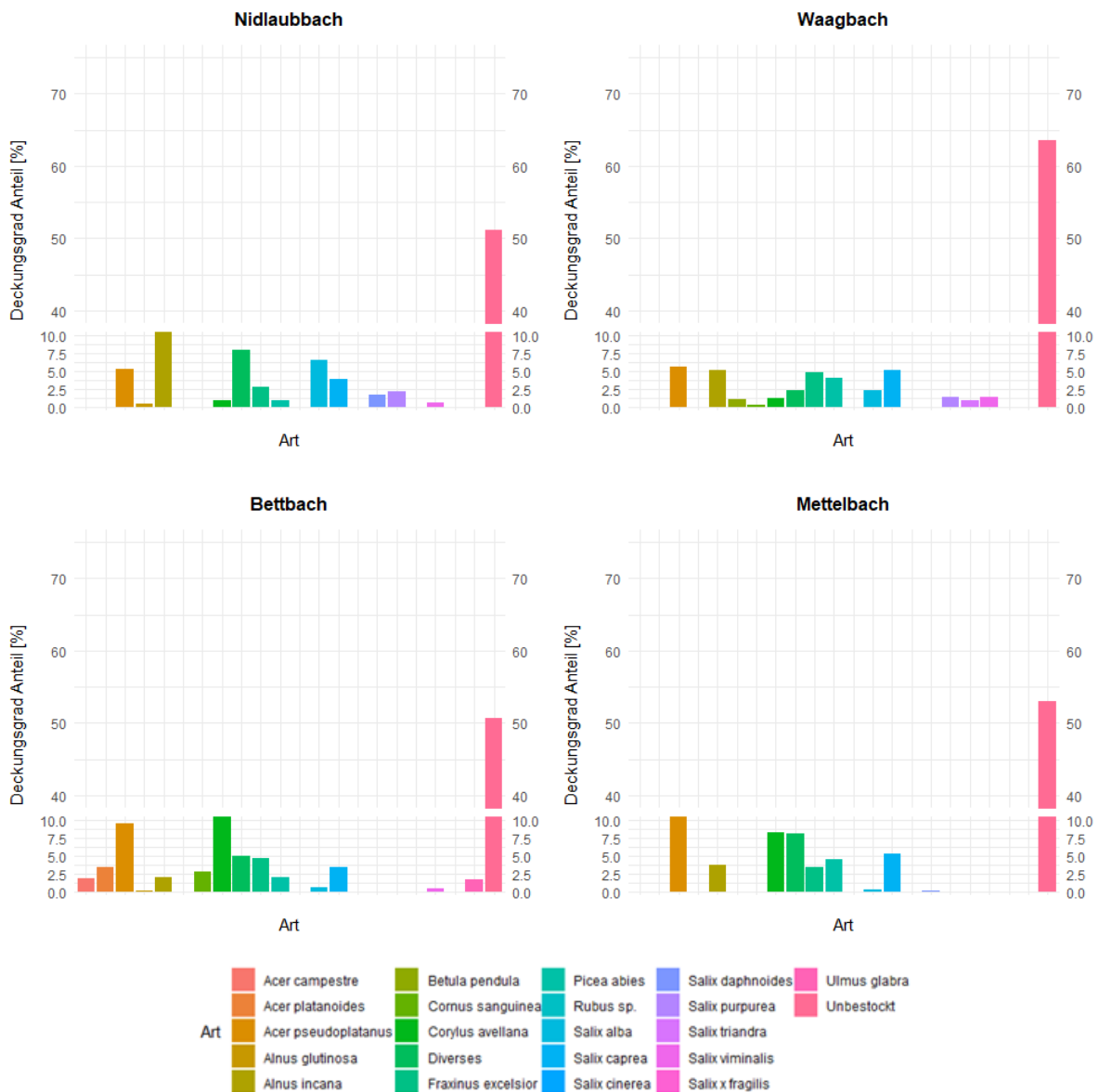


Abb. 23 Deckungsgrad Anteil [%] der Arten inklusive «Diverses» und «Unbestockt» der Fließgewässerabschnitte Nidlaubbach, Waagbach, Bettbach und Mettelbach, Lücke in der y-Achse ist von 10–40 %

Beim Nidlaubbach waren die *Alnus incana* mit 15.4 % und *Corylus avellana* mit 11.2 % beim Bettbach die dominierenden Arten (Abb. 23). *Acer pseudoplatanus* war beim Mettelbach mit 13.0 % und beim Waagbach mit 5.6 % die jeweils dominierende Art (Abb. 23).

Der dritthöchste unbestockte Deckungsgrad lag beim Waagbach bei 63.5 % (Abb. 23).

Bei der Vegetationshöhe war der Durchschnitt über alle Fließgewässerabschnitte 13.5 % für die Niederhecke, 72.2 % für die Hochhecke und 14.3 % für die Baumhecke des bestockten Anteils.



## 4.2 Statistische Auswertung

Der Boxplot dient dazu, die signifikanten Unterschiede der Deckungsgrade zum mittleren Deckungsgrad besser darzustellen (Abb. 24). Der Anteil «Unbestockt» wurde für die statistische Auswertung nicht verwendet, da es das Ziel war signifikant dominierende Arten ausfindig zu machen.

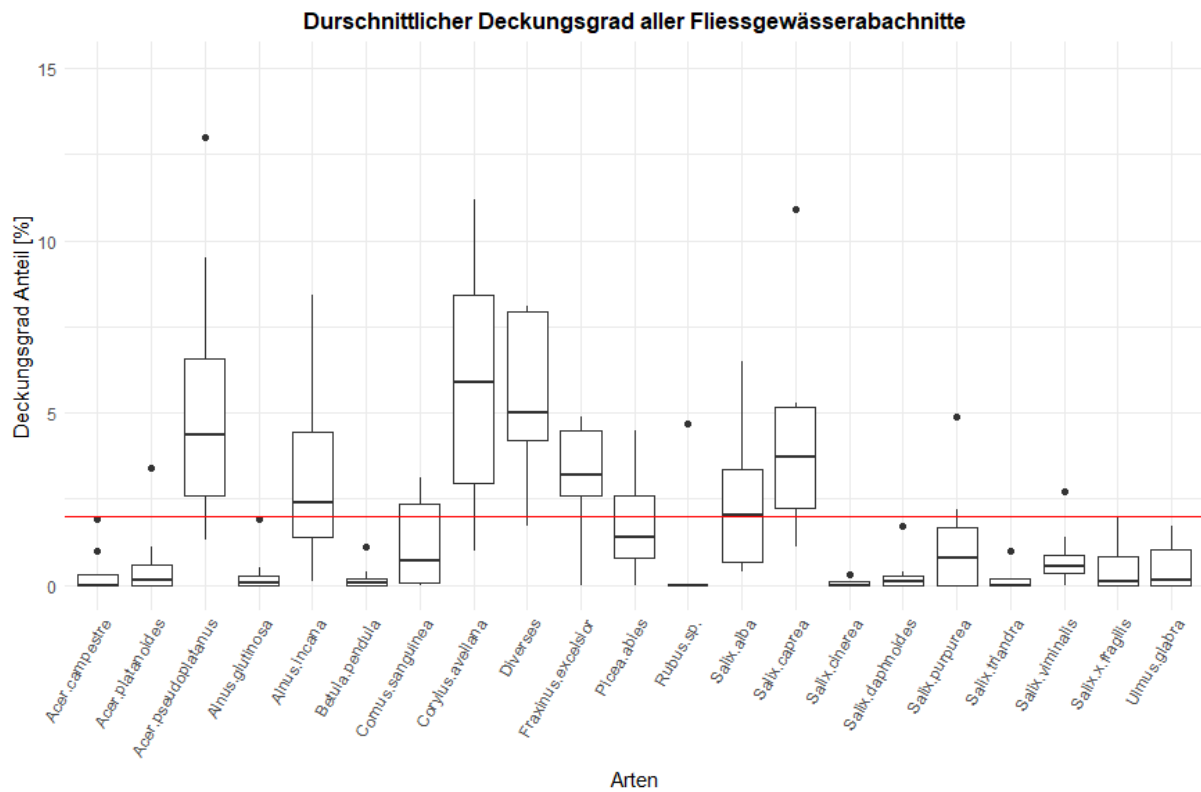


Abb. 24 Boxplot vom Deckungsgrad Anteil [%] im Durchschnitt aller Fließgewässerabschnitte ohne «Unbestockt», schwarze Linie in der Box ist der Median schwarzer Punkt die Ausreisser und rote Linie der durchschnittliche Deckungsgrad aller Fließgewässerabschnitte von 2.0 % zusammen. Die Box enthält das zweite und dritte Quartil und die Linie das erste und vierte Quartil

Folgende Arten unterschieden sich signifikant ( $p < 5\%$ ) vom durchschnittlichen Deckungsgrad aller Fließgewässerabschnitte von 2.0 % zusammen: *Acer pseudoplatanus* mit  $p = 0.02746$ , *Corylus avellana* mit  $p = 0.01181$ , «Diverses» mit  $p = 0.003424$  und *Salix caprea* mit  $p = 0.04165$  (Abb. 24).

### 4.3 Gewässerraum & Ökomorphologie

Die Berechnungen dieser Tabelle basieren auf den Daten Ökomorphologie vom WebGIS des Kantons Schwyz (Tab. 2). Hierbei handelt es sich um Mittel- und Anteilwerte über den gesamten Fliessgewässerabschnitt. Dies soll eine grobe Übersicht über den ökomorphologischen Zustand gewährleisten.

Tab. 2 Mittlere Sohlenbreite [m], mittlerer Uferbereich [m], Ist- und Soll-Zustand Gewässerraum und Anteil Ökomorphologie [%] nach den fünf Klassen nach BAFU (1998) der Fliessgewässer (SZ Amt für Gewässer, 2004)

Fliessgewässer	Mittlere Sohlenbreite [m]	Mittlerer Uferbereich [m]	Gewässerraum Ist/Soll [m]	Anteil I [%]	Anteil II [%]	Anteil III [%]	Anteil IV [%]	Anteil V [%]
Nietenbach	4.3	0.8	6.2/17.8		8.6	27.3	64	
Gründelisbach	3.4	3.8	11.0/15.5	2.0	32.8	65.3		
Chlausenbach	2.6	4.3	11.2/20.6	8.1	62.4	24.3	5.3	
Änderenbach	1.4	1.0	3.4/10.5		28.4	51.9	10.4	9.4
Nidlaubbach	6.9	4.4	15.7/24.3			46.4	53.6	
Waagbach	8.4	4.2	16.8/28.0		15.7	65.8	18.5	
Bettbach	5.0	3.7	12.4/19.5	9.8	25.6	40.3	24.3	
Mettelbach	3.6	5.6	14.8/16	36.8	63.2			

Die kleinsten Uferbereiche wiesen der Nietenbach mit 0.8 m und der Änderenbach mit 1.0 m aus (Tab. 2). Der grösste Uferbereich war im Mettelbach mit 5.6 m vorzufinden (Tab. 2). Keiner der Fliessgewässerabschnitte erreichte den gesetzlichen Soll-Zustand der Gewässerräume (Tab. 2). Das grösste Defizit beim Gewässerraum (Differenz Ist- /Soll-Zustand) wies der Nietenbach mit 11.6 m auf (Tab. 2). Am nächsten an den gesetzlichen Soll-Zustand kam der Mettelbach mit einer Differenz von 1.2 m (Tab. 2).

Von der gesamten untersuchten Länge aller Fliessgewässerabschnitte waren 63 % mindestens stark beeinträchtigt, 30 % wenig beeinträchtigt und 7 % natürlich/naturnah. Beim Nidlaubbach ist anzumerken, dass ein Abschnitt kürzlich renaturiert worden ist, im WebGIS des Kantons Schwyz aber noch als stark beeinträchtigt klassifiziert war. Somit wäre der mindestens stark beeinträchtigte Teil noch etwas tiefer.

#### 4.4 Interviews Uferbestockungspflege

Nachfolgend sind die zusammengefassten Antworten der InterviewpartnerInnen zu den jeweiligen Fließgewässern zu finden. Diese Tabellen sollen als grober Überblick zu der unterschiedlichen Pflegehandhabung der Fließgewässerabschnitte dienen (Tab. 3 & 4). Das Ziel dahinter war mögliche Defizite und Verbesserungspotenziale ausfindig zu machen. Die Originalantworten sind im Anhang F zu finden.

Tab. 3 Interviews zu der Uferbestockungspflege der jeweiligen untersuchten Fließgewässerabschnitte Nietenbach, Gründelisbach, Chlausenbach und Änderenbach mit den InterviewpartnerInnen über Pflegeart, zeitlich/räumlicher Abstand, Prioritäten, Ziele, geförderte Arten und spezifisch entfernte Arten

Fließgewässer/– InterviewpartnerIn	Pflegeart	Zeitlich/räumlicher Abstand	Prioritäten	Ziele	Geförderte Arten	Spezifisch entfernte Arten
Nietenbach/ Mettler Stefan	Ausholzen	Abschnittweise 1 m ab Bachlauf alle 5–7 Jahre	Hochwasserschutz	Verwurzung		Neophyten
Gründelisbach/ Schmidig Wisel	Vereinzelt auf Stock setzen, auslichten	Jedes Jahr etwas	Hochwasserschutz	Diversität erreichen	Weidenarten erwünscht	Neophyten
Chlausenbach/ Kaiser Matthias, Gisler Manuela	Rückschnitt, kein Kahlschlag	Abschnittweise	Hochwasserschutz, Naturschutz	Förderung Zielarten, Lebensraum	Einheimische	Neophyten
Änderenbach/ Fach Heinrich, Lüond Josef, Krienbühl Karl	Rückschnitt, teilweise auf Stock	3 Monate, 5–8 Jahre, Bäume alle 10 Jahre	Hochwasserschutz, Ufersicherung	Verjüngung, Brennholzernte & Böschung– stabilisierung	Esche, Ahorn, Fichte, Holunder	Neophyten

Tab. 4 Interviews zu der Uferbestockungspflege der jeweiligen untersuchten Fliessgewässerabschnitte Nidlaubbach, Waagbach, Bettbach und Mettelbach mit den InterviewpartnerInnen über Pflegeart, zeitlich/räumlicher Abstand, Prioritäten, Ziele, geförderte Arten und spezifisch entfernte Arten

Fliessgewässer/– InterviewpartnerIn	Pflegeart	Zeitlich/räumlicher Abstand	Prioritäten	Ziele	Geförderte Arten	Spezifisch entfernte Arten
Nidlaubbach/ Marty Alois	Ausholzen	Abschnittweise, alle 5–6 Jahre	Hochwasserschutz, Zugang gewährleisten	Steigende Toleranz	Einheimische	Neophyten
Waagbach/ Fleischmann Andi	Stockschlag bis auf einzelne Gehölze	Abschnittweise, alle 10–20 Jahre	Hochwasserschutz, Biodiversität	Verwurzelung, Biodiversität	Weidenarten, seltene Arten	Flachwurzler (Fichte)
Bettbach/ Ulrich Guido	Fallholz entfernen, Rückschnitt	Alle 6 Monate	Hochwasserschutz	Guter Wasserlauf	Erlen & Weiden	Neophyten
Mettelbach/ Blaser Beat			Hochwasserschutz	Überschwemmungen verhindern		

Bei der Pflege der Uferbestockung war der Hochwasserschutz stets prioritär (Tab. 3 & 4). Als Ziele wurden häufig Böschungssicherung wie auch Biodiversität genannt (Tab. 3 & 4). Häufig wurden einheimische Arten gefördert und Neophyten spezifisch entfernt (Tab. 3 & 4).

## 4.5 Bodenbedeckung

Die Bodenbedeckung soll insbesondere aufzeigen, wie gross der Anteil der Landwirtschaftsfläche ist, welche einen Einfluss auf die Uferbestockung respektive die Fliessgewässer haben kann.

Tab. 5 Bodenbedeckung CH basierend der auf der Arealstatistik im Einzugsgebiet der Fliessgewässer mit Fläche [km<sup>2</sup>], Siedlungsflächen [%], Landwirtschaftsflächen [%], bestockte Flächen [%] und unproduktive Flächen [%] der Fliessgewässer (BAFU, 2019)

Fliessgewässer	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Siedlungsflächen [%]	Landwirtschaftsflächen [%]	Bestockte Flächen [%]	Unproduktive Flächen [%]
Nietenbach	3.8	5.6	32.4	55.3	6.6
Gründelisbach	3.5	7.0	66.9	24.6	1.5
Chlausenbach	6.0	3.9	46.2	47.9	2.0
Änderenbach	3.8	7.4	60.6	31.0	1.1
Nidlaubbach	4.8	8.1	35.4	54.0	2.5
Waagbach	17.9	1.6	56.2	28.7	13.6
Bettbach	4.8	4.7	60.0	34.7	0.6
Mettelbach	3.6	1.4	67.0	25.0	6.6

Der Mettelbach wies den höchsten Anteil an Landwirtschaftsfläche im Einzugsgebiet von 67.0 % auf (Tab. 5). Am Gründelisbach war der zweithöchste Anteil an Landwirtschaftsfläche im Einzugsgebiet von 66.9 % vorzufinden (Tab. 5).

Tab. 6 An die Uferbestockung angrenzende Bodenbedeckung aller Fliessgewässerabschnitte im Verhältnis zur Gesamtlänge mit Hochmoor–Flachmoor [%], Acker, Wiese, Weide [%], Gartenanlage [%], übrige befestigte Fläche [%], übrige bestockte Fläche [%] und geschlossener Wald [%] (SZ Amt für Geoinformation, 2023)

Fliessgewässer	Hoch–Flachmoor [%]	Acker, Wiese, Weide [%]	Gartenanlage [%]	Übrige befestigte Fläche [%]	Übrige bestockte Fläche [%]	geschlossener Wald [%]
Nietenbach		39.8	31.9	25.9	2.3	
Gründelisbach	1.3	82.8		15.9		
Chlausenbach	30.1	54.3	10.2	0.6	2.2	2.6
Änderenbach		67.8	16.0	13.8	2.4	
Nidlaubbach	5.1	58.2	9.1	3.0	7.1	17.5
Waagbach		91.7		2.2	1.3	4.8
Bettbach		46.0	33.6	11.8		8.5
Mettelbach		89.9				10.1

Die Biotop von nationaler Bedeutung sind im Hoch– und Flachmooranteil beim Chlausenbach mit 30.1 % und beim Nidlaubbach mit 5.1 % ersichtlich (Tab. 6). Den höchsten Anteil der an die Uferbestockung angrenzenden Acker, Wiesen und Weiden hatte der Waagbach mit 91.7 % (Tab. 6). Beim Mettelbach war davon der zweithöchste Anteil von 89.9 % messbar (Tab. 6).

## 4.6 Einfluss des Klimawandels auf Gehölze

Dieses Kapitel dient zum besseren Verständnis wie der Klimawandel sich auf Gehölze auswirkt und welche physiologischen Eigenschaften besser oder schlechter geeignet sind.

Den grössten Einfluss auf die Wachstumsbedingungen von Pflanzen wird vermutlich die Variation der Niederschläge mit sich bringen. Dies ist besonders auf die Wasserknappheit, welche das Wachstum und somit die Produktion der Biomasse limitiert und auch Mortalität zur Folge hat, zurückzuführen (Wohlgemuth et al., 2014). Trockenstress bei Gehölzen kann auch die Anfälligkeit für Schädlingsbefall fördern. Ebenso führen wärmere Sommer und mildere Winter zu einer rasanten Veränderung bei der Verbreitung von Schädlingen (Hickling et al., 2006). Die mit grosser Wahrscheinlichkeit zunehmenden Extremwetterereignisse werden die Artenzusammensetzung zunehmend negativ beeinflussen. Darunter werden Windwürfe, ausgelöst durch Orkane, und durch lang anhaltende Trockenheit oder Hitzewellen ausgelöste Waldbrände, zunehmen (Wohlgemuth et al., 2014). Des Weiteren können solche Störungen häufig eine Massenvermehrung von Schädlingen zur Folge haben (Wohlgemuth et al., 2014).

Der zeitgleich mit dem Klimawandel auftretende CO<sub>2</sub>-Anstieg in der Luft hat bisher keinen wie erwartet positiven Einfluss auf das Gehölzwachstum gezeigt (Bader et al., 2013). Höhere Temperaturen von bereits einem Grad Celsius können einen früheren Blattaustrieb von fünf bis sechs Tagen zur Folge haben (Wolkovich et al., 2012). Pionierarten wie zum Beispiel *Corylus avellana* oder *Populus tremula* (Zitterpappel) und nicht einheimische Arten wie *Robinia pseudoacacia* (Gewöhnliche Robinie) profitieren davon. Während diese Arten bei milden Wintern früher austreiben, werden Klimaxarten durch lange Winterruhe gefördert. Dieses Phänomen könnte langfristig die Artenzusammensetzung verändern (Laube et al., 2014). Allgemein wird angenommen, dass kurzlebige, frühe Sukzessionsarten also Pionierarten wie *Corylus spp.* (Haselarten), *Betula spp.* (Birkenarten) und *Populus spp.* unempfindlich sind gegenüber Veränderungen in der Photoperiode, während langlebige, späte Sukzessionsarten Mühe haben, sich zu adaptieren (Körner & Basler, 2010). Einen Wettbewerbsvorteil haben besonders Arten, die das Aufbrechen der Dormanz nur von der Temperatur und nicht noch von der Photoperiode abhängig machen (Körner & Basler, 2010). Eine bisherige Entwicklung der Artenzusammensetzung aufgrund des Klimawandels konnte bereits nachgewiesen werden (Küchler et al., 2013), jedoch geschieht die Veränderung wesentlich langsamer als jene des Klimas (Wohlgemuth et al., 2014). Während sich die Artenzusammensetzung der Krautschicht bereits sichtbar verändert hat, ist bei Strauch- und Baumarten nur eine träge Veränderung festzustellen (Wohlgemuth et al., 2014). Es wird vermutet, dass Änderungen bei der Artenzusammensetzung von Gehölzen nicht nur auf das

Klima sondern auch auf andere Faktoren wie Sukzession, Bestandesalter, Bewirtschaftung und der Dichte des Kronendachs zurückzuführen sind (Wohlgemuth et al., 2014). Aufgrund der diversen Einflüsse, welche der Klimawandel, die Landnutzung und die Verbreitung von Neophyten auf die Artenzusammensetzung haben, ist es schwierig eine Aussage darüber zu machen, wie diese sich verändern wird (Naiman et al., 2005).

#### **4.7 Zukunftsfähigkeit von Gehölzarten**

Nachfolgend werden wichtige Pflanzenfamilien und –gruppen, welche häufig in den untersuchten Uferbestockungen vertreten waren, zusammengefasst. Ziel dabei war es herauszufinden, welche Funktionen die verschiedenen Familien und Gruppen einnehmen und wie sie sich gegen die Folgen des Klimawandels behaupten können. Eine Gesamtbewertung von Gehölzarten bezüglich der Feuchtigkeit eines Standorts unter Berücksichtigung des Klimawandels ist im Anhang C zu finden.

##### **4.7.1 Salicaceae (Weidengewächse)**

Zu den Salicaceae gehören die *Salix spp.* wie auch die *Populus spp.* (Lauber et al., 2018). Salicaceae besitzen Eigenschaften, welche es ihnen ermöglichen, in Gebieten mit starken Störungen, wie am Gewässerrand vorzukommen. Durch die hohe Samenproduktion, ihrer Verbreitung durch Anemochorie, schnelles Wachstum der Keimlinge, zügige Regeneration von Fragmentpflanzen und die hohe Investition in die Wurzeln, welche die Pflanze auch in instabilen Substraten effizient verankern, können Salicaceae Störungen wie Hochwasser, Erosion und Sedimentdeposition widerstehen (Karrenberg et al., 2002). Durch die Folgen des Klimawandels hat sich bereits eine Verbreitung der Salicaceae in kühlere Habitate (höhere Breitengrade und Meereshöhe) gezeigt. Es zeigt sich auch, dass die geeigneten Habitate unter den Klimaszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 mit grosser Wahrscheinlichkeit abnehmen und sich somit die Populationen reduzieren werden. Diese Hypothese bezieht sich jedoch auf die ganze Familie der Salicaceae und kann nicht auf einzelne Individuen übertragen werden (Li et al., 2019).

Des Weiteren kann auch die Landnutzungsänderung wie auch Störungen von durch menschliche Aktivitäten zu einer Reduktion der Habitate führen (Li et al., 2019). Es gibt aber auch Hinweise von Salicaceae–Arten, welche eine hohe Anpassungsfähigkeit an das heutige und auch zukünftige Klima aufweisen (Li et al., 2019). Im Falle der *Salix alba* (Silberweide) zeigt sich, dass diese unter Berücksichtigung des Klimawandels an nass bis frischen Standorten noch bestens geeignet ist, jedoch nicht an mässig frisch bis sehr trockenen Standorten (Roloff & Kniesel, 2008). Die *Populus nigra* (Schwarzpappel) ist bei nass bis frischen Standorten noch sehr gut geeignet, wobei die *Populus tremula* bei ziemlich frisch bis sehr trockenen Standorten noch sehr gut geeignet ist (Roloff & Kniesel, 2008).

#### 4.7.2 Betulaceae (Birkengewächse)

Bekannte Vertreter dieser Familie sind besonders die *Alnus spp.*, *Corylus sp.* und *Betula spp.* Die *Alnus glutinosa* (Schwarzerle) spielt eine wichtige Rolle im Ökosystem, dies besonders im Nährstoffkreislauf (Roy et al., 2007) durch ihre Fähigkeit Stickstoff zu fixieren (Vogel et al., 1997). Auch im Hinblick auf Hochwasserschutz und Uferstabilisation trägt die *Alnus glutinosa* einen bemerkenswerten Beitrag bei (Claessens et al., 2010). Die *Alnus glutinosa* ist ebenfalls sehr tolerant was Staunässe betrifft (Niinemets & Valladares, 2006), besonders ausserhalb der Vegetationsperiode (Iremonger & Kelly, 1988). Sehr hohe Temperaturen während der Wachstumsspitze (Juni) können jedoch das Wachstum aufgrund der hohen Transpirationsrate verringern (Eschenbach & Kappen, 1999). Die *Alnus glutinosa* benötigt ca. 1500 mm/a Niederschlag oder Grundwasseranschluss um ideal gedeihen zu können (Claessens et al., 2010), ist dies nicht gewährleistet, z.B. bei lang anhaltender Trockenheit, leiden *Alnus spp.* durch die hohe Transpirationsrate unter hohem Stress (Hacke & Sauter, 1996). Besonders anfällig sind dabei Individuen, die den Grundwasserspiegel mit ihren Wurzeln nicht erreichen (Eschenbach & Kappen, 1999). Somit werden *Alnus spp.* bei vermehrten Trockenheitsereignissen vermutlich eine Reduktion ihrer potenziellen ökologischen Nischen erfahren, was einen Populationsrückgang zur Folge haben wird (Rojo et al., 2021). Bei nassen bis frischen Standorten sind die *Alnus spp.* aber noch sehr gut bis gut geeignet auch unter den Folgen des Klimawandels (Roloff & Kniesel, 2008).

Für die Verbreitung von *Corylus avellana* sind im Wesentlichen zwei Faktoren entscheidend. Bei durchschnittlichen Temperaturen unter  $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ist *Corylus avellana* kaum noch anzutreffen. Mit einem Temperaturanstieg, induziert durch den Klimawandel, ist eine Ausdehnung dieser Art zu erwarten (Seppä et al., 2015). Des Weiteren können milde Winter zu früherer Blüte und Blattaustrieb führen, was die Verbreitung dieser Pionierart noch weiter vorantreibt (Seppä et al., 2015). Als möglicher Vergleich von *Corylus avellana* zum heutigen Klimawandel dient der 8.2 ka Event. Im 8.2 ka Event wurde das Klima kurzzeitig abrupt kühler, gefolgt von einer Klimaerwärmung. Im frühen Holozän (vor 8.2 ka) war das Klima besonders im Sommer wärmer (jährliche durchschnittliche Temperatur  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) und trockener ( $< 500\text{--}700\text{ mm}$  Niederschlag) (Tinner & Lotter, 2001). Während sich europäische Baumarten bei diesen Niederschlagsverhältnissen an ihren physiologischen Trockenheitsgrenzen befanden (Lischke et al., 1998), wurde *Corylus avellana* hierbei sehr begünstigt, da dieser resistenter ist gegenüber saisonalen Trockenheitsereignissen (Huntley, 1993). Während dieser Zeit war *Corylus avellana* aufgrund der klimatischen Bedingungen im Stande, über höher wachsende Baumarten zu dominieren, da diese aufgrund der Trockenheit sehr reduzierte Höhen aufwiesen (Tinner & Lotter, 2001). Beim 8.2 ka Event reduzierte sich die Temperatur um ca.  $1.5\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , was wiederum den Trockenheitsstress



minimierte. Aufgrund dessen wurden höher wachsende und länger lebende Baumarten favorisiert. Dies zeigte sich auch an der temporären Ausbreitung von temperat bevorzugenden Arten wie *Betula pendula* (Hängebirke) (Tinner & Lotter, 2001). Mit dem aktuellen Klimawandel können demnach ähnliche Veränderungen in der Pflanzengesellschaft erwartet werden (Tinner & Lotter, 2001). Die *Betula pendula* ist aber bei ziemlich frischen bis sehr trockenen Verhältnissen noch sehr gut geeignet (Roloff & Kniesel, 2008).

#### **4.7.3 Cornaceae (Hartriegelgewächse)**

Bei *Cornus spp.* (Hartriegelarten) hat sich ein unverhältnismässig hoher Rückgang der Abundanz gezeigt. Grund dafür ist eine mangelnde Fähigkeit ihre Blütezeit an die verändernden Temperaturen anzupassen (Willis et al., 2008).

#### **4.7.4 Neophyten**

Unter den Neophyten weist die *Robinia pseudoacacia* besondere, an den Klimawandel angepasste, Eigenschaften auf. Die *Robinia pseudoacacia* verfügt über eine exzellente Regeneration, ist trockenheitsresistent und in der Lage Stickstoff zu fixieren. Aufgrund dessen kann die *Robinia pseudoacacia* besonders trockenheitssensitive einheimische Arten verdrängen (Katona et al., 2013).

#### **4.7.5 Baumarten**

Für die Baumarten wurde eine Modellierung mittels zwei Klimaszenarien für 2070–2099 erstellt. Unterschieden wurde hierbei zwischen Szenario 1 «trocken» und 2 «sehr trocken» (Abb. 25 & 26). Die Modellierung basierte dabei auf den aktuellen Verbreitungskarten der jeweiligen Baumarten (Frehner et al., 2019). Die Modellierung beruhte auf den drei Faktoren Jahrestagesgrade, Trockenheit und Phänologie. Die Jahrestagesgrade und Trockenheit limitieren den Zuwachs der Arten (Fatichi et al., 2014), (Bugmann & Cramer, 1997). Bei der Phänologie wurde angenommen, dass für ein erfolgreiches Austreiben oder eine Verjüngung der Bäume bestimmte Wintertemperaturen benötigt werden. Einige Baumarten reagieren hierbei empfindlich auf Spätfrost, während andere einer gewissen Winterkälte bedürfen (Frehner et al., 2019). Bei der *Fraxinus excelsior* (Esche) und *Ulmus glabra* (Ulme) muss jedoch in Betracht gezogen werden, dass diese zusätzlich unter starken Krankheiten leiden (Frehner et al., 2019).

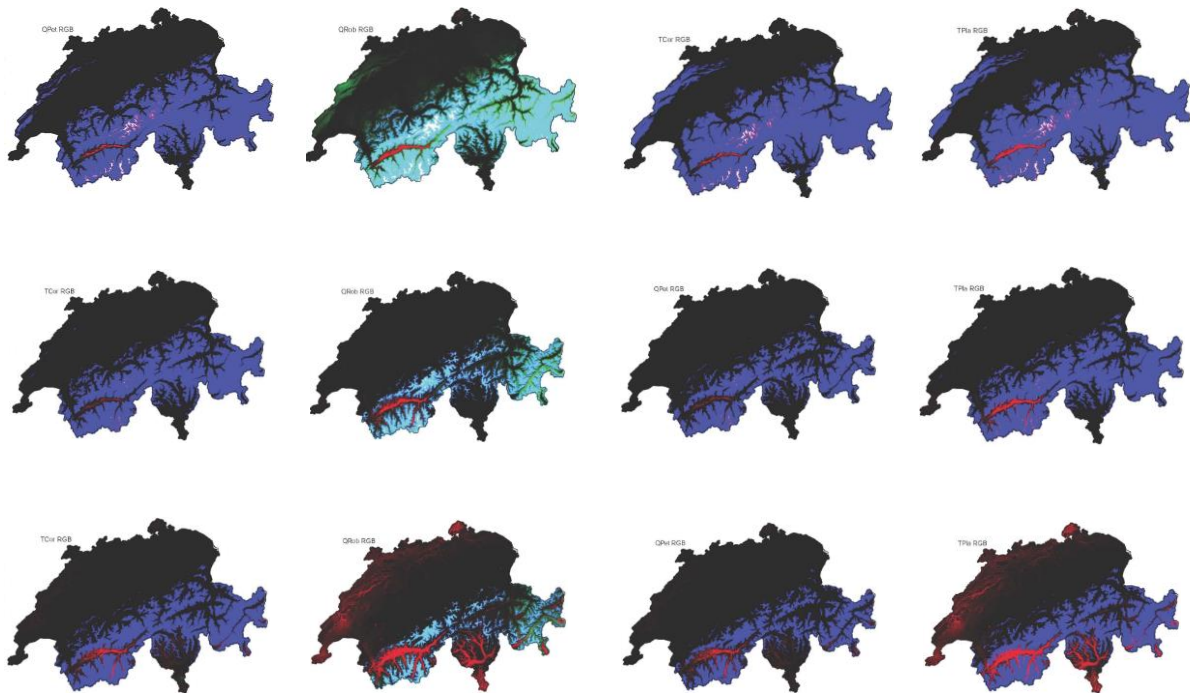


Abb. 25 Modellerte fundamentale Nische der (links) *Quercus petraea*, (Mitte links) *Quercus robur*, (Mitte rechts) *Tilia cordata* und (rechts) *Tilia platyphyllos*, mit (oben) heute und den Klimaszenarien (Mitte) 1 und (unten) 2 für die Periode 2070–2099. Rot = Sommer zu trocken, blau = Sommer zu kalt, grün = Winter ungeeignet und schwarz = keine Limitierung (Frehner et al., 2019)

Bezogen auf den Bezirk Schwyz zeigt sich kaum eine Limitierung bezüglich der verschiedenen Baumarten (Abb. 25 & 26). *Fraxinus excelsior* wird jedoch womöglich unter der Sommertrockenheit am meisten unter Stress leiden (Abb. 25). Bei der Gesamtbewertung von Gehölzarten bezüglich der Feuchtigkeit eines Standorts unter Berücksichtigung des Klimawandels zeigt sich, dass folgende Arten noch sehr gut geeignet sind: *Quercus petraea* (Traubeneiche) ziemlich frisch bis sehr trocken, *Quercus robur* (Stieleiche) ziemlich frisch bis frisch, *Tilia cordata* (Winterlinde) ziemlich frisch bis sehr trocken, *Tilia platyphyllos* (Sommerlinde) und *Acer pseudoplatanus* ziemlich frisch bis mässig trocken, *Acer platanooides* (Spitzahorn) mässig frisch bis sehr trocken und *Ulmus glabra* (Bergulme) ziemlich frisch bis frisch. *Fraxinus excelsior* hingegen ist bei nass bis mässig trocken noch gut geeignet (Roloff & Kniesel, 2008). Weitere Arten und ihre Bewertung sind im Anhang C ersichtlich.

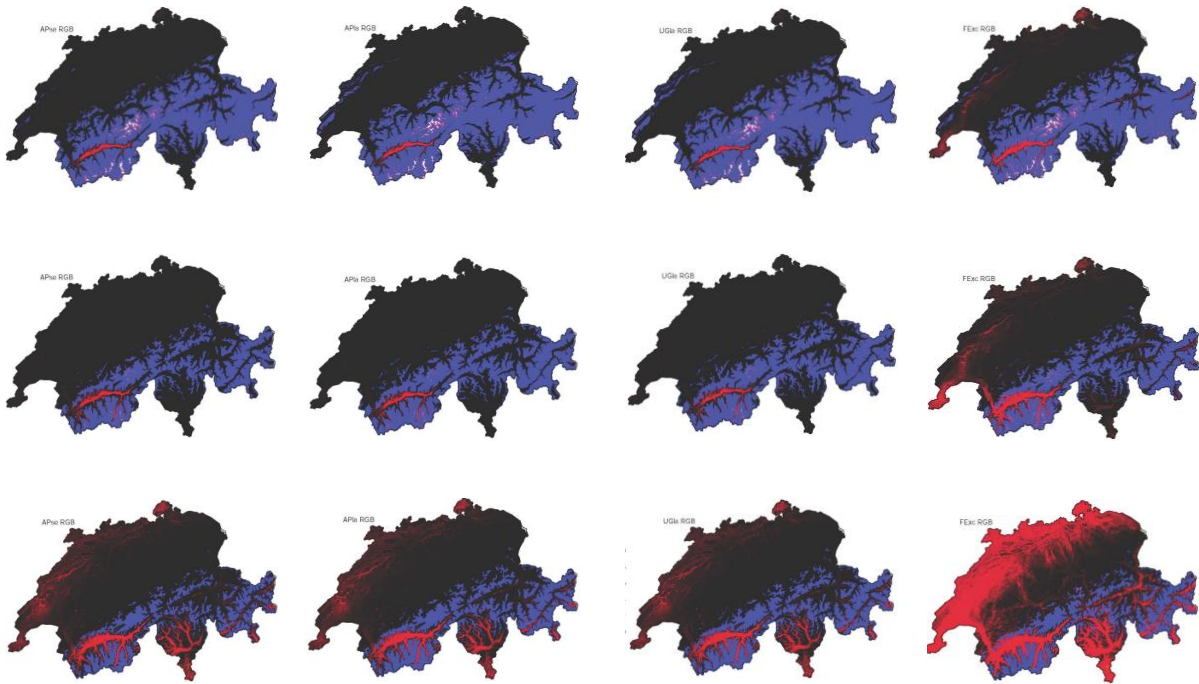


Abb. 26 Modellerte fundamentale Nische der (links) *Acer pseudoplatanus*, (Mitte links) *Acer platanoides*, (Mitte rechts) *Ulmus glabra* und (rechts) *Fraxinus excelsior*, mit (oben) heute und den Klimaszenarien (Mitte) 1 und (unten) 2 für die Periode 2070–2099. Rot = Sommer zu trocken, blau = Sommer zu kalt, grün = Winter ungeeignet und schwarz = keine Limitierung (Frehner et al., 2019)

#### 4.8 Veränderung der Höhenstufen durch den Klimawandel im Bezirk Schwyz

Die verschiedenen Höhenstufen basieren auf der Vegetationszusammensetzung und Meereshöhe (m ü. M.). Die Übergänge zwischen den Höhenstufen sind fließend. Die Höhenstufen sind charakterisiert mit unterschiedlichen Jahrestemperaturganglinien, Dauer der Frosttage, Niederschlagssumme usw. (Kurz et al., 2011). Eine schematische Darstellung der Höhenstufen ist im Anhang E zu finden.

Hier sind die modellierte Vegetationshöhenstufen für 1975 (Abb. 27) mit den projizierten Klimaszenarien 2085 «weniger trocken» (Abb. 28) und «trocken» (Abb. 29) ersichtlich. Das weniger trockene Klimaszenario basiert auf der RCP 4.5 (NCCS, 2018). Das Modell schätzt in der Nordschweiz eine durchschnittliche Erwärmung von 1.8 °C und eine Reduktion der Niederschläge um 4.0 % (Remund et al., 2020), während das trockene Klimaszenario auf dem RCP 8.5 basiert (NCCS, 2018). Hierbei wird in der Nordschweiz eine durchschnittliche Erwärmung um 4.4 °C und eine Reduktion der Niederschläge um 17.0 % vermutet (Remund et al., 2020).

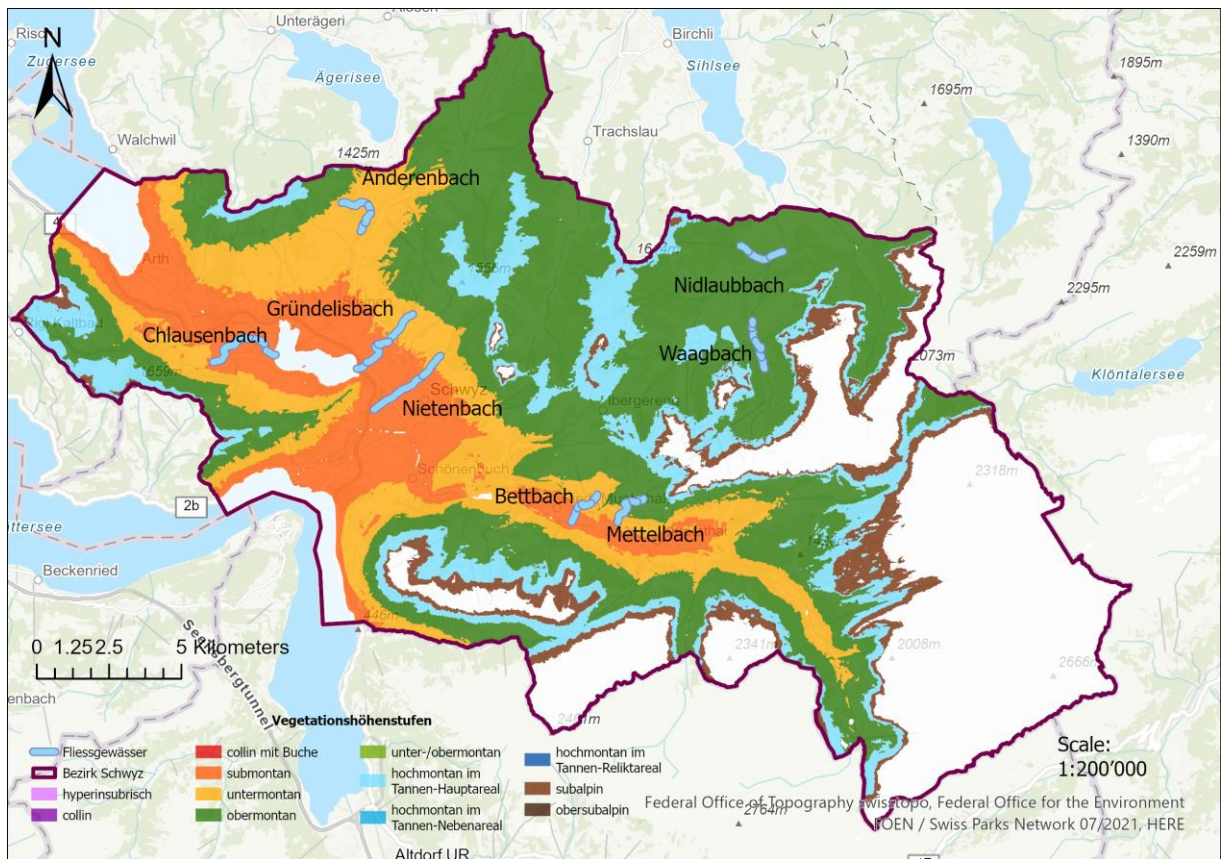


Abb. 27 Vegetationshöhenstufen modelliert für 1975 im Bezirk Schwyz (violett umrandet) mit den untersuchten Fließgewässerabschnitten (blau)

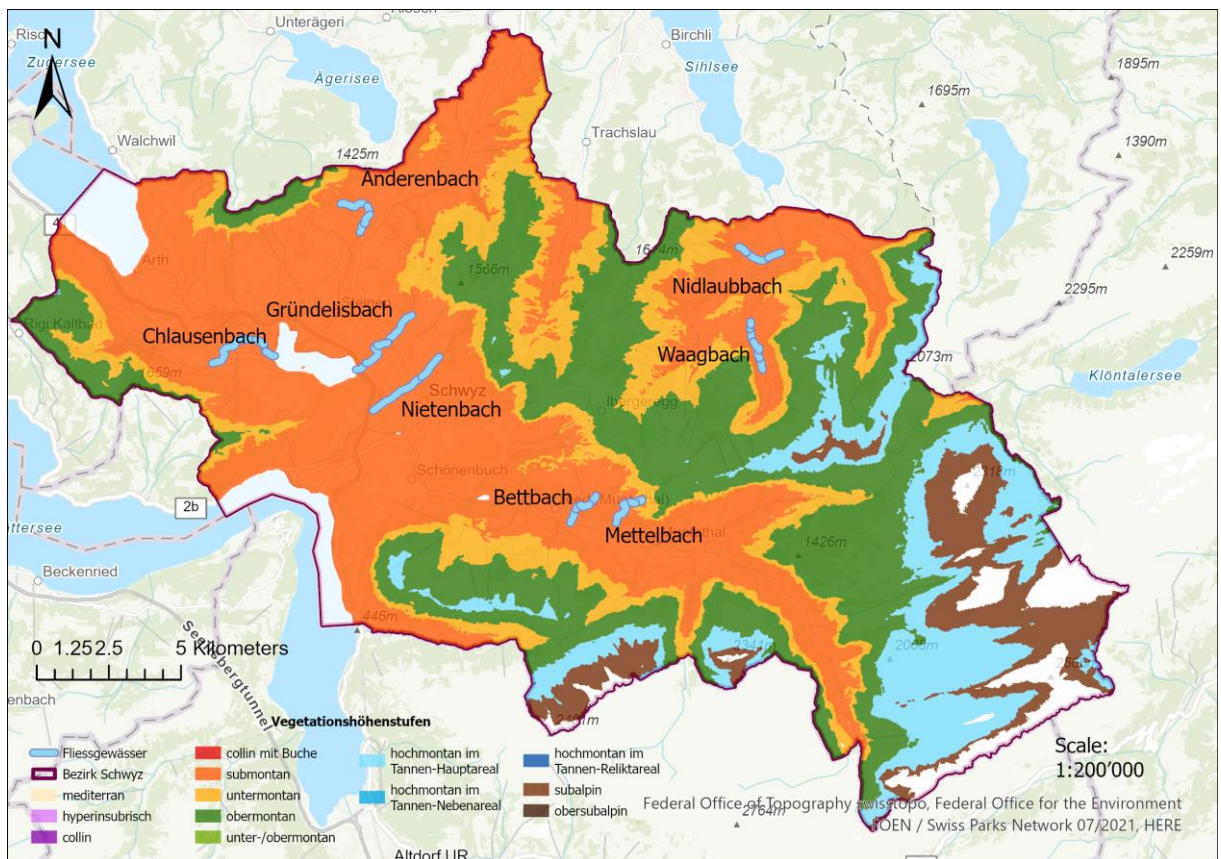


Abb. 28 Vegetationshöhenstufen modelliert für 2085 mit weniger trockener Klimazukunft im Bezirk Schwyz (violett umrandet) mit den untersuchten Fließgewässerabschnitten (blau)

Über die drei Modelle ist eine deutliche Veränderung der Vegetationshöhenstufen sichtbar (Abb. 27, 28 & 29). Höhere Vegetationshöhenstufen wie obermontan, unter/– obermontan, hochmontan werden in beiden Klimaszenarien eine Reduktion erfahren, jedoch besonders im Klimaszenario «trocken». Die submontane wird sehr expandieren vor allem im trockenen Klimaszenario. Während die Fließgewässerabschnitte in verschiedenen Vegetationshöhenstufen vertreten waren, werden sie schätzungsweise in beiden Klimaszenarien fast gänzlich der submontanen Stufen angehören. Besonders davon betroffen sind die höher gelegenen Fließgewässer wie Nidlaubbach, Waagbach und Mettelbach.

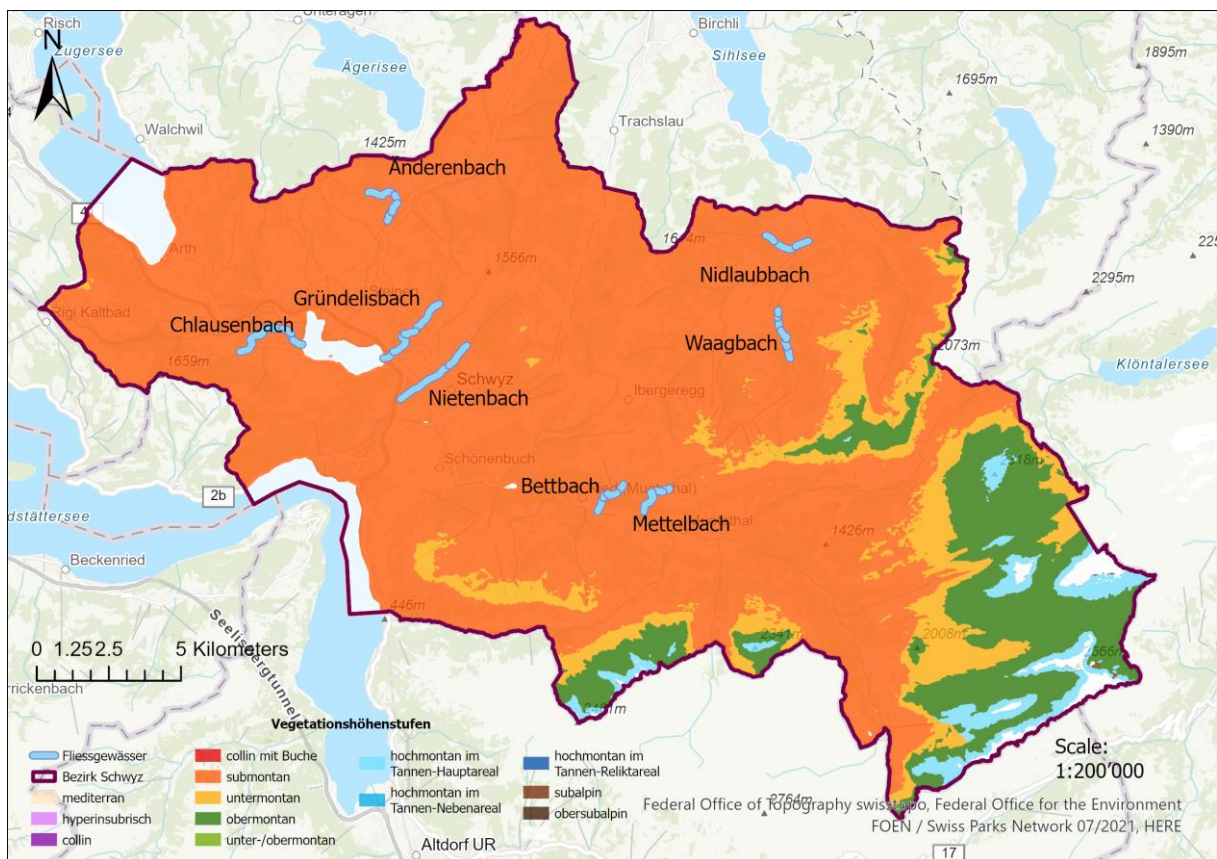


Abb. 29 Vegetationshöhenstufen modelliert für 2050 mit trockener Klimazukunft im Bezirk Schwyz (violett umrandet) mit den untersuchten Fließgewässerabschnitten (blau)

#### 4.9 Indikatoren von Gehölzarten

Die verschiedenen Indikatoren dienen zur genaueren Einteilung der idealen Standortbedingungen für die jeweiligen Gehölze (Landolt et al., 2010) (Tab. 7). Die Variation beschreibt die Variationsbreite der verschiedenen Indikatoren mit «I» über höchstens eine Klasse und «II» in mindestens drei Klassen verbreitet (Landolt et al., 2010). Die Veränderungstendenz zeigt, dass beinahe alle Gehölze, die eingeteilt wurden, gleichbleibend waren (Tab. 7). *Acer pseudoplatanus* hat als einziges Gehölz sogar in Abundanz zugelegt (Tab. 7). Weitere Gehölzarten mit ihren Indikatoren, welche bei der

Untersuchung bestimmt, aber als «Diverses» klassifiziert wurden, sind im Anhang D zu finden. Ebenfalls ist im Anhang D die Legende zu den verschiedenen Indikatoren zu finden.

Tab. 7 Indikatoren der verschiedenen Gehölzarten mit Höhenstufe/Variation, Feuchtigkeit/Variation, Nährstoffbereich/Variation mit jeweils «I» kleine Variation und «II» grosse Variation und Veränderungstendenz über die letzten fünf Jahrzehnte (Landolt et al., 2010)

Art	Höhenstufe /Variation	Feuchtigkeit /Variation	Nährstoffbereich /Variation	Veränderungs- tendenz
<i>Acer campestre</i>	Collin/I	Frisch/I	Mässig nährstoffarm/I	Gleichbleibend
<i>Acer platanoides</i>	Collin/I	Mässig feucht/I	Mässig/I	Gleichbleibend
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Montan/II	Feucht/II	Mässig/I	Zunehmend
<i>Alnus glutinosa</i>	Collin/I	Nass/I	Nährstoffreich/I	Gleichbleibend
<i>Alnus incana</i>	Montan/II	Sehr feucht/II	Nährstoffreich/II	Gleichbleibend
<i>Betula pendula</i>	Unter-montan & ober-collin/II	Grosse Variation	Nährstoffarm/I	Gleichbleibend
<i>Cornus sanguinea</i>	Unter-montan & ober-collin/II	Mässig feucht/II	Mässig/I	Gleichbleibend
<i>Corylus avellana</i>	Montan/II	Mässig feucht/I	Mässig/I	Gleichbleibend
<i>Fraxinus excelsior</i>	Unter-montan & ober-collin/II	Feucht/II	Mässig/II	Gleichbleibend
<i>Picea abies</i>	Unter-subalpin & ober-montan/II	Mässig feucht/I	Mässig/I	Gleichbleibend
<i>Salix alba</i>	Collin/I	Nass/II	Nährstoffreich/I	Gleichbleibend
<i>Salix caprea</i>	Montan/II	Mässig feucht/I	Mässig/I	Gleichbleibend
<i>Salix cinerea</i>	Unter-montan & ober-collin/I	Sehr feucht/I	Nährstoffarm/I	Gleichbleibend
<i>Salix daphnoides</i>	Unter-montan & ober-collin/I	Sehr feucht/I	Nährstoffarm/I	
<i>Salix fragilis</i>	Unter-montan & ober-collin/I	Nass/I	Mässig/I	Gleichbleibend
<i>Salix purpurea</i>	Unter-montan & ober-collin/I	Feucht/II	Mässig/I	Gleichbleibend
<i>Salix triandra</i>	Montan/I	Sehr feucht /I	Nährstoffarm/I	Gleichbleibend
<i>Salix viminalis</i>	Unter-montan & ober-collin/I	Sehr feucht/II	Mässig/I	Gleichbleibend
<i>Ulmus glabra</i>	Unter-montan & ober-collin/I	Feucht/I	Nährstoffreich/I	

## 5 Diskussion

Höchstwahrscheinlich werden die Gehölze mit der natürlichen Höhenverbreitung «unter–montan & ober–collin» besonders von der Höhenstufenverschiebung zu «submontan» profitieren. Ebenso können vermutlich Gehölze der natürlichen Höhenstufe «montan» und «collin» expandieren, vor allem diejenigen, welche dabei die Variationsbreite der Klasse «II» besitzen. Es hat sich gezeigt, dass wahrscheinlich alle untersuchten Fliessgewässer und womöglich fast der gesamte Bezirk Schwyz eine Verschiebung in Richtung submontane Höhenstufe erfahren wird. Aus diesem Grund werden in Zukunft bei allen untersuchten Fliessgewässern ähnliche klimatische Bedingungen vorherrschen. Deshalb wurde die Zukunftsfähigkeit von Gehölzen aller untersuchten Fliessgewässer zusammengefasst. Aufgrund der Beurteilung der Zukunftsfähigkeit, der Höhenstufenverschiebung sowie der verschiedenen Indikatoren werden vermutlich folgende Arten besonders profitieren: *Acer pseudoplatanus*, *Corylus avellana* und *Robinia pseudoacacia*. Arten, die vermutlich in Abundanz abnehmen werden, sind vorherrschend in den Höhenstufen «unter–subalpin & ober–montan» wie *Picea abies* und *Sambucus racemosa*. Auf allen Höhenstufen unterhalb der submontanen mit kleiner Variationsbreite wird nicht spezifisch eingegangen, da tiefere Höhenstufen im Bezirk Schwyz bis jetzt nicht vorgekommen sind und dies vermutlich auch in Zukunft nicht werden. Aufgrund der etwas verschiedenen Höhenstufenklassifizierung der Vegetationshöhenstufen–Modellierungen und der Indikatoren ist es jedoch schwierig eine exakte Aussage zu machen.

*Corylus avellana* war insgesamt die dominierende Art mit 5.7 % über alle Fliessgewässerabschnitte. Sie hatte auch einen signifikant höheren Deckungsgrad als der Durchschnitt. *Corylus avellana* eignet sich sehr gut für eine im Hinblick auf den Klimawandel resistente Bestockung, da mit dem Temperaturanstieg eine Ausdehnung dieser Pionierart zu erwarten ist (Seppä et al., 2015).

Die in den Fliessgewässerabschnitten zweitmeist dominierende Art mit 5.3 % und einem ebenfalls signifikant höheren Deckungsgrad als der Durchschnitt war *Acer pseudoplatanus*. Diese Art wird im Bezirk Schwyz vermutlich keine grosse Beeinträchtigung durch den Klimawandel erfahren (Frehner et al., 2019) und eignet sich deshalb als eine zukunftsorientierte Gehölzart für die Ufer. *Acer pseudoplatanus* hat sogar in Abundanz zugelegt, was bedeuten kann, dass diese Art auch in Zukunft vielversprechend sein wird.

*Alnus incana* war ebenfalls sehr häufig mit 4.8 % anzutreffen, besonders im Nidlaubbach mit 15.4 % und im Chlausenbach mit 8.4 %. *Alnus spp.* leiden unter vermehrten Trockenheitsereignissen und werden deshalb vermutlich in Abundanz abnehmen (Rojo et al., 2021). Sind sie aber genügend nah an Gewässer angebunden eignen sich *Alnus spp.* weiterhin auch im Hinblick auf den Klimawandel (Roloff & Kniesel, 2008).

Die doch öfters vorkommende Baumart *Fraxinus excelsior* mit 3.1 % wird in Zukunft, besonders mit dem Klimaszenario 2 mit höchster Wahrscheinlichkeit in Abundanz abnehmen. Zusätzlich muss hier beachtet werden, dass die *Fraxinus excelsior* stark unter Krankheiten leidet, wodurch die Art noch mehr unter Stress kommt (Frehner et al., 2019).

Die zum Teil grossflächig vorkommende *Rubus sp.*, ein besonders im Gründelisbach mit 18 % dominierendes Gehölz, wurde als Lebensraum «Brombeergestrüpp» eingeteilt. Nur wenige Spezialisten wie der Brombeer–Perlmutterfalter (*Brenthis daphne*) finden sich hier zurecht. Des Weiteren dienen Brombeergestrüppe als Unterschlupf und Nahrungsquelle für verschiedene Wildtiere. Die Brombeergestrüppe sind jedoch sehr dominierend und verdrängen die Begleitflora (Delarze et al., 2008). Dadurch wird die Diversität der Uferbestockung beeinträchtigt, welche jedoch sehr wichtig ist, gerade in Anbetracht des Klimawandels (Brosinger & Tretter, 2007). Ebenso wurde *Rubus sp.* als Niederhecke eingestuft, da sie die Fließgewässer kaum beschatten kann (BAFU, 2022b).

Im Gründelisbach wuchsen sehr viele *Salix spp.* auf engem Raum, wodurch auf den Lebensraum «Auen–Weidengebüsch» geschlossen wurde. Diese Pionierpflanzen erfüllen hervorragende Funktionen wie Uferstabilisierung und Hangsicherung (Delarze et al., 2008). In diesem Lebensraum sind viele Spezialisten, wie zum Beispiel die Nachtigall (*Luscinia megarhynchos*), vorzufinden (Delarze et al., 2008). Infolge des Klimawandels werden geeignete Habitate für *Salix spp.* wahrscheinlich abnehmen (Li et al., 2019), jedoch sind *Salix spp.* wie z.B. die *Salix alba* mit genügend Wasseranbindung am Gewässerrand noch bestens geeignet (Roloff & Kniesel, 2008).

Der Lebensraum «Mesophiles Gebüsch» konnte häufig bei den Fließgewässerabschnitten identifiziert werden. Dieses Biotop ist äusserst bedeutsam als Versteckschicht und Nahrungsgrundlage für Wild, Vögel, Kleinsäuger und Insekten (Delarze et al., 2008).

Die Pionierarten *Populus spp.* und *Betula spp.* gab es kaum bei den Fließgewässerabschnitten. Diese Pionierarten inklusive *Corylus spp.* werden in Zukunft im Hinblick auf den Klimawandel sehr wettbewerbsfähig sein. Grund dafür ist die hohe Anpassungsfähigkeit an die Veränderung der Photoperiode (Körner & Basler, 2010). Ein weiterer möglicher Grund ist die hohe Trockenheitsverträglichkeit von *Betula pendula* und *Populus tremula* auch unter dem Klimawandel (Roloff & Kniesel, 2008).

Die Gesamtbewertung und Modellierung der Baumarten zeigt, dass sich alle, mit der Ausnahme von *Fraxinus excelsior*, an unterschiedlichen Feuchtigkeitsstandorten und auch in Bezug auf den Klimawandel noch bestens eignen (Roloff & Kniesel, 2008). Als weiterer



Feuchtigkeitsparameter eignet sich der Feuchtigkeitsindikator von Gehölzarten. Da durch den Klimawandel mehr Trockenheitsereignisse mit insgesamt weniger Niederschlag erwartet werden (Frehner et al., 2019), besitzen Arten, die an trockenen bis sehr trockenen Standorten gut gedeihen, vermutlich einen Wettbewerbsvorteil. Einige Beispiele dazu sind *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Quercus petraea* und *Tilia cordata*. Die beiden letzteren sind vor allem in der Höhenstufe «collin» mit der Variationsklasse «I» zu finden, weshalb sie sich für den Bezirk Schwyz wohl nur begrenzt, eignen werden.

Pflanzen mit eher nährstoffreicher Präferenz, nach den Indikatoren von Gehölzarten, sind womöglich in Lagen mit hoher landwirtschaftlicher Nutzung, wie zum Beispiel beim Gründelisbach, Waagbach und Mettelbach, besser geeignet, da durch die Landwirtschaft mehr Nährstoffe eingebracht werden (Kuusemets et al., 2001).

Die Veränderungstendenz zeigt hier, dass sicher keine der beurteilten Arten mit der Ausnahme von *Acer pseudoplatanus* in letzter Zeit an Häufigkeit abgenommen haben. Diese wären sonst überwachungsbedürftig (Landolt et al., 2010) und würden sich womöglich nicht eignen in einer zukunftsorientierten Uferbestockung.

Der unbestockte Anteil bei den Fliessgewässerabschnitten war mit 57.7 % ziemlich hoch. Besonders der Änderenbach und Nietenbach (75.5 % & 70.8 %) wiesen sehr hohe unbestockte Anteile auf. Bestockung ist allgemein wichtig, damit die essenziellen Funktionen wie zum Beispiel Beschattung und Puffer einer Uferbestockung erfüllt sind (Naiman et al., 2005). Beispielsweise können bereits Beschattungen von 20 bis 40 % die Wassertemperatur unter der letalen Temperatur der Bachforelle (*Salmo trutta fario*) halten. Bei Beschattungen von ca. 80 % können die Wassertemperaturen im Optimumsbereich einer Bachforelle gehalten werden. (Broadmeadow et al., 2010).

Durch die Analyse des Gewässerraumes wurde erkennbar, dass keiner der Fliessgewässerabschnitte die Vorgaben nach dem Gewässerschutzgesetz erfüllte. Somit können nachteilige Auswirkungen auf Gewässer nicht gänzlich verhindert werden (GSchV, 1998). Besonders beim Nietenbach und Änderenbach kann es sich lohnen, den Gewässerraum zu erweitern, um dessen natürlichen Funktionen zu erreichen (BAFU, 2022a). Grund für die zu kleinen Gewässerräume ist teilweise der hohe Anteil an mindestens stark beeinträchtigten Fliessgewässerabschnitten (63 %), wo kaum ein Uferbereich existiert (BAFU, 1998).

Durch die Interviews wurde ersichtlich, dass zum Teil einheimische Gehölze wie zum Beispiel *Alnus spp.* und *Salix spp.* gefördert und Neophyten spezifisch entfernt werden. Dies ist sicher förderlich, da einheimische Arten wichtig sind, um die Biodiversität zu wahren.

Diese Pflegemethode soll sicher weiterhin betrieben oder, gefördert werden. Der bei der Pflege prioritäre Hochwasserschutz soll weiterhin ausgeübt werden, da die Schleppekraft des Wassers Gehölze mitreissen kann, was zu Verklausungen führen würde (WSL, 2006). Weiterhin sind Kahlschläge zu unterlassen und es sollte auf ein kleinräumiges Verjüngungsverfahren gesetzt werden, um Ungleichaltrigkeit zu erreichen (Brosinger & Tretter, 2007). Es macht daher Sinn, wie im Gründelisbach bereits angewendet, selektiv auf Stock zu setzen und spezifische Arten zu fördern, sodass stets eine funktionserfüllende Bestockung vorhanden ist. Durch diese Pflegemassnahmen können auch langsam wachsende Sträucher/Bäume gefördert werden, da vermehrt die rasch wachsenden Sträucher/Bäume auf Stock gesetzt werden sollten. Ein geeigneter Pflegeintervall ist hierbei ca. alle zwei bis fünf Jahre (AGRIDEA, 2021). Bei einigen Fliessgewässerabschnitten wird abschnittsweise auf Stock gesetzt. Dies macht Sinn bei grossflächigen Bestockungen, jedoch sollte die Länge des Abschnittes nicht mehr als 20 m betragen, da die tierischen Bewohner der Uferbestockung noch genügend Ausweichmöglichkeiten benötigen. Der Eingriff hier geschieht im Intervall von sechs bis fünfzehn Jahren. Auch hier lohnt es sich, langsam wachsende und seltene Arten stehen zu lassen (AGRIDEA, 2021).

Ein hoher Anteil an Siedlungsflächen/befestigten Flächen wie zum Beispiel beim Nietenbach, Gründelisbach und Änderenbach sind von Nachteil, da dort keine Ufergehölze gedeihen, welche die wichtigen Funktionen einnehmen könnten. Des Weiteren kann sich Niederschlag auf erhitzten befestigten Flächen erwärmen und zu starken Temperaturanstiegen in Fliessgewässern führen (Thompson et al., 2008), wodurch kälteliebende Arten wie zum Beispiel die Bachforelle und Äsche (*Thymallus thymallus*) unter Stress geraten oder es sogar zu letalen Auswirkungen kommen kann (Jakob, 2010).

Der beträchtliche Anteil der Hochhecke (72.2 %) war vielversprechend, da Niederhecken eine limitierte Beschattung aufweisen (BAFU, 2022b). Baumhecken sind ebenfalls wichtig, da alte grosse Bäume ideale Unterschlupfmöglichkeiten für zum Beispiel Fledermäuse, Vögel und Insekten darstellen (AGRIDEA, 2021).

Zu der Untersuchung der Fliessgewässerabschnitte muss allerdings erwähnt werden, dass es sich beim Deckungsgrad und der Vegetationshöhe um Schätzwerte und keineswegs um exakte Daten handelt. Einteilung und Schätzung waren oft nicht einfach zu klassifizieren und können sehr individuell ausfallen.

## 5.1 Bewertung pro untersuchten Fließgewässerabschnitt

Für die Bewertung wurden Parameter gewählt, welche oft bei der Untersuchung der Fließgewässerabschnitte vorkamen und genügend diskutiert wurden. Dies war wichtig, um aus einer fundamentalen Grundlage eine aussagekräftige Bewertung zu gestalten. Diese Tabelle dient hierbei als Übersicht über die positiven und negativen Aspekte pro Fließgewässerabschnitt (Tab. 8). Es muss jedoch erwähnt werden, dass nicht untersucht wurde, wie weit die verschiedenen Arten vom Gewässer entfernt waren.

Da *Salix spp.* und *Alnus spp.* wichtige Funktionen einer Uferbestockung einnehmen (Karrenberg et al., 2002), (Roy et al., 2007) und mit genügend Wasseranbindung auch unter dem Klimawandel noch bestens geeignet sind (Roloff & Kniesel, 2008), sollten sie gefördert werden. Besonders da, wo noch Defizite vorhanden sind wie im Nietenbach, Gründelisbach bei *Alnus spp.*, Chlausenbach bei *Salix spp.* wie auch im Bettbach und Mettelbach (Tab. 8).

Tab. 8 Bewertung pro Fließgewässerabschnitt mit jeweils deren Anteilen an *Salix spp.*, *Alnus spp.*, *Corylus avellana*, *Acer pseudoplatanus*, *Rubus sp.*, *Fraxinus excelsior*, Unbestockt; für die Bewertung galt ✓✓ als «sehr gut», ✓ als «gut», O als «genügend», \* als «ungenügend» und \*\* als «unbefriedigend»

Parameter	<i>Salix spp.</i>	<i>Alnus spp.</i>	<i>Corylus avellana</i>	<i>Acer pseudo-platanus</i>	<i>Rubus sp.</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	Unbestockt
Nietenbach	**	**	✓	*	**	✓✓	O
Gründelisbach	✓✓	**	*	**	**	✓	✓
Chlausenbach	*	✓✓	✓✓	**	✓✓	*	O
Änderenbach	O	**	O	*	✓✓	O	*
Nidlaubbach	✓	✓✓	**	O	✓✓	O	O
Waagbach	✓	O	**	O	✓✓	**	O
Bettbach	**	**	✓✓	✓✓	✓✓	**	O
Mettelbach	*	*	✓	✓✓	✓✓	*	O

Der Nidlaubbach schnitt bei der Bewertung *Salix spp./Alnus spp.* am besten ab (Tab. 8).

Da sich *Corylus avellana* und *Acer pseudoplatanus* vermutlich gut an den Klimawandel anpassen und davon profitieren können (Seppä et al., 2015), (Frehner et al., 2019), sollten diese Arten weiter gefördert werden. Eine Aufstockung oder Begünstigung lohnt sich vor allem im Nietenbach, Chlausenbach und Änderenbach mit dem *Acer pseudoplatanus*, Nidlaubbach und Waagbach mit *Corylus avellana* und im Gründelisbach mit beiden Arten (Tab. 8). Die Zustände beim Bettbach und Mettelbach konnten hierzu als gut bis sehr gut bewertet werden (Tab. 8).

Arten, die sich negativ auf die Funktionen einer Uferbestockung auswirken wie *Rubus sp.* (Delarze et al., 2008), oder in Zukunft vermutlich unter Stress leiden werden wie die *Fraxinus*

*excelsior* (Frehner et al., 2019), wurden ihre Abundanzen als nachteilig eingestuft. Eine spezifische Entfernung von *Rubus sp.* könnte sich demnach im Nietenbach und Gründelisbach lohnen (Tab. 8). Bei *Fraxinus excelsior* könnten sich Eingriffe beim Chlausenbach, Waagbach, Bettbach und Mettelbach lohnen (Tab. 8). Diese Eingriffe sollten aber abgestimmt sein auf die Förderung anderer zukunftsfähigen Arten.

Den unbestockten Anteil zu erhöhen, lohnt sich allgemein, da ohne Bestockung die Funktionen nicht genügend eingenommen werden können (Naiman et al., 2005). Im Änderenbach würde es sich besonders lohnen, die Bestockung zu fördern (Tab. 8).

Allgemein lässt sich sagen, dass alle Fliessgewässerabschnitte unterschiedlich positive und negative Aspekte aufwiesen (Tab. 8). Aus diesem Grund kann kein Abschnitt als sehr gut oder sehr schlecht klassifiziert werden. Der Mittelwert der relevanten Parameter (Anhang A) könnte sich als eine Referenz für andere ähnliche Fliessgewässer im Bezirk Schwyz eignen. Verbesserungspotenzial gäbe es sicherlich bei allen Fliessgewässerabschnitten, indem ihre Defizite (Tab. 8) ausgeglichen, der Gewässerraum verbreitert und noch kaum vorhandene, trockenheitsverträgliche Arten wie *Betula pendula* und *Populus tremula* inkludiert würden.

Da in Zukunft vermutlich die Fliessgewässerabschnitte und der Grossteil der Fliessgewässer im Bezirk Schwyz der submontanen Höhenstufe angehören werden, kann diese Bewertung höchstwahrscheinlich auch auf die meisten Fliessgewässer im Bezirk angewendet werden, um Defizite auszugleichen. Die Daten, welche für die Bewertung verwendet wurden, sind im Anhang A zu finden.

## **5.2 Allgemeine Massnahmen**

Eine angepasste Uferbewirtschaftung ist sehr wichtig um die ökologischen Dienstleistungen, sprich Funktionen, nachhaltig zu erhalten (Naiman et al., 2005). Allgemein ist es sinnvoll Bestockungen anzulegen, da wo es keine gibt, um die Ökosystemleistungen einer Uferbestockung zu erzielen. Damit eine Bestockung eine effektive Kühlwirkung erbringen kann, muss sie genügend hoch sein und nahe an der Wasserlinie liegen (Mende & Sieber, 2020). Die Süd- & Westufer sind hierbei zu priorisieren falls keine durchgehende Bestockung möglich ist (Mende & Sieber, 2020). *Salix spp.* eignen sich hierbei besonders gut aufgrund des hohen Wachstums, ihrer Vielfalt, schnellem Nachwachsen und der Flexibilität zur Verzweigung und somit Verankerung auch in steileren Böschungen (Lachat, 1994).

Niederhecken sind eher zu vermeiden, da sie kaum in der Lage sind, die Fließgewässer zu beschatten (Gregory et al., 1991). Im Allgemeinen, aber besonders unter Berücksichtigung des Klimawandels ist es wichtig, Pflanzenarten zu wählen, welche an die vorherrschenden und zukünftigen Gegebenheiten und Standortbedingungen angepasst sind (Roloff & Kniessel, 2008). Als Grundlage eignen sich die klassifizierten Indikatoren der Gehölze (Tab. 7 & Anhang D) wie auch die Gesamtbewertung von Gehölzarten (Anhang C). Weichholzarten sollten näher am Gewässerrand stehen, da sie sich mit dem Wasser biegen können und damit die Schleppekraft des Wassers reduzieren können (Florineth, 2004). Die Hartholzarten eignen sich daher eher in gewässerferneren Gebieten (Florineth, 2004).

Um ideale Ökosystemleistungen wie Pufferwirkung, Erosionsschutz usw. zu erhalten, sind Revitalisierungen essenziell. Das Ziel dabei ist, den Gewässerraum und somit die Uferzone zu vergrößern, da breite Uferstreifen eine bessere Pufferwirkung gegen Nährstoffe & Pestizide (USDA, 2000), wirksamere Hochwasserdämmung sowie Beschattung (Mende & Sieber, 2020) und mehr Lebensraum bieten (Naiman et al., 2005).

Allgemein sind Kahlschläge zu unterlassen und es soll viel mehr auf zukunftsorientierte und kleinräumige Verjüngungsverfahren gesetzt werden, um Ungleichaltrigkeit zu erreichen. Mit einer solchen horizontalen Diversität ist die Bestockung besser an den Klimawandel angepasst, da Ausfälle in der Hauptschicht mit der verjüngten Unter- und Zwischenschicht kompensiert werden können (Brosinger & Tretter, 2007). Bei der Pflege lohnt es sich die klimatoleranteren Mischarten zu fördern, um die Diversität wie auch Anpassungsfähigkeit der Bestände zu bewahren und zu erhöhen (Brosinger & Tretter, 2007).

Des Weiteren soll Totholz belassen werden, da wo es nicht den Hochwasserschutz beeinträchtigt (WSL, 2006), um mehr Habitate und somit auch die Biodiversität zu fördern (Baur et al., 1997). Neophyten wie zum Beispiel die *Robinia pseudoacacia* können ebenfalls einen Beitrag leisten, um die Bestände resistenter zu gestalten, jedoch muss das ökologische Verhalten der Arten unter den gegebenen Umweltbedingungen noch genauer untersucht werden (Kölling, 2007).

### 5.3 Fazit

Uferbestockung ist wichtig, um nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt aber insbesondere auf Gewässer zu reduzieren. Durch den Klimawandel werden Gehölze in Zukunft besonders durch vermehrte Trockenheitsereignisse unter Stress leiden. Um eine an den Klimawandel angepasste und dennoch funktionserfüllende Uferbestockung zu erreichen sind folgende Massnahmen relevant:

- Allgemein hohe Biodiversität mit Arten, die nach den Indikatoren an die vorherrschenden Standortbedingungen angepasst sind
- Am Gewässerrand Weichholzpflanzen wie *Salix spp.*, *Alnus spp.* und *Populus spp.*
- In der gewässerfernen Zone Hartholzpflanzen. An den Klimawandel angepasst sind vor allem *Corylus avellana* und *Acer pseudoplatanus*
- Pionierarten und trockenheitsverträgliche Arten wie *Corylus avellana*, *Betula pendula*, *Populus tremula*
- Zu meidende Arten: *Fraxinus excelsior*, *Rubus sp.*, *Picea abies* und *Sambucus racemosa*
- Dichte & hohe Bestockungen
- Ungleichaltrigkeit im Bestand
- Genügend Gewässerraum

An den Klimawandel angepasste Gehölze wie *Acer pseudoplatanus* und *Corylus avellana* waren bei den untersuchten Fliessgewässerabschnitten bereits dominierend, was als sehr positiver Aspekt angesehen werden kann. Durch den Klimawandel wird die Veränderung der Höhenstufen fortschreiten, wodurch in Zukunft besonders die Höhenstufe «submontan» im Bezirk Schwyz vorherrschend sein wird. Höchstwahrscheinlich werden die Gehölze mit der natürlichen Höhenverbreitung «unter–montan & ober–collin», nach den Indikatoren der Gehölzarten, besonders an dieser Höhenstufenverschiebung zu «submontan» profitieren. Ebenso können Gehölze der natürlichen Höhenstufe «montan» und «collin» vermutlich auch expandieren, vor allem die Gehölze, welche die Variationsbreite der Klasse «II» besitzen. Allgemein lässt sich sagen, dass alle Fliessgewässerabschnitte unterschiedlich positive und negative Aspekte auswiesen. Aus diesem Grund kann kein untersuchter Fliessgewässerabschnitt im Gesamten als sehr gut oder sehr schlecht klassifiziert werden. Der Mittelwert der relevanten Parameter könnte sich jedoch eignen als eine Referenz für andere ähnliche Fliessgewässer im Bezirk Schwyz. Zudem half die Untersuchung sich auf die vorkommenden Arten im Bezirk Schwyz zu fokussieren. Defizite zeigten sich besonders am hohen Anteil an unbestockter Fläche wie auch im geringfügigen Gewässerraum. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich allgemein um Schätzwerte und nicht um exakte Daten handelt.

## 5.4 Ausblick

Es hat sich erwiesen, dass keine perfekte Anleitung existiert, um die Uferbestockung ideal an den Klimawandel anzupassen. Aus diesem Grund können sich Versuchsflächen eignen, welche unter Beobachtung stehen, um noch bessere Resultate erzielen zu können und Ideen zu sammeln. Diejenigen Flächen, wo Massnahmen durchgeführt werden, sollten ebenfalls unter Beobachtung stehen. Dies kann wichtige Erkenntnisse bringen zum Beispiel welche Arten sich behaupten können und welche eingehen, ob neue Arten dazu kommen und ob die allgemeine Biodiversität gestiegen ist im Vergleich zu vorher oder zu den herkömmlichen Flächen. Eine genaue Untersuchung darüber, welche Arten die gewünschten Funktionen besser einnehmen, wäre ebenfalls sinnvoll, um die Gehölzarten besser am optimalen Standort einzusetzen.

Für eine nächste Untersuchung könnte es vorteilhaft sein, die Einteilung «Diverses» weniger grob zu klassifizieren oder allenfalls auszulassen. Diese Klasse war mit 5.4 % der durchschnittlichen Deckungsgrade sehr hoch und wies auch einen signifikanten Unterschied zum Mittelwert auf. Es war deshalb schwierig, die vorherrschende Biodiversität der Uferbestockung genau zu analysieren. Mit Biodiversitätsindizes, wie zum Beispiel dem Shannon-Index, wäre es sicherlich möglich, die Artenzusammensetzung von Uferbestockungen noch besser zu bewerten. Hierfür müsste jedoch die Anzahl Individuen und nicht der Deckungsgrad aufgenommen werden. Aufgrund der hohen Quantität könnte es sich aber lohnen, die Artenzusammensetzung nach den Anzahl Individuen an zufällig gewählten Transekten zu bestimmen. Des Weiteren wäre es vorteilhaft, die Bestandesaufnahmen später in der Vegetationsphase zu machen, da das Bestimmen von Gehölzarten, besonders bei *Salix spp.*, schwierig war im laublosen Zustand oder dem sehr frühen Stadium.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es mit den oben genannten Massnahmen sicher möglich ist, eine an den Klimawandel angepasste und funktionserfüllende Uferbestockung im Bezirk Schwyz zu erreichen. Entscheidend hierfür ist sicher die Kollaboration von den verantwortlichen der Uferbestockungspflege wie auch dem Bezirk Schwyz.

## 6 Literaturverzeichnis

- AGRIDEA. (2021). *Hecken – richtig pflanzen und pflegen*. Biodiversitätsförderung.
- Akbari, H. (2009). *Cooling our Communities. A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing*. Lawrence Berkeley National Laboratory.  
<https://escholarship.org/uc/item/98z8p10x>
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream Ecology*. (2. Aufl.). Verlag Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5583-6>
- Amt für Gewässer, Umweltdepartement. (2020). *Handlungsbedarf an den Fließgewässern des Kantons Schwyz*.  
[https://www.sz.ch/public/upload/assets/56584/2021\\_09\\_22\\_Ber\\_strategische%20Planung%20Handlungsbedarf\\_Schlussbericht.pdf?fp=1](https://www.sz.ch/public/upload/assets/56584/2021_09_22_Ber_strategische%20Planung%20Handlungsbedarf_Schlussbericht.pdf?fp=1)
- Atelier für Naturschutz und Umweltfragen UNA. (2021). *Überblick über die Bedeutung der Bestockung von Fließgewässern auf National Prioritäre Arten*. [https://infohabitat.ch/wp-content/uploads/NPA\\_Gewaesser\\_Bericht\\_210528.pdf](https://infohabitat.ch/wp-content/uploads/NPA_Gewaesser_Bericht_210528.pdf)
- Bader, M. K.-F., Leuzinger, S., Keel, S. G., Siegwolf, R. T. W., Hagedorn, F., Schleppei, P., & Körner, C. (2013). Central European hardwood trees in a high-CO<sub>2</sub> future: Synthesis of an 8-year forest canopy CO<sub>2</sub> enrichment project. *Journal of Ecology*. 101(6), 1509–1519.  
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12149>
- Balian, E. V., Segers, H., Lévêque, C., & Martens, K. (2008). The Freshwater Animal Diversity Assessment: An overview of the results. *Hydrobiologia*. 595(1), 627–637.  
<https://doi.org/10.1007/s10750-007-9246-3>
- Baur, B., Erhardt, A., Ewald, K. C., & Freyer, B. (1997). *Ökologischer Ausgleich und Biodiversität*. (1. Aufl.). Verlag Springer Basel AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-0348-5059-9>
- Bergstedt, J. (2011). *Biotopenschutz in der Praxis*. (1. Aufl.). Verlag Wiley-VCH.
- Botero-Acosta, A., Chu, M. L., Guzman, J. A., Starks, P. J., & Moriasi, D. N. (2017). Riparian erosion vulnerability model based on environmental features. *Journal of Environmental Management*. 203, 592–602. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.045>
- Broadmeadow, S. B., Jones, J. G., Langford, T. E. L., Shaw, P. J., & Nisbet, T. R. (2010). The influence of riparian shade on lowland stream water temperatures in southern England and their viability for brown trout. *River Research and Applications*. 27(2), 226–237.  
<https://doi.org/10.1002/rra.1354>



Brosinger, F., & Tretter, S. (2007). Waldbau im Zeichen des Klimawandels. *LWF aktuell*. 60, 21–23.

[https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a60\\_waldbau\\_im\\_zeichen\\_des\\_klimawandels.pdf](https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a60_waldbau_im_zeichen_des_klimawandels.pdf)

Bugmann, H., & Cramer, W. (1997). Improving the behaviour of forest gap models along drought gradients. *Forest ecology and Management*. 103(2), 247–263.

[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00217-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00217-X)

Bundesamt für Umwelt BAFU. (2022a). *Gewässer in der Schweiz*. Nr. 2207.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/gewaesserbericht.html>

Bundesamt für Umwelt BAFU. (2022b). *Anteil der Bestockung entlang der Flüsse*.

<https://map.geo.admin.ch>

Bundesamt für Umwelt BAFU. (2019). *Topographische Einzugsgebiete Schweizer Gewässer*. <https://map.bafu.admin.ch>

Bundesamt für Umwelt BAFU. (2018). *Arealstatistik Schweiz*.

<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/bodennutzung-bedeckung.html>

Bundesamt für Umwelt BAFU. (2017). *Moore*. <https://map.geo.admin.ch>

Bundesamt für Umwelt BAFU. (2000). *Mittlere Abflüsse und Abflussregimetyp für das Gewässernetz der Schweiz*. <https://map.geo.admin.ch>

Bundesamt für Umwelt BAFU. (1998). *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend)*. Nr. 27.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/methoden-fluessgewaesser-oekomorphologie-stufe-f.html>

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. (2005). *Höhenstufen in den verschiedenen Standortsregionen*.

[https://www.gebirgswald.ch/tl\\_files/gebirgswald/de/02\\_NaiS/02A-Standortstypen\\_Bestimmung/01\\_Teile/2A\\_4\\_Hoehenstufen.pdf](https://www.gebirgswald.ch/tl_files/gebirgswald/de/02_NaiS/02A-Standortstypen_Bestimmung/01_Teile/2A_4_Hoehenstufen.pdf)

Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG), vom 1. Juli 1966. SR 451 26. Stand am 1. April 2020.

Caissie, D. (2006). The thermal regime of rivers: A review. *Freshwater Biology*. 51(8), 1389–1406. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01597.x>

- Chu–Agor, M. L., Wilson, G. V., & Fox, G. A. (2008). Numerical Modeling of Bank Instability by Seepage Erosion Undercutting of Layered Streambanks. *Journal of Hydrologic Engineering*. 13(12), 1133–1145. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2008\)13:12\(1133\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2008)13:12(1133))
- Claessens, H., Oosterbaan, A., Savill, P., & Rondeux, J. (2010). A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices. *Forestry*. 83(2), 163–175. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpp038>
- Conners, M. E., & Naiman, R. J. (1984). Particulate Allochthonous Inputs: Relationships with Stream Size in an Undisturbed Watershed. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 41(10), 1473–1484. <https://doi.org/10.1139/f84-181>
- Daly, E. R., Miller, R. B., & Fox, G. A. (2015). Modeling streambank erosion and failure along protected and unprotected composite streambanks. *Advances in Water Resources*. 81, 114–127. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.01.004>
- Delarze, R., Gonseth, Y., Galland, P., Eggenberg, S., & Vust, M. (2008). *Lebensräume der Schweiz: Ökologie – Gefährdung – Kennarten*. (2. Aufl.). Verlag Ott.
- Departement Bau, Verkehr und Umwelt Abteilung Landschaft und Gewässer BVU. (2010). *Merkblatt Ufergehölzpflanze Gepflegte Ufer verhindern Hochwasserschäden und sind wertvoll für die Natur*. Umwelt Aargau. <https://www.ag.ch/media/kanton-aargau/bvu/umwelt-natur/hochwasserschutz-und-gewaesser/gewaesserunterhalt/merkblatt-pflege-uferbestockung.pdf>
- Dingman, S. L. (2002). *Physical hydrology*. (3. Aufl.). Verlag Waveland Press.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.–I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur–Richard, A.–H., Soto, D., Stiassny, M. L. J., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*. 81(02), 163. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL (2006). *Einfluss ufernaher Bestockungen auf das Schwemholzvorkommen in Wildbächen*. [https://www.wsl.ch/fileadmin/user\\_upload/WSL/Ueber\\_die\\_WSL/Forschungseinheiten/Gebirgshydrologie\\_Massenbewegungen/Wildbaeche\\_Massenbewegungen/RickliC2006.pdf](https://www.wsl.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Ueber_die_WSL/Forschungseinheiten/Gebirgshydrologie_Massenbewegungen/Wildbaeche_Massenbewegungen/RickliC2006.pdf)
- Eschenbach, C., & Kappen, L. (1999). Leaf water relations of black alder [ *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.] growing at neighbouring sites with different water regimes. *Trees*. 14(1), 28–38. <https://doi.org/10.1007/s004680050004>

Fatichi, S., Leuzinger, S., & Körner, C. (2014). Moving beyond photosynthesis: From carbon source to sink–driven vegetation modelling. *New Phytologist*. 201(4), 1086–1095.

<https://doi.org/10.1111/nph.12614>

Florineth, F. (2004). *Pflanzen statt Beton: Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik*. (1. Aufl.). Verlag Patzer.

Forman, R. T. T., & Alexander, L. E. (1998). ROADS AND THEIR MAJOR ECOLOGICAL EFFECTS. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29(1), 207–231.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>

Fox, G. A., Sheshukov, A., Cruse, R., Kolar, R. L., Guertault, L., Gesch, K. R., & Dutnell, R. C. (2016). Reservoir Sedimentation and Upstream Sediment Sources: Perspectives and Future Research Needs on Streambank and Gully Erosion. *Environmental Management*. 57(5), 945–955. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0671-9>

Frehner, M., Huber, B., Gubelmann, P., Zürcher–Gasser, N., Zimmermann, N. E., Braun, S., Scherler, M., Zischg, A., Burnand, J., Carraro, G., Bugmann, H., & Psomas, A. (2019). Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». *Forstingenieurbüro Frehner & Chur, Abenis AG*.

<https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000341108>

Gewässerschutzverordnung (GSchV), vom 28. Oktober 1998. SR 814.201. Stand am 1. Juni 2018.

Gregory, S. V., Swanson, F. J., McKee, W. A., & Cummins, K. W. (1991). An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. *BioScience*. 41(8), 540–551. <https://doi.org/10.2307/1311607>

Hacke, U., & Sauter, J. J. (1996). Drought–Induced Xylem Dysfunction in Petioles, Branches, and Roots of *Populus balsamifera* L. and *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. *Plant Physiology*. 111(2), 413–417. <https://doi.org/10.1104/pp.111.2.413>

Hefting, M. M., Clement, J.–C., Bienkowski, P., Dowrick, D., Guenat, C., Butturini, A., Topa, S., Pinay, G., & Verhoeven, J. T. A. (2005). The role of vegetation and litter in the nitrogen dynamics of riparian buffer zones in Europe. *Ecological Engineering*. 24(5), 465–482.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.01.003>

Hickling, R., Roy, D. B., Hill, J. K., Fox, R., & Thomas, C. D. (2006). The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*. 12(3), 450–455. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01116.x>

Hill, A. R. (1996). Nitrate Removal in Stream Riparian Zones. *Journal of Environmental Quality*. 25(4), 743–755. <https://doi.org/10.2134/jeq1996.00472425002500040014x>

Hulme, P. E. (2005). Adapting to climate change: Is there scope for ecological management in the face of a global threat? *Journal of Applied Ecology*. 42(5), 784–794.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01082.x>

Huntley, B. (1993). *Rapid early–Holocene migration and high abundance of hazel (Corylus avellana L.): Alternative hypotheses*. In F. M. Chambers (Hrsg.), *Climate Change and Human Impact on the Landscape*. (1. Aufl.). Verlag Springer Dordrecht. 205–215.

[https://doi.org/10.1007/978-94-010-9176-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-94-010-9176-3_17)

Hupke, K.–D. (2015). *Naturschutz: Ein kritischer Ansatz*. (1. Aufl.). Verlag Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46904-0>

Imhof, A. (1995). Ufergehölze und die Lebensgemeinschaft des Baches. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*. 4(3), 150–158. <https://doi.org/10.14512/gaia.4.3.5>

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report*. [https://epic.awi.de/id/eprint/37530/1/IPCC\\_AR5\\_SYR\\_Final.pdf](https://epic.awi.de/id/eprint/37530/1/IPCC_AR5_SYR_Final.pdf)

Iremonger, S. F., & Kelly, D. L. (1988). The responses of four Irish wetland tree species to raised soil water levels. *New Phytologist*. 109(4), 491–497. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1988.tb03725.x>

Jäggi, M., & Kuster, P. (1991). Einfluss der Vegetation im Gerinne bei extremen Abflussmengen. Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. *Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie ETH Zentrum*. 111–116. Nr. 4.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/ursachenanalyse-hochwasser-1987.html>

Jakob, A. (2010). Temperaturen in Schweizer Fließgewässern. *gwa*. 221–231.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/suche.html#Temperaturen%20in%20Schweizer%20Fließgew%C3%A4sser>

Jeanneret, P., Baumgartner, D., Freiermuth, R., & Gaillard, G. (2009). Methode zur Beurteilung der Wirkung landwirtschaftlicher Aktivitäten auf die Biodiversität für Ökobilanzen (SALCA–Biodiversität). *Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz–Tänikon ART*.

Kanton Schwyz. (2019). *Einlageblatt zu den Merkblättern 'Bäche pflegen und aufwerten' und 'Gewässerpflege in der Praxis'*.

[https://www.sz.ch/public/upload/assets/38564/20190116\\_Einlageblatt%20Schwyz.pdf](https://www.sz.ch/public/upload/assets/38564/20190116_Einlageblatt%20Schwyz.pdf)

Kanton Schwyz. (o. J.). *Schwyz*. Abgerufen 1. Mai 2023, von

<https://www.sz.ch/kanton/bezirke/schwyz.html/72-210-112-106>

Karrenberg, S., Edwards, P. J., & Kollmann, J. (2002). The life history of Salicaceae living in the active zone of floodplains: Salicaceae on flood plains. *Freshwater Biology*. 47(4), 733–748. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00894.x>

Katona, K., Kiss, M., Bleier, N., Székely, J., Nyeste, M., Kovács, V., Terhes, A., Fodor, Á., Olajos, T., Rasztoivits, E., & Szemethy, L. (2013). Ungulate browsing shapes climate change impacts on forest biodiversity in Hungary. *Biodiversity and Conservation*. 22(5), 1167–1180. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0490-8>

Kölling, C. (2007). Bäume für die Zukunft. *LWF aktuell*. 60, 35–37. [https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a60\\_baeume\\_fuer\\_die\\_zukunft.pdf](https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a60_baeume_fuer_die_zukunft.pdf)

Körner, C., & Basler, D. (2010). Phenology Under Global Warming. *Science*. 327(5972), 1461–1462. <https://doi.org/10.1126/science.1186473>

Küchler, M., Küchler, H., & Bedolla, A. (2013). Reaktion des Schweizer Waldes auf Nutzung und Klimawandel: Schlussbericht im Programm „Wald und Klimawandel“. *Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf*. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000290218>

Kurz, P., Machatschek, M., & Iglhauser, B. (2011). *Hecken: Geschichte und Ökologie; Anlage, Erhaltung und Nutzung*. (2. Aufl.). Verlag Leopold Stocker.

Kuusemets, V., Mander, Ü., Löhmus, K., & Ivask, M. (2001). Nitrogen and phosphorus variation in shallow groundwater and assimilation in plants in complex riparian buffer zones. *Water Science and Technology*. 44(11–12), 615–622. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0888>

Lachat, B. (1994). Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques. *DIREN Rhône-Alpes. Minister of the Environment*. <https://www.biotec.ch/fr/Publications/Eau/Guide-de-protection-des-berges-de-cours-d-eau-en-techniques-vegetales.html>

Landolt, E., Bäumler, B., Erhardt, A., Hegg, O., Klötzli, F., Lämmli, W., Nobis, M., Rudmann-Maurer, Schweingruber, F. H., Theurillat, J.-P., Urmi, E., Vust, M., & Wohlgemuth, T. (2010). *Flora indicativa: Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. (2. Aufl.). Verlag Haupt.

Laube, J., Sparks, T. H., Estrella, N., Höfler, J., Ankerst, D. P., & Menzel, A. (2014). Chilling outweighs photoperiod in preventing precocious spring development. *Global Change Biology*. 20(1), 170–182. <https://doi.org/10.1111/gcb.12360>

Lauber, K., Wagner, G., & Gygax, A. (2018). *Flora Helvetica Illustrierte Flora der Schweiz* (6. Aufl.). Verlag Haupt.

- Li, W., Shi, M., Huang, Y., Chen, K., Sun, H., & Chen, J. (2019). Climatic Change Can Influence Species Diversity Patterns and Potenzial Habitats of Salicaceae Plants in China. *Forests*. 10(3), 220. <https://doi.org/10.3390/f10030220>
- Lin, H., Tu, C., Fang, J., Gioli, B., Loubet, B., Gruening, C., Zhou, G., Beringer, J., Huang, J., Dušek, J., Liddell, M., Buysse, P., Shi, P., Song, Q., Han, S., Magliulo, V., Li, Y., & Grace, J. (2020). Forests buffer thermal fluctuation better than non-forests. *Agricultural and Forest Meteorology*. 107994. 288–289. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107994>
- Lischke, H., Guisan, A., Fischlin, A., Williams, J., & Bugmann, H. (1998). Vegetation Responses to Climate Change in the Alps: Modeling Studies. *Environmental Science*. 309–350. <http://www.sysecol2.ethz.ch/pdfs/Li039.pdf>
- Mende, M., & Sieber, P. (2020). Temperaturverlauf in Fliessgewässern. *Sieber & Liechti GmbH; IUB Engineering AG*. [https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/wasser-gewaesser/gewaesserqualitaet/biologie-der-gewaesser/bericht\\_temperaturverlauf\\_in\\_fliessgewaessern.pdf](https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/wasser-gewaesser/gewaesserqualitaet/biologie-der-gewaesser/bericht_temperaturverlauf_in_fliessgewaessern.pdf)
- Michel, A., Brauchli, T., Lehning, M., Schaepli, B., & Huwald, H. (2019). Stream temperature evolution in Switzerland over the last 50 years. *Hydrology and Earth System Sciences*. <https://doi.org/10.5194/hess-2019-366>
- Naiman, R. J., Décamps, H., & McClain, M. E. (2005). *Riparia: Ecology, conservation, and management of streamside communities*. (1. Aufl.). Verlag Elsevier Academic.
- National Centre for Climate Services NCCS. (2018). *Klima szenarien für die Schweiz*. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/broschuere-bestellen.html>
- National Centre for Climate Services NCCS. (2021). *Klimawandel im Kanton Schwyz – Was geschah bisher und was erwartet uns in Zukunft?*. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/regionen/kantone/schwyz.html>
- Niinemets, Ü., & Valladares, F. (2006). TOLERANCE TO SHADE, DROUGHT, AND WATERLOGGING OF TEMPERATE NORTHERN HEMISPHERE TREES AND SHRUBS. *Ecological Monographs*. 76(4), 521–547. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(2006\)076\[0521:TTSDAW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(2006)076[0521:TTSDAW]2.0.CO;2)
- Osborne, L. L., & Kovacic, D. A. (1993). Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *Freshwater Biology*. 29(2), 243–258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1993.tb00761.x>

Reichenberger, S., Bach, M., Skitschak, A., & Frede, H.–G. (2007). Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground– and surface water and their effectiveness, A review. *Science of The Total Environment*. 384(1–3), 1–35.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.046>

Remund, J., Schmutz, M., Graf, P., & Cattin, R. (2020). Downscaling CH2018 Berechnung von Meteo– und Trockenheitsindizes für die Waldforschung. Meteotest AG.

<https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=68001&Load=true>

Ressort Umwelt Bezirk Schwyz. (2022). *Information zum Perimeterverfahren*.

[https://www.bezirk-schwyz.ch/wp-content/uploads/2022/06/Information\\_Perimeterverfahren.pdf](https://www.bezirk-schwyz.ch/wp-content/uploads/2022/06/Information_Perimeterverfahren.pdf)

Rojo, J., Fernández–González, F., Lara, B., Bouso, V., Crespo, G., Hernández–Palacios, G., Rodríguez–Rojo, M. P., Rodríguez–Torres, A., Smith, M., & Pérez–Badia, R. (2021). The effects of climate change on the flowering phenology of alder trees in southwestern Europe.

*Mediterranean Botany*. <https://doi.org/10.5209/mbot.67360>

Roloff, A., & Kniesel, B. (2008). Waldbaumarten und ihre Verwendung im Klimawandel.

*Stiftung Wald in Not*. 42, 97–109.

[https://www.researchgate.net/publication/259192589\\_Waldbaumarten\\_und\\_ihre\\_Verwendung\\_im\\_Klimawandel](https://www.researchgate.net/publication/259192589_Waldbaumarten_und_ihre_Verwendung_im_Klimawandel)

Roy, S., Khasa, D. P., & Greer, C. W. (2007). Combining alders, frankiae, and mycorrhizae for the revegetation and remediation of contaminated ecosystems. *Canadian Journal of Botany*. 85(3), 237–251. <https://doi.org/10.1139/B07–017>

Saher, R., Stephen, H., & Ahmad, S. (2021). Effect of land use change on summertime surface temperature, albedo, and evapotranspiration in Las Vegas Valley. *Urban Climate*.

100966, 39. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100966>

Schwyz Kantonalbank. (2022). *Zahlenspiegel 2022 Der Kanton Schwyz in Zahlen*.

[https://www.sz.ch/public/upload/assets/63029/Zahlenspiegel\\_22.V3.pdf?fp=1](https://www.sz.ch/public/upload/assets/63029/Zahlenspiegel_22.V3.pdf?fp=1)

Seppä, H., Schurgers, G., Miller, P. A., Bjune, A. E., Giesecke, T., Kühl, N., Renssen, H., & Salonen, J. S. (2015). Trees tracking a warmer climate: The Holocene range shift of hazel (*Corylus avellana*) in northern Europe. *The Holocene*. 25(1), 53–63.

<https://doi.org/10.1177/0959683614556377>

SZ Amt für Gewässer. (2004). *Ökomorphologie Fliessgewässer*. <https://map.geo.sz.ch/>

SZ Amt für Geoinformation. (2023). *Bodenbedeckung*. <https://map.geo.sz.ch/>

- Thompson, A. M., Kim, K., & Vandermuss, A. J. (2008). Thermal Characteristics of Stormwater Runoff from Asphalt and Sod Surfaces<sup>1</sup>. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. 44(5), 1325–1336. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2008.00226.x>
- Tinner, W., & Lotter, A. F. (2001). Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. *Geology*. 29(6), 551. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2001\)029<0551:CEVRTA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2001)029<0551:CEVRTA>2.0.CO;2)
- United Nations UN. (2015). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
- United States Department of Agriculture USDA. (2000). *Conservation Buffers to Reduce Pesticide Losses*. <https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/Public/VA/ConservationBuffertoReducePesticideLosses.pdf>
- Vogel, C. S., Curtis, P. S., & Thomas\*, R. B. (1997). Growth and nitrogen accretion of dinitrogen-fixing *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Under elevated carbon dioxide. *Plant Ecology*. 130(1), 63–70. <https://doi.org/10.1023/A:1009783625188>
- Webb, B. W., & Zhang, Y. (1997). Spatial and Seasonal Variability in the Components of the River Heat Budget. *Hydrological Processes*. 11(1), 79–101. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199701\)11:1<79::AID-HYP404>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199701)11:1<79::AID-HYP404>3.0.CO;2-N)
- Weingartner, R., & Aschwanden, H. (1992). Abflussregimes als Grundlage zur Abschätzung von Mittelwerten des Abflusses. *Hydrologischer Atlas der Schweiz*. [https://hydrologischeratlas.ch/downloads/01/content/Tafel\\_52.pdf](https://hydrologischeratlas.ch/downloads/01/content/Tafel_52.pdf)
- Willis, C. G., Ruhfel, B., Primack, R. B., Miller–Rushing, A. J., & Davis, C. C. (2008). Phylogenetic patterns of species loss in Thoreau’s woods are driven by climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 105(44), 17029–17033. <https://doi.org/10.1073/pnas.0806446105>
- Wohlgemuth, T., Brang, P., Bugmann, H., Rigling, A., & Zimmermann, N. E. (2014). Forschung zu Wald und Klimawandel in Mitteleuropa: Eine Werkschau. *Schweizerische Zeitschrift Fur Forstwesen*. 165(2), 27–36. <https://doi.org/10.3188/szf.2014.0027>



Wolkovich, E. M., Cook, B. I., Allen, J. M., Crimmins, T. M., Betancourt, J. L., Travers, S. E., Pau, S., Regetz, J., Davies, T. J., Kraft, N. J. B., Ault, T. R., Bolmgren, K., Mazer, S. J., McCabe, G. J., McGill, B. J., Parmesan, C., Salamin, N., Schwartz, M. D., & Cleland, E. E. (2012). Warming experiments underpredict plant phenological responses to climate change. *Nature*. 485(7399), 494–497. <https://doi.org/10.1038/nature11014>

World Wide Fund for Nature WWF. (2022). *Living Planet Report 2022 – Building a Nature–Positive Society*. [https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022–10/lpr\\_2022\\_full\\_report.pdf](https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022–10/lpr_2022_full_report.pdf)

### **InterviewpartnerInnen**

Blaser Beat (2023). Wuhmeister Mettelbach. [umwelt@bezirk-schwyz.ch](mailto:umwelt@bezirk-schwyz.ch)

Fach-Röllin Heinrich (2023). Besitzer Grundstück–Nr: 351 (Änderenbach). Geokategorie Bodenbedeckung. <https://map.geo.sz.ch/>

Fleischmann Andi (2023). Revierförster Revier 3 (Unteriberg und Oberiberg) (Waagbach). <https://www.sz.ch/verwaltung/umweltdepartement/amt-fuer-wald-und-natur/wald/forstkreise-und-reviere.html/8756-8758-8802-9447-9454-9457-9785>

Gisler Manuela (2023). Besitzerin Grundstück–Nr: 1712 Chlausenbach. Geokategorie Bodenbedeckung. <https://map.geo.sz.ch/>

Kaiser Matthias (2023). Amt für Wald und Natur Chlausenbach. <https://www.sz.ch/verwaltung/umweltdepartement/amt-fuer-wald-und-natur/natur-und-landschaft/beratung.html/8756-8758-8802-9447-9454-9459-10655>

Krienbühl Karl (2023). Besitzer Grundstück–Nr: 290 Änderenbach. Geokategorie Bodenbedeckung. <https://map.geo.sz.ch/>

Lüönd von Rickenbach Josef (2023). Besitzer Grundstück–Nr: 352 Änderenbach. Geokategorie Bodenbedeckung. <https://map.geo.sz.ch/>

Marty Alois (2023) Wuhmeister Nidlaubbach. [umwelt@bezirk-schwyz.ch](mailto:umwelt@bezirk-schwyz.ch)

Mettler Stefan (2023). Wuhmeister Nietenbach. [umwelt@bezirk-schwyz.ch](mailto:umwelt@bezirk-schwyz.ch)

Schmidig Wisel (2023). Wuhpräsident Gründelisbach [umwelt@bezirk-schwyz.ch](mailto:umwelt@bezirk-schwyz.ch)

Ulrich Guido (2023). Wuhmeister Bettbach. [umwelt@bezirk-schwyz.ch](mailto:umwelt@bezirk-schwyz.ch)

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Geographische Lage des Bezirks Schwyz in der gesamten Schweiz .....	2
Abb. 2 Übersicht der erwarteten Änderungen in Extremwerten für die Messstation Einsiedeln für den Zeitraum um 2060 gegenüber der Normperiode 1981–2010 (Annahme: Emissionsszenario RCP8.5). Die erwartete Erhöhung der Schweizer Mitteltemperatur gegenüber der Normperiode 1981–2010 beträgt zu diesem Zeitpunkt 2.6 °C (NCCS, 2021)	9
Abb. 3 Untersuchungsraum Bezirk Schwyz (violett umrandet) mit dem Start-/Endpunkt (rot) der Probenahme der acht Fliessgewässerabschnitte (blau) Nietenbach, Gründelisbach, Chlausenbach, Änderenbach, Nidlaubbach, Waagbach, Bettbach und Mettelbach .....	11
Abb. 5 Aufnahmen vom Fliessgewässerabschnitt Nietenbach (© Pfenninger Damian) .....	12
Abb. 4 Fliessgewässerabschnitt Nietenbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung.....	12
Abb. 6 Fliessgewässerabschnitt Gründelis-bach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung .....	12
Abb. 7 Aufnahmen vom Fliessgewässerabschnitt Gründelisbach (© Pfenninger Damian)....	13
Abb. 8 Fliessgewässerabschnitt Chlausen-bach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung .....	13
Abb. 9 Aufnahmen vom Fliessgewässerabschnitt Chlausenbach (© Pfenninger Damian)....	13
Abb. 10 Fliessgewässerabschnitt Änderen-bach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung .....	14
Abb. 11 Aufnahmen vom Fliessgewässerabschnitt Änderenbach (© Pfenninger Damian)....	14
Abb. 12 Fliessgewässerabschnitt Nidlaub-bach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung	14
Abb. 13 Aufnahmen vom Fliessgewässerabschnitt Nidlaubbach (© Pfenninger Damian).....	15
Abb. 14 Fliessgewässerabschnitt Waagbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung.....	15
Abb. 15 Aufnahmen vom Fliessgewässerabschnitt Waagbach (© Pfenninger Damian).....	15
Abb. 16 Fliessgewässerabschnitt Bettbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung.....	16
Abb. 17 Aufnahmen vom Fliessgewässerabschnitt Bettbach (© Pfenninger Damian).....	16
Abb. 18 Fliessgewässerabschnitt Mettelbach mit Start- und Endpunkt der Untersuchung ...	16
Abb. 19 Aufnahmen vom Fliessgewässerabschnitt Mettelbach (© Pfenninger Damian) .....	17
Abb. 20 Schematische Darstellung mit der Funktion «Messen» der verschiedenen Bodenbedeckungskategorien entlang am Fliess-gewässer Chlausenbach, rot = gemessener Distanz (m) einer Boden-bedeckungskategorie (hier hellblau Hoch- Flachmoor) einer Uferseite (SZ Amt für Geoinformation, 2023).....	20
Abb. 21 Durchschnittlicher Deckungsgrad [%] der Arten aller Fliessgewässerabschnitte inklusive «Diverses» und «Unbestockt», Lücke in der y-Achse ist von 10–40 % .....	22
Abb. 22 Deckungsgrad Anteil [%] der Arten inklusive «Diverses» und «Unbestockt» der Fliessgewässerabschnitte Nietenbach, Gründelisbach, Chlausenbach und Änderenbach, Lücke in der y-Achse ist von 10–40 %.....	23

Abb. 23 Deckungsgrad Anteil [%] der Arten inklusive «Diverses» und «Unbestockt» der Fliessgewässerabschnitte Nidlaubbach, Waagbach, Bettbach und Mettelbach, Lücke in der y-Achse ist von 10–40 % .....	24
Abb. 24 Boxplot vom Deckungsgrad Anteil [%] im Durchschnitt aller Fliessgewässerabschnitte ohne «Unbestockt», schwarze Linie in der Box ist der Median schwarzer Punkt die Ausreisser und rote Linie der durchschnittliche Deckungsgrad aller Fliessgewässerabschnitte von 2.0 % zusammen. Die Box enthält das zweite und dritte Quartil und die Linie das erste und vierte Quartil .....	25
Abb. 25 Modellerte fundamentale Nische der (links) <i>Quercus petraea</i> , (Mitte links) <i>Quercus robur</i> , (Mitte rechts) <i>Tilia cordata</i> und (rechts) <i>Tilia platyphyllos</i> , mit (oben) heute und den Klimaszenarien (Mitte) 1 und (unten) 2 für die Periode 2070–2099. Rot = Sommer zu trocken, blau = Sommer zu kalt, grün = Winter ungeeignet und schwarz = keine Limitierung (Frehner et al., 2019).....	34
Abb. 26 Modellerte fundamentale Nische der (links) <i>Acer pseudoplatanus</i> , (Mitte links) <i>Acer platanoides</i> , (Mitte rechts) <i>Ulmus glabra</i> und (rechts) <i>Fraxinus excelsior</i> , mit (oben) heute und den Klimaszenarien (Mitte) 1 und (unten) 2 für die Periode 2070–2099. Rot = Sommer zu trocken, blau = Sommer zu kalt, grün = Winter ungeeignet und schwarz = keine Limitierung (Frehner et al., 2019) .....	35
Abb. 27 Vegetationshöhenstufen modelliert für 1975 im Bezirk Schwyz (violett umrandet) mit den untersuchten Fliessgewässerabschnitten (blau) .....	36
Abb. 28 Vegetationshöhenstufen modelliert für 2085 mit weniger trockener Klimazukunft im Bezirk Schwyz (violett umrandet) mit den untersuchten Fliessgewässerabschnitten (blau) ..	36
Abb. 29 Vegetationshöhenstufen modelliert für 2085 mit trockener Klimazukunft im Bezirk Schwyz (violett umrandet) mit den untersuchten Fliessgewässerabschnitten (blau).....	37

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Bodenbedeckung für den Bezirk Schwyz [%], Kanton Schwyz [%] und der gesamten Schweiz [%] aufgeteilt in Siedlungsflächen, Landwirtschaftsflächen, bestockte Flächen und unproduktive Flächen (Schwyzer Kantonalbank, 2022), (BAFU, 2018).....	2
Tab. 2 Mittlere Sohlenbreite [m], mittlerer Uferbereich [m], Ist- und Soll-Zustand Gewässerraum und Anteil Ökomorphologie [%] nach den fünf Klassen nach BAFU (1998) der Fliessgewässer (SZ Amt für Gewässer, 2004).....	26
Tab. 3 Interviews zu der Uferbestockungspflege der jeweiligen untersuchten Fliessgewässerabschnitte Nietenbach, Gründelisbach, Chlausenbach und Änderenbach mit den InterviewpartnerInnen über Pflegeart, zeitlich/räumlicher Abstand, Prioritäten, Ziele, geförderte Arten und spezifisch entfernte Arten.....	27
Tab. 4 Interviews zu der Uferbestockungspflege der jeweiligen untersuchten Fliessgewässerabschnitte Nidlaubbach, Waagbach, Bettbach und Mettelbach mit den InterviewpartnerInnen über Pflegeart, zeitlich/räumlicher Abstand, Prioritäten, Ziele, geförderte Arten und spezifisch entfernte Arten.....	28
Tab. 5 Bodenbedeckung CH basierend der auf der Arealstatistik im Einzugsgebiet der Fliessgewässer mit Fläche [km <sup>2</sup> ], Siedlungsflächen [%], Landwirtschaftsflächen [%], bestockte Flächen [%] und unproduktive Flächen [%] der Fliessgewässer (BAFU, 2019).....	29
Tab. 6 An die Uferbestockung angrenzende Bodenbedeckung aller Fliessgewässerabschnitte im Verhältnis zur Gesamtlänge mit Hochmoor-Flachmoor [%], Acker, Wiese, Weide [%], Gartenanlage [%], übrige befestigte Fläche [%], übrige bestockte Fläche [%] und geschlossener Wald [%] (SZ Amt für Geoinformation, 2023) .....	29
Tab. 7 Indikatoren der verschiedenen Gehölzarten mit Höhenstufe/Variation, Feuchtigkeit/Variation, Nährstoffbereich/Variation mit jeweils «I» kleine Variation und «II» grosse Variation und Veränderungstendenz über die letzten fünf Jahrzehnte (Landolt et al., 2010).....	38
Tab. 8 Bewertung pro Fliessgewässerabschnitt mit jeweils deren Anteilen an <i>Salix spp.</i> , <i>Alnus spp.</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Rubus sp.</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , Unbestockt; für die Bewertung galt ✓✓ als «sehr gut», ✓ als «gut», O als «genügend», ✗ als «ungenügend» und ✗✗ als «unbefriedigend» .....	43

## Anhangsverzeichnis

- Anhang A: Bewertung der Fließgewässerabschnitte
- Anhang B: Erhobene Daten der Artenzusammensetzung
- Anhang C: Gesamtbewertung der Baumarten
- Anhang D: Indikatoren Gehölzarten mit Legende
- Anhang E: Höhenstufen der Alpen
- Anhang F: Interviews Uferbestockungspflege
- Anhang G: R-Code
- Anhang H: Poster

### Anhang A: Bewertung der Fließgewässerabschnitte

Für die Arten inklusive unbestockt galt der Deckungsgrad in [%]

Parameter	<i>Salix</i> <i>spp.</i> [%]	<i>Alnus</i> <i>spp.</i> [%]	<i>Corylus</i> <i>avellana</i> [%]	<i>Acer pseudo-</i> <i>platanus</i> [%]	<i>Rubus</i> <i>sp.</i> [%]	<i>Fraxinus</i> <i>excelsior</i> [%]	Un- bestockt [%]
Fließgewässer							
Nietenbach	4.0	0.2	6.4	3.4	4.7	0	70.8
Gründelisbach	24.7	0.8	3.5	1.3	18	1.6	42.0
Chlausenbach	5.9	10.3	9.0	1.6	0.2	4.4	54.9
Änderenbach	7.9	2.4	5.4	2.9	0	3.0	75.5
Nidlaubach	15.0	15.9	1.0	5.3	0	2.9	51.1
Waagbach	11.5	5.1	1.3	5.6	0	4.9	63.5
Bettbach	4.8	2.2	11.2	9.5	0	4.7	50.7
Mettelbach	5.9	3.8	8.2	13.0	0	3.4	53.0
Mittelwert	10.0	5.1	5.7	5.3	2.9	3.1	57.7

## Anhang B: Erhobene Daten der Artenzusammensetzung

Deckungsgrade [%] der untersuchten Arten inklusive unbestockt pro Fließgewässerabschnitt und Durchschnitt

Fließgewässer	Nietenbach	Gründelbach	Chlausenbach	Nidlaubbach	Waagbach	Änderenbach	Bettbach	Mettelbach	Durchschnitt
Art	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
<i>Salix viminalis</i>	0.6	0.2	0.4	0.7	1.4	2.7	0.5	0.0	0.8
<i>Salix purpurea</i>	0.7	4.9	0.9	2.2	1.5	0.0	0.0	0.0	1.3
<i>Salix daphnoides</i>	0.0	0.0	0.0	1.7	0.1	0.4	0.1	0.2	0.3
<i>Salix triandra</i>	0.0	0.2	0.2	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Salix alba</i>	0.6	6.2	2.0	6.5	2.4	2.1	0.7	0.4	2.6
<i>Salix x fragilis</i>	0.9	2.0	0.8	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5
<i>Salix cinerea</i>	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
<i>Salix caprea</i>	1.1	10.9	1.5	3.9	5.1	2.5	3.5	5.3	4.2
<i>Alnus glutinosa</i>	0.1	0.0	1.9	0.5	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3
<i>Alnus incana</i>	0.1	0.8	8.4	15.4	5.1	2.4	2.0	3.8	4.8
<i>Betula pendula</i>	0.0	0.4	0.1	0.0	1.1	0.0	0.0	0.1	0.2
<i>Corylus avellana</i>	6.4	3.5	9.0	1.0	1.3	5.4	11.2	8.2	5.7
<i>Acer campestre</i>	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.4

<i>Acer pseudo-platanus</i>	3.4	1.3	1.6	5.3	5.6	2.9	9.5	13.0	5.3
<i>Cornus sanguinea</i>	2.2	1.0	3.1	0.0	0.4	0.1	2.8	0.0	1.2
<i>Rubus sp.</i>	4.7	18.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
<i>Fraxinus excelsior</i>	0.0	1.6	4.4	2.9	4.9	3.0	4.7	3.4	3.1
<i>Ulmus glabra</i>	1.0	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.5
<i>Acer platanoides</i>	1.1	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.6
<i>Picea abies</i>	0.5	0.0	1.7	0.9	4.1	1.1	2.1	4.5	1.8
Diverses	4.8	5.0	8.1	7.9	2.4	1.7	5.0	8.1	5.4
Unbestockt	70.8	42.0	54.9	51.1	63.5	75.5	50.7	53.0	57.7
Heckenstruktur									
Niederhecke	24.3	19.7	9.3	4.7	6.9	11.3	13.2	18.4	13.5
Hochhecke	53.3	71.8	59.6	86.0	84.2	87.3	73.6	61.8	72.2
Baumhecke	22.4	8.5	31.1	9.3	8.9	1.4	13.2	19.7	14.3

## Anhang C: Gesamtbewertung der Baumarten

Gesamtbewertung der Baumarten für ihre Verwendung auf nassen bis sehr trockenen Standorten unter dem Aspekt des Klimawandels. Die Noten entstehen zunächst aus der grundsätzlichen Eignung für Standorte unterschiedlicher Wasserversorgung, hinter welcher sich die Trockenresistenz verbirgt. Hierbei gilt: 1 – sehr gut geeignet, 2 – gut geeignet, 3 – bedingt geeignet, 4 – ungeeignet. Bei Baumarten, die in ihrer Frostresistenz eingeschränkt sind, wurde die Gesamtbewertung dementsprechend eine Stufe schlechter eingeschätzt (\*) (Roloff & Kniesel, 2008)

Art	nass bis sehr frisch	ziemlich frisch bis frisch	mäßig frisch bis m. trocken	trocken bis sehr trocken
<i>Abies alba</i> Weiß-Tanne*	4	2	2	4
<i>Abies grandis</i> Küsten-Tanne*	4	2	2	2
<i>Acer campestre</i> Feld-Ahorn	4	2	1	1
<i>Acer platanoides</i> Spitz-Ahorn	4	2	1	1
<i>Acer pseudoplatanus</i> Berg-Ahorn	3	1	1	2
<i>Alnus glutinosa</i> Schwarz-Erle	1	2	4	4
<i>Alnus incana</i> Grau-Erle	1	2	2	3
<i>Betula pendula</i> Sand-Birke	3	1	1	1
<i>Betula pubescens</i> Moor-Birke	1	2	2	3
<i>Buxus sempervirens</i> Gem. Eibe	4	3	2	2
<i>Carpinus betulus</i> Hainbuche	4	2	1	1
<i>Castanea sativa</i> Edel-Kastanie*	4	4	2	2
<i>Fagus sylvatica</i> Rot-Buche*	4	2	2	3
<i>Fraxinus excelsior</i> Gem. Esche*	2	2	2	3
<i>Fraxinus ornus</i> Blumen-Esche*	4	3	2	2
<i>Ilex aquifolium</i> Stechpalme*	4	3	2	3
<i>Juglans regia</i> Gemeine Walnuss*	4	2	2	2
<i>Larix decidua</i> Europ. Lärche	4	2	1	2
<i>Malus sylvestris</i> Wild-Apfel*	4	3	2	2
<i>Picea abies</i> Gem. Fichte	4	2	3	4
<i>Pinus cembra</i> Zirbel-Kiefer	4	2	1	3
<i>Pinus nigra</i> Schwarz-Kiefer	4	3	1	1
<i>Pinus strobus</i> Weymouths-Kiefer	4	2	2	1
<i>Pinus sylvestris</i> Wald-Kiefer	3	2	1	1
<i>Populus nigra</i> Schwarz-Pappel	1	1	2	4
<i>Populus tremula</i> Zitter-Pappel	3	1	1	1
<i>Prunus avium</i> Vogel-Kirsche	4	3	2	1
<i>Prunus padus</i> Trauben-Kirsche	1	1	1	3
<i>Pseudotsuga menziesii</i> Douglasie	4	2	2	3
<i>Pyrus pyraister</i> Wild-Birne*	4	3	2	2
<i>Quercus cerris</i> Zerr-Eiche*	4	4	2	2
<i>Quercus petraea</i> Trauben-Eiche	3	1	1	1
<i>Quercus pubescens</i> Flaum-Eiche*	4	3	2	2
<i>Quercus robur</i> Stiel-Eiche	2	1	2	2
<i>Quercus rubra</i> Rot-Eiche	4	1	1	2
<i>Robinia pseudoacacia</i> Robinie	4	2	1	1
<i>Salix alba</i> Silber-Weide	1	1	3	4
<i>Sorbus aria</i> Mehlbeere	4	3	1	1
<i>Sorbus aucuparia</i> Eberesche	1	1	1	2
<i>Sorbus domestica</i> Speierling	4	2	1	1
<i>Sorbus torminalis</i> Elsbeere	4	2	1	1
<i>Taxus baccata</i> Gem. Eibe	4	3	1	2
<i>Tilia cordata</i> Winter-Linde	3	1	1	1
<i>Tilia platyphyllos</i> Sommer-Linde	3	1	1	2
<i>Ulmus glabra</i> Berg-Ulme	4	1	2	2
<i>Ulmus laevis</i> Flatter-Ulme	2	2	2	3
<i>Ulmus minor</i> Feld-Ulme	2	2	2	3



## Anhang D: Indikatoren Gehölzarten mit Legende

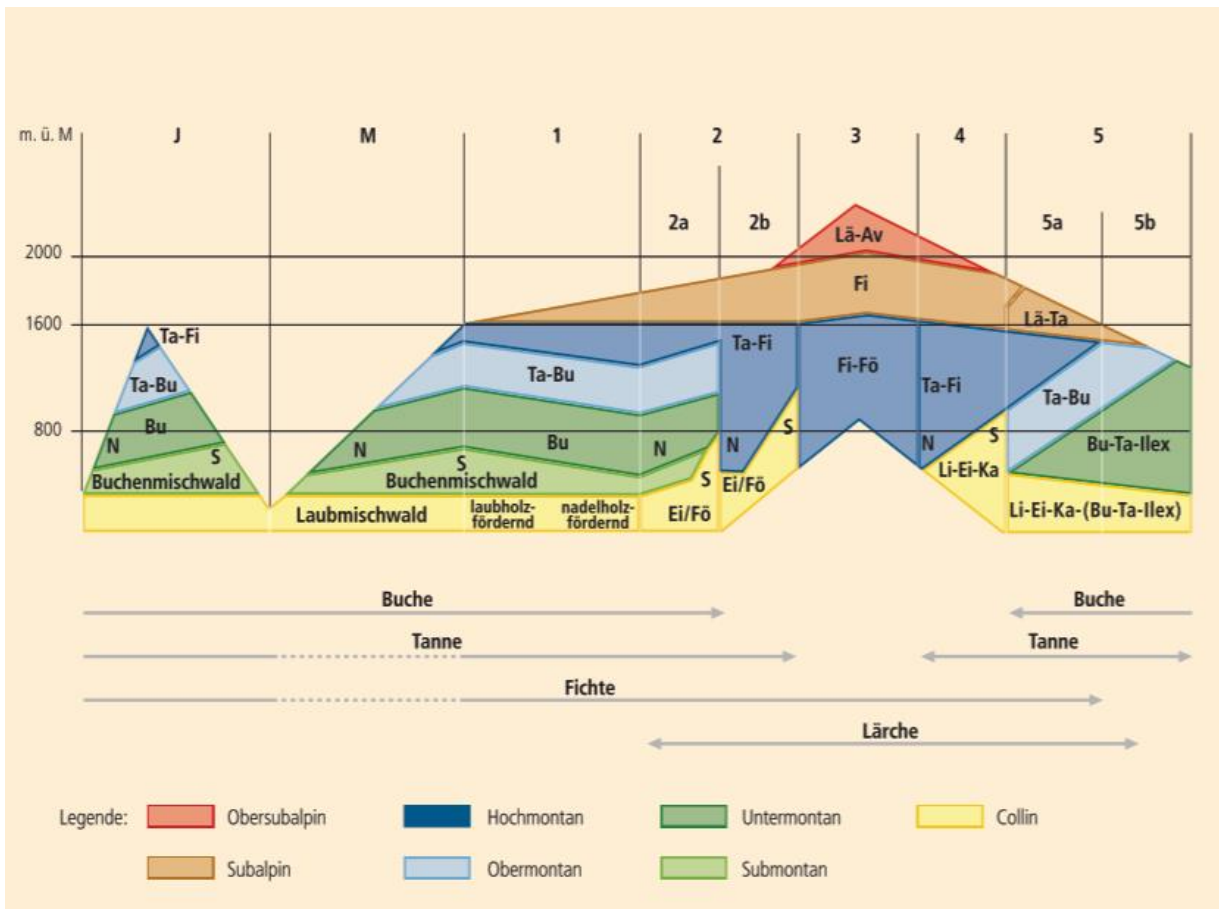
Indikatoren verschiedener Gehölzarten mit Höhenstufe/Variation, Feuchtigkeit/Variation, Nährstoffbereich/Variation mit jeweils «I» kleine Variation und «II» grosse Variation und Veränderungstendens über die letzten fünf Jahrzent (Landolt et al., 2010).

Art	Höhenstufe/ Variation	Feuchtigkeit/ Variation	Nährstoffbereich/ Variation	Veränderungs- tendenz
<i>Cornus mas</i>	warm-collin/I	frisch/I	mässig/I	=
<i>Crataegus laevigata</i>	unter-montan & ober-collin/I	feucht/I	mässig/I	=
<i>Fagus sylvatica</i>	unter-montan & ober-collin/II	mässig feucht/I	mässig/I	=
<i>Frangula alnus</i>	unter-montan & ober-collin/I	feucht/II	nährstoffarm/I	=
<i>Populus alba</i>	warm-collin/I	feucht/II	nährstoffreich/I	=
<i>Populus tremula</i>	montan/II	mässig feucht/II	mässig/I	=
<i>Prunus padus</i>	collin/I	feucht/I	mässig/II	=
<i>Prunus spinosa</i>	unter-montan & ober-collin/I	frisch/I	mässig/I	=
<i>Quercus petraea</i>	collin/I	mässig trocken/I	nährstoffarm/I	=
<i>Quercus robur</i>	collin/I	feucht/I	mässig/I	=
<i>Quercus rubra</i>	warm-collin/I	mässig feucht/I	mässig/I	=
<i>Ribes rubrum</i>	unter-montan & ober-collin/I	feucht/I	nährstoffreich/I	=
<i>Robinia pseudoacacia</i>	warm-collin/I	frisch/I	nährstoffreich/II	<
<i>Rosa canina</i>	montan/I	frisch/I	mässig/II	=
<i>Sambucus nigra</i>	unter-montan & ober-collin/II	feucht/I	nährstoffreich/I	<
<i>Sambucus racemosa</i>	unter-subalpin & ober-montan/I	mässig feucht/I	nährstoffreich/I	=
<i>Sorbus aria</i>	unter-montan & ober-collin/II	mässig trocken/I	nährstoffarm/I	=
<i>Sorbus aucuparia</i>	montan/II	mässig feucht/I	mässig/I	=
<i>Tilia cordata</i>	collin/I	frisch/I	nährstoffarm/I	=
<i>Tilia platyphyllos</i>	collin/I	mässig feucht/I	mässig/I	=
<i>Viburnum lantana</i>	unter-montan & ober-collin/II	mässig trocken/I	nährstoffarm/I	=
<i>Viburnum opulus</i>	unter-montan & ober-collin/I	feucht/I	mässig/I	=

Legende der Indikatoren mit Variation, Höhenstufe, Nährstoffbereich, Veränderungstendenz und Feuchtigkeit (Landolt et al., 2010)

<b>Variation</b>		<b>Veränderungstendenz</b>	
Klasse	Beschreibung	Klasse	Beschreibung
x	gleichgültig	>	Abundanz abnehmend
I	kleine Variation	=	Abundanz gleichbleibend
II	grosse Variation	<	Abundanz zunehmend
<b>Höhenstufe</b>		<b>Feuchtigkeit</b>	
Klasse	Beschreibung	Klasse	Beschreibung
1	alpin und nival	1	sehr trocken
1.5	unter-alpin, suprasubalpin und ober-subalpin	1.5	trocken
2	subalpin	2	mässig trocken
2.5	unter-subalpin und ober-montan	2.5	frisch
3	montan	3	mässig feucht
3.5	unter-montan und ober-collin	3.5	feucht
4	collin	4	sehr feucht
4.5	warm-collin	4.5	nass
5	sehr warm-collin	5	überschwemmt, bzw. unter Wasser
<b>Nährstoffbereich</b>			
Klasse	Beschreibung		
1	sehr nährstoffarm		
2	nährstoffarm		
3	mässig nährstoffarm bis mässig nährstoffreich		
4	nährstoffreich		
5	sehr nährstoffreich bis überdüngt		

## Anhang E: Höhenstufen Alpen



Höhenstufen der Alpen mit den Standortregionen (Quelle Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (2005))

- J → Jura
- M → Mittelland
- 1 → Nördliche Randalpen
- 2a → Nördliche Zwischenalpen mit Buchen
- 2b → Nördliche Zwischenalpen ohne Buchen
- 3 → Kontinentale Hochalpen
- 4 → Südliche Zwischenalpen
- 5a → Südliche Randalpen mit Fichte
- 5b → Südliche Randalpen ohne Fichte

Der Bezirk Schwyz befindet sich hierbei ausschliesslich in den nördlichen Randalpen (1).

## Anhang F: Interviews Uferbestockungspflege

InterviewpartnerIn Nietenbach: Mettler Stefan Wuhrmeister (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

Wir betreiben keine jährliche Uferbestockungspflege

Der generelle Unterhalt beschränkt sich auf das Ausholzen

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

Jeder Abschnitt wird alle 5–7 Jahre, +/- einen Meter ab Bachlauf, ausgeholzt

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Keine Stämme im Bachlauf mit Durchmesser > 15 cm

Leere Kiessammler, die Kapazitäten als Rückhaltebecken sind zu erhalten

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

Das keine Hochstämme wurzeln und im generellen die Verwurzelung von Büschen nicht die Leitwerke und dergleichen angreift

Bei Bachböschungen wird hingegen die Verwurzelung von einheimischem Gehölz gefördert

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

nein, jegliche Art von Gehölz, ausser Neophyten, ist willkommen.

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

Neophyten, im speziellen der japanische Knöterich, seine Ausbreitung kann derzeit ohne Einsatz von Gift nicht gestoppt werden, und er verdrängt flächendeckend die einheimische Artenvielfalt.

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Nein.

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

In naher Zukunft wird der Unterhalt durch den Bezirk geregelt.

InterviewpartnerIn Gründelisbach: Schmidig Wisel Wuhrpräsident (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

Vereinzelt auf Stock setzten, zwischendurch stehen lassen, auslichten

Wasserlauf freihalten (Grosse instabile Bäume entfernen)

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

Jedes Jahr etwas, nicht alles miteinander

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Hochwasserschutz

Früher einfach Kahlschlag, heute gezielter etwas stehen lassen

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

Mischen ist wichtig, vielseitig

Weidenarten erwünscht

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

Neophyten entfernen

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Schutz vor Kulturland

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

Es ist ein Anliegen das Know-how nicht zu verlieren in Zukunft ohne Wuhr

Problem: Zu viel abgeholzt → neu Bestockung mit Weiden → Flieder mitgebracht

InterviewpartnerIn Chlausenbach: Gisler Manuela Besitzerin Grundstück–Nr: 1712 (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

---

Schneiden der Bäume und Sträucher, allfällige Pflanzen des Bachbetts entfernen.

---

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

---

Frühling und Herbst

---

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

---

Keine Pflanzen in Bachbeet, bzw. keine Stauung des Wassers.

---

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

---

Optik, Lebensraum für Tiere. Kein Hochwasser.

---

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

---

Nein.

---

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

---

Da wir keine Giftigen hier haben, ist dies nicht nötig.

---

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

---

Nein, ich habe keinen emotionalen Wert. Tradition ist es in gewisser Weise schon, da dass Grundstück, dass am Bach grenzt. über über 60 Jahren in Familienbesitz ist.

---

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

---

Nein

---

---

InterviewpartnerIn Chlausenbach: Kaiser Matthias Amt für Wald und Natur (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

Die Abteilung Natur und Landschaft ist normalerweise nicht selber in die Pflege involviert. Bei der Pflege durch Dritte werden jedoch Auflagen gemacht. Es wird darauf geachtet, dass es keinen Kahlschlag gibt und abschnittsweise gepflegt wird. Das Schnittgut kann teilweise für die Erstellung von Kleinstrukturen verwendet werden.

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

Dies hängt im Wesentlichen davon ab, welche Ziele beim betroffenen Gewässerabschnitt verfolgt werden und wie die Artenzusammensetzung in der Uferbestockung aussieht.

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Bei den Gewässern in den Schutzgebieten ist es oft so, dass das Schadenspotenzial gering ist. Somit kann bei der Pflege vor allem auf die Schutzziele aus Sicht Natur und Landschaft geachtet werden.

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

Je nach Abschnitt und Naturschutzgebiet können sich die Ziele unterscheiden. Mögliche Ziele sind die Förderung gewisser Zielarten oder die Erhaltung der schutzziieldienlichen Bewirtschaftung der angrenzenden Flächen.

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

Grundsätzlich sollen einheimische und standortgerechte Gehölze gefördert werden.

Je nach Ziel können auch gewisse Vegetationsformen gefördert werden.

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

Neophyten sollen spezifisch entfernt werden.

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Die traditionelle Pflege kann im Hinblick auf den Landschaftsschutz durchaus eine wichtige Bedeutung haben.

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

Teilweise kann es eine Herausforderung sein, den richtigen Zeitpunkt für die Pflege zu finden. Aus Sicht Naturschutz ist es günstig den Unterhalt ausserhalb der Vegetationszeit, also zwischen November und März zu machen. Hier kann es zu Konflikten mit anderen Interessen kommen.

InterviewpartnerIn Änderenbach: Fach-Röllin Heinrich Besitzer Grundstück-Nr: 351 (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

Teilweise schneiden auf Stock, seitlich zurückschneiden, Sträucher/Bäume ausforsten

Darin enthaltene grössere Bäume gelegentlich entfernen

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

Sträucher ausforsten und teilw. Auf Stock setzen alle 5–8 Jahre

grössere Bäume ca. alle 10 Jahre

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Dass ständiger Bewuchs vorhanden ist, wegen Ufersicherung. Umgefallene Bäume sofort entziehen wegen Staugefahr / Hochwassergefahr, Keine überalterte, brüchige Bäume zu haben. Dass Sträucher nicht zu weit ins Land ragen, seitlich einkürzen

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

Verjüngung vom Bestand. Kein Totholz. Keine Sträucher auf dem Land. Keine umgeknickten Sträucher/Bäume. Brennholzernte

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

Esche, Ahorn, Fichte, Holunder

Als Zukunftsbäume deklarieren und stehen lassen, bis sie gross sind. Diese eignen sich hervorragend für die Böschungsstabilisierung

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

Nein, ausser wenn plötzlich vorhanden Neophyten wie Liguster, Lorbeer

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Nein, es gehört halt einfach dazu, wenn man nicht will, dass die Sträucher/Bäume auf Land wuchern und den Bach nicht stauen.

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

Wann wird unsere Arbeit, den Bach, die Böschung und die Bestockung zu pflegen und zu unterhalten endliche entschädigt? Wer vom Bezirk arbeitet gratis und duldet zum Dank die Fischer auf dem privaten Grundstück



InterviewpartnerIn Änderenbach: Krienbühl Karl Besitzer Grundstück–Nr: 290 (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

Eigentlich keine besonderen.

---

---

---

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

In den letzten 30 Jahren keine.

---

---

---

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Primär ist die Bepflanzung als Hochwasserschutz.

---

---

---

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

keine besonderen

---

---

---

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

keine

---

---

---

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

keine

---

---

---

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Früher als Lieferant für Brennmaterial. Reisigbüschel etc.

---

---

---

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

Meine Tante erlitt vor rund 20 Jahren einen Schlaganfall und ist seitdem im Pflegeheim. Die

Liegenschaft wird nicht mehr spezifisch bewirtschaftet. Das angrenzende Wiesland wurde an einen ortsansässigen Landwirt verpachtet.

---

---

---

InterviewpartnerIn Änderenbach: Lüönd von Rickenbach Josef Besitzer Grundstück-Nr: 352  
(2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

Die groben Sträucher werden mit der Motorsäge zurückgeschnitten. Am Bach entlang wird 2–3  
Mal im Jahr, das Bachufer mit der Motorsense gemäht, wegen den Dornen.

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

Alle 3 Monate.

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Damit mir kein Land weggespült wird, schaue ich, dass der Wurzelstock erhalten bleibt. Kommt es  
zum Landverlust wird mit Steinen gearbeitet. Schwierig ist im Rutschgebiet eine Stabilität hinzube-  
kommen.

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

Weniger Dornen und Unkräuter in der Wiese, da wir Weidebewirtschaftung haben. Hochwasser-  
schutz.

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

Nein.

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

Ja, Neophyten.

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Es ist ein notwendiges Übel.

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

Am Bach entlang habe ich keinen Wald. Die Offenhaltung der Wiesen und Weiden wird immer  
schwieriger werden, weil die Politik uns mit ökologischen Vorschriften gängelt.

InterviewpartnerIn Nidlaubbach: Marty Alois Wuhrmeister (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

Ausholzen, eine Seite Schneise schlagen

---

Mit Förster besprechen

---

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

Ca. alle 5–6 Jahre (seit Renaturierung eventuell schneller)

---

einige 100 m auslichten

---

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Zuwachs verhindern, Zugang gewährleisten

---

Heikle Bäume erkennen und fällen (Auswaschungen → Verklausungen)

---

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

Grössere Toleranz im renaturieren Bereich

---

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

Nach Angaben Förster, einheimische, Schwarzdorn

---

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

Neophyten

---

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Nicht spezifisch, eher ein müssen da sonst Schäden entstehen können

---

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

---

---

---

## InterviewpartnerIn Waagbach: Fleischmann Andi Revierförster (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

Meistens werden etappenweise die Uferböschungen bis auf ein paar einzelne Sträucher und Bäume geräumt. Die Bestockung besteht meistens aus ausschlagfreudigen Sträuchern die schnell wieder Stockausschläge bilden und somit das Wurzelwerk am Leben bleibt und die Bäume Sträucher nicht allzu gross werden (Verklaungen)

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

Der Eingriffsturnus beträgt je nach Bestockungsarten und Wüchsigkeit 10–20 Jahre

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Schweres Gehölz (für Bachböschungen, das heisst zirka über 12cm BHD) muss aus dem Gewässerraum entfernt werden wegen der Verklauungsgefahr. Wichtig wäre trotz Pflegeeingriff eine dauernd grüne Bestockung. (Ist nicht immer einfach). Ökologisch ist es wichtig, dass die Bachböschungen nicht auf zu weiten Strecken geräumt werden (Vogelwelt, Biodiversität) Also lieber nicht zu starke Eingriffe. Die Uferzone, Randzone der Gewässerzone soll mit kleineren Sträuchern dauernd bestockt sein. Dies ergibt Deckung/Schatten für Fische und andere Wasserlebewesen.

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

Mit der Pflege soll einerseits der Hochwasserschutz verbessert werden (Bestockung unterirdisch).

Andererseits sollen die Artenvielfalt und die ökologischen Aspekte gefördert werden.

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

Ja. Zum Beispiel werden gewisse Weidenarten speziell gefördert. Oder Allgemein seltene Arten (falls möglich, ökologische Aufwertungen). Primär sind Baum und Straucharten am meisten beliebt die wenig Zuwachs generieren (oberirdisch) breit und vital bestockt sind (unterirdisch) und sehr ausschlagfreudig (ertragen die Pflege, den Rückschnitt gut) sind.

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

Entfernt nicht, aber eher reduziert. Reduziert wird zum Beispiel die Fichte. Als Flachwurzler erfüllt sie eine sehr wichtige Funktion in der Bachböschung nicht. Da die Fichte sehr oberflächlich wurzelt ergibt es dadurch keine genügende Entwässerung und Stabilisierung der Böschung.

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Ja und Nein. Eine regelmässige Pflege ermöglicht einen hohen Ökologischen und funktionellen Wert. Bäume werden grösser und werfen Schatten, Lichtbaum–Straucharten und die Bodenbegrünung gehen somit ohne Pflege verloren. Das heisst die Pflege der Bachböschungen betrachte ich als sehr wichtig. Und zwar hinsichtlich Ökologie und Hochwasserschutztechnisch

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

Für Ergänzungen stehe ich gerne, am besten per Telefon, zur Verfügung.

InterviewpartnerIn Bettbach: Ulrich Guido Wuhrmeister (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

Umgeknickte Bäume und Neophyten wegräumen

Überhängende Sträucher schneiden

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

Halbjährlich und jährlich

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Eine gute Verbauung im oberen Bereich der Bäche (Einzugsgebiet)

Baumstämme und Wurzelstöcke aus dem Bachlauf entfernen

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

Keine Verstopfungen und Wasserstauungen an Engpässen oder einfach gesagt ein guter Wasserlauf

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

Gehölzarten werden nur bei neu Verbauungen gefördert, für einen schnellen Uferbewuchs.

Zum Beispiel mit Erlen und Weiden Setzlingen

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

Nein bei uns wird keine spezifische Holzart entfernt ausser Neophyten

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Nein

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

Nein

InterviewpartnerIn Mettelbach: Blaser Beat Wuhrmeister (2023)

Welche Art von Pflege wenden Sie an?

keine

---

---

---

In welchen zeitlichen, räumlichen Abständen wird die Pflege ausgeführt?

keine

---

---

---

Was ist Ihnen besonders wichtig? Wo sehen Sie die Prioritäten (z.B. Hochwasserschutz)?

Kies und Geröll rausnehmen

---

---

---

Was soll mit der Pflege erreicht werden? Ziele?

Überschwemmung verhindern

---

---

---

Werden gewisse Gehölzarten gefördert? Wenn ja, welche und wie?

Nein

---

---

---

Werden gewisse Gehölzarten spezifisch entfernt? Wenn ja, welche und weshalb?

nein

---

---

---

Hat die Pflege für Sie einen emotionalen Wert oder Bedeutung (z.B. Tradition)?

Nein

---

---

---

Gibt es noch etwas, dass Sie gerne noch hinzufügen möchten?

Nein

---

---

---

## Anhang G: R-Code

```
colMeans(data)
```

salix.viminalis	salix.purpurea	salix.daphnoides	salix.triandra
0.8125	1.2750	0.3125	0.1750
salix.alba	salix.x.fragilis	salix.cinerea	salix.caprea
2.6125	0.4875	0.0625	4.2250
Alnus.glutinosa	Alnus.incana	Betula.pendula	Corylus.avellana
0.3375	4.7500	0.2125	5.7500
Acer.campestre	Acer.pseudoplatanus	Cornus.sanguinea	Rubus.sp.
0.3750	5.3250	1.2000	2.8375
Fraxinus.excelsior	Ulmus.glabra	Acer.platanoides	Picea.abies
3.1125	0.5125	0.6500	1.8625
Diverses			
5.3750			

```
mean(colMeans(data))
```

```
#mean=2.0125
```

```
##Welche Art hat, einen signifikant höheren Deckungsgrad als der Durchschnitt?
```

```
##Alle > mean, p = 0.05
```

```
t.test(data$Salix.alba, mu=mean, alternative ="greater")
```

```
#p-value = 0.2536 —> Kein signifikanter Unterschied
```

```
t.test(data$Salix.caprea, mu=mean, alternative ="greater")
```

```
#p-value = 0.04165 —> Signifikanter Unterschied
```

```
t.test(data$Alnus.incana, mu=mean, alternative ="greater")
```

```
#p-value = 0.08432 —> Kein signifikanter Unterschied
```

```
t.test(data$Corylus.avellana, mu=mean, alternative ="greater")
```

```
#p-value = 0.01181 —> Signifikanter Unterschied
```

```
t.test(data$Acer.pseudoplatanus, mu=mean, alternative ="greater")
```

```
#p-value = 0.02746 —> Signifikanter Unterschied
```

```
t.test(data$Rubus.sp., mu=mean, alternative ="greater")
```

```
#p-value = 0.3619 —> Kein signifikanter Unterschied
```

```
t.test(data$Fraxinus.excelsior, mu=mean, alternative ="greater")
```

```
#p-value = 0.05225 —> Kein signifikanter Unterschied
```

```
t.test(data$Diverses, mu=mean, alternative ="greater")
```

```
#p-value = 0.003424 —> Signifikanter Unterschied
```

# An den Klimawandel angepasste und funktionserfüllende Uferbestockung im Bezirk Schwyz

**Damian Pfenninger**

ZHAW Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften

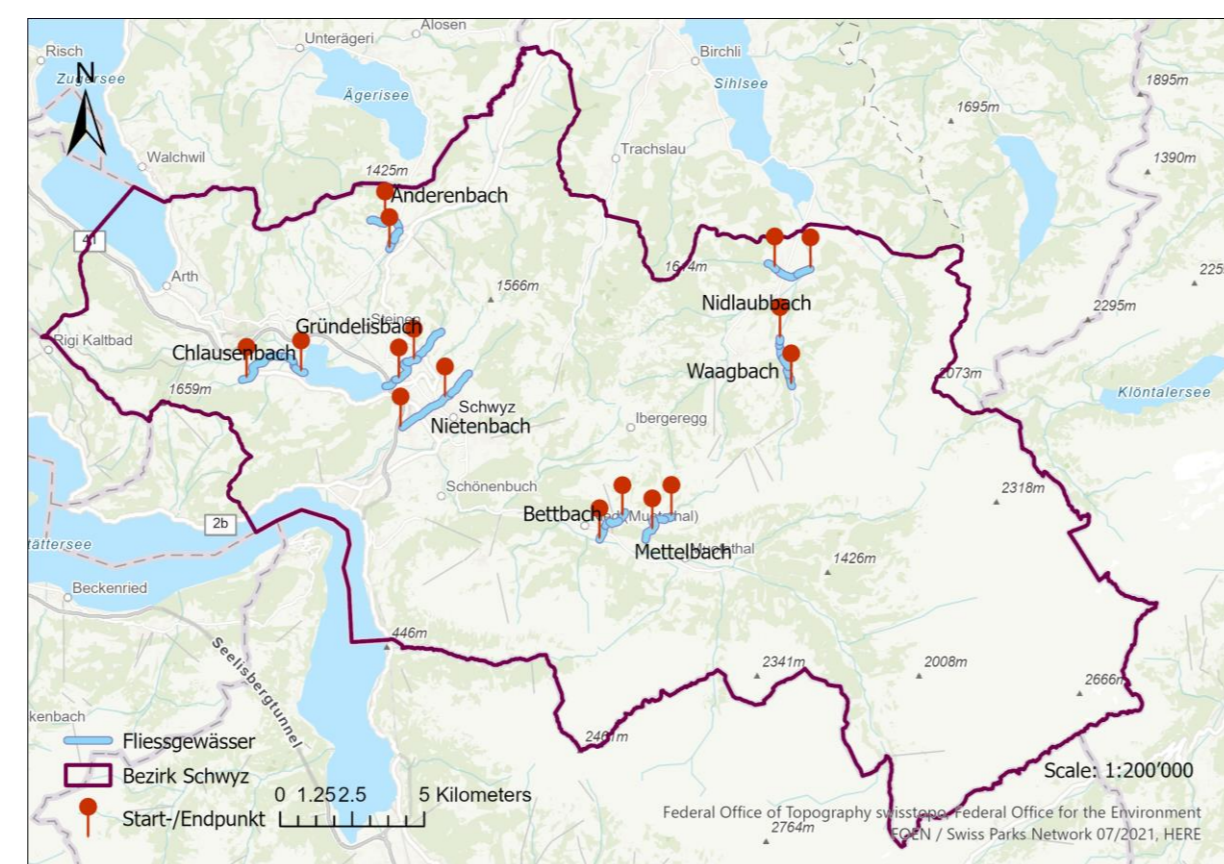
## Einleitung

- Gewässer in der Schweiz unter hohem Druck [1].
- Die Uferzonen sind dabei wichtige Übergangsgebiete zwischen dem aquatischen und terrestrischen Ökosystem [7].
- Die in der Uferzone wachsenden Uferbestockung erfüllen wichtige Funktionen wie: Beschattung, Pufferung, Uferstabilisierung, Hochwasserdämpfung, Energieströme, Lebensraum und deren Vernetzung [7].
- Durch Klimaerwärmung steht die Uferbestockung unter hohem Druck [7].
- Das Ziel dieser Arbeit: Wie wird eine an den Klimawandel angepasste und funktionserfüllende Uferbestockung im Bezirk Schwyz erreicht?

## Material & Methoden

### Untersuchungsgebiet

Im Bezirk Schwyz wurden acht kleinere bis mittlere Fließgewässerabschnitte selektiert (Abb. 1).



**Abb. 1** Untersuchungsraum der acht Fließgewässerabschnitte im Bezirk Schwyz

### Probenahme

- Arten wurden auf Artniveau bestimmt (Abb. 2).
- Deckungsgrad der Arten und unbestockter Anteil in Prozent bestimmt.



**Abb. 2** Aufnahme der Artenzusammensetzung beim Nidlaubbach (© Pfenninger Damian)

### Untersuchte Parameter

- Deckungsgrad
- Gewässerraum
- Ökomorphologie
- Bodennutzung
- Datenanalyse
- Interviews Uferbestockungspflege

## Diskussion

- Gehölze mit Verbreitung «submontan» profitieren
- Vermutlich Zunahme: *Acer pseudoplatanus* und *Corylus avellana*, *Robinia pseudoacacia* [3, 8].
- *Salix spp.* und *Alnus spp.* vermutliche Abnahme durch Trockenheitsereignisse [4, 5], jedoch immer noch sehr gut mit Wasseranbindung geeignet [6].
- *Fraxinus excelsior* wird wahrscheinlich abnehmen [3].
- Fließgewässerabschnitte unterschiedliche positive und negative Aspekte (Tab. 1)
- Defizite im Gewässerraum und unbestockten Anteil

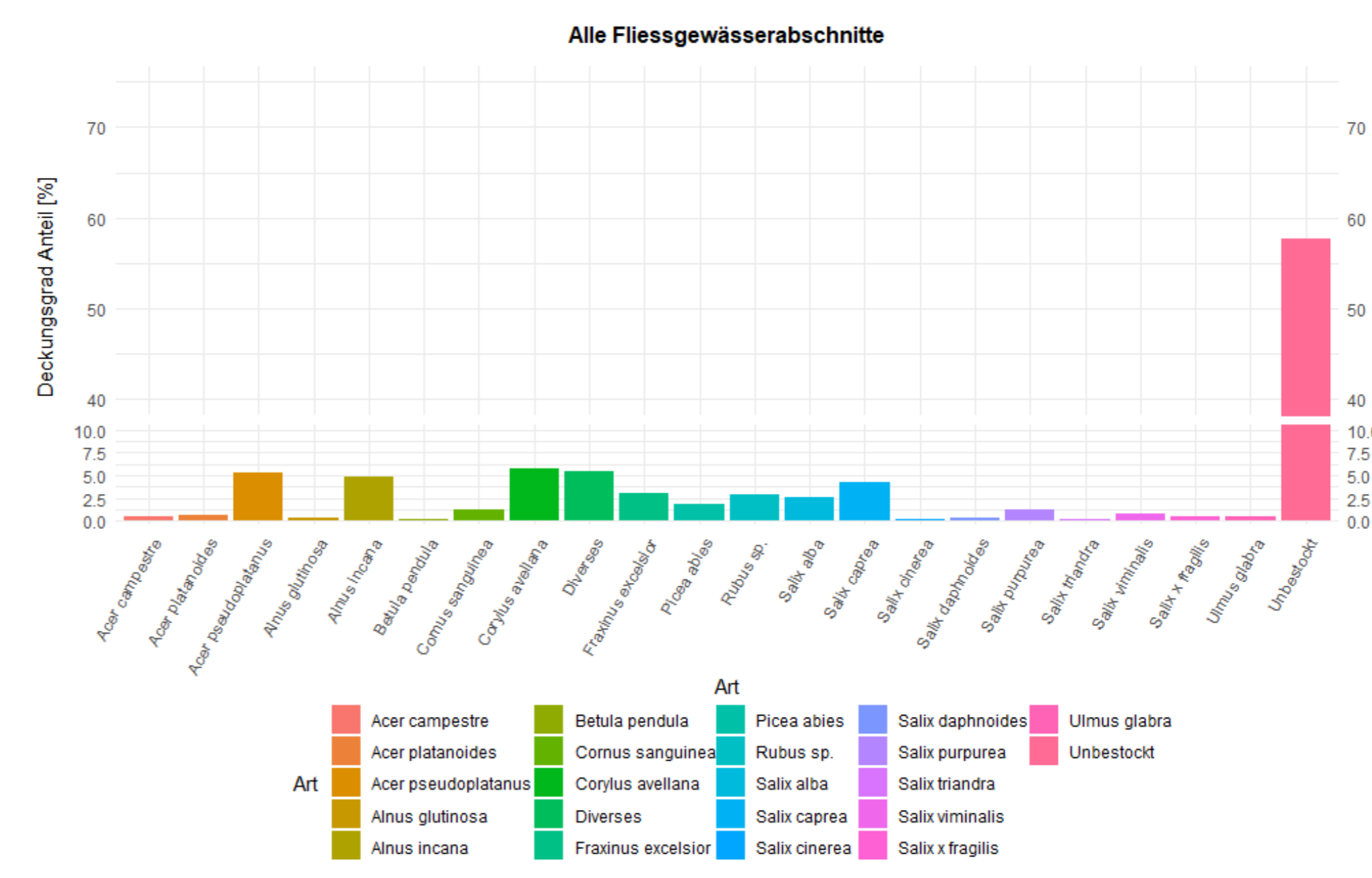
## Fazit

Um eine Klimawandel angepasste und dennoch funktionserfüllende Uferbestockung im Bezirk Schwyz zu erreichen sind folgende Massnahmen relevant:

- Allgemein hohe Biodiversität mit Arten die nach den Indikatoren an die vorherrschenden Standortbedingungen angepasst sind
- Am Gewässerrand Weichholzpflanzen wie *Salix spp.*, *Alnus spp.* und *Populus spp.*
- In der gewässerfernen Zone Hartholzpflanzen. Klimawandel angepasst sind vor allem *Corylus avellana* und *Acer pseudoplatanus*
- Pionierarten und trockenheitsverträgliche Arten wie *Corylus avellana*, *Betula pendula*, *Populus tremula*
- Zu meidende Arten: *Fraxinus excelsior*, *Rubus sp.*, *Picea abies* und *Sambucus racemosa*
- Dichte & hohe Bestockungen
- Ungleichaltrigkeit im Bestand
- Genügend Gewässerraum

## Literaturverzeichnis

[1] Bundesamt für Umwelt BAFU. (2022). *Gewässer in der Schweiz*. 89, Nr. 2207. [2] Brosinger, F., & Tretter, S. (2007). Waldbau im Zeichen des Klimawandels. *LWF aktuell*, 60, 21–23. [3] Frehner, M., Huber, B., Gubelmann, P., Zürcher-Gasser, N., Zimmermann, N. E., Braun, S., Scherler, M., Zischg, A., Burnand, J., Carraro, G., Bugmann, H., & Psomas, A. (2019). Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». *Forstingenieurbüro Frehner & Chur, Avenir AG*. 267. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000341108>. [4] Li, W., Shi, M., Huang, Y., Chen, K., Sun, H., & Chen, J. (2019). Climatic Change Can Influence Species Diversity Patterns and Potential Habitats of Salicaceae Plants in China. *Forests*, 10(3), 220. <https://doi.org/10.3390/f10030220>. [5] Rojo, J., Fernández-González, F., Lara, B., Bouso, V., Crespo, G., Hernández-Palacios, G., Rodríguez-Rojo, M. P., Rodríguez-Torres, A., Smith, M., & Pérez-Badía, R. (2021). The effects of climate change on the flowering phenology of alder trees in southwestern Europe. *Mediterranean Botany*, 42. <https://doi.org/10.5209/mbot.67360>. [6] Roloff, A., & Kniesel, B. (2008). Waldbaumarten und ihre Verwendung im Klimawandel. *Stiftung Wald in Not*, 42, 97–109. [7] Naiman, R. J., Décamps, H., & McClain, M. E. (2005). *Riparia: Ecology, conservation, and management of streamside communities*. (1. Aufl.). Verlag Elsevier Academic, 430. [8] Seppä, H., Schurgers, G., Miller, P. A., Bjune, A. E., Giesecke, T., Kühl, N., Renssen, H., & Salonen, J. S. (2015). Trees tracking a warmer climate: The Holocene range shift of hazel (*Corylus avellana*) in northern Europe. *The Holocene*, 25(1), 53–63. <https://doi.org/10.1177/0959683614550377>. [9] Wohlgemuth, T., Brang, P., Bugmann, H., Rigling, A., & Zimmermann, N. E. (2014). Forschung zu Wald und Klimawandel in Mitteleuropa: Eine Werkschau. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 165(2), 27–36. <https://doi.org/10.3188/szf.2014.0027>



**Abb. 3** Durchschnittlicher Deckungsgrad [%] der Arten inklusive unbestockt aller Fließgewässerabschnitte

**Tab. 1** Bewertung pro Fließgewässerabschnitt mit ✓✓ als «sehr gut», ✓ als «gut», O als «genügend», ✗ als «ungenügend» und ✗✗ als «unbefriedigend»

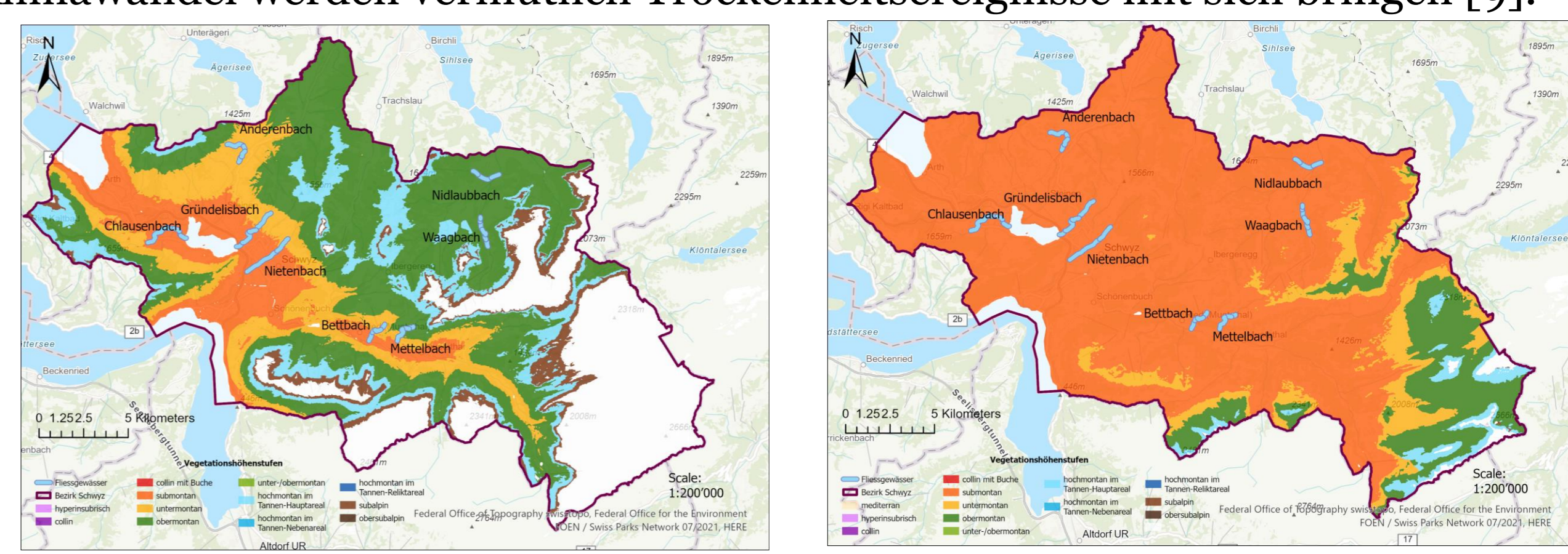
Parameter/ Fließgewässer	Salix spp.	Alnus spp.	Corylus avellana	Acer pseudo- platanus	Rubus sp.	Fraxinus excelsior	Un- bestockt
Nietenbach	✗✗	✗✗	✓	✗	✗✗	✓✓	O
Gründelisbach	✓✓	✗✗	✗	✗✗	✗✗	✓	✓
Chlausenbach	✗	✓✓	✓✓	✗✗	✓✓	✗	O
Änderenbach	O	✗✗	O	✗	✓✓	O	✗
Nidlaubbach	✓	✓✓	✗✗	O	✓✓	O	O
Waagbach	✓	O	✗✗	O	✓✓	✗✗	O
Bettbach	✗✗	✗✗	✓✓	✓✓	✓✓	✗✗	O
Mittelbach	✗	✗	✓	✓✓	✓✓	✗	O

## Resultate

- Die höchsten durchschnittlichen Deckungsgrade: *Corylus avellana* mit 5.7 %, «Diverses» mit 5.4 % und *Acer pseudoplatanus* mit 5.3 % (Abb. 3).
- Bei den Weichholzarten dominierten die *Alnus incana* mit 4.8 % und *Salix caprea* mit 4.2 % (Abb. 3).
- Der durchschnittliche unbestockte Anteil betrug 57.7 % (Abb. 3)

### Einfluss Klimawandel

Der grösste Einfluss auf die Wachstumsbedingungen von Pflanzen unter dem Klimawandel werden vermutlich Trockenheitsereignisse mit sich bringen [9].



**Abb. 4** Vegetationshöhenstufen modelliert für 1975 (links) und für 2085 mit trockener Klimazukunft (rechts) im Bezirk Schwyz mit den untersuchten Fließgewässerabschnitten

Im Bezirk Schwyz wird besonders die Höhenstufe «submontan» expandieren (Abb. 4).