

WASSER IM GÖHLTAL ZURÜCKHALTEN UND VERLANGSAMEN

MIT DER NATUR GEGEN HOCHWASSER UND TROCKENHEIT



H+N+
S+ +



23 Oktober 2023



**WASSER IM GÖHLTAL
ZURÜCKHALTEN
UND VERLANGSAMEN**

MIT DER NATUR GEGEN HOCHWASSER UND TROCKENHEIT

VORWORT

Süd-Limburg ist eine besondere Region der Niederlande, unter anderem dank der abwechslungsreichen Landschaft mit hohen Plateaus, steilen Hängen und zahlreichen Tälern. Das Gebiet ist bei Bewohnern und Besuchern sehr beliebt. Aber wie reizvoll und lieblich die Landschaft normalerweise auch ist, wenn es kräftig regnet, kann sich die Atmosphäre schnell ändern. Bäche treten über ihre Ufer, überfluten Hab und Gut und verursachen großen Schaden. Schlammlawinen verschlimmern das Problem.

Vielen Anwohnern im Tal der Göhl (ndl. Geul) sitzt nach dem Unwetter und den Überschwemmungen im Sommer 2021 die Angst noch immer tief in den Knochen. Es war nicht das erste Mal, dass sie mit Wasserschäden in Häusern, an Straßen und auf den Feldern konfrontiert wurden, und es ist sicher nicht das letzte Mal. Laut den Prognosen ist zu erwarten, dass extrem nasses und extrem trockenes Wetter wegen des Klimawandels immer häufiger auftreten wird – eine Prognose, die dringende Maßnahmen erfordert.

Der vorliegende Bericht zeigt für das Göhlthal sechs Lösungsansätze. Sie beziehen sich auf:

1. Mehr Aufnahme von Regenwasser durch die Vegetation
2. Mehr Absorption von Regenwasser durch den Boden
3. Längerer Aufenthalt des Grundwassers im Boden und mehr Wasseraufnahme durch den tiefen Untergrund
4. Verlangsamung des Wasserabflusses in rauem Gelände
5. Langsamere Wasserableitung und Speicherung des Wassers in Nebenbächen und Trockentälern
6. Verlangsamung des Baches und mehr Raum für natürliche Überflutungsflächen

Warum sind diese Maßnahmen notwendig?

Die heutige Landschaft ist an vielen Stellen nicht mehr in der Lage, die großen Regenwassermengen gut abzuleiten. In vielen Dörfern und Städten sind so große Flächen gepflastert und asphaltiert, dass das Wasser nichts anderes tun kann, als reißend durch die Straßen zu fließen. Nach einer längeren Trockenperiode sind auch (Acker-)Böden im ländlichen Raum kaum noch in der Lage, Wasser effektiv aufzunehmen. Die Vergrößerung landwirtschaftlicher Flächen hat das Problem weiter verschlimmert, denn auf großen, geeigneten Flächen sind keine Bäume, Sträucher oder Wildwuchs mehr vorhanden, um das Wasser zu bremsen. Das gilt auch für Flächen, die mit Entwässerungsgräben oder unterirdischen Rohren entwässert werden. Das dicht besiedelte Tal, in dem das schnell abfließende Wasser zusammenfließt, bekommt die Folgen besonders stark zu spüren.

Was können wir tun?

Wir können die Natur nutzen, um das Wasser aufzufangen und zu verlangsamen. Durch Anpassungen bei der Gestaltung und Nutzung kann die Landschaft wieder mehr Regenwasser aufnehmen, speichern und langsamer ableiten. Wir bezeichnen diese natürliche Wasseraufnahmefähigkeit als „natürliche Schwammfunktion“. Um diesen Ansatz bekannter zu machen und an immer mehr Orten umzusetzen, haben verschiedene Naturschutzorganisationen ihre Kräfte gebündelt und die Organisation NATUURKRACHT (dt. Naturkraft) gegründet.

Die NATUURKRACHT-Koalition lädt die Provinz, Kommunen, den Wasserverband, Grundeigentümer, Unternehmen, Bürger und Planer ein, die von der Natur gebotenen Lösungen viel intensiver zu nutzen und gemeinsam Schritte zu setzen, um die Chancen für naturbasierte Maßnahmen auszuarbeiten und zu realisieren. Dieser im Auftrag von NATUURKRACHT von Bureau Stroming, H+N+S Landschaftsarchitekten und Acacia Water erarbeitete Bericht bietet Einsichten in die Landschaft und erläutert, an welchen Stellen welche naturbasierten Maßnahmen ergriffen werden können, um mehr Wassersicherheit zu schaffen.

Diese natürlichen (räumlichen) Maßnahmen passen zu anderen wichtigen Aufgaben für das Göhlal, unter anderem Landschaftsqualität, Biodiversität, Trinkwassersicherheit, Dürrebekämpfung, Aufnahme von Kohlenstoff, Maßnahmen gegen Bodenerosion an Hängen und gegen den Eintrag von Düngemitteln. Das sind weitere Gründe, warum natürliche Maßnahmen den Aufwand und den Raum wert sind.

Cindy Burger namens Natuurmonumenten
 Esther Blom namens ARK Rewilding Nederland
 Wilfred Alblas namens Stichting het Limburgs Landschap
 Ton Hermanussen namens Natuur en Milieufederatie Limburg
 Maarten Bruns namens WWF Netherlands





Das Gölhtal, eine einzigartige Landschaft in den Niederlanden.



H+N+

S+ +



INHOUD

1. SCHAUER SCHLAUER MANAGEN	9
2. WASSER- UND KLIMAHerausforderungen	13
3. BODEN- UND WASSERSYSTEM	17
4. ERSCHLIESSUNG UND HEUTIGE LANDNUTZUNG	23
5. DIE REISE DES WASSERS	29
6. MIT DER NATUR ARBEITEN	33
7. KLIMA- UND ZUKUNFTSBESTÄNDIGES STRÖMUNGSGEBIET	55
8. ERGEBNISSE DER MODELLBERECHNUNGEN	59
9. DER WEG ZU EINEM GÖHLTAL MIT NATURKRAFT	67



Im Strömungsgebiet der Göhl hat die natürliche Landschaft die Wirkung eines Schwamms.

1. SCHAUER SCHLAUER MANAGEN

Dieser Bericht befasst sich mit Ansätzen, um mit Hilfe der Natur bzw. der Naturkraft Hochwasser im Göhlthal zu vermeiden oder zu verringern. Dabei spielen der Boden und der Untergrund, das Leben im Boden und die Vegetation eine Hauptrolle. Wie die „lebende Natur“ und die „nicht lebende Natur“ in gegenseitiger Wechselwirkung zum Wasserrückhalt beitragen, wird nachstehend beschrieben.

1.1 Naturkraft im Überblick

Bocage-Landschaft

Merkmale der Landschaft in Süd-Limburg sind hohe Plateaus, steile Hänge und zahlreiche Täler mit Bächen und ohne Bäche. Charakteristisch ist auch die Abwechslung zwischen (kleinen) Wäldern und offenen Gebieten mit Grasland, Feldern und Obstwiesen, durchzogen von Sträuchern und Hecken. Es ist eine sog. Bocage-Landschaft, in der unterschiedliche Böden und (Kalk-)Gesteine eine charakteristische Flora und Fauna hervorgebracht haben.

Der Boden als lebender Schwamm

Der Boden spielt beim Wasserhaushalt eine große Rolle, ebenso wie das Leben im und auf dem Boden. Ein Boden entwickelt sich im Laufe der Zeit. Je länger ein Gebiet bewachsen ist, umso mehr Leben und Rückhaltekapazität besitzt ein Boden. Durch gefallene Blätter und abgestorbene Pflanzen (und tote Tiere) gelangen organische Stoffe in den Boden. Diese organischen Substanzen im Boden, die durch den Abbau von

Pflanzen- und Tierresten entstehen, speichern Wasser gut und dienen als Nährstoffquelle für Bodenlebewesen, die wiederum zur Belüftung des Bodens beitragen.

In einem gesunden Boden befinden sich viele Zehntausende von Tieren pro Kubikmeter, darunter Würmer, Gliederfüßer und unterirdisch lebende Säugetiere. Gemeinsam sorgen sie dafür, dass Regenwasser tief in den Boden eindringen kann. Pflanzenwurzeln tragen dazu bei, den Boden poröser zu machen. Sie durchbrechen feste Bodenstrukturen, schaffen Risse, und wenn sie absterben, hinterlassen sie Hohlräume. Je tiefer und umfangreicher die Wurzeln, desto größer ist das Absorptionsvermögen des Bodens. Auch Schimmel (Myzel) spielen eine entscheidende Rolle im unterirdischen Ökosystem, das wie ein Mega-Schwamm wirkt.

In diesem natürlichen System erfüllen auch große und kleine Pflanzenfresser eine wichtige Funktion. Ihr Kot liefert einen zusätzlichen natürlichen Dünger dank des halb abgebauten Pflanzenmaterials, das vom Boden aufgenommen wird. Durch die Hufe von Weidetieren gelangt organisches Material schneller in den Boden, und dies kommt dem Boden, dem Bodenleben, den Pflanzen und dem Absorptionsvermögen des Bodens zugute.

Der Boden im Göhlthal besteht an vielen Stellen aus Lehm. Bei starkem Regen und anschließender intensiver Sonneneinstrahlung ist diese Bodenart anfällig für Verhärtung. Die harte oberste Schicht, die dabei entsteht, nimmt kaum Wasser auf. Der Bodenschwamm muss immer von Pflanzen geschützt werden, um gut zu funktionieren.

Vegetation als Wasserrückhalt und Bremse

Die Vegetation schützt den Boden, nährt das Bodenleben, nimmt selbst Wasser aus dem Boden auf und verdunstet Wasser über die Blätter und fängt als Erste die Regentropfen auf, noch bevor sie überhaupt den Boden erreichen. Waldvegetation mit verschiedenen Schichten, also einer Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht, kann sehr viel Niederschlag aufnehmen. Auch strukturreiches Grasland mit Sträuchern, Strauchhecken und Gestrüpp kann viel Wasser zurückhalten. Je weniger Vegetationsschichten, desto geringer die Wasseraufnahme.

Sind die Regentropfen einmal auf den Boden gefallen, dauert es eine gewisse Zeit, bevor sie in den Boden gelangen. Bei sehr starken Regenschauern kann der Boden die Regenmenge kaum bewältigen. Steile Hänge, wie im Göhlthal, wirken sich dann negativ aus, denn das Wasser, das nicht sofort in den Boden eindringt, strömt nach unten. In einer solchen Situation ist die Vegetation wiederum von Bedeutung, indem sie dem oberflächlich abfließenden Wasser Widerstand bietet. Je dichter und struppiger (rauer) die niedrige Vegetation ist, desto mehr wird das Wasser verlangsamt und desto mehr Zeit hat das Wasser, in den Boden zu infiltrieren. Infiltration bedeutet auch, dass im Boden ein Wasservorrat für trockenere Zeiten angelegt wird.

Auch im flacheren Tal wirkt die Vegetation als Bremse. Wenn es in einem natürlichen Fluss- oder Bachtal zu einer Überschwemmung kommt, wird das Wasser durch Bäume, Sträucher und (struppiges) Grasland verlangsamt, aber auch durch umgefallene Bäume und Biberdämme. Durch diesen Widerstand staut sich das Wasser und können an diesen Stellen große Wassermengen vorübergehend zurückgehalten werden. Der Effekt ist, dass weniger Wasser gleichzeitig in die weiter stromabwärts am Bach liegenden Dörfer gelangt.

Mäandrierender Bachlauf

Durch Überschwemmungen wird das Ökosystem in der Talebene nicht beschädigt, im Gegenteil: Die großen Wassermengen sind ein Impuls, unter anderem weil die natürliche Mäanderbildung durch die Kraft des Wassers in Gang gesetzt wird. Dabei entstehen im Bach immer wieder neue Bögen und Schlingen, neue Flutrinnen und tote Bacharme. Auch umgefallene Bäume und Biberdämme tragen zu diesem Prozess bei. Der Vorteil eines dynamischen Baches gegenüber einem festgelegten (geraden) Bachlauf aus hydrologischer Sicht ist, dass mehr Platz für das Wasser entsteht. Außerdem fließt ein Bach mit gewundenem Verlauf langsamer als ein gerader Bach.

Boden, Untergrund und Relief

Die Art und Weise, wie Regenwasser natürlich durch die Landschaft fließt, wird auch maßgeblich von den unbelebten Elementen beeinflusst, wie Boden, Gestein und Morphologie der Landschaft (siehe Kapitel 3). Jeder Bodentyp hat seine eigene Durchlässigkeit (Infiltrationskapazität oder Absorptionsvermögen). Darüber hinaus spielt, wie oben bereits genannt, die Steilheit der Hänge eine große Rolle.

Mikrorelief durch Tiere

Wenn die Morphologie, insbesondere in Form von steilen Hängen, nicht mitspielt, kann auch das Mikrorelief, das durch die Fauna verursacht wird, dazu beitragen, das Wasser zu verlangsamen. Dabei geht es beispielsweise um Hindernisse wie Ameisenhaufen, die oft in extensiv beweidetem Grasland vorkommen. Auch das Betreten durch Weidetiere lässt Unregelmäßigkeiten entstehen. Die Hufabdrücke bilden zahllose Mini-Wasserrückhaltebecken, in denen das Wasser ruhig versickern kann. Sie entstehen vor allem im nasserem Winterhalbjahr, wenn der Boden weich ist, beispielsweise bei extensiver ganzjähriger Beweidung. Selbstverständlich muss das Ausmaß, in dem Weidetiere ein Gebiet betreten, begrenzt sein, da die Vegetation es sonst nicht überlebt.

Der Wasserhaushalt wird also durch die Wechselwirkung zwischen der lebenden Natur, der nicht lebenden Natur und auch, wie wir in diesem Bericht sehen werden, durch menschliches Eingreifen bestimmt (siehe Kapitel 4). Zur Verbesserung des Wasserhaushalts legt die Koalition „Naturkracht“ den Schwerpunkt auf „Naturkraft“, d. h. auf die Nutzung dieser ersten beiden Elemente (siehe Kapitel 5 bis 7).

1.2 Studienbericht im Überblick

Im vorliegenden Studienbericht gehen Bureau Stroming, H+N+S Landschaftsarchitekten und Acacia Water aus hydrologischer Perspektive genauer auf die Herangehensweise ein, bei der Naturkraft im Vordergrund steht. Zu diesem Zweck wird die gesamte Landschaft des Göhlals unter die Lupe genommen. Der Bericht beschreibt, analysiert und berechnet und kann als Handbuch für „natürliches Wassermanagement“ gelesen werden. Für Behörden, Grundstückseigentümer, Unternehmen, Bewohner und Planer beantwortet der Bericht die Frage, welche Maßnahmen an welchen Stellen im Göhlal umgesetzt werden können und welchen Nutzen sie bringen. Dadurch ist der Bericht eine Einladung, in (neuen) Naturgebieten, landwirtschaftlichen Gebieten und städtischen Gebieten Maßnahmen zu ergreifen.

Leseanleitung

Die Studie beginnt als eine Entdeckungsreise durch das Göhlal.

Kapitel 2 beschreibt die wichtigsten Aufgaben: die Wasser- und Klima-herausforderungen.

Die Kapitel 3 und 4 untersuchen die besonderen Eigenschaften des Göhlals. Kapitel 3 geht auf das Boden- und Wassersystem ein, und Kapitel 4 beschreibt die Erschließung und die heutige Landnutzung. Die Studie geht auch auf Aspekte ein, die auf den ersten Blick nicht sichtbar oder wenig bekannt sind: Elemente wie unterirdische Entwässerungssysteme, künstliche Bäche, die aus den Hangmooren in die Bachtäler gezogen wurden, flache Strömungsbetten, die nicht immer Wasser

führen und daher schwer erkennbar sind, oder der Einfluss des Menschen auf das Göhlal, bereits seit der Urgeschichte.

Daran schließt sich die „Reise des Regentropfens“ an.

Kapitel 5 beschreibt den Weg eines Regentropfens ab dem Moment, in dem er irgendwo im Einzugsgebiet der Göhl fällt, bis zu dem Moment, wenn er bei Voulwames in die Maas gelangt. Darin durchläuft dieser Regentropfen mehrere Phasen, in denen die Natur das Wasser stets auf andere Weise bremst. Dieses Wissen kann anschließend genutzt werden, um in der ganzen Landschaft zu schnelles Wegfließen zu verhindern. Kapitel 5 erläutert, welche Maßnahmen (Eingriffe) in Betracht kommen.

Die Reise durch das Göhlal wird mit einer Toolbox, einem Koffer voller Maßnahmen, fortgesetzt.

Kapitel 6 setzt die Maßnahmen aus Kapitel 5 in den Kontext der Landschaft mit Wäldern, Ackerland, Grasland, Acker- oder Erdterrassen, Bächen, (Hohl-)Wegen, Städten und Dörfern. Wie können sie in oder an den verschiedenen landschaftlichen Einheiten eingesetzt werden?

Kapitel 7 zoomt aus. Hier wird beschrieben, wo diese Maßnahmen nebeneinander im gesamten Einzugsgebiet der Göhl (am besten) eingesetzt werden können. Ein optimales Resultat für den Wasserhaushalt und die landschaftliche Qualität hat dabei Priorität. Die Berührungspunkte mit Biodiversität, Erholung und Landwirtschaft werden hier besprochen.

Nach dieser ausführlichen Erkundungsreise folgt die Frage, inwieweit die vorgeschlagenen naturbasierten Lösungen zur Verringerung von Hochwasser beitragen. Kapitel 8 präsentiert die Resultat von Modellberechnungen. Die Modellstudie quantifiziert die Auswirkungen einiger naturbezogener Maßnahmen auf Spitzenabflüsse und Grundabflüsse.

Mit einem Rückblick auf diese Studie und einen Blick nach vorn auf die Maßnahmen, die wir ergreifen müssen, schließt die Koalition NATUURKRACHT diesen Bericht in Kapitel 9 ab.



Überflutung eines Wasserrückhaltebeckens im Tal der Gulp während des Hochwassers im Juli 2021.

2. WASSER- UND KLIMA- HERAUSFORDERUNGEN

In einem natürlichen Wassersystem wird Regenwasser aufgefangen, an verschiedenen Stellen vorübergehend gespeichert, teilweise dem (tiefen) Grundwasser zugeführt und größtenteils allmählich abgeleitet. Dadurch werden große Niederschlagsmengen und dazwischen liegende trockene Zeiträume gepuffert und sind die Bedingungen für die natürliche Vegetation selten zu nass oder zu trocken. Im Laufe der Zeit haben wir die Landschaft und das Wassersystem unseren menschlichen Bedürfnissen angepasst, siehe auch Kapitel 4. Das gilt selbstverständlich auch für das Göhlal. Dazu gehört, dass das Wasser schneller abgeleitet wird, um das Land besser und früher im Jahr bearbeiten zu können. Um die Erreichbarkeit zu verbessern, werden Straßen, Straßengräben und Rinnsteine angelegt. Diese wasserundurchlässigen Flächen fungieren bei Regenschauern als Verlängerung des Fluss- und Bachsystems, denn sie leiten das Regenwasser schneller ab. Unter anderem durch den Klimawandel sehen wir uns immer häufiger mit der Kehrseite konfrontiert: Starke Regenfälle führen schneller zu Überschwemmungen, und Trockenperioden werden länger und intensiver. Dies führt bedauerlicherweise auch zu immer mehr Schaden. Die Überschwemmungen im Sommer 2021 und die trockenen Sommer der letzten Jahre sind schmerzhaft Beispiele dieser Trends.

Daher wird uns immer bewusster, dass unser modifiziertes Wassersystem verändert werden muss. Wir müssen das Wasser länger festhalten und langsamer abfließen lassen. Je weiter stromaufwärts in Richtung der Feinverzweigungen des Systems dies geschieht, um so effizienter

funktioniert es, denn dort sind die aufzuhaltenden Wasservolumen noch relativ gering, im Vergleich zu den Gebieten stromabwärts, wo die Wassermasse eine Summe der Wasserströme aus verschiedenen Teilgebieten geworden ist.

Somit gibt es stromaufwärts ausreichend Platz, um Wasser zu speichern. Gerade wenn noch nicht so viele Kubikmeter pro Hektar zurückgehalten werden müssen, ist die Natur ausgezeichnet in der Lage, dies zu tun. Dann lassen Wasserspeicherung und Natur sich auch gut mit anderen Funktionen kombinieren. Weiter stromabwärts, mit viele Male größeren Wasservolumen, sind Wasserrückhalt und Kombinationsmöglichkeiten im Allgemeinen nur in der Talebene möglich.

2.1 Ein genauerer Blick auf die Hochwasserwelle am 14. Juli 2021

Die Hochwasserwelle in der Göhl entstand nach außerordentlichem Starkregen, der innerhalb einiger Tage in Süd-Limburg und den angrenzenden Region in Belgien und Deutschland fiel. Ein Teil dieses Regenwassers wurde auch im gleichen Zeitraum abgeleitet. Die wichtigsten Schlussfolgerungen aus der Untersuchung dieses Niederschlagsgeschehens (Bureau Stroming, 2021 und Deltares, 2022) und der Verlauf und die Herkunft der Abflusswelle in der Göhl bilden den Ausgangspunkt dieser Studie.

Wo kam das Wasser her?

Die wesentliche Ursache für die extreme Hochwassersituation war die Kombination aus großen Niederschlagsmengen im gesamten Einzugsgebiet, einer langen Dauer des Niederschläge und einer für solch langanhaltende Regenfälle relativ hohen Intensität (5 – 10 mm/Stunde, mit Spitzen von mehr als 30 mm/Stunde). Daher kam insbesondere aus Gebieten mit geringer Infiltrationskapazität viel Wasser, und die Wasserströme aus den verschiedenen Teilgebieten flossen letztendlich zu einem starken Strom zusammen. Ein wichtiger Unterschied zu anderen Hochwassersituationen im Hügelland in Süd-Limburg besteht darin, dass diese in der Regel durch extreme Schauer verursacht werden, bei denen die Niederschlagsintensität auf bis zu 100 mm/Stunde steigen kann, jedoch über einen viel kürzeren Zeitraum und außerdem in einem kleinen Teil des Einzugsgebiets.

Das meiste Wasser, das letztendlich in das Talgebiet gelangte, stammte aus dem wallonischen Teil des Einzugsgebiets. Aus diesem Gebiet, das 52 % des Einzugsgebiet der Göhl umfasst, kamen 65 % bis 75 % des Wassers in der Hochwasserwelle.

Innerhalb des wallonischen Gebietes stammte das Wasser dann wieder aus dem am weitesten stromaufwärts liegenden Einzugsgebiet (stromaufwärts von Kelmis). Bemerkenswerterweise macht dieses Teilgebiet nur 20 % des gesamten Einzugsgebiets aus, trug aber während der Welle 50 % des gesamten Wasserabflusses bei.

Die Aufnahmekapazität des Göhltals

In welchem Umfang Wasser zurückgehalten wird, wird von Natur aus stark durch den geologischen und geomorphologischen Charakter des Untergrunds und des Bodens beeinflusst (siehe Kapitel 3). Darüber hinaus hat der Mensch die Landschaft und somit die Aufnahmekapazität beeinflusst, wobei der Anteil der versiegelten (städtischen) Flächen und die Art der Landnutzung eine große Rolle spielt (siehe Kapitel 4).

Sogar während des Starkregens im Jahr 2021 erreichte ein großer Teil des Regenwassers den Bach nicht, weil es im Boden zurückgehalten wurde. Im wallonischen Teil wurde gut die Hälfte des Wassers (50 – 65 %) vorübergehend zurückgehalten und floss erst ab, nachdem die Niederschläge gefallen waren. Im niederländischen Teil ging es sogar um mehr als drei Viertel des Wassers (80 – 85 %). Das Strömungsgebiet der Göhl hat also viel Kapazität, um Wasser zurückzuhalten, aber es reichte nicht aus, um eine große Überschwemmung zu verhindern. Es liegt auf der Hand, jetzt nach Gebieten und Typen von Landnutzung zu suchen, wobei mehr Regenwasser vorübergehend zurückgehalten und verzögert abgeleitet werden kann.

Der Einfluss versiegelter und verdichteter Flächen

Die Speicherkapazität des Bodens ist groß, aber durch Verdichtung und Versiegelung des Geländes hat das Wasser nicht die Möglichkeit, gut in den Boden einzudringen. Bei versiegelten Oberflächen (Straßen, bebauete Flächen usw.) ist dies völlig klar. Aber auch Felder mit Pflanzen, die erst spät keimen (z. B. Mais), nehmen oft nicht genug Wasser auf, weil der Boden früher im Sommer oft aushärtet (sich unter dem Einfluss von Regen und Sonne verdichtet); außerdem sind Bodenleben und organische Substanzen hier oft nur minimal vorhanden. In diesen Gebieten strömt bei zunehmender Niederschlagsintensität ein immer größerer Teil des Wassers über das Land nach unten und erreicht dann innerhalb kurzer Zeit (in weniger als einer Stunde) das Tal und den Bach.

Die verhärteten Böden im Göhltal haben in der Hochwasserwelle einen großen Teil des Wassers geliefert (Stroming, 2021). Zu Beginn der Hochwasserwelle stammte wahrscheinlich fast das gesamte Wasser von verhärteten Böden. Im Laufe der Zeit stieg der Anteil anderer Wasserströme, die länger unterwegs gewesen waren.

Rückhaltekapazität der Talebene

Eine besonders effektive Reduzierung der Hochwasserwelle ging von der Talebene der Göhl aus. Da diese Niederung in den Niederlanden relativ breit ist, konnten große Flächen überflutet werden. Dadurch wurde die Höhe des maximalen Wasserstands stark reduziert. Aus den Wasserstandsdaten geht hervor, dass zu dem Zeitpunkt, als der Höchstwert der Welle passierte, so viel Wasser in der Talebene zurückgehalten wurde, dass die Hochwasserwelle dadurch in der Höhe fast nicht mehr zunahm, sondern nur noch in der Dauer. Ohne diese Wasserrückhaltung in der Talebene der Göhl wäre der Wasserstand in Valkenburg und Meerssen noch viel höher gewesen.

Rückhaltekapazität von Naturgebieten

Die Niederschlagsintensität war zu bestimmten Zeiten so hoch, dass das Wasser sogar aus natürlichem, extensiv beweidetem Grasland und Wäldern oberflächlich abfloss. Dennoch waren die Aufnahmekapazität und Verzögerung der belaubten Baumkronen, der Vegetation im eventuellen Unterholz, der Streuschicht und des Bodens in der Lage, den Niederschlag so weit zu verzögern, dass die Naturgebiete viel weniger zu der Hochwasserwelle beigetragen haben.

2.2 Natürliche Lösungen gegen die Folgen des Klimawandels

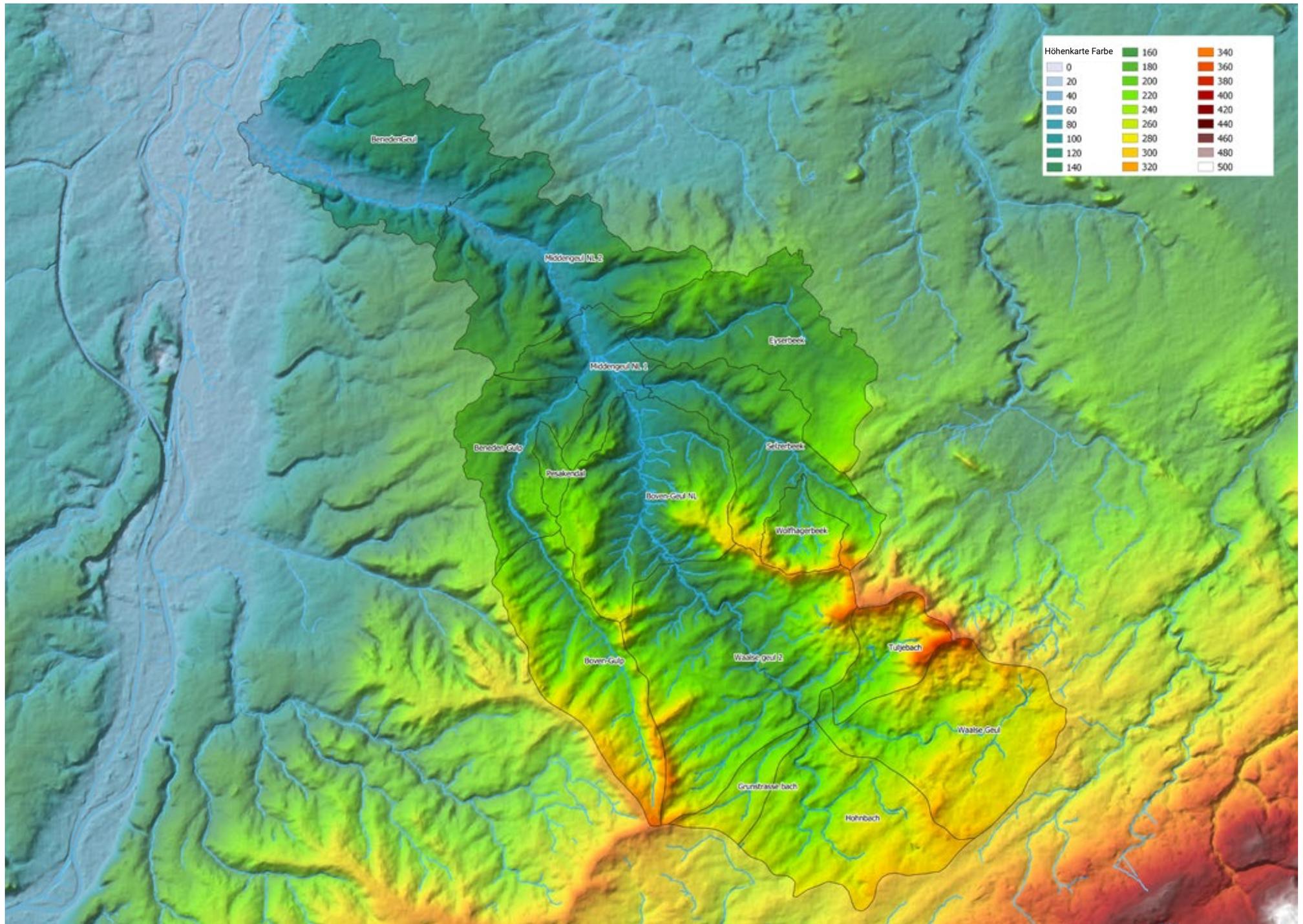
Die Niederschläge am 14. Juli 2021 waren ein außergewöhnliches Ereignis, das aber durch den Klimawandel häufiger auftreten wird. Auch intensiver Niederschlag innerhalb kurzer Zeit verursacht jetzt bereits immer wieder Überschwemmungen und Schäden. Zugleich sind auch die trockenen Sommer ein Problem, das unter anderem infolge des Klimawandels immer häufiger auftreten wird.

Die wichtigste Lösung sowohl bei langanhaltendem Regen und kurzem Starkregen als auch bei Trockenheit besteht darin, die Reise eines Regentropfens ab dem Moment, an dem er fällt, bis zu dem Verlassen des Strömungsgebiets zu verlangsamen.

In einer natürlichen Landschaft sorgen Vegetation, Boden, Bodenleben und Morphologie dafür, dass dieser Regentropfen aufgefangen wird, infiltrieren kann und dann allmählich abfließen kann. Dadurch werden sowohl hohe als auch niedrige Abflüsse zeitlich verteilt und sowohl Abflussspitzen als auch Trockenheit gemildert (siehe auch Kapitel 5).

Die Natur ist also von Natur aus ein effektiver Regulator der Abflussmengen und somit ein wirksames Mittel gegen Hochwasser, Überschwemmungen und Trockenheit. Diese Naturkraft kann im heutigen Göhlal noch besser genutzt werden, um die Funktionsweise und Widerstandsfähigkeit des Wassersystems und der Landschaft zu verbessern. Für die Landschaft ist dieser Ansatz mit weiteren Vorteilen verbunden, u. a. in Bezug auf Biodiversität, Kohlenstoffaufnahme, Stickstoffreduzierung, Temperaturregulierung, nachhaltigen Tourismus und die Wirtschaft.

Natürliche Lösungen können dabei gut in die bestehende Kulturlandschaft integriert werden. Die Herausforderung besteht darin, sie an den richtigen Stellen einzusetzen und in die Hügellandschaft einzufügen (siehe Kapitel 6).



Höhenkarte des Strömungsgebiets der Göhl, die sich in den Rand des Mittelgebirges Ardennen-Eifel einschneidet.

3. DAS BODEN- UND WASSERSYSTEM DES GÖHLTALS

In diesem Kapitel wird das Strömungsgebiet der Göhl anhand mehrerer Karten genauer untersucht. Wie ist die Struktur des Gebietes und vor allem des Wassersystems? Und wo befinden sich die lokalen Unterschiede? Wie können wir hier mit natürlichen Maßnahmen am besten gegen Hochwasser vorgehen?

3.1 Landschaft in Schichten

Geologie, Boden, Relief, Wassersystem, Landnutzung und Vegetation sind die wichtigsten Faktoren, die bestimmen, wie schnell die Reise eines Regentropfens durch das Strömungsgebiet verläuft. Diese Grundmerkmale werden in diesem Kapitel kartiert und bieten einen guten Einblick in den Aufbau des Einzugsgebietes.

Das Strömungsgebiet der Göhl

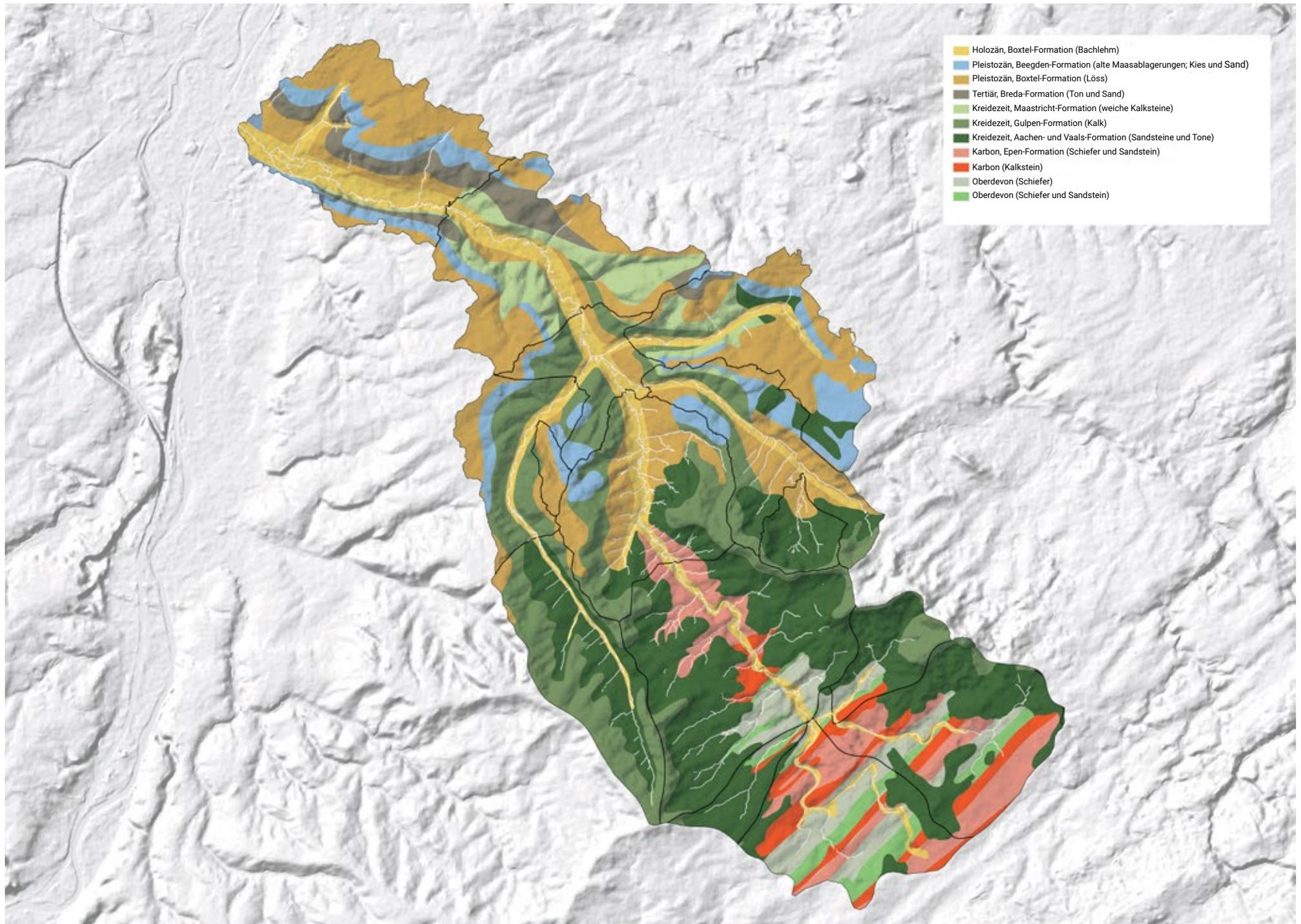
Die Göhl entspringt an der Nordflanke eines mitteleuropäischen Mittelgebirges, das sowohl die Ardennen als die Eifel umfasst. Das Strömungsgebiet erstreckt sich über die niederländische Grenze hinaus nach Belgien und in einen kleinen Teil Deutschlands. Dass die Göhl Landesgrenzen überschreitet, ist eine Herausforderung, denn dies erfordert Zusammenarbeit und eine grenzüberschreitende Herangehensweise. Der Regen im Juli 2021 kam aus dem Norden und verursachte außergewöhnliche Hochwasserstände in allen Flüssen, die an der Nordflanke dieses Gebirges entspringen (Ahr, Göhl, Rur und Weser).

Das Einzugsgebiet der Göhl ist gut 33.400 ha groß; 52,4 % liegen in den Niederlanden, 42,4 % in Belgien und 5,2 % in Deutschland. Ab der Quelle in der Nähe von Hausset an der deutsch-wallonischen Grenze bis zur Mündung in die Maas bei Itteren ist die Göhl ca. 60 km lang. Die Abbildung zeigt das Längenprofil durch das Tal der Göhl und die größten Nebenbecken. Die Gulp ist mit einer Länge von 17,5 km der längste Nebenbach, der Selzerbeek (Selzerbach) und der Eyserbeek (Eyserbach) sind ca. 10 km lang. Die Göhl entspringt in einer Höhe von ca. 280 m und überbrückt bis zur Maas eine Höhendifferenz von 240 m; die Quelle der Gulp liegt noch etwas höher auf 315 m.

Der geologische Untergrund

Der geologische Untergrund des Göhltales weist eine große Vielfalt auf, mit sehr alten Gesteinen in den stromaufwärts liegenden Teilen des Göhl-Einzugsgebiets und jüngeren Gesteinen weiter stromabwärts.

Der am weitesten stromaufwärts gelegene Teil des Einzugsgebiets (Wallonien) besteht größtenteils aus sehr alten paläozoischen Gesteinen aus dem Devon und Karbon. Diese Gesteine kommen auch im stromabwärts gelegenen Teil des wallonischen Göhltales noch vor, sind hier aber auf das Tal selbst begrenzt. Auch direkt hinter der Grenze, im niederländischen Göhlthal, sind diese Gesteine noch in einem kleinen Gebiet zu finden. Es handelt sich vor allem um Sandstein, Schiefer und harten Kalkstein, also Gesteinsarten, die fast kein Wasser durchlassen.



Die geologische Karte des Göhlals zeigt eine deutliche Zweiteilung: alte, schlecht wasserdurchlässige Gesteine im Süden und jüngere, gut wasserdurchlässige Gesteine im Norden des Gebiets.

Im Erdmittelalter entstandene Gesteine (mesozoisch) aus der Kreidezeit bestehen aus weicheren Kalksteinen, Sandsteinen und tonigem Sandstein. Dazu gehört der bekannte weiche Mergelkalk aus Maas-tricht, der in den Flanken des unteren Göhltales zu finden ist. Diese gut wasserdurchlässigen Gesteine sind eine Art geologischer Schwamm, im Gegensatz zu dem kompakteren und härteren Gulpener Kalk und dem sog. Aachener Grünsand. Diese Gesteinsarten befinden sich an der Bodenoberfläche in einem großen Teil des wallonischen und flämischen Teil des Einzugsgebietes. In den Niederlanden treten sie vor allem an den Flanken der Täler zutage. Sie sind auch höher auf den Plateaus vorhanden, liegen hier aber unter dicken jüngeren Schichten. Diese Gesteine sind nahezu wasserundurchlässig, da nur die dünne Bodenschicht, die den Untergrund bedeckt, gut in der Lage ist, Wasser aufzunehmen. Dadurch lässt sich der Untergrund hier besser mit einem Geschirrtuch als mit einem Schwamm vergleichen.

Jüngere Ablagerungen aus dem Tertiär und Quartär (Pleistozän) bestehen hauptsächlich aus Sand- und Tongestein, wobei die älteren Ablagerungen aus dem Tertiär noch kompakt sind und wenig Wasser durchlassen. Die jüngeren pleistozänen Ablagerungen hingegen haben eine lockere Struktur und lassen Wasser leicht durch. Zu den pleistozänen Schichten gehören auch die von der Ur-Maas hinterlassenen Kiesablagerungen und der Löss, der während der Eiszeiten vom Wind herangetragen wurde. Die Ablagerungen aus dieser Periode finden sich fast ausschließlich im niederländischen Teil des Strömungsgebietes, flussaufwärts von Valkenburg auf den Plateaus, aber flussabwärts von Valkenburg auch in den Flanken. Löss ist grundsätzlich gut wasser-durchlässig. In einiger Tiefe können jedoch sog. Tonanreicherungshorizonte entstehen, die kompakter sind und daher die Durchlässigkeit verringern.

Die jüngsten Ablagerungen in dem Gebiet sind die tonhaltigen Bachablagerungen aus dem Holozän, die in den Talebenen liegen.

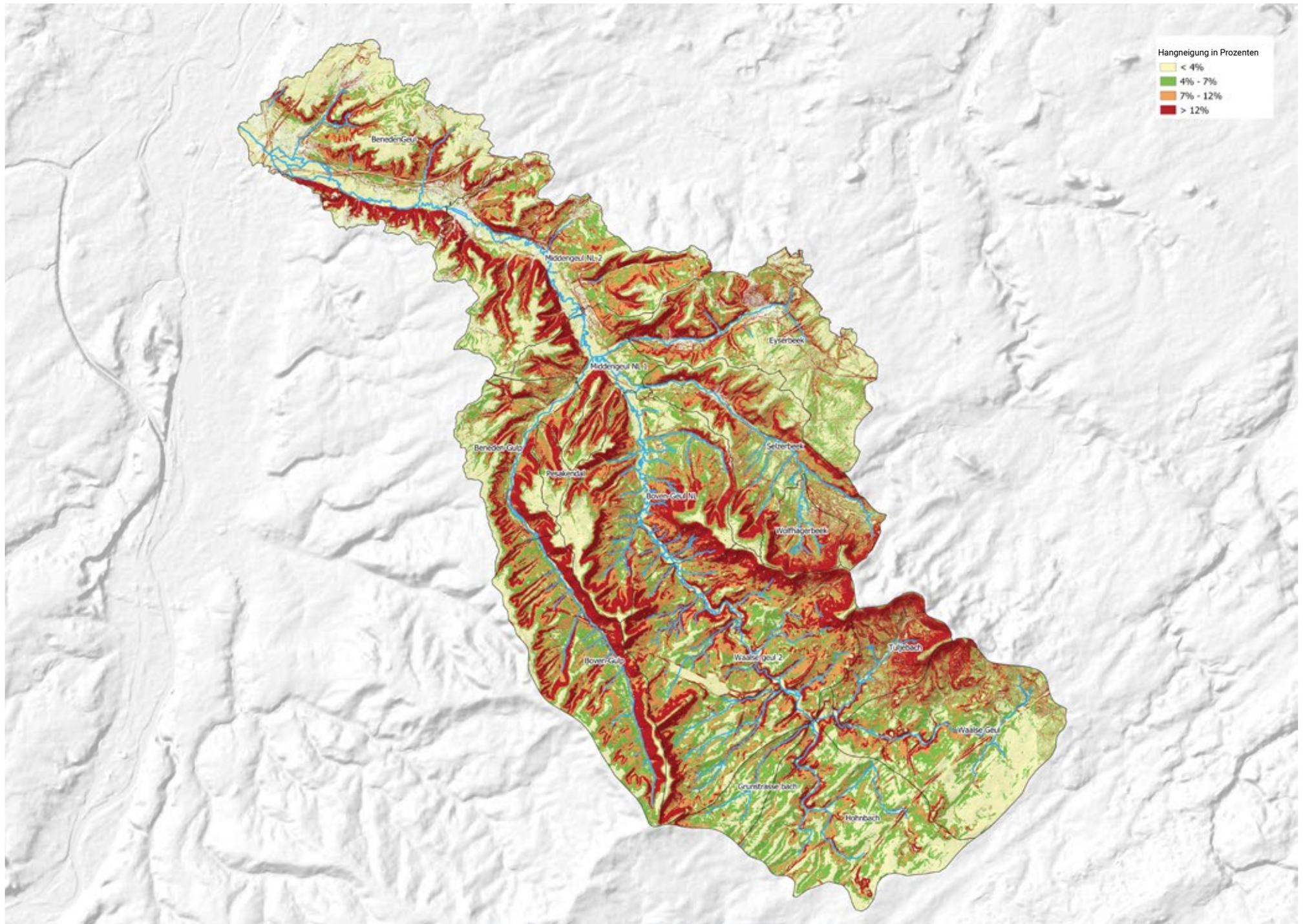
Sie sind oft einige Meter dick und wurden von der Göhl und ihren Seitenbächen im Laufe von Tausenden Jahren abgelagert (siehe auch 4.1). Man findet sie überall in den Talebenen, am meisten im gesamten niederländischen Teil des Einzugsgebietes, wo die Niederungen Hunderte Meter breit sind, aber auch am flämischen Tal der Gulp und im wallonischen Göhltales, aber dort handelt es sich immer um kleine Flächen, direkt neben dem Bach. Diese lehmigen Böden sind schlecht wasser-durchlässig.

Der Untergrund - Böden

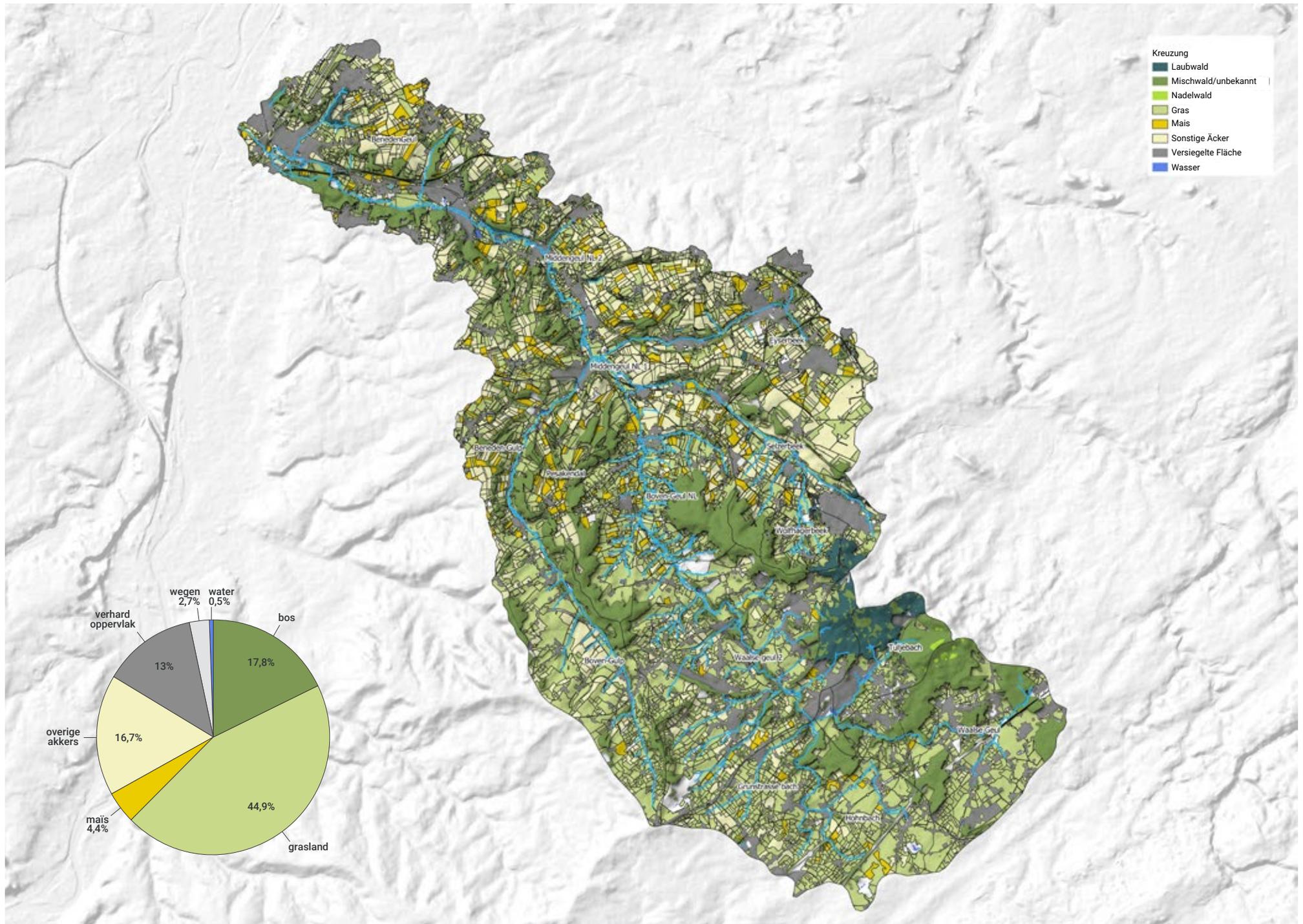
Durch Erosion und Verwitterung des oft festen Materials im geologischen Untergrund ist an der Erdoberfläche eine Schicht von lockeren Materialien entstanden, die eine Dicke von einigen Dezimetern bis zu einem Meter oder mehr haben kann, und als Boden bezeichnet wird. Dieser Boden kann aus lockeren Steinen, Sand oder Ton oder einer Mischung dieser Materialien bestehen. Für die Wassermenge, die ein Boden festhalten kann, sind seine Dicke und Struktur ganz wichtig. Vor allem die Menge an organischer Substanz im Boden ist von Bedeutung. Je mehr organische Substanz vorhanden ist, desto besser ist der Boden in der Lage, wie ein Schwamm große Mengen Wasser aufzunehmen.

Relief

Da die Erosion des Untergrunds an manchen Stellen schneller verläuft als an anderen Stellen, entsteht ein Relief. Offensichtlich besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Relief und dem geologischen Untergrund, wie oben beschrieben. In den alten, harten Gesteinen in dem am weitesten stromaufwärts gelegenen Teil des Göhltales sind die Täler nicht tief eingeschnitten und beträgt die Neigung der Hänge des Tales oft nicht mehr als 7 %. Nur im untersten Teil des Tales sind die Hänge etwas steiler. Die Hänge mit der geringsten Neigung finden sich an den höchsten Teilen im Einzugsgebiet der Göhl, auf der Wasserscheide zu den benachbarten Einzugsgebieten der Weser und Rur.



Die Hangkarte des Göhltales zeigt, dass die Göhl und ihre Nebenbäche sich insbesondere in den jüngeren Gesteinsschichten tief eingeschnitten haben und lokal steile Hänge (> 12 %) bilden.



Die heutige Landnutzung im Göhlal: im Norden relativ viele (Mais-)Felder und im Süden mehr Grasflächen. Wald befindet sich vor allem auf den steilen Hängen und hohen Rücken.

4. ERSCHLIESSUNG UND HEUTIGE LANDNUTZUNG

Die Hügellandschaft, zu der das Göhlthal gehört, wird bereits seit ca. 7.000 Jahren von Menschen bewohnt und bearbeitet. Dabei waren die Bäche und Bachtäler immer von großer Bedeutung für die Entwässerung und Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen, Fischfang, als Energiequelle und bei der Lieferung von Wasser für Burg- und Schlossgräben.

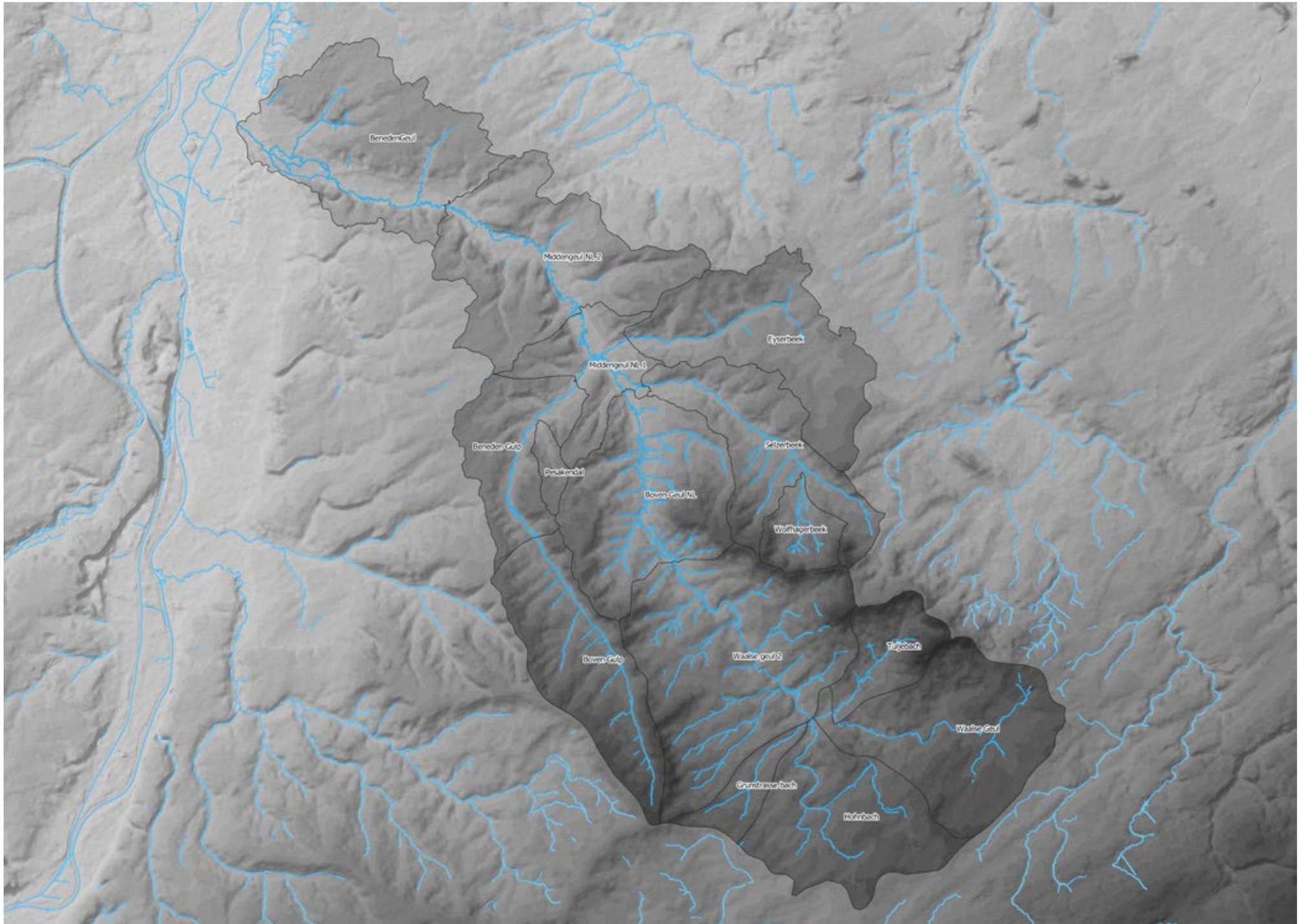
4.1 Von einer Natur- zur Kulturlandschaft

Die Bachtäler bestanden ursprünglich aus Moorwäldern (hauptsächlich mit Erlen, Weiden und Eschen) auf Kiesböden, durch die sich das Wasser in der Breite seinen Weg suchte. Das heutige Bild in den meisten Bachtälern ist ein mäandernder schmaler Bachlauf, der sich in den Lössboden eingeschnitten hat. Dieser Löss, der aus von den Hängen abgetragenen Materialien besteht, hat vor allem seit der Römerzeit die Bachtäler gefüllt. Die Abtragung durch oberflächlich abfließendes Regenwasser erfolgte nach der Abholzung für landwirtschaftliche Zwecke. Die Ausdehnung der landwirtschaftlichen Flächen im Mittelalter sowie die Vergrößerung der landwirtschaftlichen Betriebe und das Entfernen bewachsener Acker- oder Erdterrassen im letzten Jahrhundert verstärkten die Prozesse der Erosion und Sedimentation. Das Resultat ist eine an manchen Stellen mehrere Meter dicke Lehmschicht in den Bachtälern, in die sich der Bach tief eingeschnitten hat.

Durch diese schnelle Sedimentation endete auch die ursprünglich in den Bachtälern weit verbreitete Torfbildung. Es ist wichtig zu erkennen, dass das scheinbar ganz natürliche Bild eines Baches, der sich durch das Grasland schlängelt, nicht der natürlichen Situation entspricht. Hinzu kommt, dass einige Bachabschnitte später auch begradigt wurden und Gräben angelegt wurden, um die feuchten Weiden und Heuwiesen im Bachtal besser zu entwässern. Außerdem wurden Fischteiche, Mühlenbäche und Grachten angelegt.

Weiter oben im Wassersystem fanden ebenfalls viele Veränderungen statt. Auch hier dominierten ursprünglich Moor- und Sumpfgebiete, wodurch landwirtschaftliche Nutzung unmöglich war. Der Mensch hat diese Feuchtgebiete jedoch durch das Anlegen von Gräben am Oberlauf der Bäche systematisch entwässert. Im Laufe der Zeit haben sich diese gegrabenen Bachläufe natürlicher entwickelt, sodass wir dazu neigen, zu glauben, dass die Bäche schon immer bis weit oben in den Einzugsgebieten verliefen. Ursprünglich sah die natürliche Landschaft also bis in die Feinverzweigungen wesentlich anders aus.

Im Vergleich zu vielen anderen Regionen in den Niederlanden und Belgien ist das Einzugsgebiet der Göhl nur in begrenztem Maße urbanisiert. Große städtische Gebiete gibt es hier nicht, die städtischen Gebiete sind hier stärker zersplittert. Kleinere Städte und Dörfer finden sich jedoch überall in dem Gebiet. Vor allem in der zweiten Hälfte des 20.



Das Strömungsgebiet der Göhl mit seinen Wasserläufen und Teilströmungsgebieten.

Jahrhunderts haben Bebauung und Versiegelung (unter anderem viele asphaltierte Straßen) zu einer starken Erhöhung der Abflussgeschwindigkeit von Regenwasser geführt. Darüber hinaus kam es vor allem auf den Plateaus und den sanften Hängen zu einer erheblichen Ausweitung der Landwirtschaft. Wo zuvor noch viele kleine Äcker und Grasland lagen, entstanden dabei vor allem großflächige und intensiv genutzte Heuwiesen, Wiesen und (Mais-)Felder.

Neben der Landnutzung hat sich auch das Wassersystem selbst drastisch verändert. Insbesondere die oberirdischen Entwässerungssysteme (Gräben, gegrabene Bäche) und unterirdischen Entwässerungssysteme (Rohre und Schläuche) haben dazu beigetragen, dass Grundwasser, Quellwasser und Regenwasser schneller den Weg zum Bach finden.

Im Laufe der Jahrhunderte hat sich auch die Waldfläche stark verkleinert, und infolgedessen ist die Landschaft weniger gut in der Lage, Regenwasser aufzunehmen. Alle diese Veränderungen haben dazu geführt, dass das Wassersystem schneller und die Landschaft trockener geworden ist.

4.2 Heutige Landnutzung

Im Einzugsgebiet der Göhl besteht die Landnutzung aus einer Abwechslung von Wäldern, Grasland, Feldern, Oberflächenwasser und versiegelten Flächen. Bei den Feldern muss zwischen Mais und anderen Pflanzen unterschieden werden, und bei den versiegelten Flächen zwischen bebauten Gebieten und Straßen. Die Tabelle nennt die Flächen der einzelnen Landnutzungsformen pro Teileinzugsgebiet.

Die versiegelten Oberflächen (einschließlich der Straßen) machen im gesamten Göhl etwa 16 % aus, können jedoch in einem Teil des Einzugsgebiets bis zu 20 % der Fläche erreichen. Im niederländischen Teil des Einzugsgebiets liegt relativ viel Ackerland. In den Niederlanden kommen insbesondere Maisfelder vor. Grasland kommt überall häufig

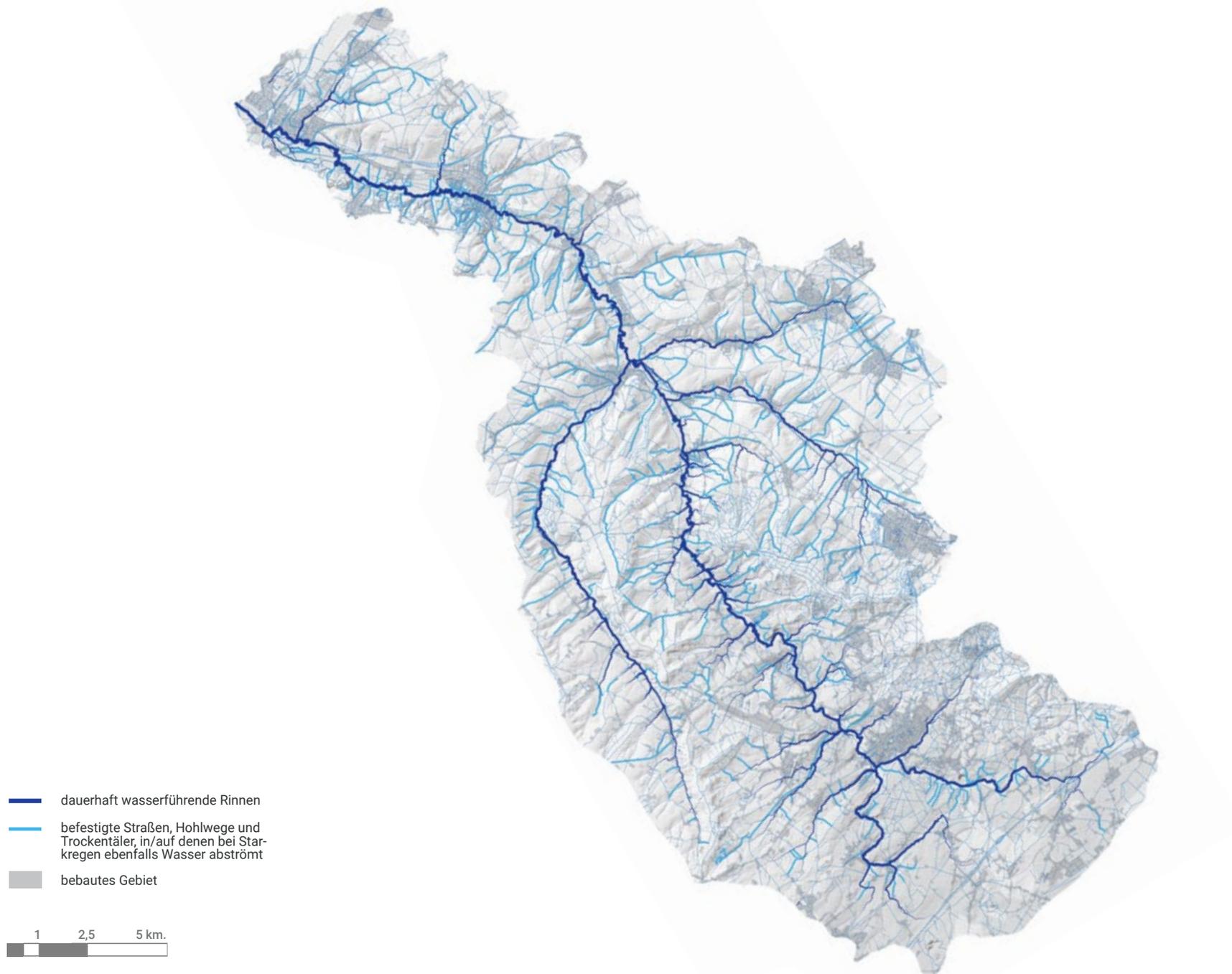
vor, am meisten in den belgischen Teilen des Einzugsgebiets, aber auch am Oberlauf der Göhl und im Tal der Gulp in den Niederlanden. Die Waldfläche ist mit 25 % am wallonischen Oberen Göhl am größten. In den übrigen Teileinzugsgebieten liegt dieser Anteil zwischen 15 und 20 %; nur beim Eyserbeek beträgt der Waldanteil nur 5 %.

Die Straßen fungieren bei intensivem Niederschlag als eine Verlängerung der Wasserwege, da das auf sie fallende Wasser direkt über die Straße abgeleitet wird (siehe auch Kapitel 2). Dies gilt nicht nur für befestigte Straßen, auch von unbefestigten Straßen fließt bei Regen viel Wasser ab. Im Göhl befinden sich pro Hektar ca. 30 bis 40 m befestigte und unbefestigte Straßen, während das Bachsystem pro Hektar lediglich 5 bis 10 m lang ist. Daher ist die Rolle, die Straßen bei heftigem Regenfall spielen, indem sie das Wasser schnell ableiten, viel größer als die Rolle der Bäche.

4.3 Heutiges Wassersystem

Die geologische Diversität des Einzugsgebietes ist (wie in Kapitel 3 bereits beschrieben) von entscheidender Bedeutung für das Wassersystem, vor allem in Bezug auf die Infiltrationskapazität. Die vor allem auf der niederländischen Seite zutage tretenden mesozoischen Kalk- und Sandsteine sowie pleistozänen Sand- und Lössböden sind im Allgemeinen gut durchlässig, im Gegensatz zu den auf belgischer Seite vorkommenden alten paläozoischen Gesteine, Vaalser Grünsand und den in den Bachtälern abgelagerten Lehmschichten, die schlecht wasserdurchlässig sind.

Die Geologie hat auch Auswirkungen auf die Morphologie, die im Großen und Ganzen aus Plateaus, von (Trocken-)Tälern durchzogenen Hängen und Talebenen besteht. Die steilsten Teile des Einzugsgebiets (> 12 %, wie das Untere Göhl) bestehen in der Regel aus relativ gut durchlässigen Gesteinen und Böden, auf denen meistens üppige Vegetation wächst (Wald und Wildwiesen).



Karte des „hybriden Wassersystems“, das bei intensivem Niederschlag sowohl Regenwasser über die Bäche als auch über die Trockentäler, Hohlwege und befestigte Straßen abführt.

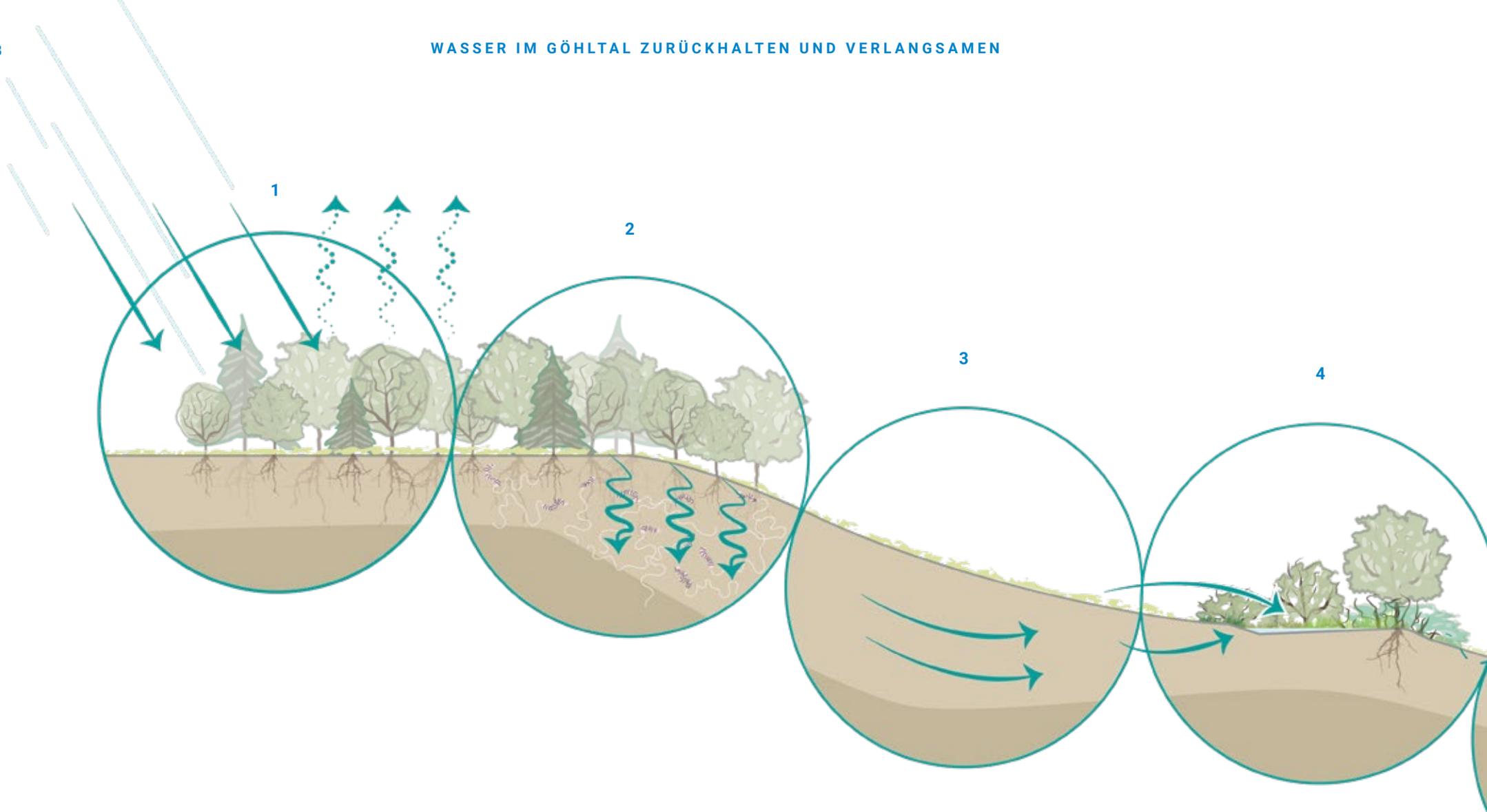
Daher sind dies nicht unbedingt die Geländeteile, aus denen bei Niederschlägen das meiste Wasser ins Bachtal strömt. Viele flachere Teile des Einzugsgebiets (< 7 %, wie das Obere Göhlthal) zeichnen sich hingegen durch relativ undurchlässige Gesteinsschichten und dünne Böden aus (insbesondere im wallonischen Teil) oder durch das Vorhandensein von Feldern (oft mit spät keimendem Futtermais) und/oder Drainagerohren. Dadurch sind es oft gerade die weniger steilen Hänge, die in relativ großem Umfang zu Hochwasser und Überschwemmungen beitragen.

Wenn wir über das Wassersystem sprechen, betrachten wir oft vor allem das Oberflächenwasser, also die dauerhaft wasserführenden Bäche. Dies ist jedoch nur ein begrenzter Teil des Wassersystems, den wir als das „schnelle Wassersystem“ bezeichnen könnten, da Wasser, das einmal den Bach erreicht hat, relativ schnell aus dem Einzugsgebiet abgeleitet wird. Über Hänge abfließendes Wasser (dies geschieht eigentlich nur bei Starkregen oder sehr lange dauernden Niederschlägen) und vor allem Grundwasser bewegen sich viel langsamer durch das Einzugsgebiet. Eine separate Kategorie bilden natürliche und unnatürliche Elemente des Wassersystems, die nur bei geringen oder größeren Niederschlagsmengen wasserführend sind: befestigte Straßen, Drainagerohre und Trockentäler. In wasserführendem Zustand sind sie daher ein Teil des schnellen Wassersystems.

Ein nicht unwichtiges Element des Wassersystems ist die Vegetation. Sie fängt insbesondere im Sommerhalbjahr viel Niederschlag auf, der teils durch Verdunstung und Transpiration (von der Vegetation abgegebener Wasserdampf) wieder in die Atmosphäre gelangt und teils verzögert über Äste und Stämme auf den Boden fällt, wo das Wasser mehr Zeit hat, zu infiltrieren. Ebenfalls in den Sommermonaten spielt die Vegetation eine wichtige Rolle beim „Austrocknen“ des Bodens, wodurch im Boden mehr Raum geschaffen wird, um Niederschlag aufzunehmen.

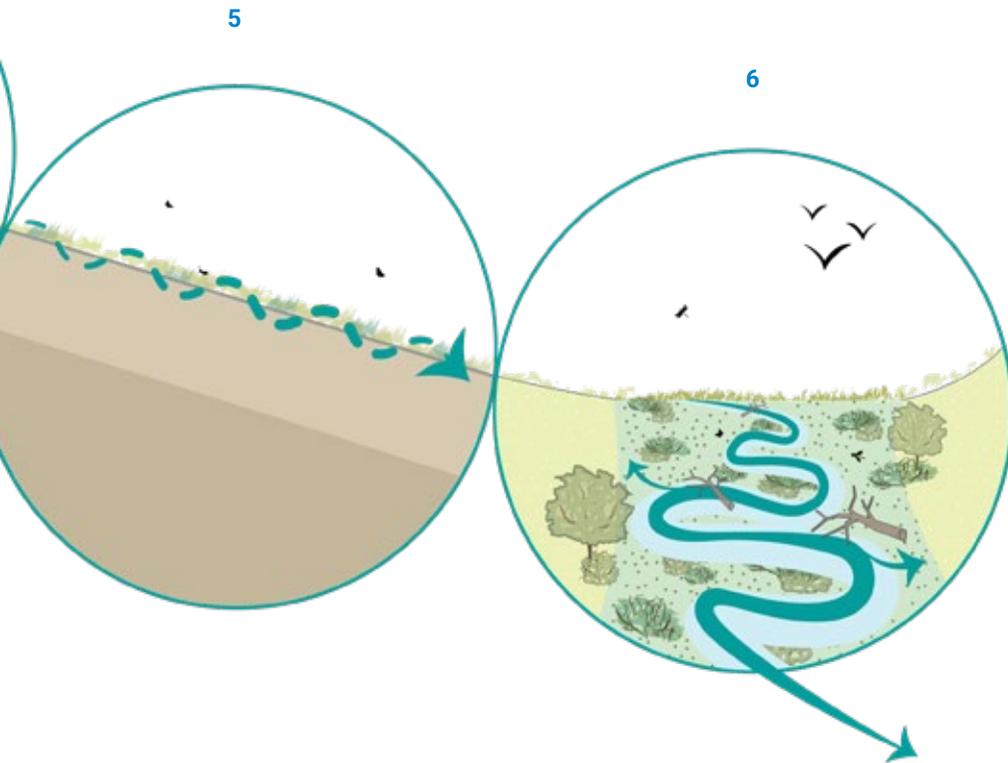
4.4 Künstliches Wassersystem: Entwässerung, Straßen, Versiegelung und gegrabene Bachläufe

Wie bereits oben beschrieben, hat das natürliche Wassersystem in Form von verhärteten Flächen (Straßen, aber auch Bebauung), kahlen Feldern und ober- und unterirdischer Entwässerung von landwirtschaftlichen Flächen einige „Prothesen“ erhalten, die das Wasser erheblich beschleunigen. Durch menschliches Zutun ist dadurch ein hybrides Wassersystem entstanden, wobei das Netzwerk an konzentrierten und schnellen Abflüssen wächst, je mehr Niederschlag fällt. Diese künstlichen Erweiterungen sind ein wichtiges Element bei der Beschleunigung der Reise des Regentropfens durch das Einzugsgebiet und tragen damit zur Entstehung von Überschwemmungen, Hochwasser und Trockenheit bei.



Die Reise des Wassers durch die Landschaft, einschließlich der Möglichkeiten, diese Reise zu verlangsamen.

5. DIE REISE DES WASSERS

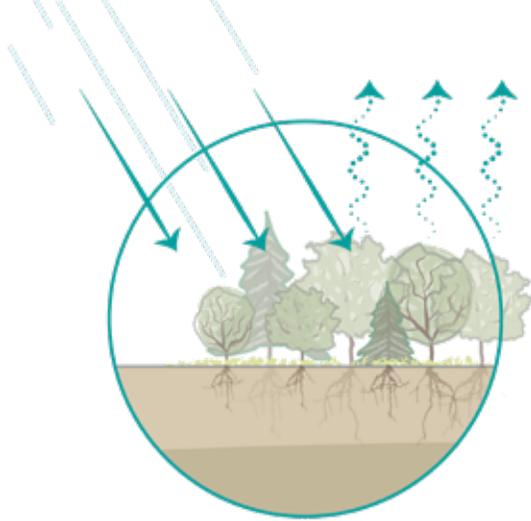


Die in den vorgehenden Kapiteln beschriebenen Sachverhalte haben großen Einfluss auf die hydrologischen Abläufe im Göhlal. Die Hydrologie des Göhlals ist an sich sehr komplex, lässt sich aber schrittweise in der Reise beschreiben, die ein Regentropfen ab dem Moment, in dem er fast auf die Erdoberfläche fällt, bis zu dem Moment, an dem er das Gebiet über das Wassersystem verlässt.

Regenwasser macht eine Reise durch die Landschaft. Unterwegs

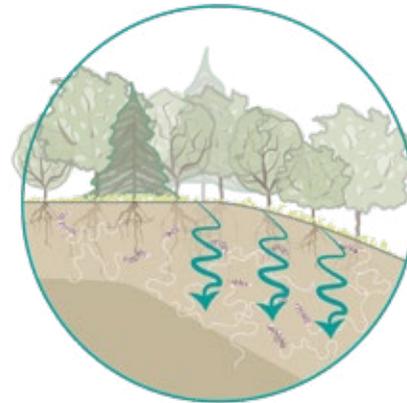
1. wird das Wasser von der Vegetation aufgefangen,
2. sickert das Wasser in den Boden,
3. fließt es unterirdisch durch den Boden ab und kommt (teilweise) wieder an die Oberfläche,
4. fließt Wasser oberflächlich über das Land ab,
5. sammelt es sich in Gräben, Hohlwegen und Trockentälern,
6. erreicht das Wasser den Bach und fließt durch das Bachbett ab.

In jeder dieser sechs Phasen kann das Wasser von der Natur verlangsamt werden. Die nächsten Seiten zeigen anhand des Verlaufs der Reise eines Regentropfens von der Quelle bis zur Mündung, wie die Verlangsamungstechniken aussehen.



5.1 Regen auffangen, bevor er den Boden erreicht

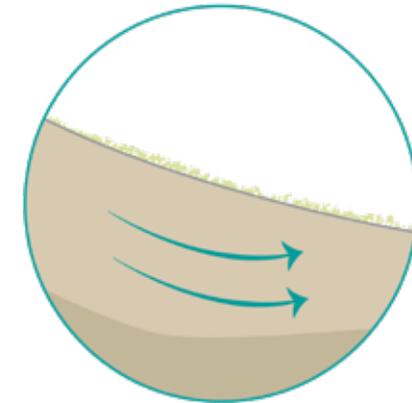
Ein Regentropfen, der aus einer Wolke fällt, gelangt nur selten direkt in ein Oberflächen-gewässer. In einer natürlichen Landschaft oder einer sommerlichen Kulturlandschaft wird dieser Tropfen wahrscheinlich auch nicht auf den Boden fallen, sondern zuerst auf die Vegetation. Die Reise eines Regentropfens beginnt also oft auf einem Blatt oder einem Ast, wo er liegen bleibt und verdunstet oder entlang des Baumstamms zum Wurzelsystem geleitet wird. Ein aus mehreren Vegetationsschichten aufgebauter Wald verlangsamt den Tropfen am stärksten. Wo eine geschichtete, strukturreiche Vegetation fehlt oder wo sogar überhaupt keine Vegetation vorhanden ist, muss sie wiederhergestellt werden.



5.2 Im Boden versickern

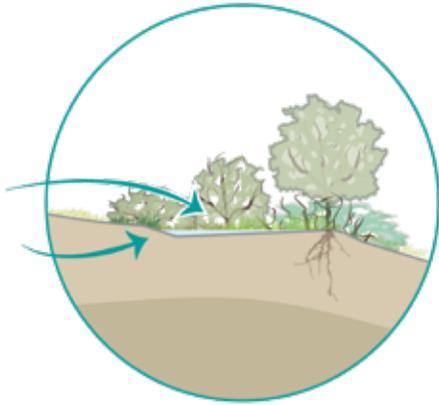
Der Teil des Wassers, der bei einem Regen-schauer doch auf den Boden gelangt, wird sich eventuell zuerst in einer Pfütze ansammeln und dann in den Boden infiltrieren. Die Infiltrati-onskapazität hängt von der Bodenbeschaffen-heit und der Bodennutzung ab. Die Steilheit des Hanges beeinflusst außerdem die Wahr-scheinlichkeit, dass das Wasser die Infiltrati-onskapazität des Bodens nutzt. Je mehr Vegetation vorhanden ist, desto dicker ist die Streu- und Humusschicht und desto mehr organische Stoffe enthält der Boden, der das Wasser dann besser absorbieren kann.

Wo befestigte und stark verdichtete Oberflächen die Infiltrationskapazität beeinträchtigen oder sogar auf null reduzieren, fließt der Nieder-schlag direkt oberflächlich ab. An diesen Stellen müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Bodeninfiltration zu fördern, da der schnelle oberflächliche Abfluss die Hauptursache für Hochwasser ist.



5.3 Im Boden speichern

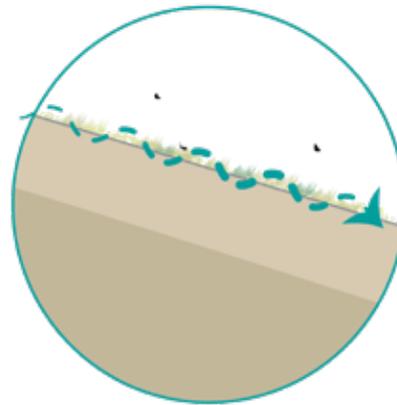
Wenn Wasser einmal in den Boden infiltriert ist, wird es die Reise unterirdisch langsam fortset-zen. Je länger das Wasser im Boden unterwegs ist, desto langsamer verläuft die Reise. Wo der Mensch das Wasser mit Drainagen beschleunigt aus dem Boden ableitet, ist die Entfernung der Drainagen und das Füllen von Gräben eine Lösung. Straßen, die sich in was-serführende Bodenschichten einschneiden, haben die gleiche Wirkung wie ein drainieren-der Graben. Ein solcher Einschnitt muss daher vermieden oder beseitigt werden.



5.4 An der Oberfläche abfließendes Wasser erneut in den Boden leiten

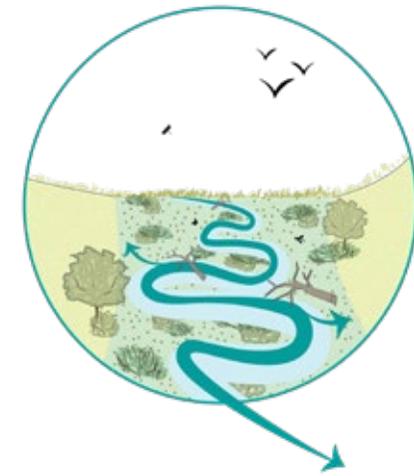
Der Niederschlag, der nicht oder kaum Gelegenheit hat, in den Boden zu infiltrieren, sucht sich entlang des Hanges seinen Weg nach unten. Oft sammelt sich das Wasser am Hang bereits in flachen Vertiefungen, die von oben nach unten verlaufen (sogenannte flache Fließpfade). Ein Mikrorelief oder raue Vegetation können diese oberflächlichen Hangwasserabflüsse verlangsamen.

An den Stellen, wo natürliche Rauigkeit durch ein Mikrorelief und Vegetation fehlen oder nicht ausreichen, sollte versucht werden, das an der Bodenoberfläche abfließende Wasser irgendwo am Hang aufzufangen und erneut einsickern zu lassen.



5.5 Zugeflossenes Wasser verteilen

Wasser, das den Hang hinabfließt, sammelt sich in untiefen Rinnen und Fließpfaden. Fließpfade aus allen Richtungen führen das Wasser innerhalb kurzer Zeit in ein Tal. In einem (feuchten) Tal, in dem sich eine üppige, wilde Moorvegetation entwickelt hat, kommt das zugeflossene Wasser auf natürliche Weise zur Ruhe, denn das Wasser fließt hier träge und breit durch das Tal. Wo ein solches Fließmoor fehlt, konzentriert sich das Wasser zu einem kraftvollen, schnell strömenden Bach. Es ist wichtig, dass die Stelle, an der Wasser einen Bach bildet, so niedrig wie möglich liegt.



5.6 Bachwasser in der Talebene verlangsamen

Das Wasser, das einmal über die kleineren Seitentäler in den Bach im Haupttal gelangt ist, fließt viel schneller als zu dem Zeitpunkt, als es noch unterirdisch, über die raue Bodenoberfläche oder durch das Fließmoor floss. Dies ist ein natürliches Phänomen. Durch die Mäandern und die Kiesbänke mit Vegetation im Bachbett wird das Wasser auf natürliche Weise verlangsamt. Bei einer Überschwemmung wird dem Wasser vom Boden und der Vegetation an den Ufern relativ viel mehr Widerstand geboten. Wo ein Bach(lauf) begradigt wurde oder der Bach bei hohem Wasserstand nicht die Möglichkeit hat, in die Talsenke zu fließen, entsteht eine gefährliche Situation mit extrem hohem und schnell strömendem Wasser. Die Wiederherstellung von Mäandern und Mäandrierung trägt zu mehr Sicherheit bei. Das gilt auch für die Zulassung von Stauungen im Bach durch umgefallene Bäume oder Biberdämme in Naturgebieten, wodurch dort die Talebene überflutet werden kann.



Beispiel für die Wiederherstellung eines Baches im oberen Teil der Gulp, wobei der Bach wieder die gesamte Breite der Talebene einnehmen kann.

Natürliche Lösungen haben die Kraft, den Abfluss von Regenwasser zu verlangsamen. Dadurch verhindern sie nicht nur Hochwasser, sondern auch Wasserknappheit und Schlammströme. Darüber hinaus gewinnt die Landschaft durch natürliche Lösungen auch andere Qualitäten, zum Beispiel die Steigerung der Biodiversität und die touristische Attraktivität. Weitere Vorteile sind, dass durch natürliche räumliche Maßnahmen mehr Kohlenstoff gespeichert werden kann, Hitzestress reduziert werden kann und entlang wertvoller Natur eine Pufferzone gegen unerwünschte Einträge von Stickstoff oder anderen Substanzen gebildet werden kann. Während technische Lösungen darauf ausgelegt sind, ein einziges Ziel zu realisieren, sind natürliche Lösungen integrale Ansätze. Außerdem behalten diese Maßnahmen auch bei sehr starken Niederschlägen (lange) ihre Effektivität und ergänzen sich gegenseitig. Gleichzeitig leisten sie einen Beitrag zur Bekämpfung von Dürre und Hangerosion. Natürliche Maßnahmen am Oberlauf sind somit effektiv, in der Regel subtil integrierbar und zuverlässig.

Die sechs Prinzipien aus Kapitel 5 folgen der Reise des Regentropfens ab den hochgelegenen Zonen der Landschaft nach unten ins Tal und beziehen sich daher auf spezifische Teile der Landschaft: Zuerst die Plateauränder oben im Einzugsgebiet, darunter die steilen und flacheren Hänge, die oft von Trockentälern durchzogen sind, daneben die Feinverzweigungen oder die Quellbereiche des Bachsystems mit darunter den Ober- und Unterläufen der Bäche, und zum Schluss die menschlichen Artefakten: die befestigten Straßen und die Städte. Für jede dieser landschaftlichen Zonen wurden Maßnahmen definiert, um das Regenwasser mit natürlichen Lösungen zu verlangsamen.

6. MIT DER NATUR ARBEITEN

Maßnahmen auf den Plateaus

Das Einzugsgebiet der Göhl ist im Grunde ein von Bächen eingeschnittenes Plateau. Plateaus sind nie völlig flach. An den Seiten, wo sie langsam in Hänge übergehen, werden sie immer steiler und erhöht sich das Risiko, dass Regenwasser an der Bodenoberfläche schnell abfließt und den Bach erreicht. Dies gilt insbesondere an Übergängen zu Trockentälern, wo sich sowohl das Grundwasser als auch eventuell an der Bodenoberfläche abfließendes Wasser konzentrieren. Daher ist es wichtig, dass auch hier an der Verlangsamung des Wassers gearbeitet wird.

Auf den flacheren Teilen ist es wichtig, dass der Boden sich gut entwickeln kann. Die wichtigsten Maßnahmen sind hier ausreichend organisches Material, Pflege des Bodenlebens, starke Zurückhaltung beim Einsatz von Pestiziden und Vermeidung von kahlen Feldern, unter anderem durch den Anbau von weniger spät keimenden Pflanzen wie Mais. Diese Maßnahmen beziehen sich also vor allem auf die Nutzung und Pflege von Landflächen. Da es sich nicht um Einrichtungsmaßnahmen handelt, werden sie in diesem Kapitel nicht detailliert ausgearbeitet.

Maßnahmen an den Hängen

An den Hängen, vom Plateaurand bis unten ins Tal, werden je nach der Position der Landschaft vier Maßnahmen unterschieden:

1. Entwicklung von Wald entlang des Plateaurands,
2. steile Hänge (>12 %): Umwandlung von Ackerflächen in natürliches Grasland,
3. mittel geneigte Hänge (7 bis 12 %): Entwicklung von Infiltrationsrinnen entlang von Ackerrändern und Wildwiesen,
4. Wiesen auf mittel geneigten Hängen und schwach geneigten Hängen (4 bis 12 %): Entfernung von Drainage, Entwicklung von Sträuchern und Extensivierung der Landnutzung.

Maßnahmen in den Bachtälern

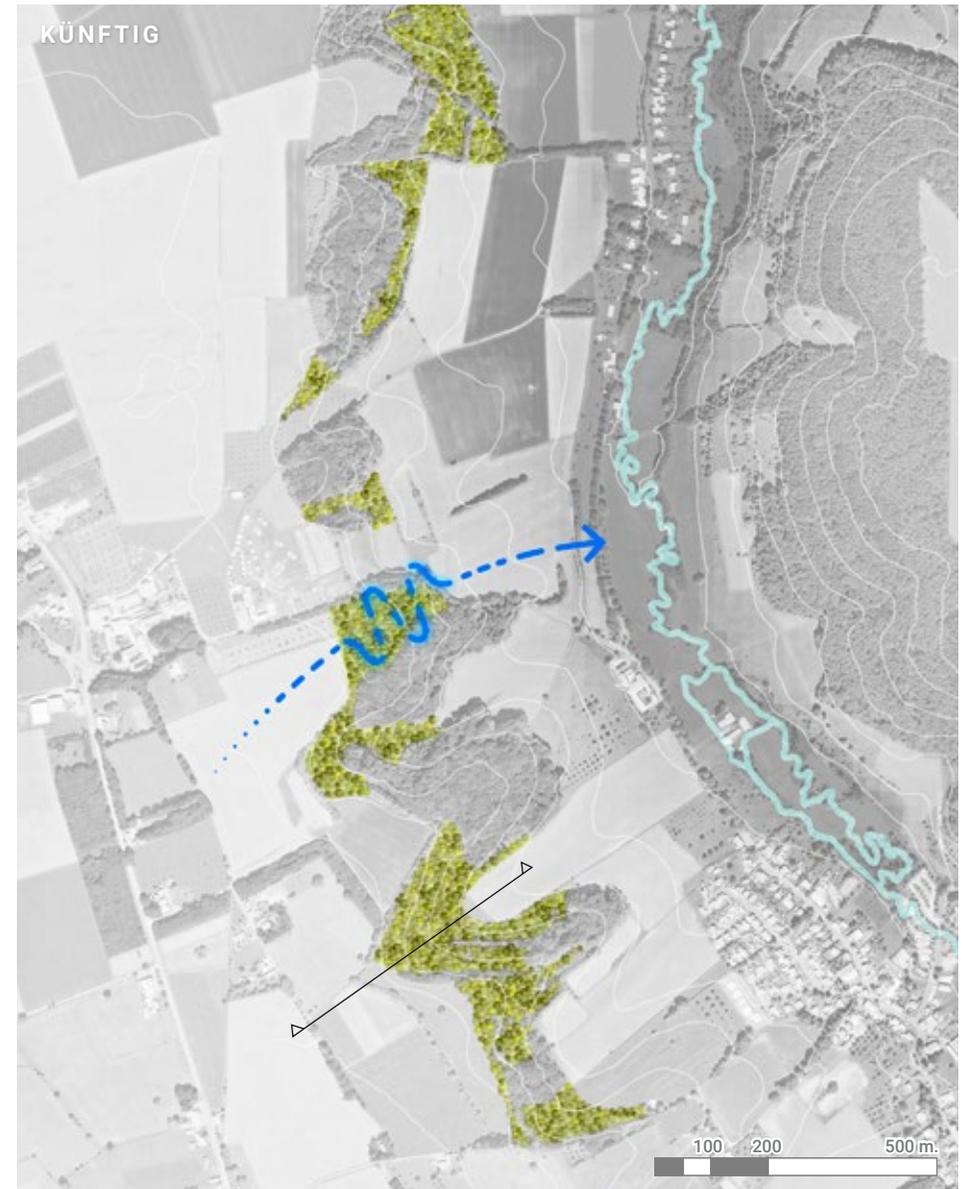
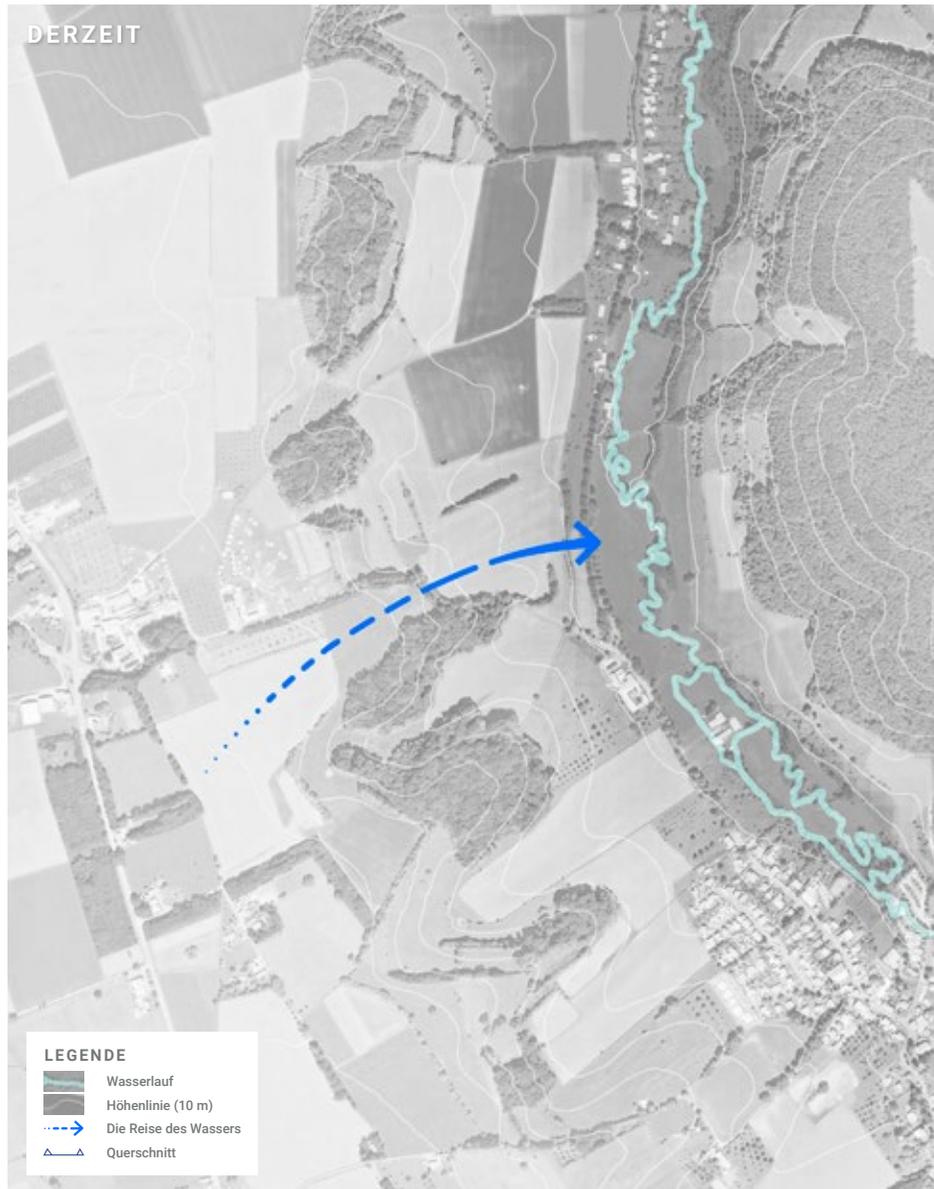
Auch in den Bachtälern hängen die Maßnahmen stark von der Position im Wassersystem ab: ganz oben im Einzugsgebiet, in den kleineren, stromaufwärts liegenden Nebenbächen oder im stromabwärts liegenden breiten Tal. Drei Maßnahmentypen werden unterschieden:

5. Ganz oben im Einzugsgebiet: Verbesserung der Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens durch Verfüllen von gegrabenen Bacherweiterungen und Entwicklung von Fließmooren,
6. schmale stromaufwärts liegende Bäche: Wasser früher in die Talebene leiten, indem der Bachboden veruntieft wird, Entwicklung eines Biber-Biotops (Biberdämme), Totholz und erneute Mäandrierung,
7. breite Bachtäler am Unterlauf: Platz für Mäandrierung und Überflutungsgebiete reservieren, Überflutungsgebiete durch Vegetationsentwicklung aufrauen, um die Strömung zu verlangsamen.

Maßnahmen an befestigten Flächen

Versiegelte Flächen im Einzugsgebiet führen zu einer erheblichen Beschleunigung des Abflusses. Wo dies möglich ist, sollte die Versiegelung durch Materialien ersetzt werden, die eine Infiltration des Regenwassers ermöglichen. Insbesondere für Straßen ist dies keine Lösung, und dann muss untersucht werden, wie das entlang oder über die Straße abfließende Wasser so gut wie möglich im angrenzenden Gelände, beispielsweise in Wadis, aufgefangen werden kann.

8. Befestigte Straßen: Wasser von der Straße abfließen und infiltrieren lassen,
9. Wasser in Hohlwegen: aus dem Hohlweg ableiten und nach Möglichkeit verlangsamen,
10. städtische Gebiete: Erhöhung der Wasseraufnahmekapazität durch Entfernung versiegelter Flächen und mehr Pflanzen.



Verlangsamung des Wassers durch die Entwicklung neuer Wälder.

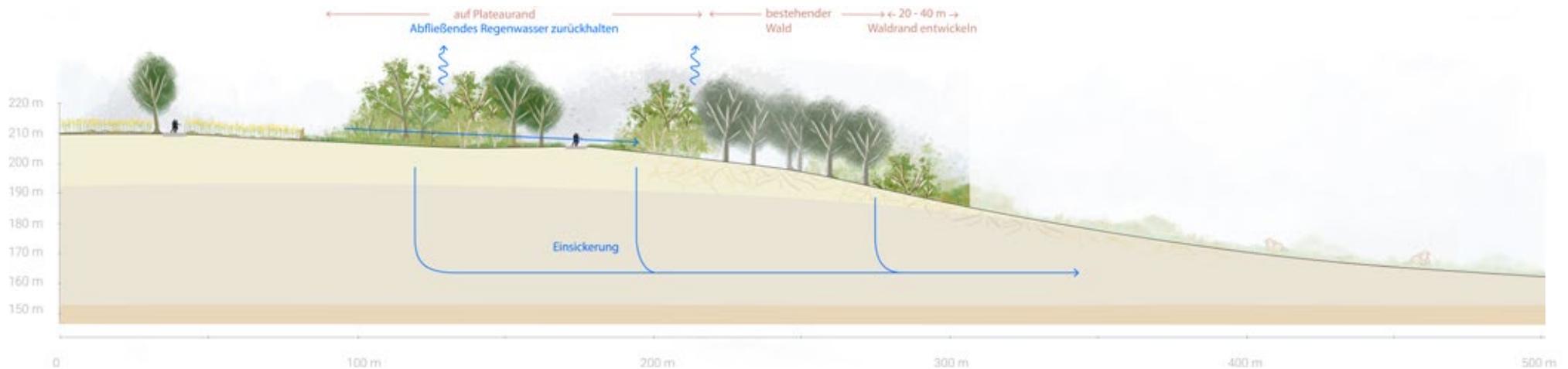
6.1 ENTWICKLUNG NEUER WÄLDER



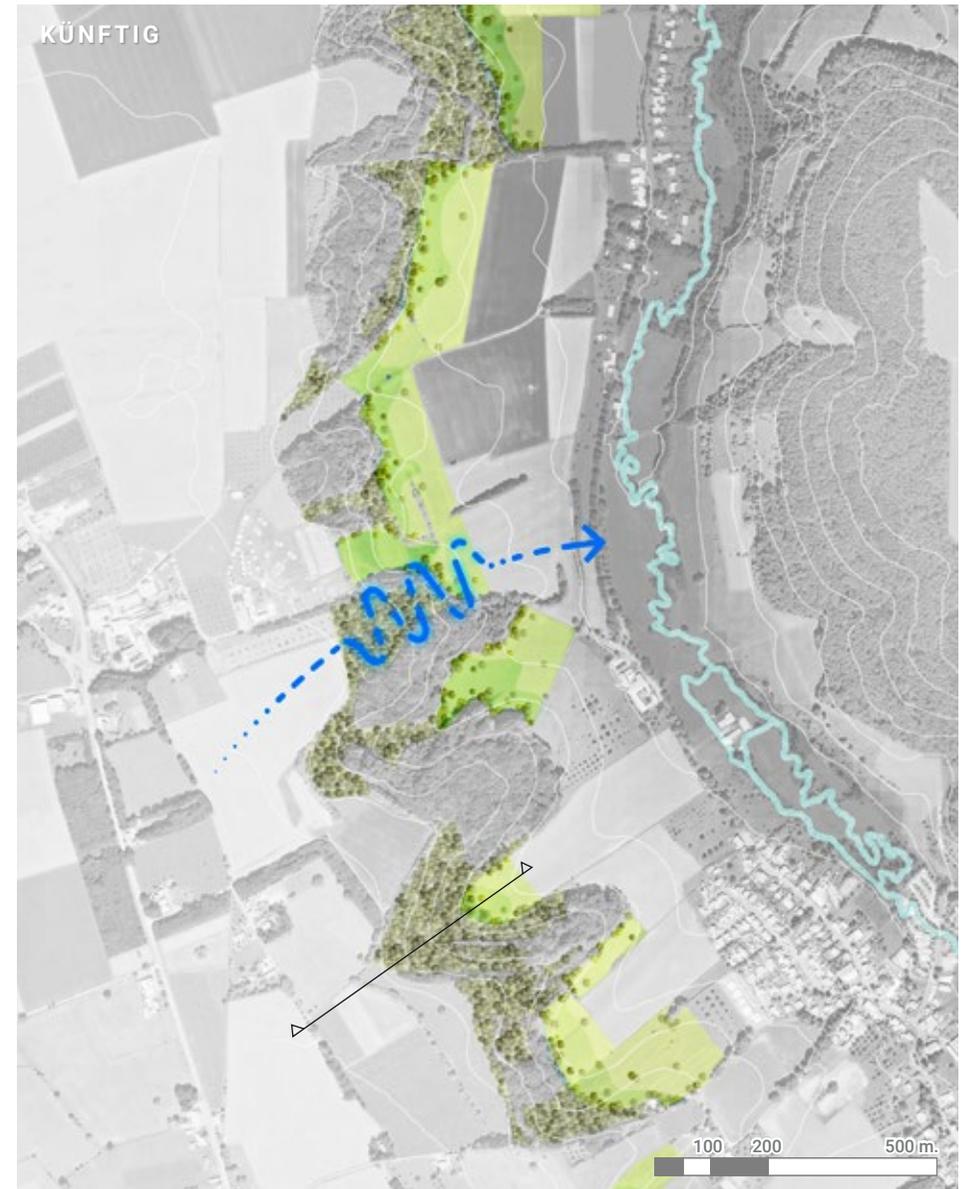
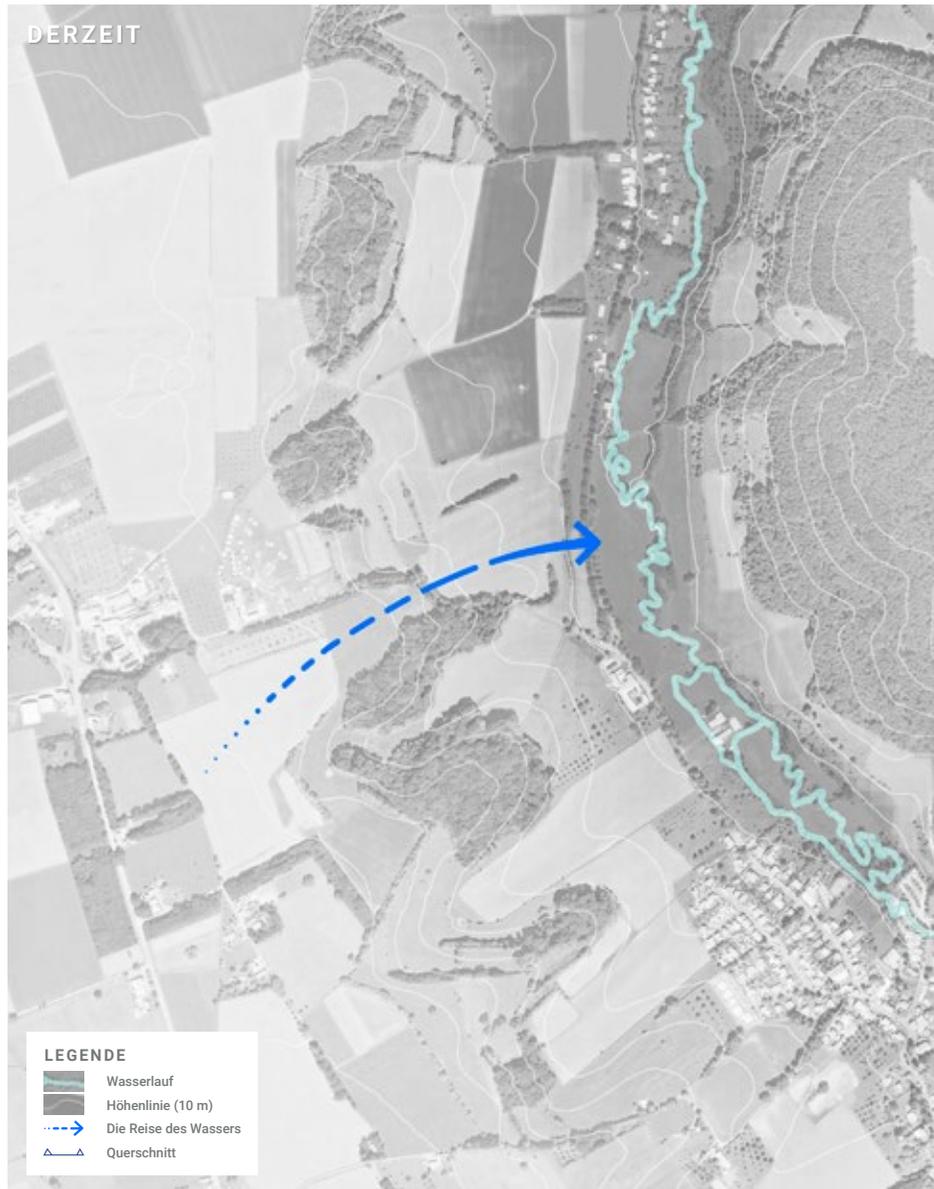
Beispiel für die heutige Situation mit steilen Hängen in Slenaken (© Google Street View).

Ein gut entwickelter Laubwald ist besser als jede andere Landnutzung in der Lage, Regenwasser aufzufangen, verdunsten zu lassen und in den Boden abzuleiten. Daher ist die Waldentwicklung auch die mit Abstand beste natürliche Maßnahme gegen Überschwemmungen, Hochwasser und Trockenheit. Die Maßnahme ist eigentlich überall effektiv, aber je weiter stromaufwärts, desto höher ist die Effektivität. Die Hügellandschaft in Süd-Limburg zeichnet sich im Allgemeinen durch Wälder oben auf steilen Hängen aus. Hier ist das Unterholz der Wälder gut in der Lage, das von den Plateaus kommende Wasser aufzufangen und zu verhindern, dass es die Hänge hinabfließt.

Die Entscheidung, um zusammenhängende Waldkomplexe vor allem an den Rändern der Plateaus zu entwickeln, hat auch einen positiven Einfluss auf die Wahrnehmung der Hügellandschaft. Wenn Bäume gewissermaßen etwa zwanzig Meter über den Hang gestellt werden, erzeugen sie den Effekt, dass die darunterliegenden Hänge länger und höher erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind. Das für niederländische Verhältnisse einzigartige Relief wird auf diese Weise visuell verstärkt.



Querschnitt neu entwickelter Wälder.



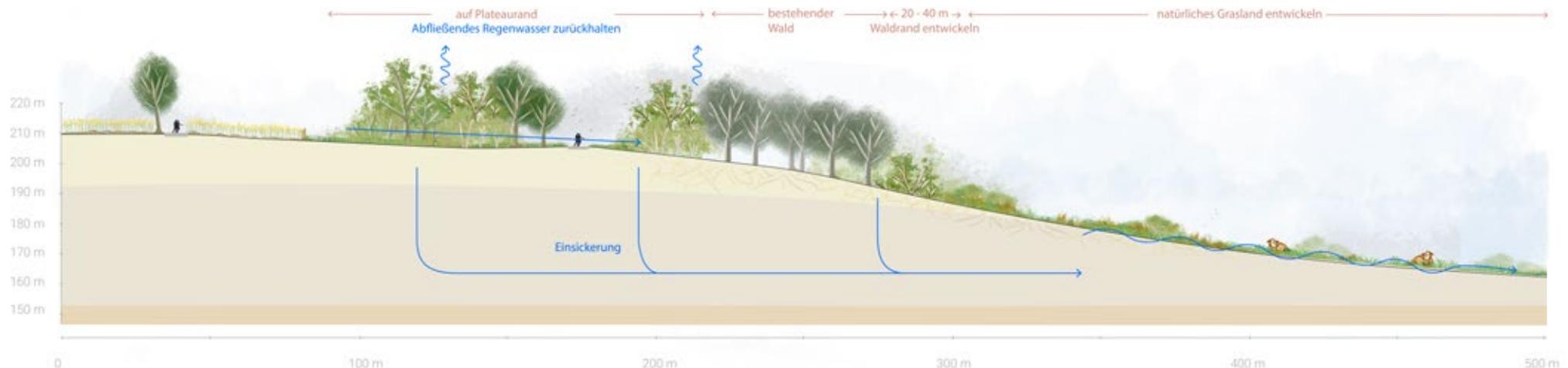
Verlangsamung des Wassers durch Umwandlung von Ackerland in natürliches Grasland.

6.2 UMWANDLUNG VON ACKERFLÄCHEN IN NATÜRLICHES GRASLAND

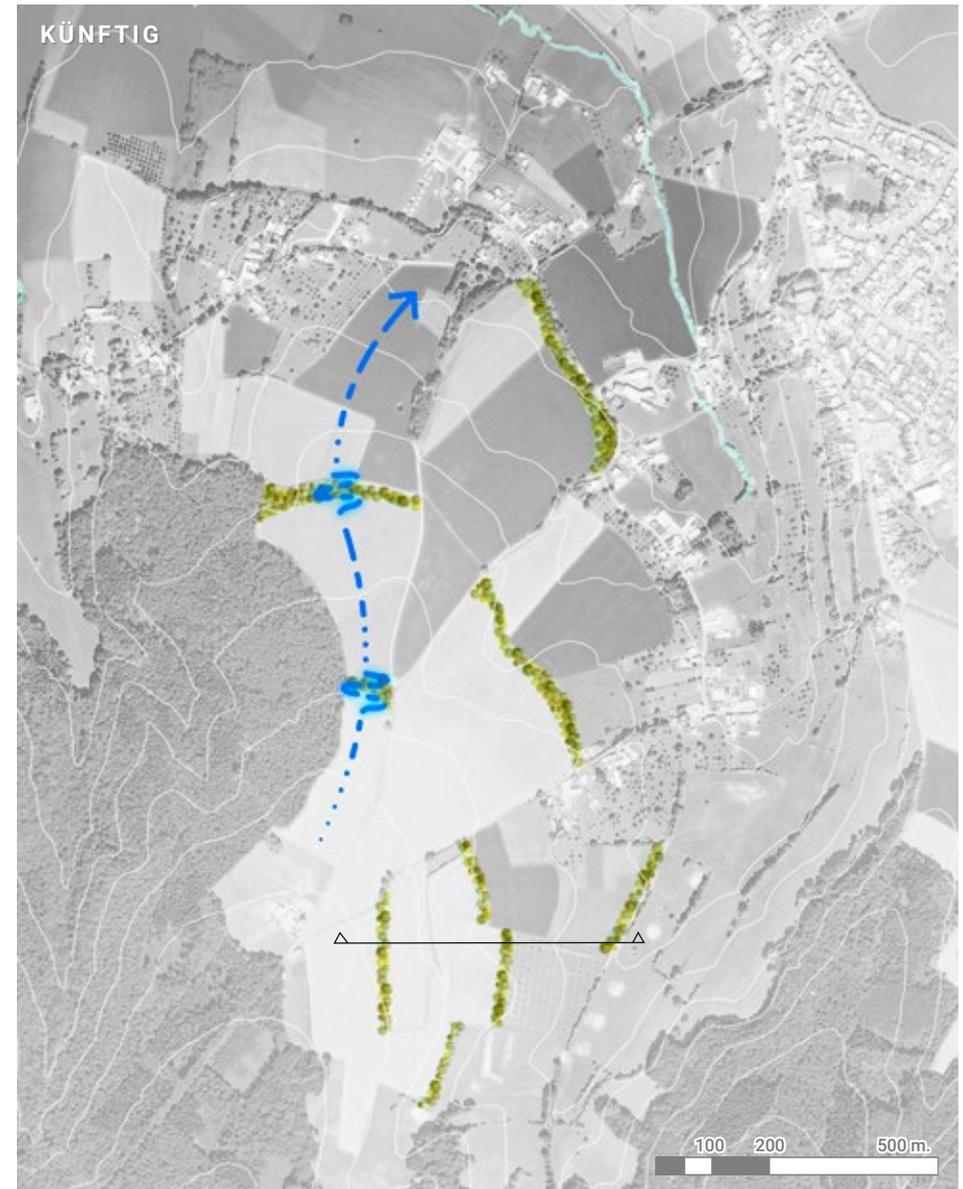
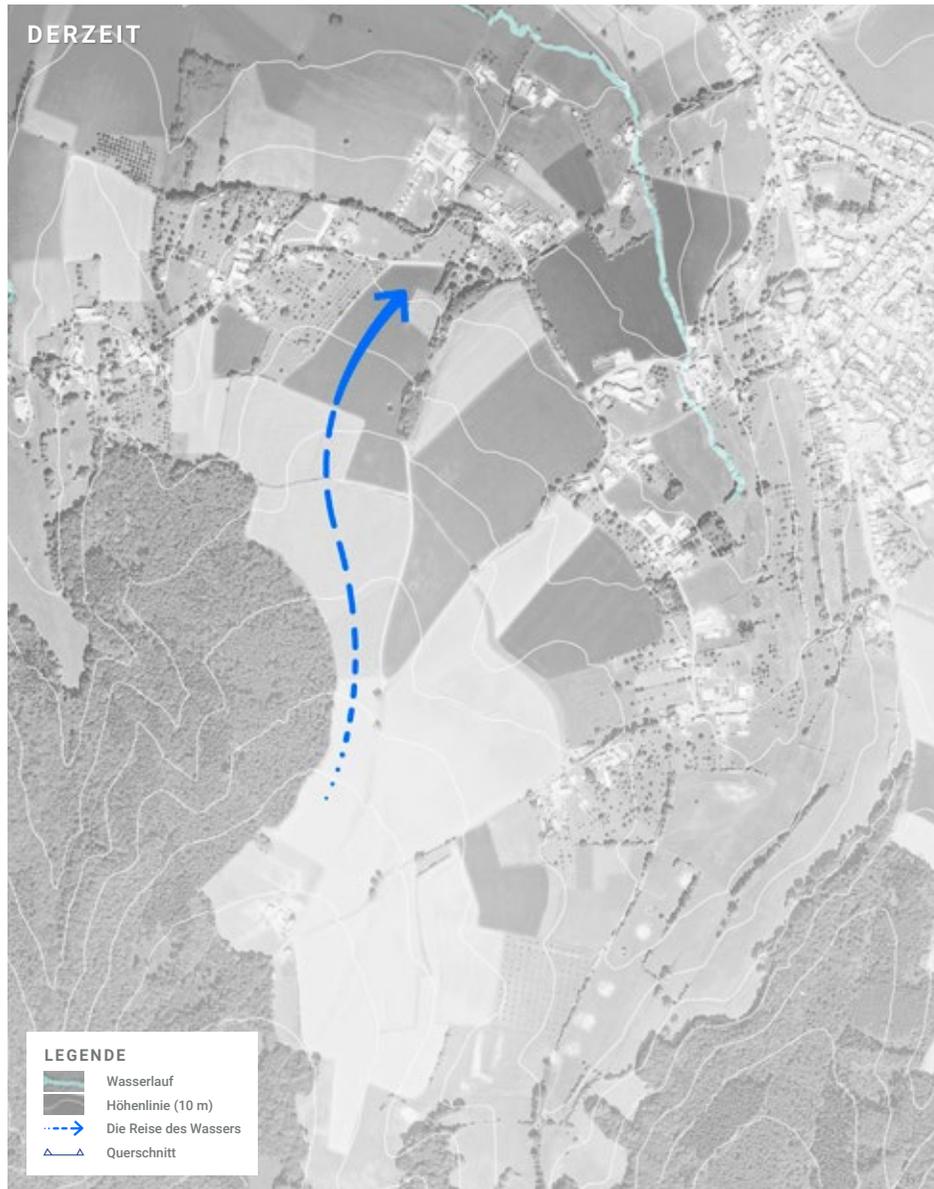


Beispiel für natürliches Grasland auf einem steilen Hang.

Je steiler ein Hang ist, desto schneller strömt das Regenwasser an der Bodenoberfläche ins Tal. Äcker an steilen Hängen können wahre Schnellstraßen für das oberflächlich abfließende Wasser sein. Darüber hinaus verursachen sie Schlammüberflutungen auf Straßen und in Bächen, Ablagerungen in Wasserrückhaltebecken und bei großen Überschwemmungen Verschmutzung und Geruchsbelästigung in Gebäuden. Vor allem spät keimende Gewächse wie Mais haben zur Folge, dass der Boden im Sommer noch lange kahl bleibt. Dies führt zu Strukturschäden im Boden (Verdichtung) und einem größeren Risiko von schnellem oberflächlichem Abfluss auf Plateaus und insbesondere an Hängen. Wildwiesen hingegen sorgen im Allgemeinen für mehr Rauheit und eine bessere Infiltration und verhindern, dass Boden abgeschwemmt wird. An steilen Hängen ist es darum ganz wichtig, das gesamte Gelände so weit wie möglich mit natürlichem, strukturreichem Grasland rauer zu gestalten. Dies bildet ein landschaftliches Ensemble mit dem darüber liegenden Wald: ein natürlicher Übergang von Grasland über Saum- und Mantelvegetation bis zum Waldrand. Dieser Waldrand ist auch ein Gebiet, in dem große Säugetiere sich gerne aufhalten, und das gilt nicht zuletzt auch für Menschen. Hier kann also eine sehr gute Kombination mit der Entwicklung eines Wanderwegenetzes geschaffen werden, das die schönsten Aussichten über die Täler bietet.



Querschnitt durch ein aufgerautes natürliches Ensemble an einem steilen Hang.

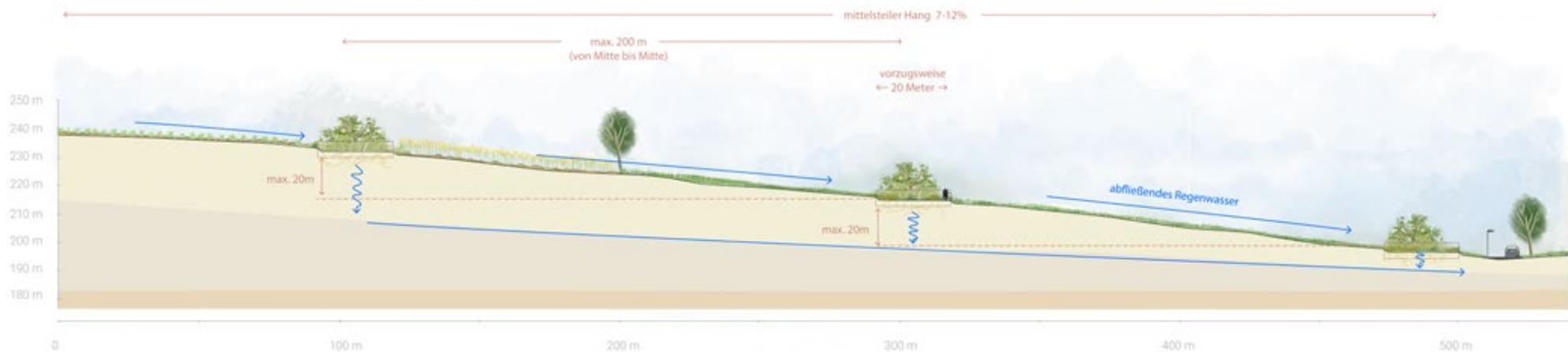


Verlangsamung des Wassers durch die Entwicklung von Infiltrationsstreifen.

6.3 ENTWICKLUNG VON INFILTRATIONSTREIFEN

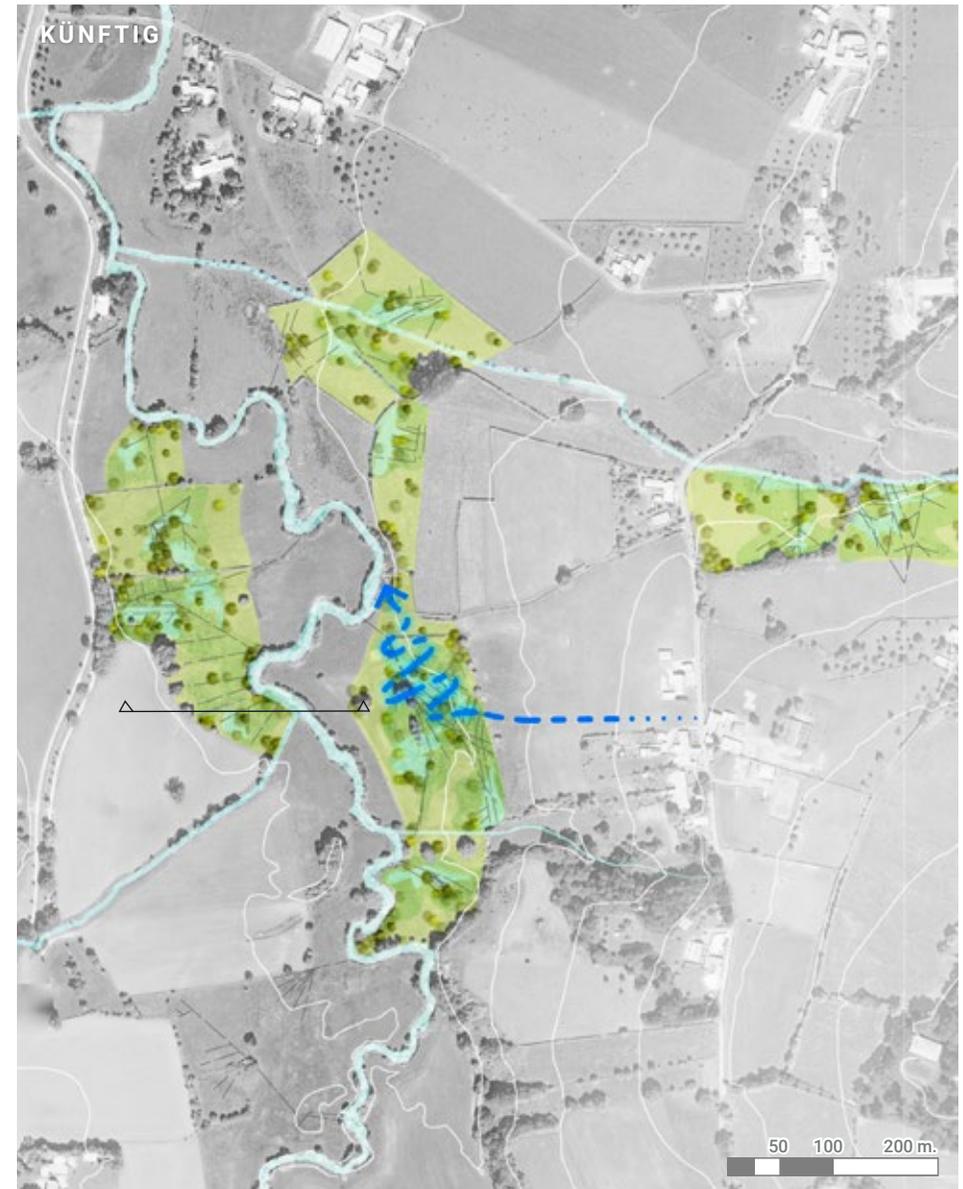
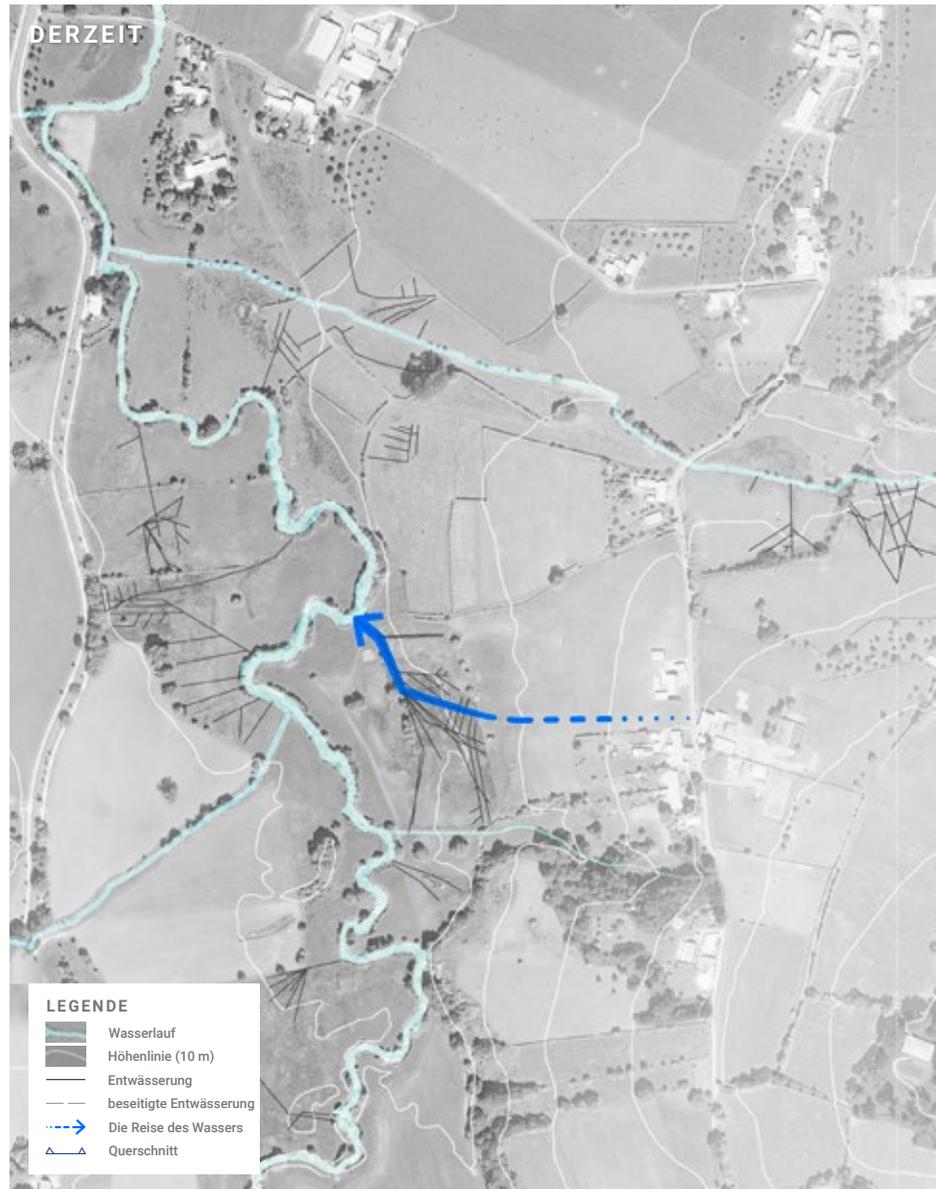


Verlangsamung des Wassers durch die Entwicklung von Infiltrationsstreifen.



Querschnitt von Infiltrationsstreifen auf einem mittelmäßig steilen Hang.

Auf mittel geneigten Hängen mit Feldern und einheitlichen landwirtschaftlichen Weiden kann die heutige Nutzung auf vernünftige Weise fortgesetzt werden, wenn die Parzellen mit 10 bis 20 Meter breiten, parallel zu den Höhenlinien verlaufenden Infiltrationsstreifen abgewechselt werden. Diese Streifen sind erheblich flacher als der Hang, in dem sie liegen, und mit dichter Vegetation bewachsen. An der Oberfläche abfließendes Regenwasser wird hier gebremst und aufgefangen und kann über das Wurzelsystem der Vegetation gut in den Boden sickern. Dabei ist der Abstand zwischen diesen Infiltrationsstreifen abhängig von der Steilheit des Hanges und der Infiltrationskapazität. Infiltrationsstreifen sind am effektivsten, wenn sie an der Unterseite von Feldern und (somit) auch den Straßen, die die Ackerfläche durchqueren, entwickelt werden. Mit der letztgenannten Maßnahme wird verhindert, dass Regenwasser über die Straße schneller abfließt. Die Streifen sind leicht zu pflegen, bieten Schatten für Wanderer und Radfahrer und lenken den Blick auf die Aussicht über das Tal.



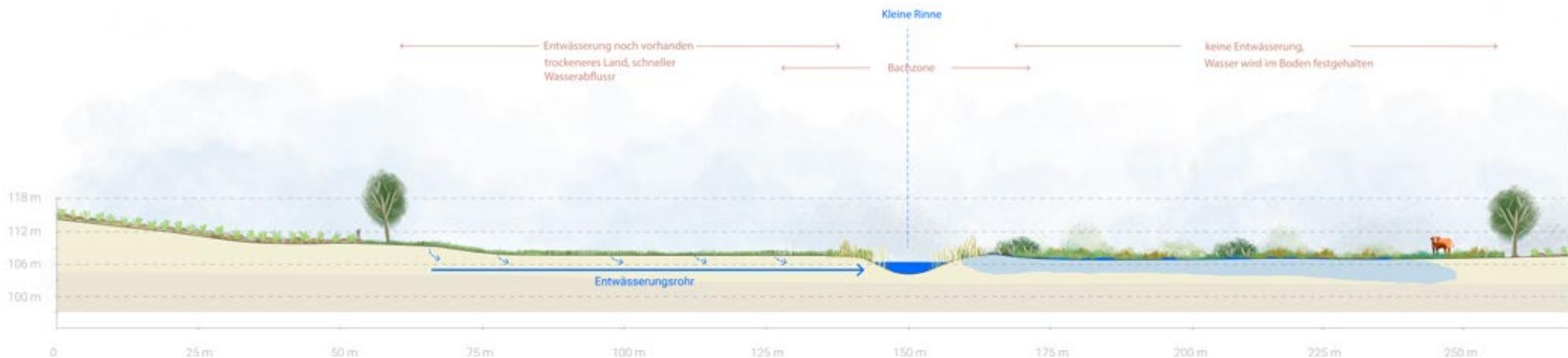
Verlangsamung des Wassers durch Entfernung unterirdischer Entwässerung.

6.4 BESEITIGUNG UNTERIRDISCHER ENTWÄSSERUNGSSYSTEME

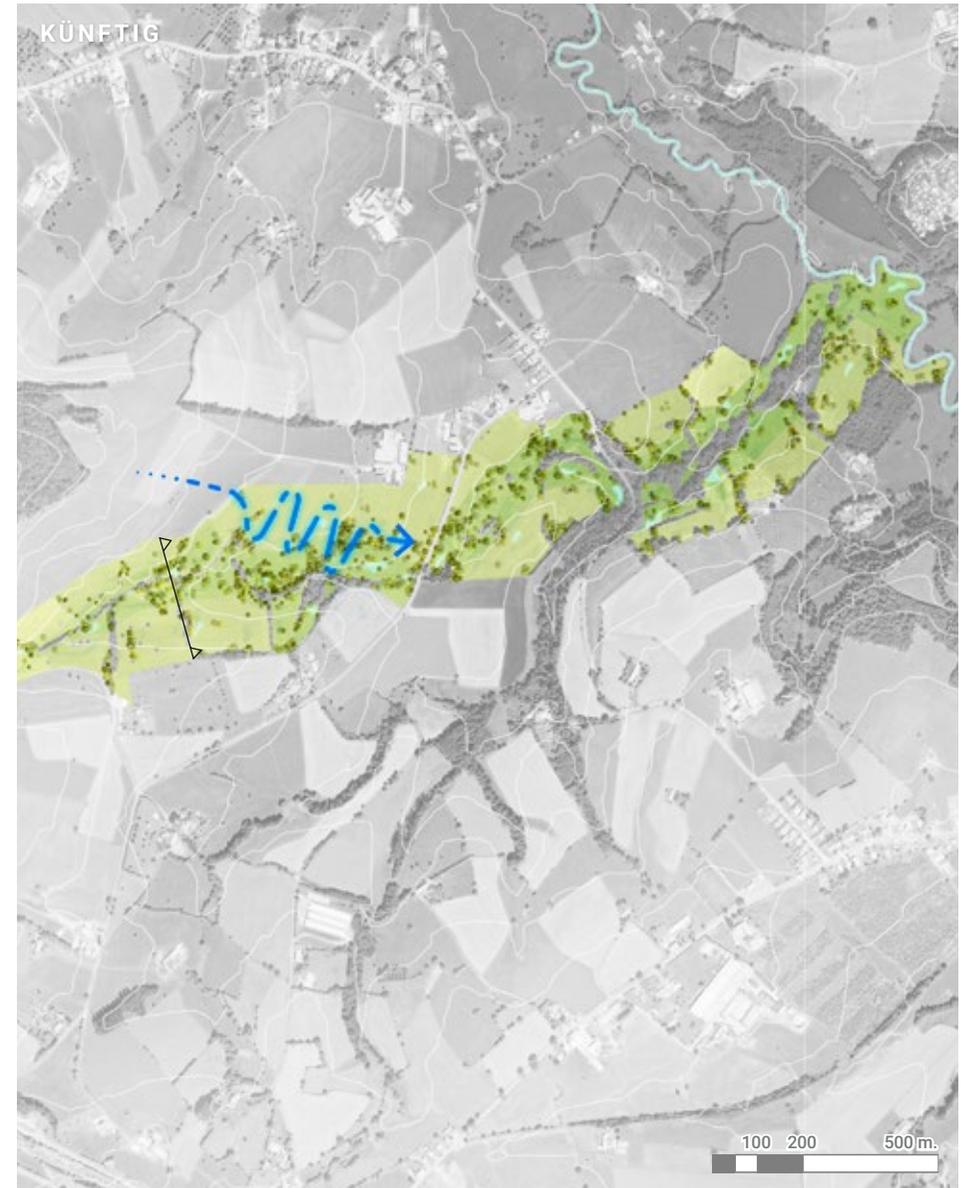
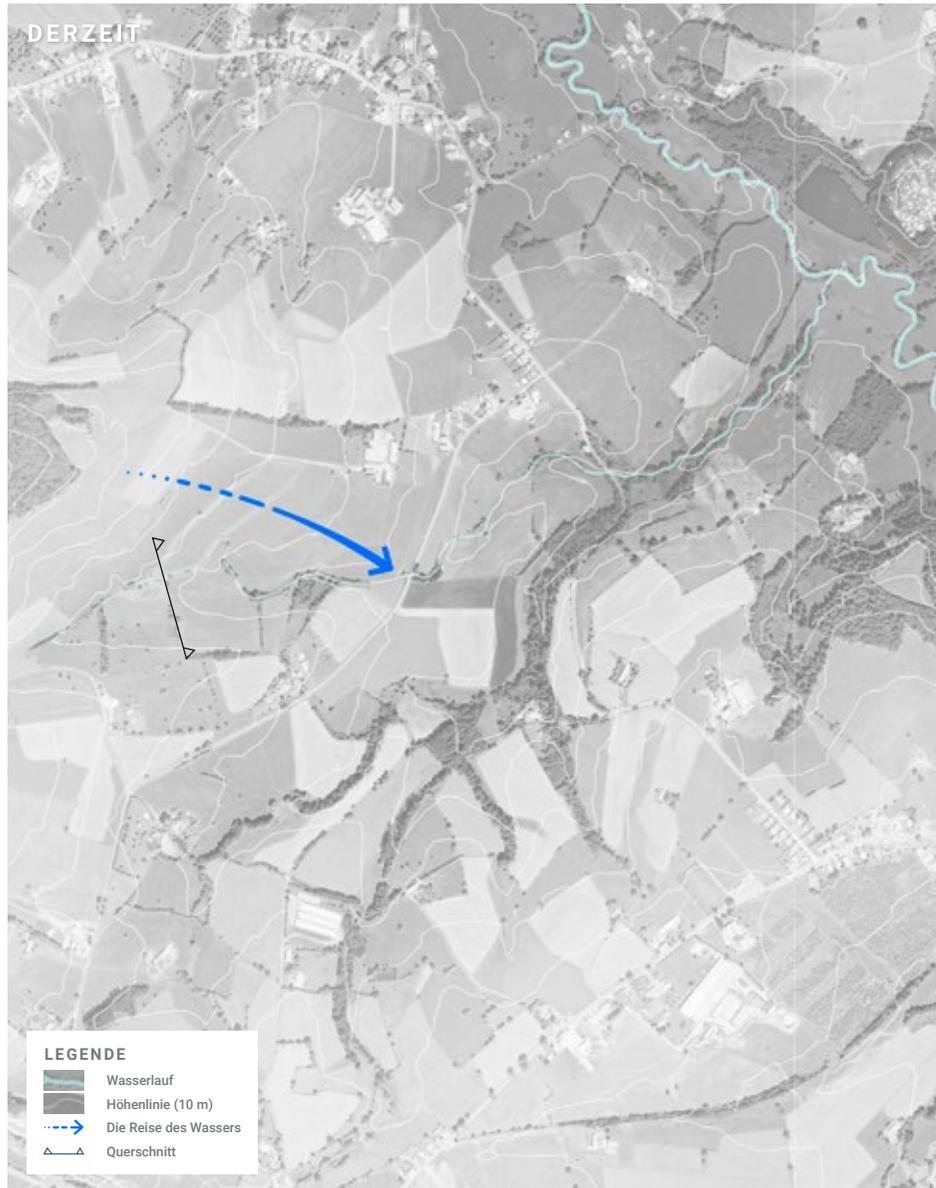


Beispiel für Grasland kurz nach der Entfernung der Entwässerung (© Naturmonumenten).

In relativ flachen, schlecht wasserdurchlässigen Böden werden in landwirtschaftlich genutzten Wiesen und Feldern oft unterirdische Entwässerungssysteme angelegt. Dies führt zu einer beschleunigten Wasserableitung, sodass es bereits früher im Jahr möglich ist, das Land zu bearbeiten. Wenn diese Flächen durch strukturreiches Grasland mit biologisch gesunden Böden ersetzt werden, ist diese künstliche Entwässerung nicht mehr notwendig. Die Beseitigung der Entwässerung mit der Möglichkeit, dass das eventuelle (restliche) Wasser konzentriert oberflächlich abfließt, ist daher auf diesen Flächen eine gute Maßnahme. Diese Gebiete bleiben dann zwar im Frühjahr länger nass, aber im Sommer trocknen sie nicht so schnell aus. Wird die landwirtschaftliche Nutzung fortgesetzt, dann ist es ratsam, die Fläche in verschiedene Zonen zu unterteilen und dabei den natürlichen Gradienten auf der Parzelle (oben relativ trocken, unten nass) gut zu nutzen.



Querschnitt einer Landschaft mit unterirdischer Entwässerung und entfernter unterirdischer Entwässerung.



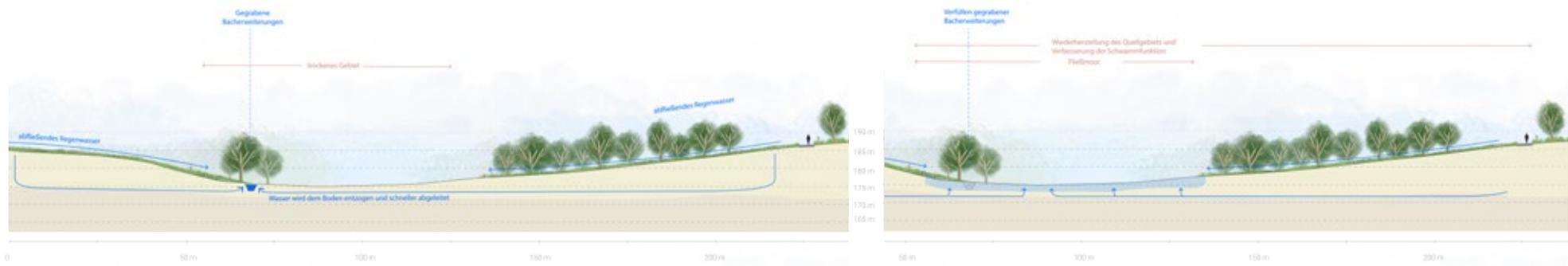
Verlangsamung des Wassers durch Verfüllen gegrabener Bacherweiterungen.

6.5 VERFÜLLEN DER GEGRABENEN BACHERWEITERUNGEN

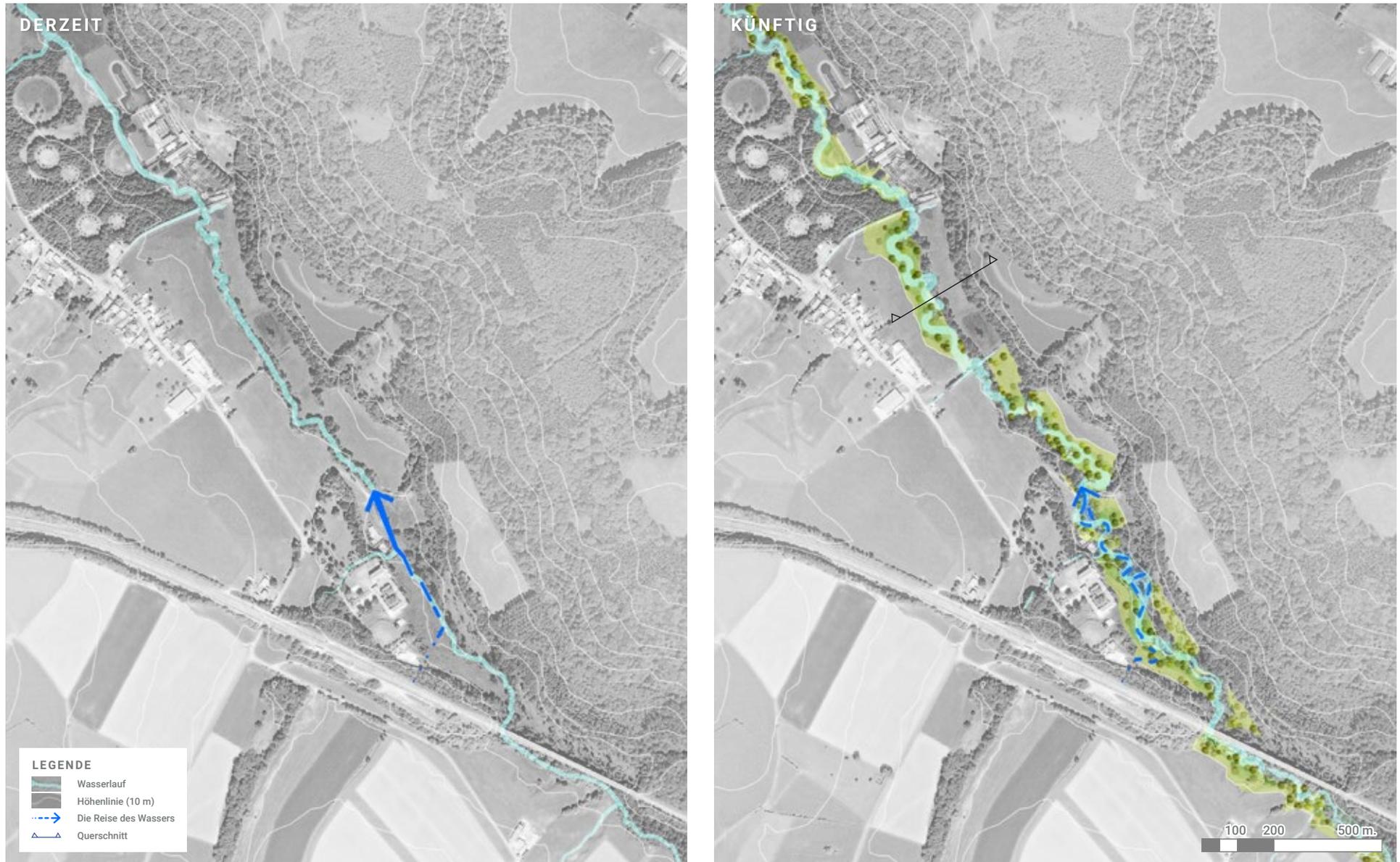


Beispiel für eine feuchtere, natürlichere und vielfältigere Landschaft

In den flacheren, stromaufwärts liegenden Enden von Bachtälern kann das an die Oberfläche tretende Grundwasser naturgemäß nur schwer abfließen. Dies sind von Natur aus nasse Böden, oft gekennzeichnet durch Torfbildung. Um sie bearbeiten zu können, wurden diese Böden entwässert, oft durch künstliche Verlängerung von Bächen. Es sieht dann oft so aus, als ob der Bach normal weiterfließt, aber manchmal verrät der eckige Verlauf, dass es sich eigentlich um Entwässerungsgräben handelt. Sie bewirken nicht nur, dass das Gebiet (wie beabsichtigt) trockener wird, sondern auch, dass Regenwasser unnatürlich schnell abfließt. Diese Entwicklung kann dadurch umgekehrt werden, dass die gegrabenen Bacherweiterungen verfüllt werden und in diesen Gebieten Quellmoor entwickelt wird. Die Landschaft wird dann allmählich wieder feuchter, natürlicher und variierter. Diese Maßnahme bietet zwar weniger agrarische Perspektive (mit Ertragsmaximierung als Ziel), wohl aber mehr landschaftliche Qualität. Dadurch passt sie gut zu einem Übergang zu diversifizierter Landwirtschaft, einschließlich Entwicklung von Freizeitangeboten.



Querschnitt einer Landschaft mit einer gegrabenen Bacherweiterung und einer Landschaft, in der die gegrabene Bacherweiterung zugeschüttet wurde.



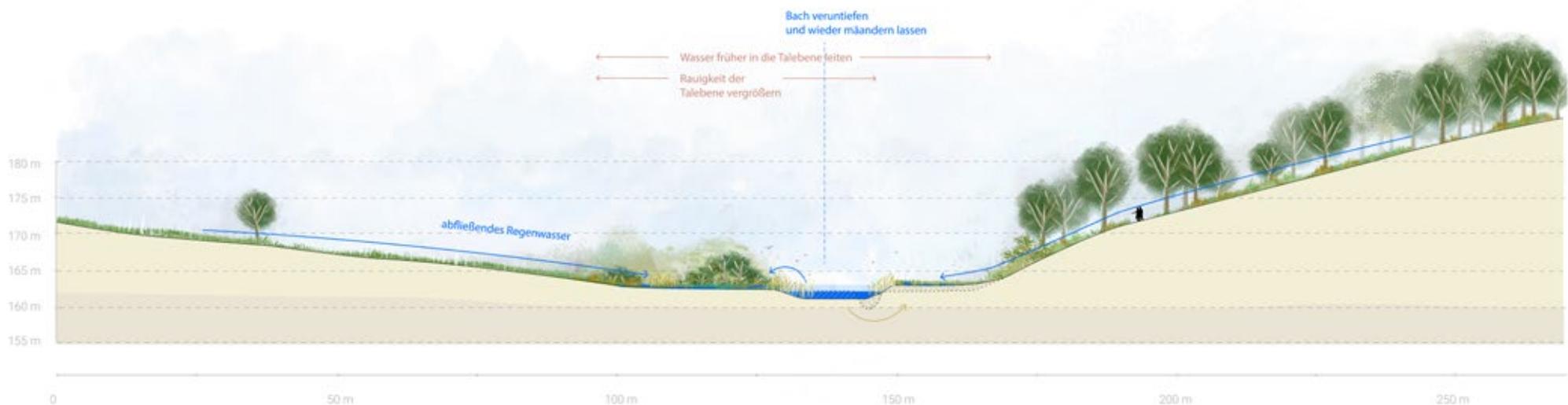
Verlangsamung des Wassers durch Veruntiefen, Verbreitern und Aufrauen der stromaufwärts liegenden Bachläufe.

6.6 BACHLÄUFE STROMAUFWÄRTS VERUNTIEFEN, VERBREITERN UND AUFRAUEN



Beispiel für einen tief eingeschnittenen und begradigten Bach im Oberlauf, der veruntieft, verbreitert und aufgeraut wurde

Am Oberlauf der Bäche ist das Bachtal noch relativ schmal. Der Bach ist manchmal eingegrenzt oder „zur Seite geschoben“, um den begrenzten Raum landwirtschaftlich nutzen zu können, und hat sich an diesen Stellen oft tief eingeschnitten. Indem man diese stromaufwärts liegenden Bachtäler verwildern lässt (Verbreiterung und Veruntiefung des Bachbetts, tote Bäumen und Biberdämme nicht beseitigen, und den Bach wieder über die Breite der Talebene mäandern lassen), wird das Wasser über eine größere Breite verteilt und verlangsamt. Im Grunde versuchen wir hier, die natürliche Situation so weit wie möglich wiederherzustellen, wobei stromaufwärts liegende Bachtäler häufig durchströmte Moorwälder waren (siehe auch Kapitel 4).



Querschnitt eines veruntieften, verbreiterten und aufgerauten Bachlaufs.



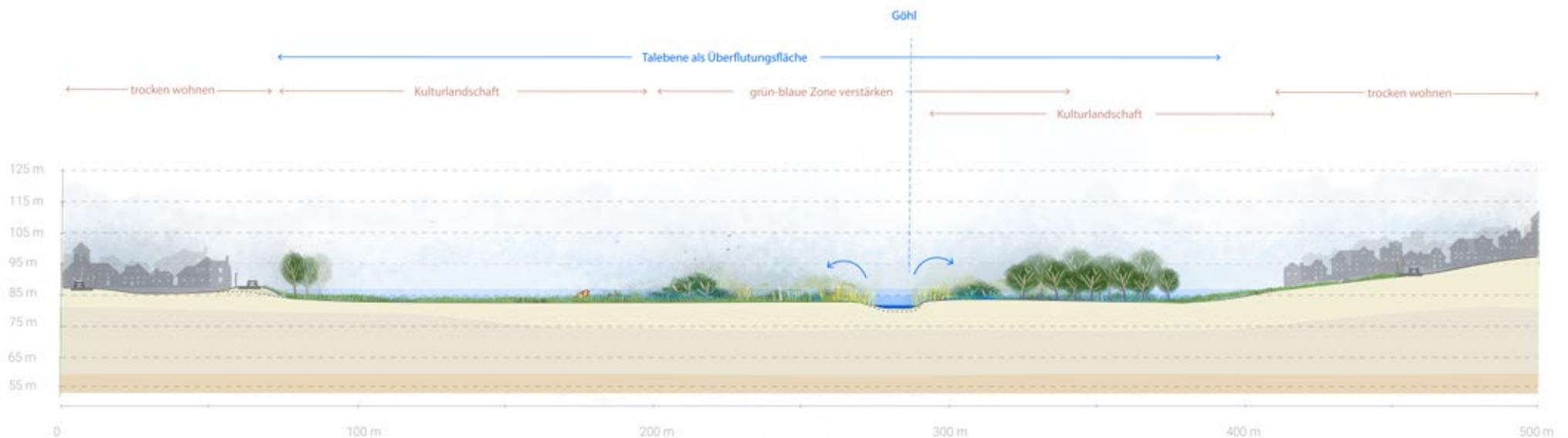
Verlangsamung des Wassers durch Nutzung der Rückhaltekapazität der Talebene.

6.7 SPEICHERKAPAZITÄT DER TALEBENE NUTZEN

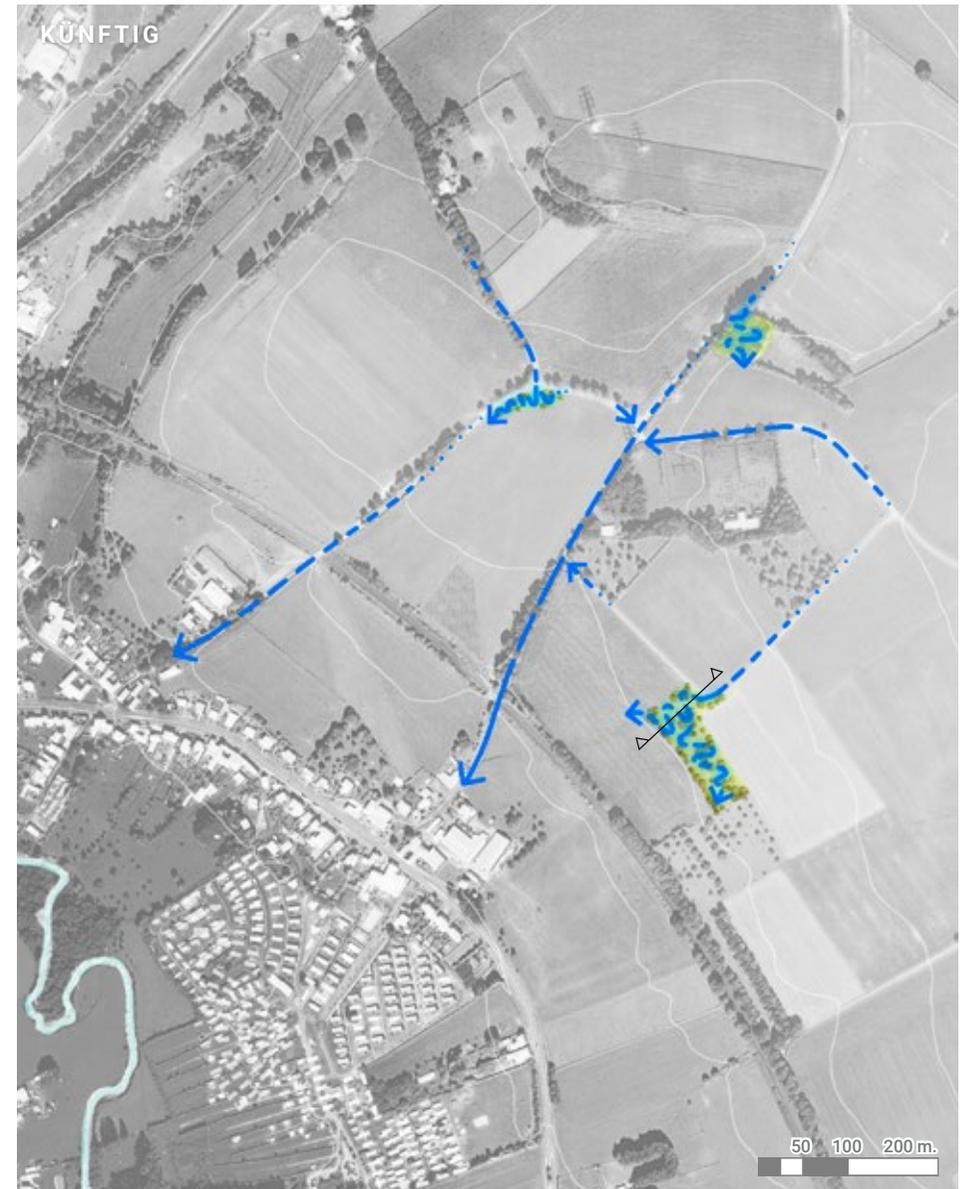
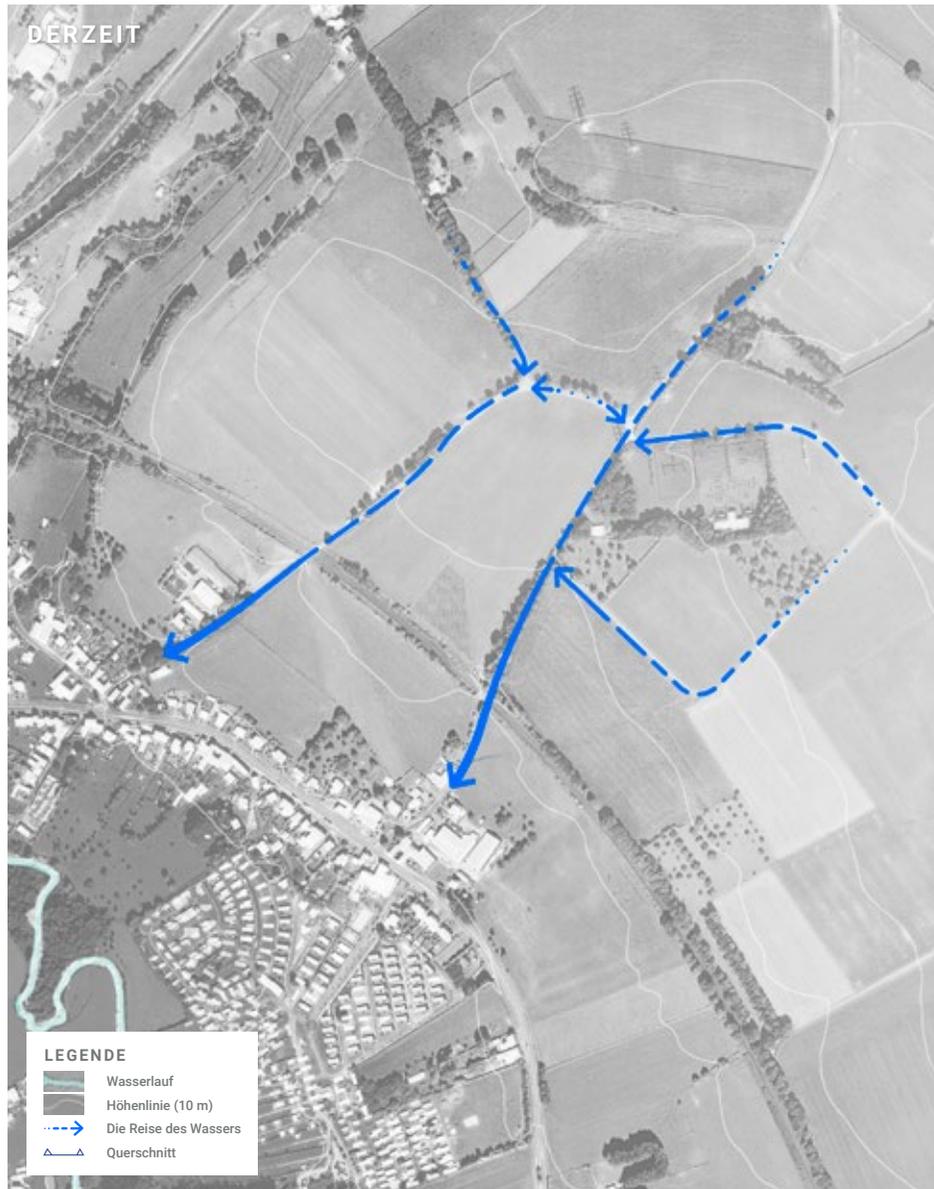


Beispiel für Vegetation, die eingesetzt werden kann, um die Strömung in der Talebene weiter zu verlangsamen

Weiter stromabwärts (ungefähr ab Gulpen) bekommt die Göhl mehr Raum und fließt durch eine breite Talsenke, die 2021 gut als Wasserspeicher funktioniert hat, aber dabei selbstverständlich auch an vielen Stellen Hochwasser verursacht hat. Um die Strömung über die Talsohle weiter zu verlangsamen, kann Vegetationsentwicklung genutzt werden, mit Berücksichtigung von Gebäuden und anderen empfindlichen Objekten. Stromaufwärts der Stellen, an denen diese Maßnahme ergriffen wird, wird das Wasser leicht gestaut, wodurch die Wasserstände hier steigen werden. Stromabwärts hingegen werden die Wasserstände niedriger. Diese Maßnahme hat also einen vergleichbaren Effekt wie der Bau von Dämmen, funktioniert jedoch subtiler und bietet Möglichkeiten zur Verknüpfung mit ökologischen Verbindungen und Landschaftsentwicklung. Selbstverständlich müssen dabei vor allem die nicht bewohnten Gebiete genutzt werden, wie etwa das Göhlal stromaufwärts von Epen, das Gebiet zwischen Mechelen, Partij und Schin op Geul sowie die Gebiete Ingendael und Meerssenerbroek zwischen Valkenburg und Meerssen.



Querschnitt einer Talebene als Überflutungsfläche.



Verlangsamung des Wassers durch die Nutzung von Straßenrändern.

6.8 STRASSENRÄNDER NUTZEN

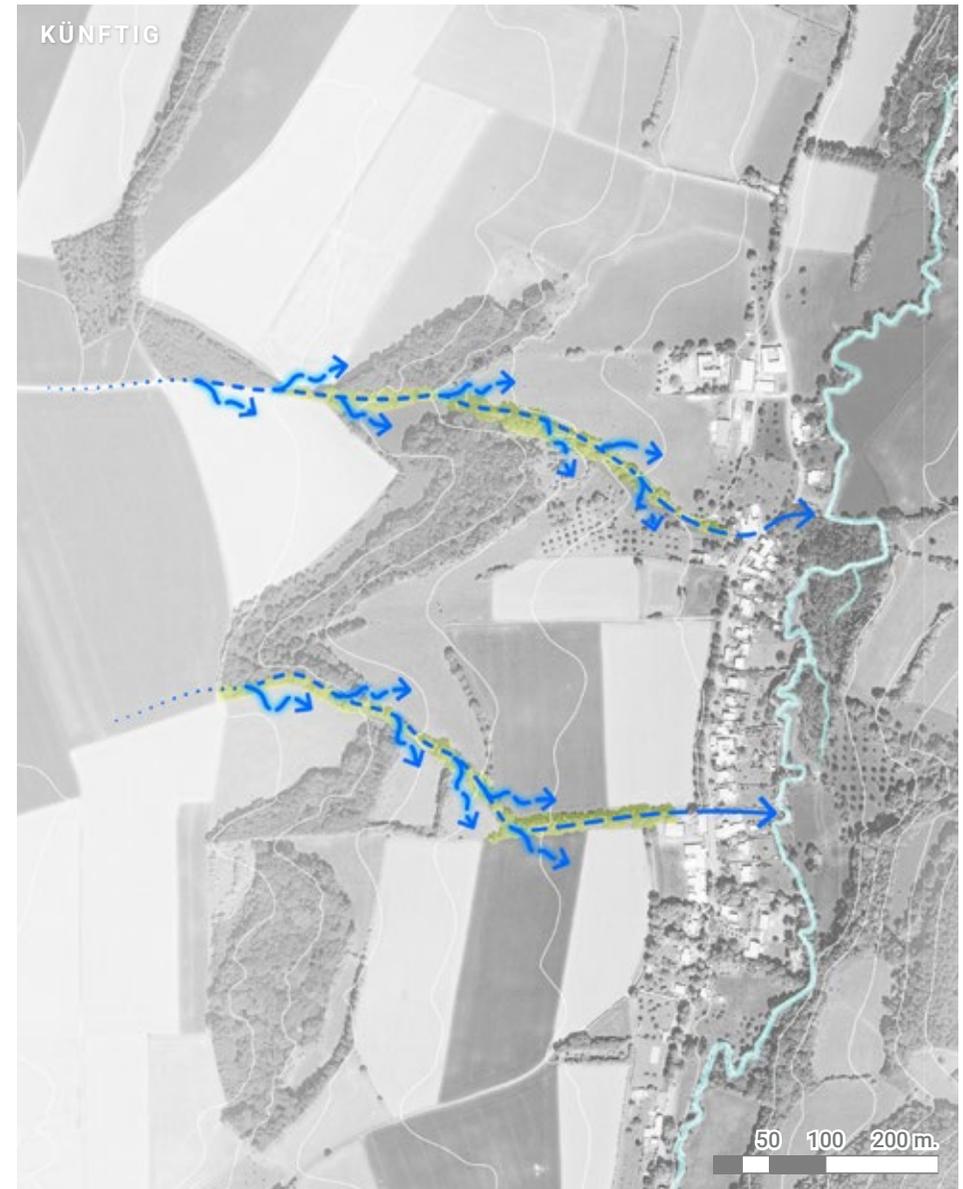
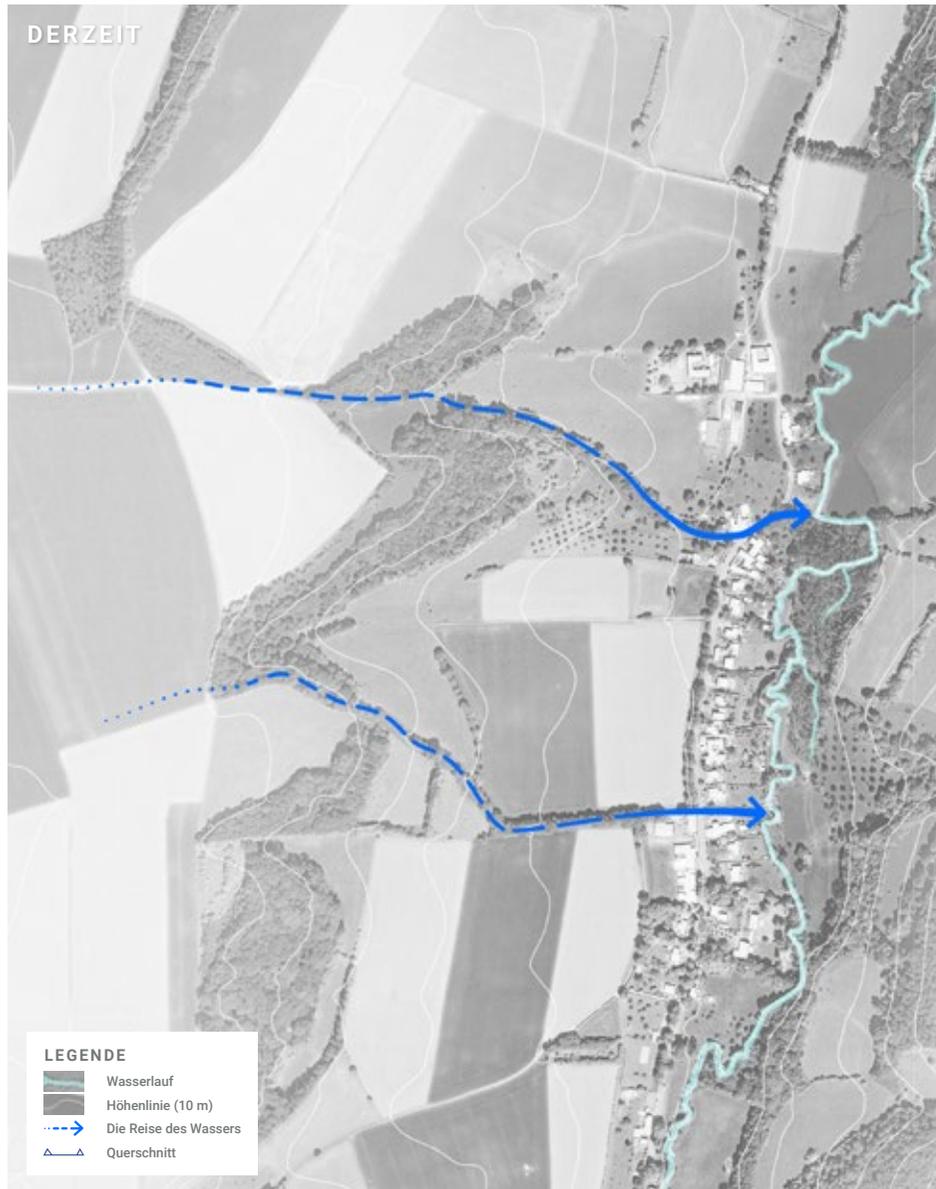


Beispiel für Regenwasser, das von der Straße abgeleitet und neben der Straße aufgefangen wird (© Bureau Stroming).

Wie oben gesagt, bilden befestigte Straßen ein wichtiges Element der Hochwasserproblematik. Sie fungieren bei Regen als Erweiterungen des Oberflächenwassersystems, wodurch das Wasser schneller abfließt und der Abflussspitzenwert höher wird. Daher sollte so weit wie möglich vermieden werden, dass Grundwasser oder oberflächlich abfließendes Wasser durch diese Straßen „angeschnitten“ wird. Infiltrationsstreifen (siehe 6.3) können dabei eine wichtige Rolle spielen. Wenn das Wasser einmal über die Straße hinunterfließt, sollte es so schnell wie möglich von der Straße abgeleitet und neben der Straße aufgefangen werden, vorzugsweise nicht in einem Wasserrückhaltebecken (wo das Wasser in der Regel nur einen Tag lang zurückgehalten werden kann) oder einem Graben, sondern in einem natürlichen breiten Streifen mit Vegetation, in dem das Wasser so schnell wie möglich in den Boden einsickert. Nicht überall in der Landschaft ist genug Platz vorhanden, um dieses Wasser zurückzuhalten, außerdem sind der Boden und der Untergrund nicht überall gleichermaßen geeignet, Wasser versickern zu lassen. Die Integration dieser Maßnahme ist daher vor allem eine planerische Aufgabe, die maßgeschneiderte Lösungen erfordert.



Querschnitt eines Straßenrandes, der genutzt wird, um abfließendes Regenwasser wieder zu infiltrieren.



Verlangsamung des Wassers durch Neuprofilierung der Hohlwege.

6.9 HOHLWEGE NEU PROFILIEREN

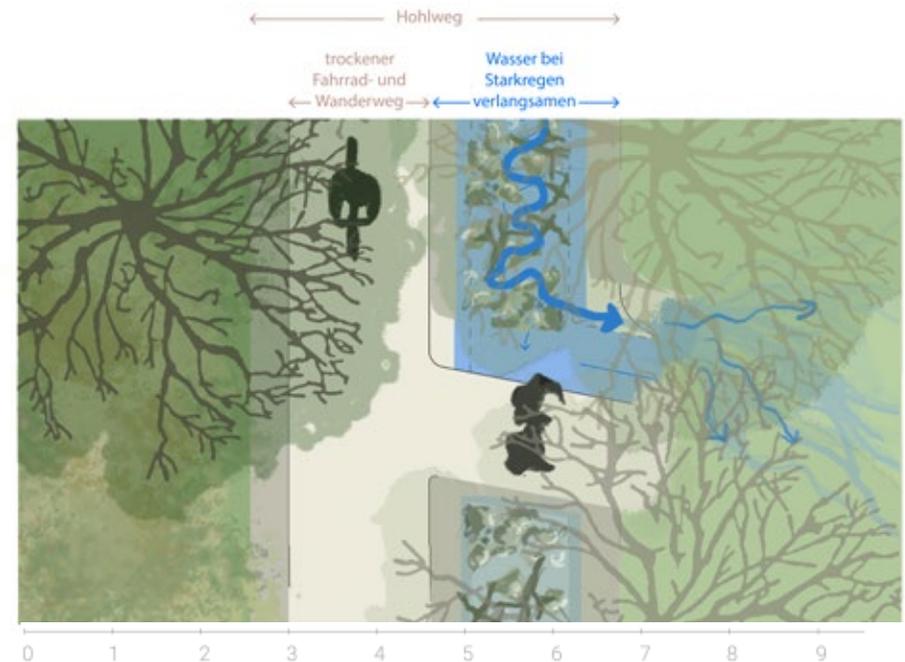


Beispiel für die heutige Situation der Hohlwege in Beutenaken (© Komoot).

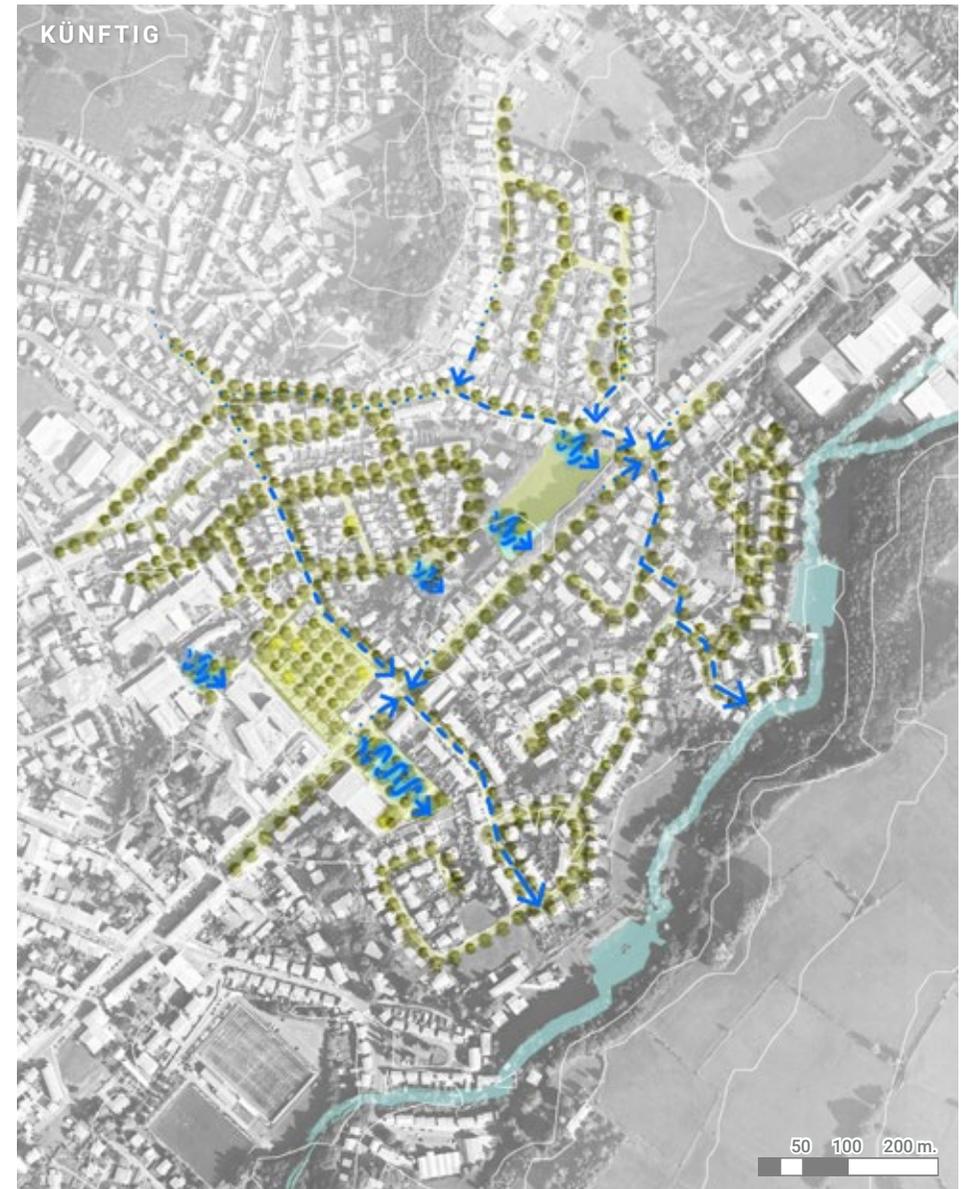
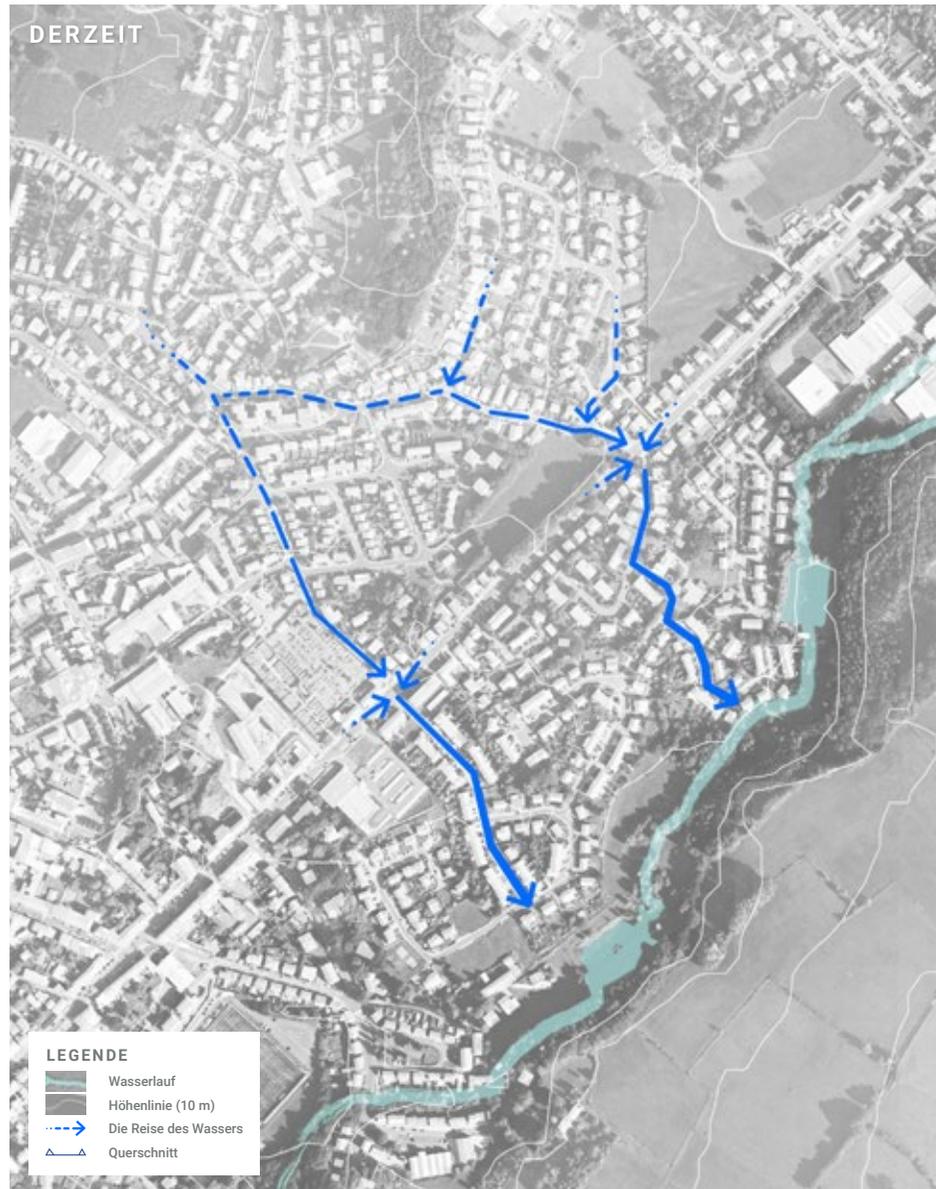
Auch unbefestigte Hohlwege sind eine wichtige Quelle für schnellen Wasser- und Sedimentabfluss. Diese Hohlwege schneiden sich immer tiefer in die Landschaft ein, sodass sich ihr wasserableitender Effekt immer weiter vergrößert. Der Abfluss erfolgt hier konzentriert und lässt sich daher schwer kontrollieren. An bestimmten Stellen ist es jedoch möglich, das Wasser aus dem Hohlweg in die Richtung von Wäldern oder Feldern abzuleiten. Auf diese Weise werden diese Hohlwege, auf denen sonst das Wasser ungebremst ins Tal schießt, gewissermaßen abgekoppelt. Darüber hinaus ist es denkbar, das Profil der Hohlwege, die Hochwasser verursachen, anzupassen. Unbefestigte Hohlwege haben meistens ein Profil, dessen Breite auf die Breite landwirtschaftlicher Fahrzeuge abgestimmt ist (ca. 3 Meter). Indem dieses Profil, wo dies möglich ist, in einen unbefestigten Fuß- und Radweg umgewandelt wird, kombiniert mit einem bepflanzten, tiefergelegenen Streifen für das Wasser, kann die Abflussgeschwindigkeit begrenzt werden. Vor allem diese letztgenannte Option sollte weiter untersucht und getestet werden.



Querschnitte der Neuprofilierung der Hohlwege



Draufsicht, wie Wasser aus Hohlwegen abgeleitet werden kann.



Verlangsamung des Wassers durch Umwandlung des städtischen Quellgebiets in grüne Schwämme.

6.10 STÄDTISCHE QUELLGEBIETE IN GRÜNE SCHWÄMME VERÄNDERN

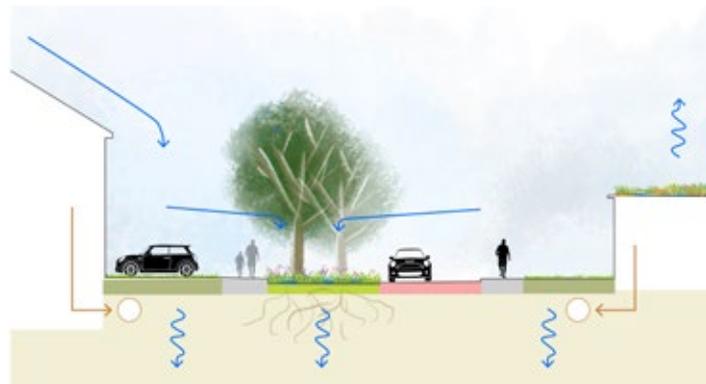
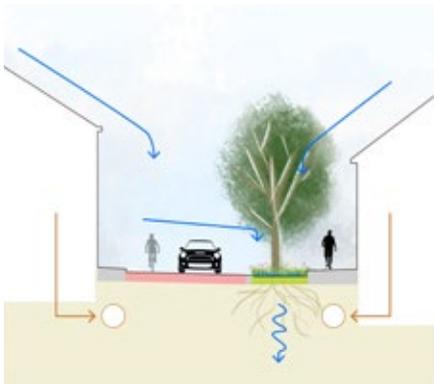


Heutige Situation in Kelmis mit auffallend großer befestigter Oberfläche (© Google Street View).



Beispiel für ein städtisches Quellgebiet als grünem Schwamm (© Bureau Stroming).

Im Göhlthal liegen einige Städte und Dörfer mit auffallend vielen versiegelten Flächen (Straßen, Gehwege und Parkplätze) und relativ wenig städtischem Grün. Niederschlag kann nicht in den Boden eindringen und strömt mit hoher Geschwindigkeit zum Bach. Die versiegelten Flächen in städtischen Gebieten haben in erheblichem Maße zum Spitzenwert beim Wasserabfluss beigetragen. Hier bieten sich Chancen für einen doppelten Effekt: erstens eine Verbesserung des Stadtklimas, indem die Versiegelung so weit wie möglich durch Grün in der Stadt und andere gut durchlässige Oberflächen ersetzt wird, zweitens eine direkte Verbesserung des Wasserhaushalts stromabwärts der Stadt. Direkt flussabwärts bieten sich ebenfalls Möglichkeiten, das überschüssige Wasser in natürlichen Wasserrückhaltebecken aufzufangen, die gleichzeitig als attraktives Erholungsgebiet in einer Stadt dienen können und einen grünen Übergang zur manchmal großflächigen, intensiven Agrarlandschaft darstellen.



Querschnitte des städtischen Gebiets als grünem Schwamm.

WASSER IM GÖHLTAL ZURÜCKHALTEN UND VERLANGSAMEN



Übersichtskarte, die zeigt, wie das Einzugsgebiet der Göhl aussehen könnte, wenn alle Maßnahmen konsequent umgesetzt und an den richtigen Stellen integriert werden.

7. KLIMA- UND ZUKUNFTSBESTÄNDIGES EINZUGSGEBIET

Alle im vorigen Kapitel beschriebenen Maßnahmen sind einzeln anwendbar, können aber auch kombiniert werden. Die Effektivität der (Kombinationen von) Maßnahmen hängt stark davon ab, an welchem Standort in der Landschaft sie getroffen werden. Manchmal liegt dies auf der Hand: Das Verfüllen gegrabener Bachläufe eignet sich ausschließlich oben im Einzugsgebiet, und Infiltrationsgräben sind insbesondere an steileren Hängen effektiv.

Um für alle Maßnahmen anzugeben, wo sie am effektivsten zu einem natürlichen und sicheren Wassersystem beitragen, haben wir in diesem Kapitel dargestellt, wie eine ideale (hydrologische und landschaftliche) kombinierte Anwendung der Maßnahmen aussieht. Dies bildet auch die Grundlage für die hydrologische Berechnung der Maßnahmen, die im nächsten Kapitel erläutert wird.

7.1 Anwendung in der Landschaft

In den Kapiteln 5 und 6 wurde bei der Beschreibung der hydrologischen Grundlagen und Eingriffe bereits darauf hingewiesen, auf welche landschaftlichen Einheiten (Plateaurand, Hang, Bachtal) sie sich beziehen. Die beigefügte Karte zeigt, wo im Einzugsgebiet sich diese Einheiten befinden und wo die entsprechenden Maßnahmen angewendet werden können. Man könnte die Karte auch als eine Darstellung interpretieren, die zeigt, wie die Landschaft im Göhlthal aussieht, wenn alle beschriebenen Maßnahmen konsequent umgesetzt werden.

Das Ergebnis ist dann nicht nur ein besser funktionierendes Wassersystem, sondern auch eine in vielerlei Hinsicht attraktivere und gesündere Landschaft. Natürliche Lösungen sorgen für mehrfache Wertschöpfung und haben somit einen Vorteil, den technische Maßnahmen im Allgemeinen nicht

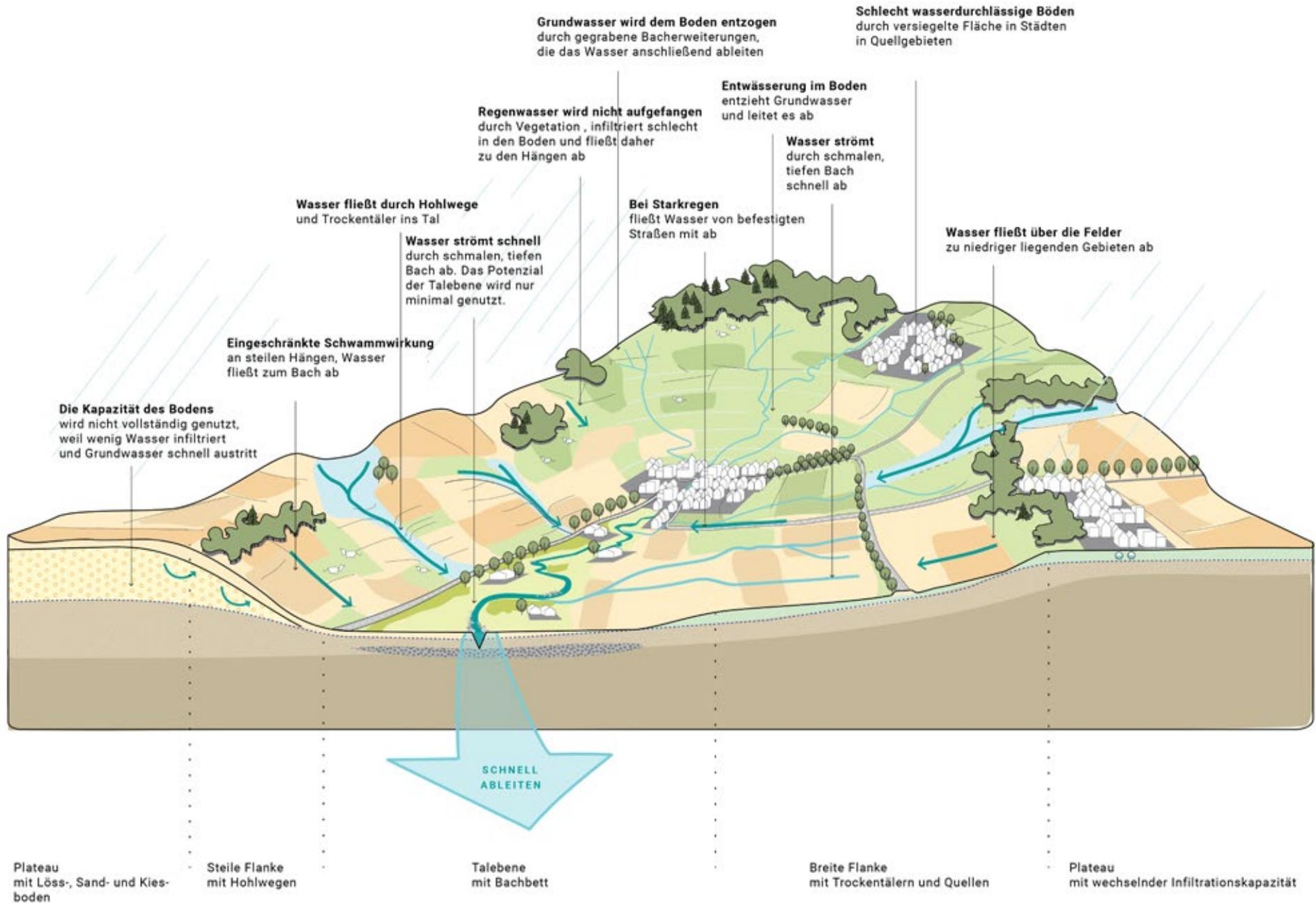
bieten. Kosten-Nutzen-Analysen von natürlichen Lösungen sollten daher immer unter diesem Gesichtspunkt betrachtet werden.

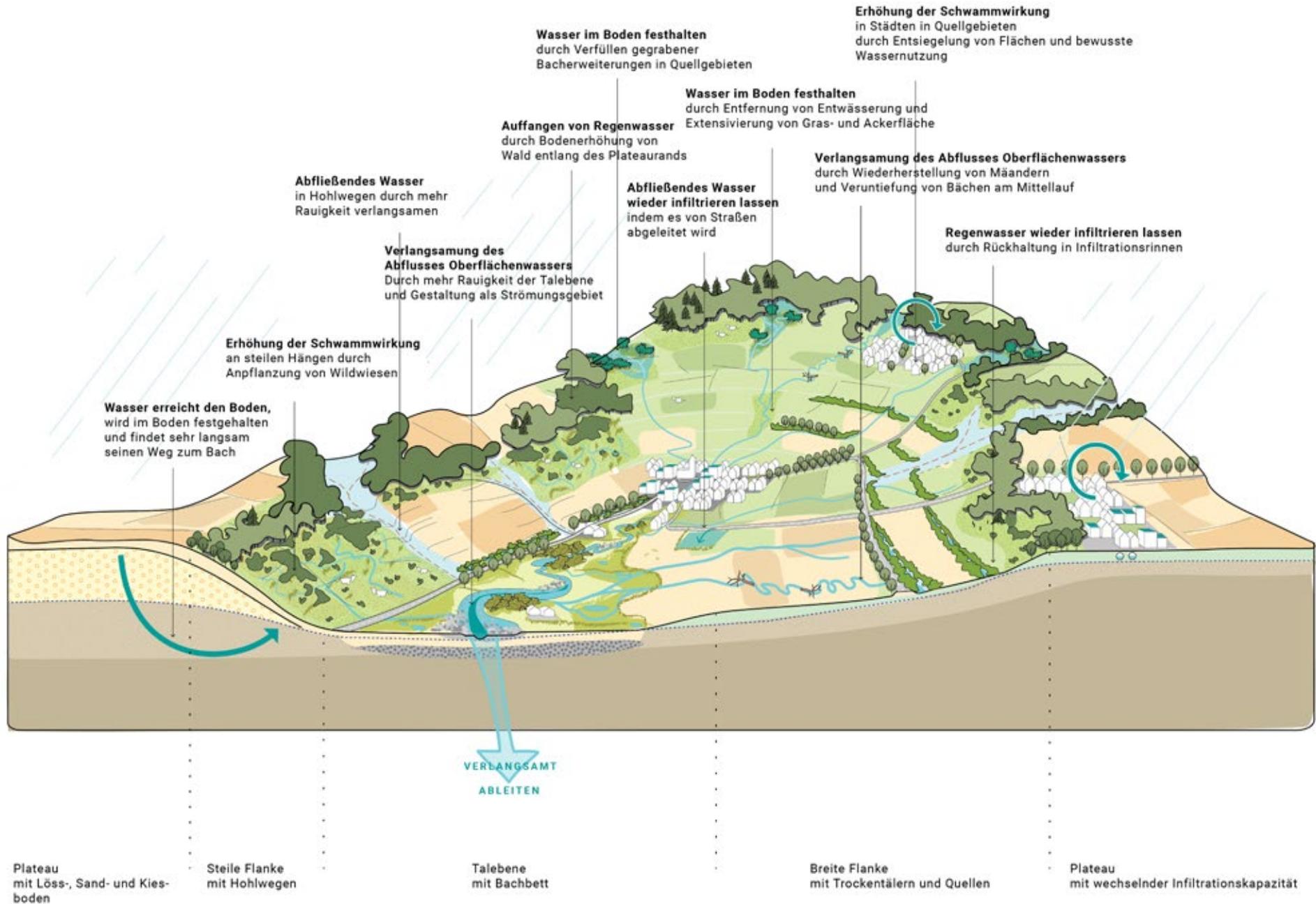
7.2 Beitrag zu anderen Funktionen und Aufgaben

Welche anderen Funktionen profitieren von einem hydrologisch besser funktionierenden Göhl-Einzugsgebiet? Die Verbindung mit der Natur und Biodiversität liegt selbstverständlich auf der Hand. Besonders wenn Maßnahmen in Kombination miteinander umgesetzt werden, entstehen wertvolle landschaftsökologische Strukturen (linienförmig und flächenförmig). Sie bilden Lebensräume und Routen für Flora und Fauna.

Mit der Verbesserung des landschaftsökologischen Werts steigen auch der Erlebniswert, der Freizeitwert und der wirtschaftliche Wert der Landschaft. Verschiedene ökotouristische Entwicklungen können sich damit verknüpfen, von Wander- und Radwegen bis hin zu touristischen Angeboten (Tagesausflüge und mehrtägige Aufenthalte).

Auf den ersten Blick scheinen viele Maßnahmen im Konflikt mit der Landwirtschaft zu stehen, da sie nun einmal Flächen in Anspruch nehmen, die zurzeit oft noch landwirtschaftlich genutzt werden. Aber die Realität ist auch, dass Landwirte sich mit Stickstoffreduktion und mehr Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft beschäftigen müssen, auf andere Formen der Lebensmittelproduktion umsteigen und dass einige ihren Betrieb aufgeben. Entwicklungen wie Produktion für den lokalen Markt, regenerative Landwirtschaft und Nahrungswälder haben allmählich ihre Anfänge hinter sich gelassen und werden einen immer größeren Teil unserer Landschaft einnehmen, auch im Göhlthal. Diese neuen Formen der Landwirtschaft können einen wichtigen Beitrag zu einem natürlicheren und sichereren Wassersystem leisten.





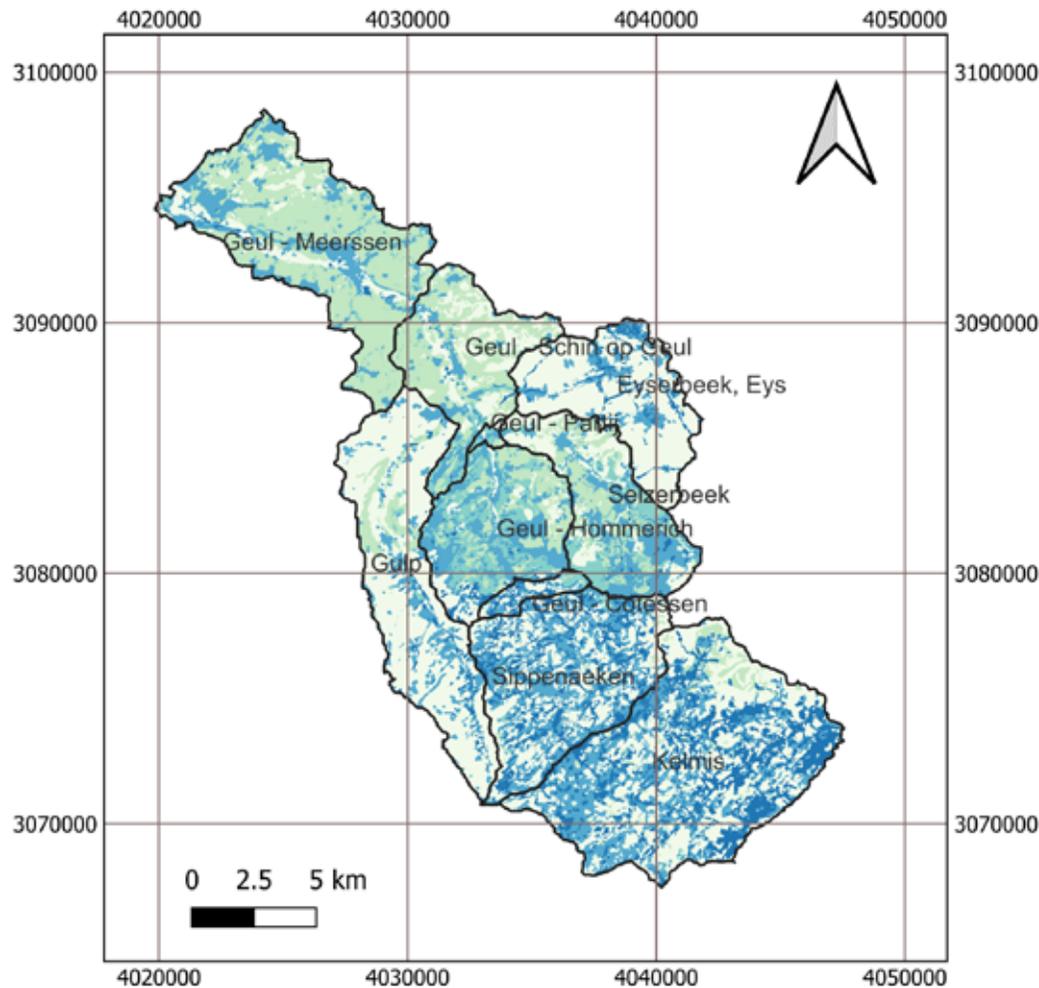
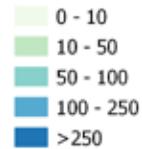
Repräsentativer Ausschnitt des Göhlts in der künftigen Situation, wenn die Wasserproblematik durch Anwendung der Maßnahmen reduziert worden ist.

Legende

Jährlicher durchschnittlicher oberflächlicher Abfluss

2013-2022

mm



Dieser Bericht beschreibt, wo und in welchem Maße natürliche Maßnahmen dazu beitragen, die Reise des Wassers zu verlangsamen und damit bei Hochwasser den Pegel des Wassers zu senken. In den Kapiteln 6 und 7 wurden zehn Maßnahmen für die Umgestaltung zu einem klimabeständigen Einzugsgebiet genauer ausgearbeitet. Die effektivsten Maßnahmen wurden anschließend mit Hilfe eines hydrologischen Modells durchgerechnet. Das Modell SWAT+ eignet sich nach unserer Ansicht hierfür am besten. Dieses Kapitel beschreibt die Resultate dieser Modellstudie. Zweck der Studie ist es, zu bestimmen, inwieweit die vorgeschlagenen natürlichen Maßnahmen zur Verringerung extrem hoher Wasserstände beitragen. Es geht in diesem Kapitel also um die hydrologische Effektivität natürlicher Maßnahmen in quantitativer Hinsicht.

8.1 Der Aufbau des SWAT+ Modells im Einzugsgebiet der Göhl

SWAT+ wird weltweit genutzt, um hydrologische Effekte von Maßnahmen zu simulieren. Durch die Definition einzigartiger Kombinationen von Kenngrößen zu Hangneigung, Bodenbeschaffenheit und Landnutzung können mit diesem Modell Veränderungen im Einzugsgebiet der Göhl (mit einer Fläche von 339 km²) berechnet werden. Das Modell ist in der Lage, die Auswirkungen von Maßnahmen sowohl für das gesamte Einzugsgebiet als auch für kleine Teilgebiete zu quantifizieren. Mit Hilfe des Modells können räumliche Analysen von Abflussprozessen erstellt werden, wie beispielsweise die Berechnung des jährlichen durchschnittlichen Oberflächenabflusses (mm).

Jährlicher durchschnittlicher oberflächlicher Abfluss (mm) im Einzugsgebiet der Göhl auf der Basis von Niederschlag-Abfluss-Prozessen, die mit Bodenbeschaffenheit, Hangneigung und Landnutzung zusammenhängen.

8. ERGEBNISSE DER MODELLBERECHNUNGEN

SWAT+ arbeitet mit sogenannten HRU (Hydrologic Response Units), mit denen einzigartige Kombinationen aus Hangneigungsklasse, Bodenart und Landnutzung zusammengestellt werden. Das Einzugsgebiet der Göhl wird auf diese Weise in ein Mosaik von mehr als 39.000 HRU unterteilt. Die Auswirkungen natürlicher Maßnahmen werden dadurch ermittelt, dass die einzigartigen Merkmale der ausgewählten HRU angepasst, die Effekte auf den Wasserabfluss berechnet und anschließend mit der heutigen Situation verglichen werden.

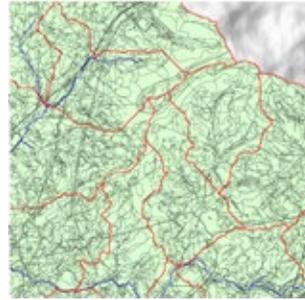
Im SWAT+ Modell ist das Wassersystem in 168 Teileinzugsgebiete unterteilt. Die Anzahl und Größe dieser Gebiete wurde optimiert, um die Auswirkungen von kleinskaligen Maßnahmen in stromaufwärts liegenden Wasserläufen in begrenzter Rechenzeit genau berechnen zu können

Für die richtige Einstellung des Modells (auch als Kalibrierung bezeichnet) wurden Messdaten von sieben Messpunkten im Einzugsgebiet der Göhl verwendet. Durch einen Abgleich der Modellberechnungen mit den bekannten Messdaten konnten Feinabstimmungen am Modell vorgenommen werden. Die betreffenden Messpunkte lagen über das Einzugsgebiet verteilt: in Kelmis, Sippenaeken, Gulp, Selzerbeek, Eyserbeek, Schin op Geul und Meerssen.

Anschließend werden die Effekte der Maßnahmen fünf Teileinzugsgebieten analysiert (Kelmis, Sippenaeken, Gulp, Selzerbeek und Eyserbeek) sowie stromabwärts in Schin op Geul und Meerssen, die mit den Orten zusammenfallen, für die Abflussdaten bekannt sind.

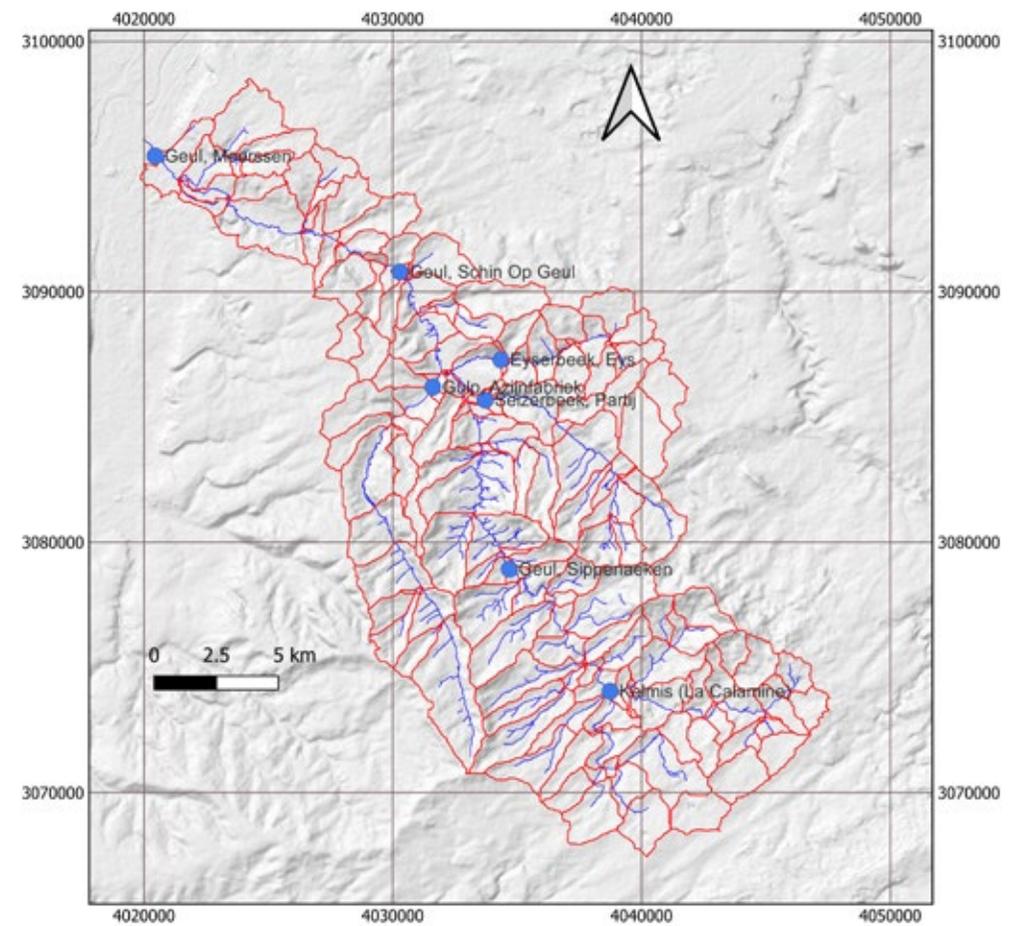
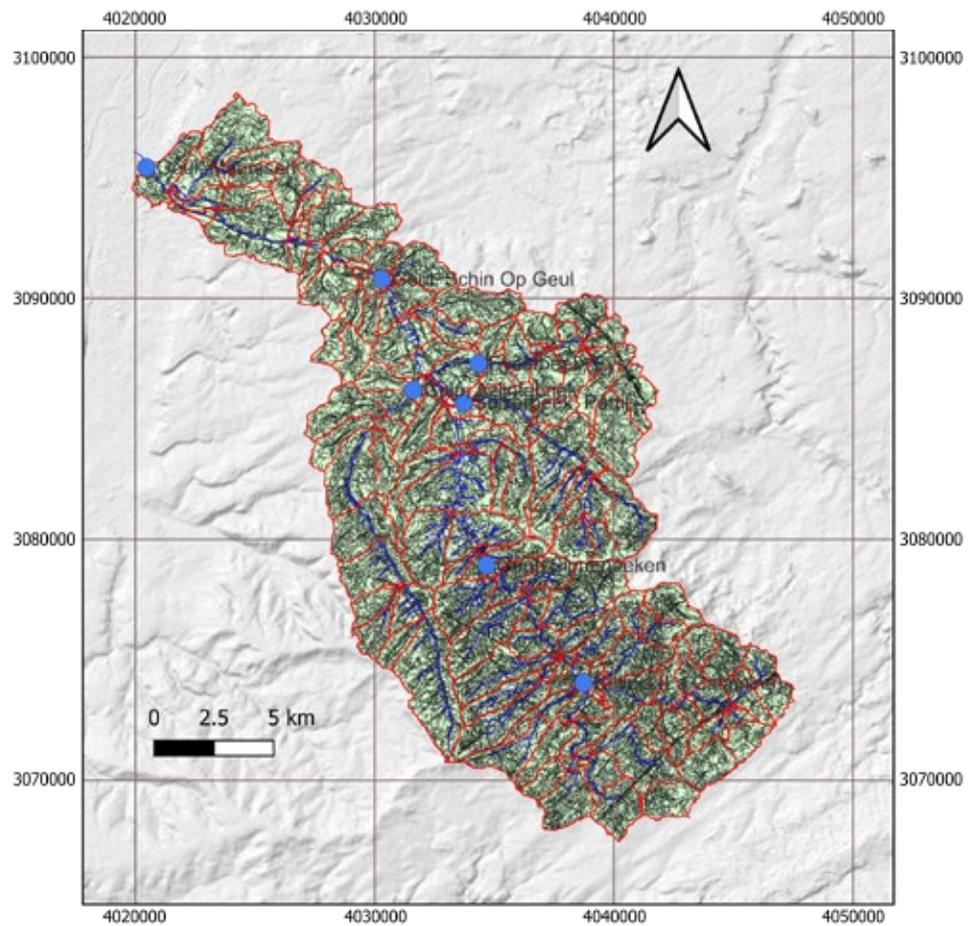
Das SWAT+ Modell ergibt – wie jedes Modell – eine vereinfachte Darstellung der tatsächlichen Prozesse bei Niederschlag und Wasserabfluss. Eine der Einschränkungen besteht darin, dass jede einzigartige HRU im Modell in einen Wasserlauf entwässert. In Wirklichkeit gibt es auch oberflächlichen Wasserabfluss zwischen stromaufwärts und stromabwärts gelegenen Gebieten, ohne dass das Wasser in einen Wasserlauf gelangt oder wieder in den Boden infiltriert wird. Dadurch ist das Modell weniger genau, wenn es darum geht, Maßnahmen zu berechnen, bei denen Wasserläufe entfernt werden, wie zum Beispiel das Verfüllen gegrabener Bacherweiterungen.

Außerdem wird im Modell eine Trennung der Prozesse an den Hängen, die zu Abfluss führen, und den Prozessen in den Wasserläufen vorgenommen. Im Modell ist das ein Einbahnverkehr: Das Wasser von der Talsenke fließt zum Wasserlauf, aber es bedeutet nicht, dass der Fluss bei Hochwasser über die Ufer tritt und somit in die Talsenke gelangt. Im Modell wurden zwei Anpassungen für dieses Szenario vorgenommen. Erstens wurde die Rauheit der Talsenke erhöht, wodurch weniger Wasser (direkt) zum Fluss fließt und mehr Wasser infiltrieren wird. Die zweite Anpassung besteht darin, dass durch verlangsamende Elemente im Wasserlauf die Rauheit des Wasserlaufs selbst erhöht wird. Dadurch werden die Spitzenabflüsse verlangsamt und (etwas) abgeflacht.



Legende

- Strömungsgebiet der Göhl
- Wasserläufe
- Teileinzugsgebiete
- Teileinzugsgebiet
- Messpunkte für Abfluss
- HRU



Das Einzugsgebiet der Göhl wurde für die Modellierung in 168 Teileinzugsgebiete und über 39.000 hydrologische Response Units (HRU) unterteilt.

Die 168 Teileinzugsgebiete mit den Messpunkten, für die Abflussdaten bekannt sind. Diese Messpunkte bilden im Unterlauf die Grenze der fünf Teileinzugsgebiete, in denen die Effekte natürlicher Maßnahmen modelliert wurden.

8.2 Modellerte natürliche Maßnahmen

Mit dem erstellten Modell für das gesamte Einzugsgebiet der Göhl wurden die vielversprechendsten beschriebenen natürlichen Maßnahmen in den Teileinzugsgebieten durchgerechnet. Dabei wurde immer von den Maßnahmen ausgegangen, die zur Art eines solchen Teileinzugsgebiets passen, also auf der Grundlage der Annahmen, dass nicht alle Maßnahmen überall umgesetzt werden, sondern dass dies selektiv geschieht. Die nachstehende Tabelle zeigt, in welchem Teileinzugsgebiet die natürlichen Maßnahmen modelliert wurden.

Für jede Maßnahme wurden die Effekte auf Spitzenabflüsse sowohl auf einer langen Zeitskala als auch für das Niederschlagsereignis im Juli 2021 analysiert. Dabei ist allerdings darauf hinzuweisen, dass bei der Kalibrierung festgestellt wurde, dass das Modell nicht gut in der Lage ist, extreme Spitzenabflüsse zu berücksichtigen. Der Grund dafür ist, dass solche Extremwerte nun einmal sehr sporadisch auftreten.

8.3 Ergebnisse

Das Modell berechnet für nahezu alle Maßnahmen einen signifikant positiven Effekt auf die Abflusseigenschaften. Das Regenwasser wird länger zurückgehalten und langsamer abgeleitet, wodurch der Spitzenabfluss kleiner wird. Dieser Effekt ist an der Stelle, an der die Maßnahme durchgeführt wird, am größten und verringert sich stromabwärts aufgrund von Zuflüssen aus Teilen des Einzugsgebiets, in denen die Maßnahme nicht angewendet wurden. Der genauere Effekt einer bestimmten Maßnahme in einem der fünf Teileinzugsgebiete ist daher letztendlich in den Abflusseigenschaften am Ende des Einzugsgebiets bei Meerssen kaum zu erkennen.

Für jede natürliche Maßnahme werden nachstehend die wichtigsten Erkenntnisse besprochen. In der anschließenden Diskussion wird genauer auf diese Ergebnisse eingegangen.

Natürliche Maßnahme	Teileinzugsgebiet				
	Kelmis	Sippenaeken	Gulp	Selzerbach	Eyserbach
Entwicklung von Hangwäldern auf Ackerland (6.1a)	X	X	X	X	X
Entwicklung von natürlichem Grasland auf Produktionsgrasland (6.2a)	X	X	X	X	X
Entwicklung von Hangwäldern auf Produktionsgrasland (6.1b)	X	X	X	X	X
Entwicklung von natürlichem Grasland auf Produktionsgrasland (6.2b)	X	X	X	X	X
Entwicklung von Infiltrationsstreifen auf Ackerland (6.3)				X	
Verfüllen von ausgebaggerten Bachweiterungen (Wiederherstellung von stromaufwärts liegenden Feuchtgebieten 6.5)	X	X	X		
Stromaufwärts liegende Bachläufe und Talebene veruntiefen, verbreitern und rauer gestalten (6.6)	X	X	X		
Wasser von versiegelten Straßen ableiten (6.8)	X	X			X
Städtische Gebiete in grüne Schwämme umwandeln (6.10)	X	X	X	X	X

Die neun verschiedenen natürlichen Lösungen, die in der Modellberechnung pro Simulation implementiert und im Hinblick auf ihre Effekte auf den Abfluss durchgerechnet wurden.

Entwicklung von Hangwäldern auf Ackerland

Im Einzugsgebiet der Göhl sind 3,2 % der Fläche als Ackerland auf Hängen, die steiler sind als 10 %, kategorisiert. Dabei sind die Unterschiede in den einzelnen Teileinzugsgebieten erheblich: zwischen 10 und 15 % der Fläche im Gebiet des Eyserbeek, Selzerbeek und der Gulp und weniger als 5 % in Kelmis und Sippenaeken.

Die Umwandlung steiler Äcker in Hangwälder führt für die Gulp und den Selzerbeek zu Reduzierungen von 2 bis 4 % bei den höheren täglichen Abflüssen. Sowohl in den Teilgebieten als auch bei Meerssen wurde der Spitzenabfluss von Juli 2021 um maximal 0,4 % reduziert.

Entwicklung von natürlichem Grasland oder Hangwald auf Maisfeldern

Die Fläche mit Mais macht 4,3 % der Gesamtfläche des Einzugsgebiets aus, wobei die Flächen am Selzerbeek, Eyserbeek und Gulp etwa 5 % betragen und die Flächen in den Teileinzugsgebieten Kelmis und Sippenaeken etwa 1,5 % betragen.

Es wurde ein begrenzter Effekt der Umwandlung von Maisfeldern in natürliches Grasland auf die Spitzenabflüsse in den Teileinzugsgebieten und den flussabwärts vorkommenden Spitzenabflüssen modelliert. Diese Maßnahme führt zu einer Reduzierung von 0,2 bis 0,6 % für den Spitzenabfluss von Juli 2021 in Meerssen. In den Teileinzugsgebieten sind die Effekte in ähnlicher Größenordnung, wobei die Maßnahme in der Gulp den größten Effekt ergibt, mit um 1 bis 4 % geringeren Spitzenabflüssen.

Entwicklung von Hangwäldern auf Produktionsgrasland

Produktionsgrasland ist in allen Teileinzugsgebieten die dominante Landnutzung, mit einer durchschnittlichen Bedeckungsrate von 44 %. Die Umwandlung von Produktionsgrasland in natürlichen Wald führt zu einer erheblichen Reduzierung der Abflüsse. Im Bereich des 90. bis 98. Perzentils der täglichen Abflüsse bei Schin op Geul und Meerssen wurden im gesamten Zeitraum 2002 bis 2023 Reduzierungen von etwa 30 % erzielt. Die Umwandlung von Produktionsgrasland in natürlichen Wald hat einen deutlichen Einfluss auf die Verringerung des im Juli 2021 aufgetretenen Spitzenabflusses in den Teileinzugsgebieten und der Göhl bei Meerssen. Für Schin op Geul und Meerssen wurden im Referenzszenario Reduzierungen von 59 m³/s und 68 m³/s erreicht und von 39 m³/s und 43 m³/s nach der Umwandlung in natürlichen Wald. Dies entspricht erheblichen Reduzierungen um 34 % und 37 % im extremsten Abfluss bei Schin op Geul und Meerssen.

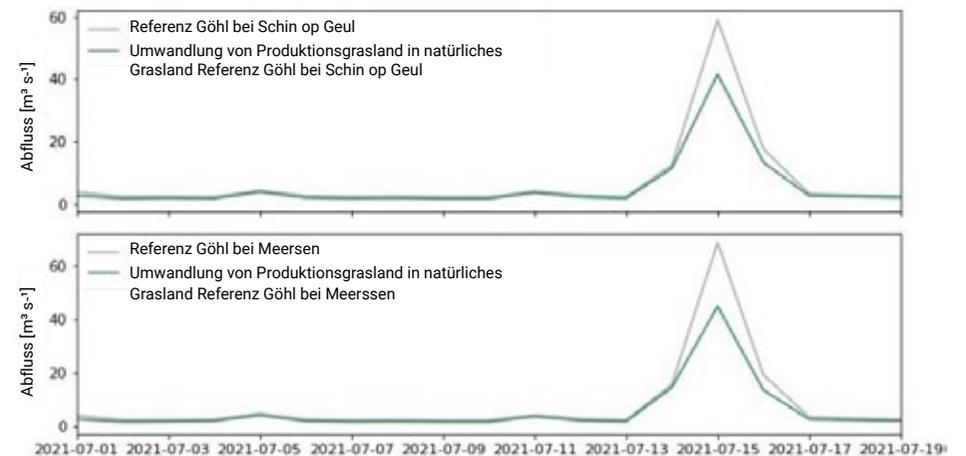
Entwicklung von natürlichem Grasland auf Produktionsgrasland

Die Umwandlung von Produktionsgrasland in natürliches Grasland führt ebenfalls zu einer erheblichen Reduzierung der Tages- und Spitzenabflüsse. Im Bereich des 90. bis 98. Perzentils der täglichen Abflüsse bei Schin op Geul und Meerssen wurden im gesamten Zeitraum 2002 bis 2023 nach der Umwandlung in natürliches Grasland Reduzierungen von etwa 29 % bis 36 % erreicht. Für Schin op Geul und Meerssen wurden vergleichbare Reduzierungen des extremen Spitzenabflusses am 15. Juli 2021 erzielt, nämlich von 59 m³/s bzw. 68 m³/s im Referenzszenario auf 42 m³/s bzw. 45 m³/s im Szenario nach der Umwandlung in natürliches Grasland. Dies entspricht Reduzierungen um 29 % und 34 % im extremsten Abfluss bei Schin op Geul und Meerssen.

Die Umwandlung von Produktionsgrasland in natürliches Grasland führt deutlich zu einer Verringerung des Spitzenabflusses im Juli 2021 in den Teileinzugsgebieten, mit Ausnahme der Gulp und des Eyserbeek. Für den Eyserbeek ist dies erklärbar, da dort die Graslandfläche begrenzt ist. Bei der Gulp hingegen gibt es viel Grasland, und es ist nicht erklärbar, warum die Reduzierung dort geringer ausfällt.

Entwicklung von Infiltrationsstreifen auf Ackerland

Durch die Implementierung von Infiltrationsstreifen am Selzerbeek nimmt der Spitzenabfluss aus Juli 2021 leicht ab, von 9,8 m³/s auf 9,3 m³/s. Die Effekte dieser Maßnahme wurden unterschätzt, da die Infiltration von oberflächlichem Abfluss aus höher gelegenen Gebieten in den bewachsenen Acker- oder Erdterrassen ohne eine detailliertere Studie zum Umfang des Abflusses der im Oberlauf gelegenen HRU nicht quantifiziert werden kann.



Modellierte Unterschiede im Abfluss (m³/s) bei der Umwandlung von Produktionsgrasland in natürliche Grasflächen während des Regenereignisses im Juli 2021.

Verfüllen von ausgebaggerten Bacherweiterungen (Wiederherstellung von stromaufwärts liegenden Feuchtgebieten)

In SWAT+ ist es nicht möglich, bestehende Wasserläufe zu entfernen, was den Kern dieser Maßnahme ausmacht. Um den Effekt einer Verfüllung von Bacherweiterungen modellieren zu können, wurde der Wasserlauf in der Breite vergrößert, in der Tiefe reduziert und mit Vegetation aufgeraut. In dieser Modellstudie führt diese Anpassung zu einem Anstieg der Spitzenabflüsse für die kleinen Wasserläufe in den kleinsten Bächen am Oberlauf. Auf den höchsten Spitzenabfluss in den Teileinzugsgebieten hat die Maßnahme wenig Einfluss. Die Ergebnisse stehen nicht im Einklang mit früheren Untersuchungen und Feldbeobachtungen, bei denen eine deutliche Abnahme der Spitzenabflüsse festgestellt wurde. Eine Studie mit größerem Maßstab in Deutschland, bei der die Effekte auf eine Talebene untersucht wurden, kam zu dem Schluss, dass die Wiederherstellung von stromaufwärts gelegenen Feuchtgebieten effektiv ist, um Überschwemmungsrisiken zu verringern und den Grundabfluss zu erhöhen.

Stromaufwärts liegende Bachläufe und Talebene veruntiefen, verbreitern und verwildern

Wird die bestehende stromaufwärts liegende Talebene in eine Talebene mit einem natürlicheren Charakter umgewandelt, führt dies zu einer geringeren Abflussgeschwindigkeit im Bach und einer erhöhten Wasserrückhaltung. In dieser Studie wurden die Einrichtung natürlicher Talebenen in den größeren Wasserläufen der Teileinzugsgebiete der Gulp, bei Kelmis und Sippenaeken simuliert.

In allen Teileinzugsgebieten führen natürliche Talebenen zu einem leichten Rückgang der monatlichen Tagesabflüsse. Im Selzerbeek verringert sich der Abfluss bei höchsten Abflüssen durch diese Maßnahme um 2 bis 5 %, im Eyserbeek um 1 bis 4 % und in der Gulp um etwa 1 %. Die Maßnahmen haben keinen signifikanten Einfluss auf die Spitzenabflüsse stromabwärts (weniger als 1 % Reduktion) beim Hochwasser im Juli 2021.

Wasser von versiegelten Straßen ableiten

Die erhöhte Infiltration von Niederschlag, der von Straßen abfließt, hat in den Teileinzugsgebieten einen geringen Effekt ($< 1\%$) sowohl auf die täglichen Abflüsse in einem größeren Zeitraum als auch auf die Spitzenabflüsse im Juli 2021. Die wichtigsten Ursachen dafür sind die geringe Fläche von Straßen in den Einzugsgebieten ($< 1\%$) und die eingeschränkten Möglichkeiten im Modell, um den Straßen bei Starkregen die Eigenschaften von verlängerten Bächen zuzuweisen. Dadurch wird nicht berücksichtigt, dass Straßen bei lange anhaltenden Niederschlägen auch andere Wasserströme anziehen können, die normalerweise an anderen Stellen über die Bodenoberfläche und unterirdisch verlaufen.

Städtische Gebiete in grüne Schwämme umwandeln

Mehr Grün in städtischen Gebieten führt zu einer Verringerung der täglichen Spitzenabflüsse in allen Teilgebieten, wobei die stärksten Rückgänge in den Einzugsgebieten des Eyserbeek ($18 \pm 4\%$), Selzerbeek ($10 \pm 7\%$) und am Oberlauf des wallonischen Göhlts, wo auch Kelmis liegt ($6 \pm 5\%$), zu verzeichnen sind. Die Reduzierungen scheinen einen saisonalen Charakter zu haben, wobei die höheren Werte in den Sommermonaten liegen.

Laut dem Modell hat mehr Grün in städtischen Gebieten bei Hochwasser, wie im Juli 2021, insbesondere Auswirkungen auf den Spitzenabfluss des Eyserbeek, der um 39 % von 2,6 m³/s auf 1,6 m³/s abnimmt (durchschnittliche Tagesabflüsse). Die Reduzierung in den anderen Gebieten betrug in diesem Spitzenabfluss maximal 7 %.

8.4 Diskussion

Der Aufbau des SWAT+ Modells für das Göhlts ermöglicht es, die Niederschlags-Abflussprozesse im gesamten Einzugsgebiet detailliert zu modellieren. Der entwickelte Aufbau ist in seinem Detaillierungsgrad einzigartig und gut fundiert, erfordert jedoch noch einige Nachbearbeitungen. Ein Nachteil dieser Modellierungsweise ist die Komplexität und Größe des Modells und die damit verbundenen langen Rechenzeiten. Die Ergebnisse zeigen, dass es eine Herausforderung ist, eine Vielzahl

von relativ kleinskaligen natürlichen Maßnahmen, die in verschiedene hydrologische Prozesse eingreifen, für ein ganzes Einzugsgebiet gut zu modellieren. Dennoch ist es möglich, daraus zu lernen, um die Realität mit begrenzten Anpassungen im Modell besser zu modellieren. In der vorliegenden Studie wurden die Unterschiede in den Abflüssen aus Teileinzugsgebieten vor und nach den Interventionen untersucht. Durch eine genauere Analyse der Niederschlags-Abflussprozesse im kleineren Maßstab können kleinskalige Maßnahmen besser untersucht werden. Dies gilt beispielsweise für Maßnahmen wie die Wiederherstellung von Feuchtgebieten am Oberlauf, das Auffangen von Wasser von Straßen, die Einrichtung von Infiltrationsstreifen und natürlichen Talebenen. In der heutigen Modellberechnung werden die Beiträge solcher Maßnahmen zur Reduzierung von Spitzenabflüssen unterschätzt.

Bei den Ergebnissen der Berechnungen fallen einige Punkte auf:

1. Insbesondere bei Maßnahmen, die im kleinen Maßstab eingesetzt wurden, sind die Ergebnisse begrenzt, während die Effekte bei Maßnahmen, die im großen Maßstab eingesetzt wurden, signifikant sind. Das Modell ist zum Beispiel nicht in der Lage, Straßen bei Starkregen die Eigenschaften von verlängerten Bächen zuzuweisen. Dadurch wird nicht berücksichtigt, dass Straßen bei lange anhaltenden Niederschlägen auch andere Wasserströme anziehen können, die normalerweise an anderen Stellen über die Bodenoberfläche und unterirdisch verlaufen. Auch hydrologische Prozesse bei der Wiederherstellung von Feuchtgebieten am Oberlauf, der Begrünung von Städten und der Pflege natürlicher Talebenen entsprechen noch nicht der Realität. Das aufgebaute SWAT+ Modell ist (noch) nicht gut in der Lage, diese Maßnahmen angemessen zu bewerten, aber es gibt Verbesserungsmöglichkeiten, die untersucht werden können.
2. In der Berechnung wurden Tageswerte verwendet, was dazu führt, dass Momente mit oberflächlichen Abflüssen nicht genau berechnet werden. Für den oberflächlichen Abfluss macht es nämlich einen großen Unterschied, ob 30 mm Regen innerhalb einer oder zwei

Stunden oder über den Tag verteilt fallen. Im zweiten Fall gibt es kaum oberflächlichen Abfluss, im ersten hingegen wohl. Bei den Ergebnissen fällt auf, dass Maßnahmen, die darauf abzielen, den oberflächlichen Abfluss abzufangen, z. B. die Wiederherstellung von Feuchtgebieten, die Begrünung von Städten und das Auffangen des Abflusses von Straßen, weniger effektiv sind als Maßnahmen, die die langsameren Wasserströme aus dem Einzugsgebiet beeinflussen. Maßnahmen, die sich auf langsamere Abflüsse auswirken, wie die Veränderung der Landnutzung, werden im Modell gut dargestellt. Wir erwarten, dass das Modell bei der Nutzung von Stundenwerten zeigen wird, dass alle Maßnahmen bei Starkregen mehr Wasser verlangsamen werden.

3. Maßnahmen, die den Grundwasserstand erhöhen, wie die Umwandlung von Tälern am Oberlauf in Sümpfe, führen zu einer begrenzten Erhöhung des Abflusses. Da das Porenvolumen nicht mehr für Regenwasser zur Verfügung steht, fließt das Wasser im Tal früher ab, was zu einem höheren Abfluss führt. Der Grund hierfür ist, dass das Modell die veränderten Eigenschaften des Talbodens nicht gut verarbeiten kann. SWAT+ geht immer von einem Wasserlauf im Tal aus, auch wenn er nicht vorhanden ist. Es ist wahrscheinlich noch nicht gut gelungen, das Bett so anzupassen, dass es einem Fließmoor ähnelt. Bei einer ähnlichen Analyse in der Kyll (Eifel) vor einigen Jahren konnte dies erfolgreich durchgeführt werden, und dort ergab sich eine lokale Reduktion von ca. 30 % des Spitzenabflusses. Auch Feldmonitoring im Hunsrück-Hochwald zeigt eine Reduzierung des Spitzenabflusses und eine Erhöhung des Grundabflusses nach der Bildung von Mooren. Um besser feststellen zu können, ob dies auch auf die Göhl zutrifft, sollten kleinskaligere Modelle für Teileinzugsgebiete erstellt werden. Die lange Rechenzeit des aktuellen umfassenden Modells wäre dann keine Einschränkung mehr. Auch die räumliche und zeitliche Variation im Flussgebiet im Zusammenhang mit dem Abfluss aus dem Einzugsgebiet muss untersucht werden.

4. Bei der Eingabe der Niederschlagsdaten sind Ereignisse mit starkem Niederschlag (Extreme) sehr selten, obwohl zu erwarten ist, dass die Effekte natürlicher Maßnahmen gerade bei diesen Ereignissen am größten sind. Hinzu kommt, dass das Modell nicht gut in der Lage ist, die Höhe des Spitzenabflusses an Tagen mit hohem Abfluss zu bestimmen. Möglicherweise hat dies auch dazu geführt, dass die Effekte insbesondere der Maßnahmen, die den oberflächlichen Abfluss beeinflussen oder nur eine geringe Fläche abdecken, unterschätzt wurden.

8.5 Empfehlungen

1. Es ist sinnvoll, die Maßnahmen, die sich auf eine kleine Fläche beziehen, im derzeit für die Göhl aufgebauten SWAT+ Modell genauer zu untersuchen. Zu diesem Zweck können Teilgebiete wie Kelmis oder die Gulp als separate Modelle mit kürzeren Rechenzeiten und detaillierterer Kalibrierung herausgegriffen werden. Dadurch kann kritisch geprüft werden, wie die hydrologischen Prozesse dieser Art von Maßnahmen im aktuellen Modell verankert sind. Zugleich kann die Wirkung von natürlichen Maßnahmen in kleinerem Maßstab (hydrologische Einheit oder Teileinzugsgebiet) modelliert werden. Die potenzielle Effektivität kleinskaliger Maßnahmen kann auf diese Weise besser untermauert werden.
2. Es ist sinnvoll, Maßnahmen, die den Grundwasserstand beeinflussen (wie die Wiederherstellung von Feuchtgebieten), und Maßnahmen, bei denen es eine Interaktion zwischen dem Wasserlauf und dem Land gibt (wie natürliche Talebenen), in SWAT+ besser mit der realen Situation in Einklang zu bringen. Auch dies kann durch eine anfängliche Modellierung im kleinen Maßstab mit geringer Rechenzeit erreicht werden, um sicherzustellen, dass die hydrologischen Prozesse der Realität besser entsprechen, und dies dann hochzuskalieren.
3. Es ist sinnvoll, eine kurze Zeitspanne mit Stundenwerten für Niederschlag und Abfluss zu modellieren. Die Niederschlagsintensität und schnelle Wasserströme (oberflächliche Abflüsse) werden auf diese Weise im Modell besser erfasst. Dadurch können kleinskalige Maßnahmen, die schnelle Abflüsse beeinflussen, bessere Ergebnisse liefern.
4. Abschließend ist es zu empfehlen, insbesondere für natürliche Maßnahmen Feldversuche durchzuführen und genaue Messungen vorzunehmen, um die Modellergebnisse mit Feldmessungen zu untermauern. Es kann auch hilfreich sein zu prüfen, ob in nahegelegenen Gebieten in den Ardennen und der Eifel solche hydrologischen Messungen durchgeführt wurden. Insbesondere in Deutschland werden bei Änderungen der Landnutzung oder im Wassersystem viele Messungen durchgeführt.

Diese Modellstudie kann als Ausgangspunkt genommen werden, um die (hydrologische) Bedeutung natürlicher Maßnahmen im Hügelland in Süd-Limburg einzuschätzen. Die Modellergebnisse ermöglichen Einblicke in die Effektivität bestimmter Maßnahmen, wenn sie in einem Teil des Einzugsgebiets angewendet werden. Somit bietet dieser Bericht Bausteine für die Planung und Umsetzung. Auf der Grundlage der Ergebnisse können Strategien für die Anwendung natürlicher Lösungen mit einem guten Gleichgewicht zwischen Kosten und Nutzen entwickelt werden. Außerdem kann eine erste Einschätzung des Effekts einer einzelnen Maßnahme an einem bestimmten Ort auf den Wasserhaushalt formuliert werden.



Ein natürliches Gölhltal: wilde Grasflächen, die das Wasser zurückhalten und langsam an das Wassersystem abgeben (© Bob Luijks).

Aus der Studie von Bureau Stroming, H+N+S Landschaftsarchitekten und Acacia Water geht hervor, dass eine natürlichere Landschaft das Gölhltal sicherer macht. Sie zeigt auch, mit welchen natürlichen Maßnahmen wir das Risiko von Überschwemmungen der Göhl und der Gulp verringern können. Die vorgeschlagenen Maßnahmen berücksichtigen die Qualität des Gölhltals, das eine einzigartige Landschaft mit einer besonderen Geomorphologie und wertvoller Natur bildet. Das macht diese Studie inspirierend und motivierend.

Besonders aufschlussreich in dieser Studie ist die Reise des Regentropfens auf dem Weg zur Göhl, die genau verfolgt wird. Diese Reise bietet Ansatzpunkte für Maßnahmen, um Wasser mit Hilfe der Natur zu verlangsamen und zurückzuhalten. „Natur“ bedeutet in diesem Zusammenhang nicht nur eine natürliche Landschaft, sondern auch natürliche Prozesse und die Nutzung der Wasserspeicherkapazität der Vegetation, eines natürlich funktionierenden Bodens oder des geologischen Untergrunds. Alle diese Elemente spielen bei der Verlangsamung der Reise des Wassers eine Rolle.

Der Bericht zeigt auch sehr deutlich, dass das ursprüngliche, natürliche Wassersystem bereits alle Eigenschaften hatte, um Wasser zu speichern, langsam weiterzuleiten und allmählich abzuleiten, wodurch Niederschlagsspitzen und dazwischenliegende Trockenperioden gepuffert wurden. Wir Menschen haben dieses System über Jahrhunderte hinweg mit Techniken bearbeitet, um Wasser beschleunigt abzuleiten.

9. DER WEG ZU EINEM GÖHLTAL MIT NATUURKRAFT

Zahlreiche künstliche Eingriffe aus der Vergangenheit werden heute kaum noch als solche erkannt. Das deutlichste Beispiel hierfür sind die kleinen sogenannten Bäche in den Hügeln, die in Wirklichkeit keine Bäche sind, sondern kleine Entwässerungsgräben, die im Laufe der Zeit einen schlängelnden Lauf gebildet haben. Es sind hübsche Bäche, aber zur Rückhaltung des Wassers am Oberlauf tragen sie sicherlich nicht bei.

Ein wertvoller Vorteil der Studie von Acacia Water ist, dass zum ersten Mal ein grenzüberschreitendes, detailliertes Modell für das gesamte Einzugsgebiet der Göhl erstellt wurde. Lokale Unterschiede in Bezug auf Bodenbeschaffenheit, Gestein, Relief, Infrastruktur, Landnutzung und Vegetationstyp werden im Modell berücksichtigt. Ein solches grenzüberschreitendes Modell ist von großer Bedeutung, da während des Hochwassers von 2021 das meiste Wasser aus Belgien kam. Das entwickelte Modell kann eine große Hilfe sein, um die Effektivität von Maßnahmen zu berechnen, und kann als Grundlage bei der Planung dienen. Die ersten (zeitraubenden) Berechnungen liegen vor, und in Zukunft wird voraussichtlich noch viel mehr damit berechnet werden können. Das Modell erfordert jedoch noch einige Anpassungen. Darüber hinaus sollte bei den Berechnungen auch mit Stundenwerten für Niederschlag anstelle von Tageswerten gearbeitet werden, um den Effekt von Starkregen auf schnelle Abflüsse besser wiedergeben zu können. Ferner ist es wünschenswert, für natürliche Maßnahmen auch Feldversuche durchzuführen und genaue Messungen vorzunehmen, um die

Modellergebnisse mit den Feldmessungen zu untermauern. Daher ist es notwendig, diese Modellstudie in Zusammenarbeit mit Partnern weiter auszuarbeiten.

9.1 Was müssen wir tun?

Unter dem Motto NATUURKRAFT möchten wir, als vereinte Naturschutzorganisationen, gemeinsam mit Grundstückseigentümern, Bewohnern, Unternehmen, Gemeinden, Wasserbehörden und Planern daran arbeiten, die Chancen und „Kombinationsmöglichkeiten“ für natürliche Maßnahmen weiter zu untersuchen, auszuarbeiten und vor allem auch umzusetzen. Selbstverständlich werden wir auch selbst unser Eigentum im Göhlthal einsetzen, um natürliche Maßnahmen zu ermöglichen, denn schließlich ist es unser Ziel als Koalition NATUURKRACHT, eine Bewegung in Gang zu bringen.

Es ist wichtig, dass Naturschutzorganisationen und Wasserbehörden (weiterhin) die Verbindung zu Sektoren wie Tourismus, Landwirtschaft, Wassergewinnung und Wohnen suchen. Alle diese Sektoren bereiten sich auf eine Zukunft vor, in der Klimawandel, Umweltqualität, Lebensmittelproduktion, Nachhaltigkeit, Lebensqualität und eine gesunde Wirtschaft hohe Priorität haben. Es ist unsere gemeinsame Aufgabe, die notwendige Transformation zu einer zukunftsbeständigen Landschaft zu gestalten, und zwar nicht nur, weil Lösungen für verschiedene Probleme sich oft überschneiden oder wie Puzzlestücke logisch ineinandergreifen, sondern auch, um Lösungen, die (schein-

bar) widersprüchlich sind, in einem frühen Stadium zu prüfen und mit einem frischen, konstruktiven Blick zu betrachten.

Die Ausarbeitung von Möglichkeiten in konkrete Umsetzungspläne und Projekte erfordert einen Qualitätsrahmen, an dem Pläne und Projekte sorgfältig geprüft werden müssen. Dieser Rahmen, der noch entwickelt werden muss, sollte die Leitprinzipien für die räumliche Herangehensweise im Bereich des Hochwasserschutzes im Göhlthal kurz und prägnant beschreiben. Er muss stets sicherstellen, dass Aspekte wie Natur- und Landschaftsqualität, Authentizität, Kulturgeschichte und der Charme des Gebietes nicht übersehen und nicht beeinträchtigt werden. Neben der räumlichen Qualität muss auch die Wirksamkeit von Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser (und Trockenheit) genau im Blick behalten werden.

9.2 Drei Prinzipien

Bei der Umsetzung von Maßnahmen halten wir uns so weit wie möglich an die folgenden Prinzipien:

1. Der Natur keinen Schaden zufügen
2. Die Kraft der Natur nutzen, um Hochwasser und Trockenheit zu bekämpfen
3. Der Natur helfen, sich an den Klimawandel anzupassen

9.3 Sechs Fragen als Leitfaden

Um für jeden Ort die am besten geeignete und effektivste natürliche Maßnahme zu entwickeln, schlägt die Naturkraft-Koalition vor, mit sechs Kernfragen zu beginnen:

1. Kann die Vegetation hier für eine größere Regenwasseraufnahme sorgen?
2. Kann der Boden hier mehr Regenwasser aufnehmen?
3. Kann das Grundwasser hier länger im Boden bleiben und mehr in den tiefen Untergrund aufgenommen werden?

4. Kann das oberflächlich abfließende Wasser hier verlangsamt werden?
5. Kann das zusammengeströmte Wasser hier zurückgehalten und verlangsamt werden?
6. Kann der Bach hier verlangsamt werden, und kann die Talebene Raum für Überflutungen und Verlangsamung des Wassers bieten?

9.4 Zusammenfassung „Wasser natürlich verlangsamen“

Die natürlichsten Antworten auf die Frage „Wie?“ fassen wir unten zusammen.

1. Mehr Regenwasseraufnahme durch Vegetation

Um die Wasseraufnahme durch oberirdische Pflanzenteile optimal zu nutzen, muss das ganze Jahr hindurch eine (üppige) Vegetation, am besten mit mehreren Schichten, vorhanden sein. Dieser Ansatz kann überall angewendet werden: auf Plateaus, an Hängen und in Tälern. Die besten Formen von Vegetation, die das ganze Jahr über eine Rolle bei der Wasseraufnahme spielt, sind natürliche, strukturreiche Wälder und strukturreiche (wilde) extensiv beweidete Naturgrasflächen (oder ein Mosaik daraus). Das Prinzip der höheren Wasseraufnahme durch Pflanzen kann in verschiedenen Vegetationstypen, landwirtschaftlichen Gebieten und städtischen Gebieten angewendet werden.

2. Mehr Absorption von Regenwasser durch den Boden

Um gut absorbierende Böden zu entwickeln, sind Entsteinung und Entwicklung von lebendigen Böden wichtig. Dieser Ansatz kann überall angewendet werden: auf Plateaus, an Hängen und in Tälern, in städtischen Umgebungen, landwirtschaftlichen Gebieten und Naturgebieten. Natürliche Wälder und extensiv beweidete Naturgrasflächen (oder ein Mosaik daraus) sind auch jetzt wieder Beispiele für einen Boden, der alle diese Qualitäten besitzt. Das Prinzip der höheren Wasseraufnahme durch gute Bodenpflege und/oder Entsteinung kann in ganz verschiedenen Naturgebieten, landwirtschaftlichen Gebieten und städtischen

Gebieten angewendet werden. Gute Bodenpflege bedeutet Verbesserung des Bodens durch organische Substanzen, Schutz der Bodenoberfläche durch Vegetation und Schutz des Bodenlebens vor schädlichen Substanzen und schädlicher Bodenbearbeitung.

3. Längere Rückhaltung des Grundwassers im Boden und Aufnahme durch den tiefen Untergrund

Um die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens und des tieferen Untergrunds optimal zu nutzen, ist es wichtig, dass Entwässerungssysteme aus dem Boden entfernt werden. Das Wasser findet dann seinen natürlichen, langsamen Weg nach unten. Charakteristisch für das Göhlthal, besonders im niederländischen Teil des Einzugsgebiets, ist, dass der tiefere (geologische) Untergrund eine hohe Wasserspeicherfähigkeit hat. Ab etwa Kelmis nimmt die Durchlässigkeit des Untergrunds zu. In Richtung des unteren Göhlts gibt es immer dickere Mergelschichten und schließlich sogar erhebliche Sandablagerungen, alle mit einer großen Infiltrationskapazität.

Wer die natürliche Speicherkapazität des Untergrunds besser nutzen möchte, sucht daher für die Wasseraufnahme (in Wadis usw. oder in wilder Natur) vor allem nach den Flächen mit einem Untergrund aus Mergel, Kies und Sand, insbesondere an Stellen, an denen durchlässige Schichten an der Oberfläche liegen. An einigen Stellen ist diese Struktur auf natürliche Weise entstanden (steilere Hänge, Dolinen), an anderen Stellen durch Abgrabungen (Mergelgruben, Kiesgruben). Auch in Trockentälern kommen oft gut durchlässige Schichten vor.

4. Verlangsamung des Wasserabflusses in rauem Gelände

Um abfließendes Wasser zu verlangsamen, damit es mehr Zeit hat, in den Boden einzudringen oder später im Tal anzukommen, ist es wichtig, bereits hoch an den Hängen zu beginnen, unter anderem durch die Entwicklung von (gewölbten) Plateaurändern, strukturreichen Laubwäldern und natürlichen, strukturreichen, rauen Grasflächen. Wasser, das letztendlich am Hang hinabfließt, kann noch immer verlangsamt werden, bevor es sich in einem Tal, einer Grube oder einer Nieder-

ung konzentriert. An den steilsten Hängen (steiler als 12 %) sind, wie auch an den Rändern der Plateaus, flächendeckende Laubwälder und natürliche, raue Grasflächen (sehr extensiv beweidet) sinnvoll, um ausreichend Bremskraft zu bieten. An etwas flacheren Hängen können Unterbrechungen in Form von breiten Hecken, bewachsenen Erd- oder Ackerterrassen und Baumreihen eine natürliche Lösung bieten. Auf den flachsten Hängen (flacher als 7 %) kann Grasland ausreichen. Wenn Entwässerungen in den Hängen liegen, müssen sie entfernt werden, um schnellen unterirdischen Abfluss zu stoppen. Außer Vegetation können auch Unebenheiten im Boden (wie Hufabdrücke) dazu beitragen, Wasser zu verlangsamen und infiltrieren zu lassen.

5. Zusammengeströmtes Wasser verlangsamen und zurückhalten

Um Wasser, das sich in Niederungen, kleinen Trockentälern und Nebenbachtälern gesammelt hat, auf natürliche Weise zu verlangsamen und zurückzuhalten, kann ein Mosaik aus Bruchwäldern, feuchten Quellwiesen und Moorvegetation mit großen Moorpflanzen wie Schilfrohr, Seggen und Rohrkolben entwickelt werden. Umgefallene Bäume (umgeweht, abgenagt oder weggesackt) verstärken den Effekt der Verlangsamung.

Durch Pflanzenwachstum und andere natürliche Prozesse entsteht ein „langames“ Fließmoor. In fast allen (Neben-)Tälern und Quellgebieten im Göhlthal und Gulptal, die ziemlich flach sind, sind Möglichkeiten vorhanden. Die Vegetation verringert auch die Erosionskraft des Wassers und verhindert tiefe Einschnitte. Wo tiefe Einschnitte vorhanden sind, kann der Bachboden aufgeschüttet werden, und wo Entwässerungen vorhanden sind, können sie entfernt werden.

6. Den Bach verlangsamen und Wasser in der Überflutungsfläche abbremsen

Wenn Wasser einmal im Bach ist, hat die Natur immer noch die Kraft, aus „schnellem Wasser“ wieder „langames Wasser“ zu machen. Um den Bach zu verlangsamen, ist es wichtig, durch Vegetation im Bachbett (zum Beispiel auf Kiesbänken), Biberdämme, umgefallene Bäume und einen kurvenreichen (mäandernden) Verlauf des Bachbetts für mehr Widerstand zu sorgen. Mehr Widerstand und Verlangsamung können auch erreicht werden, indem ein tief eingeschnittener Bach breiter und flacher gemacht wird. Wenn ein Nebenbach der Göhl verlangsamt und aufgestaut wird, entlastet dies die Göhl. Die Hochwasserspitze in der Göhl wird dann gesenkt. Durch die Verlangsamung des Wassers setzt sich mitgeführter Schlamm ab, und dies reduziert den Überschwemmungsschaden, der außer durch Wasser auch durch Schlamm verursacht wird. Bei sehr hohen Wasserabflüssen kann die Talsohle (Überflutungsfläche) Wasser aufnehmen und verlangsamen.

Wer Raum für Wasser in einer natürlichen Talebene schaffen möchte, sollte dies so weit wie möglich planerisch verankern (Raumplanung). An den Stellen, wo die Ufer stark erhöht und Bäche tief eingeschnitten sind, wird eine lokale Absenkung der Ufer und/oder Aufschüttung des Bachbetts dazu beitragen, dass der Bach früher über seine Ufer tritt. Breit abfließendes Wasser ist langsamer und wird durch raue Vegetation weiter gebremst. Die Natur in Bachtälern ist überflutungstolerant; es liegt daher nahe, in den Bachtälern mehr Raum für die Natur zu reservieren. Probleme entstehen dort, wo Bachufer und Talebenen bebaut sind.



Natürliche Überflutungsfläche der Göhl ist ein attraktives Gebiet für Spaziergänger und Wanderer.

IMPRESSUM

Produkt	Wasser im Göhlthal zurückhalten und verlangsamen — Mit der Natur gegen Hochwasser und Trockenheit
Auftraggeber	Natuurkracht (Natuurmonumenten, ARK Rewilding Nederland, Natuur- en Milieufederatie Limburg, Het Limburgs Landschap und WWF Netherlands)
Datum	23. Oktober 2023
Projektnummer	2802
Verfasser	H+N+S Landschaftsarchitekten: Jasper Hugtenburg, Marijne Kreulen en Floor Hartveld Bureau Stroming: Jos de Bijl en Alphons van Winden Acacia Water: Maarten van Waterloo Natuurkracht: Hettie Meertens en Jos Rademakers
Copyright	Alle Fotos von Hettie Meertens, sofern nicht anders angegeben.
Deutsche Übersetzung	Beate Schmitz
Finanzierung Übersetzung	Wetlands International



H+N+
S+ +

H+N+S
Landschaftsarchitekten

Adresse
Soesterweg 300
3812 BH
Amersfoort

Postanschrift
Postbus 1603
3800 BP
Amersfoort



H+N+
S+ +

