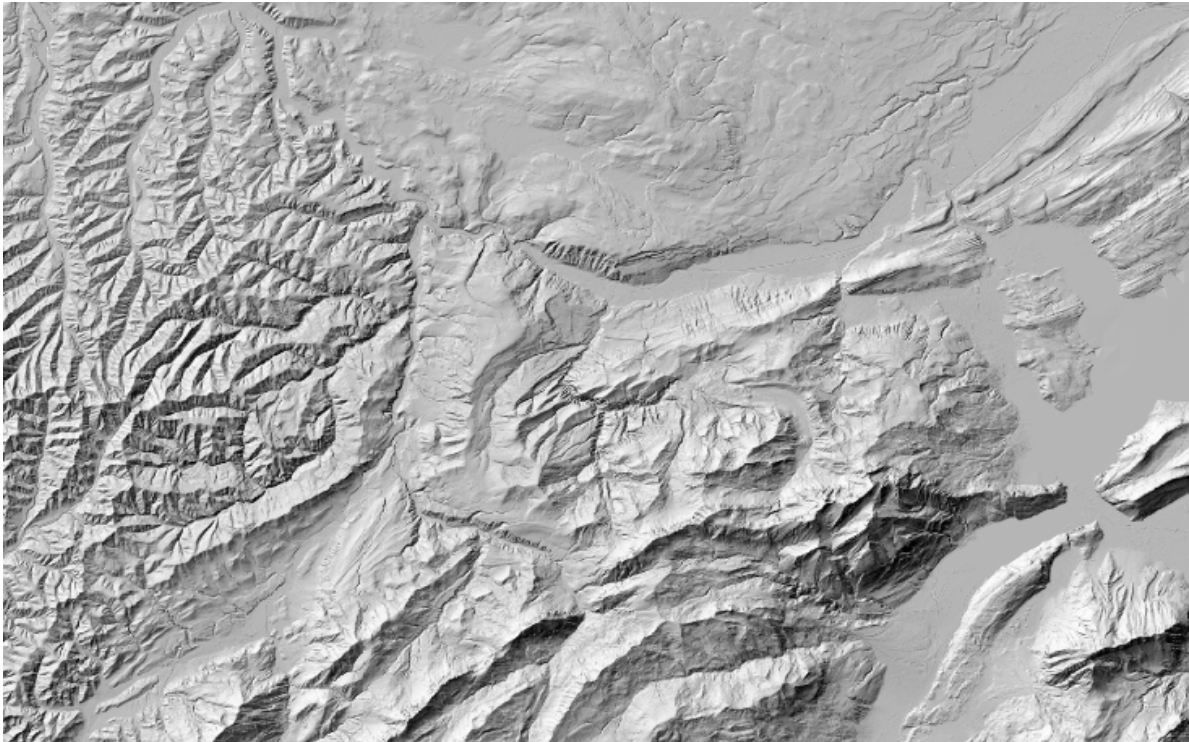


Raumbedarf



Ermittlung des Raumbedarfs für die Reuss, die Kleine Emme und deren Seitenbäche mit natürlichen Sohlenbreiten über 15 m

Auftraggeber

Kanton Luzern
Verkehr und Infrastruktur
Arsenalstrasse 43
6010 Kriens

Kontaktperson:

Marco Achermann

Tel.: 041 - 318 11 27

email: marco.achermann3@lu.ch

Auftragnehmer

Hunziker, Zarn & Partner AG
Ingenieurbüro für Fluss- und Wasserbau
Schachenallee 29
5000 Aarau

Kontaktpersonen:

Roni Hunziker, Sammy Mirjan

Tel.: 062 - 823 94 61

email: roni.hunziker@hzp.ch,
sammy.mirjan@hzp.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUSGANGSLAGE.....	1
2	AUFTRAG	1
3	GESETZGEBUNG	2
3.1	GEWÄSSERSCHUTZGESETZ.....	2
3.2	VORGABEN DES BUNDES	4
4	GRUNDLAGEN.....	4
5	VORGEHEN	5
5.1	ABGRENZUNG	5
5.2	ERMITTLUNG DES RAUMBEDARFS.....	5
5.3	VERFAHREN VON ROULIER.....	6
5.4	UMSETZUNG DES VERFAHRENS NACH ROULIER	12
6.	CHARAKTERISTIK DES EINZUGSGEBIETES	13
7	FACTSHEETS ZU DEN EINZELNEN GEWÄSSERN.....	15
7.1	REUSS (KM 56.4 – 70.0).....	16
7.2	KLEINE EMME (KM 0.0 – 36.5)	23
7.3	RÜMLIG (KM 0.0 – 11.0)	51
7.4	GROSSE FONTANNE (KM 0.0 – 11.0)	60
7.5	GROSSE ENTLE (KM 0.0 – 10.0).....	68
7.6	WISSEMME (KM 0.0 – 6.0)	76
7.7	WALDEMME (KM 0.0 – 18.0).....	82
7.8	ROTBACH (KM 0.0 – 2.5).....	96
8	ZUSAMMENFASSUNG	100

Pläne

A-763.1	Reuss	km 56.5 – 70.0	1:10'000
A-763.2	Kleine Emme	km 0.0 – 21.0	1:10'000
A-763.3	Kleine Emme	km 19.0 – 37.0	1:10'000
A-763.4	Rümlig	km 0.0 – 11.0	1:10'000
A-763.5	Grosse Fontanne	km 0.0 – 11.0	1:10'000
A-763.6	Grosse Entle	km 0.0 – 10.0	1:10'000
A-763.7	Wissemme	km 0.0 – 6.0	1:10'000
A-763.8	Waldemme	km 0.0 – 18.0	1:10'000
A-763.9	Rotbach	km 0.0 – 2.5	1:10'000

1 Ausgangslage

Das Gewässerschutzgesetz Art. 36a verlangt, dass die Kantone nach Anhörung der betroffenen Kreise den Raumbedarf der oberirdischen Gewässer festlegen. Die Definition des Raumbedarfs ist erforderlich zur Gewährleistung der natürlichen Funktion des Gewässers, des Hochwasserschutzes und der Gewässernutzung. Bei Flüssen über 15 m natürlicher Sohlenbreite legt Art. 41a GSchV (Gewässerschutzverordnung) keine Mindestbreite für den Gewässerraum fest. Die Kantone können in diesem Fall die Breite selber bestimmen. Im Hinblick auf spätere Hochwasserschutz- und Renaturierungsprojekte ist es aber wichtig, dass der Gewässerraum auf die Anforderungen des Bundes abgestützt wird, da die Subventionsansätze vom Gewässerraum abhängen werden.

2 Auftrag

Das Büro Hunziker, Zarn & Partner (Federführung), Aarau, wurde zusammen mit dem Büro Fischwerk, Luzern, von der Dienststelle Verkehr und Infrastruktur eingeladen, die entsprechenden Abklärungen durchzuführen und einen Vorschlag zur Definition des Raumbedarfs der Flüsse über 15 m natürliche Sohlenbreite im Einzugsgebiet der Kleinen Emme und der Reuss unterhalb des Vierwaldstättersees zu erarbeiten. Folgende Flüsse wurden bearbeitet:

- Kl. Emme
Reusspitz bis Mündung der Wissemme
- Waldemme
Kantonsgrenze Kanton Obwalden bis Mündung Wissemme
- Wissemme
- Rotbach (Flühli)
Mündung Blattigraben bis Waldemme
- Gr. Fontanne
Mündung Seeblibach (Bramboden) bis Kl. Emme
- Gr. Entle
Mündung Ällegbach bis Kl. Emme
- Rümli
Mündung Giselbach bis Kl. Emme
- Reuss vom Reusszopf bis zur Kantonsgrenze

3 Gesetzgebung

3.1 Gewässerschutzgesetz

GSchG Art. 36a

Im Art. 36a des Gewässerschutzgesetzes ist der Gewässerraum wie folgt definiert:

- 1 Die Kantone legen nach Anhörung der betroffenen Kreise den Raumbedarf der oberirdischen Gewässer fest, der erforderlich ist für die Gewährleistung folgender Funktionen (Gewässerraum):
 - a. *die natürliche Funktion der Gewässer;*
 - b. *den Schutz vor Hochwasser;*
 - c. *die Gewässernutzung.*
- 2 Der Bundesrat regelt die Einzelheiten.
- 3 Die Kantone sorgen dafür, dass der Gewässerraum bei der Richt- und Nutzungsplanung berücksichtigt sowie extensiv gestaltet und bewirtschaftet wird. Der Gewässerraum gilt nicht als Fruchtfolgefläche. Für einen Verlust an Fruchtfolgeflächen ist nach den Vorgaben der Sachplanung des Bundes nach Artikel 13 des Raumplanungsgesetzes vom 22. Juni 1979 Ersatz zu leisten.

GSchV Art. 41a

Im Art. 41a der Gewässerschutzverordnung werden die Anforderungen an den Gewässerraum wie folgt präzisiert:

- 1 Die Breite des Gewässerraums muss in Biotopen von nationaler Bedeutung, in kantonalen Naturschutzgebieten, in Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung, in Wasser- und Zugvogelreservaten von internationaler oder nationaler Bedeutung sowie, bei gewässerbezogenen Schutzzielen, in Landschaften von nationaler Bedeutung und kantonalen Landschaftsschutzgebieten mindestens betragen:
 - a. *für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von weniger als 1 m natürlicher Breite: 11 m;*
 - b. *für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von 1-5 m natürlicher Breite: die 6-fache Breite der Gerinnesohle plus 5 m;*
 - c. *für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von mehr als 5 m natürlicher Breite: die Breite der Gerinnesohle plus 30 m.*

- 2 In den übrigen Gebieten muss die Breite des Gewässerraums mindestens betragen:
 - a. *für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von weniger als 2 m natürlicher Breite: 11 m;*
 - b. *für Fliessgewässer mit einer Gerinnesohle von 2-15 m natürlicher Breite: die 2.5-fache Breite der Gerinnesohle plus 7 m.*

Bei Flüssen mit einer natürlichen Bettbreite von mehr als 15 m muss gemäss BAFU ein Fachgutachten erstellt werden, falls ein höherer Subventionssatz für einen erhöhten Gewässerraum geltend gemacht werden soll.

- 3 Die nach den Absätzen 1 und 2 berechnete Breite des Gewässerraums muss erhöht werden, soweit dies erforderlich ist zur Gewährleistung:
 - a. *des Schutzes vor Hochwasser;*
 - b. *des für eine Revitalisierung erforderlichen Raumes;*
 - c. *der Schutzziele von Objekten nach Absatz 1 sowie anderer überwiegender Interessen des Natur- und Landschaftsschutzes*
 - d. *einer Gewässernutzung.*
- 4 Die Breite des Gewässerraumes kann in dicht überbauten Gebieten den baulichen Gegebenheiten angepasst werden, soweit der Schutz vor Hochwasser gewährleistet ist.
- 5 Soweit keine überwiegenden Interessen entgegenstehen, kann auf die Festlegung des Gewässerraumes verzichtet werden, wenn das Gewässer:
 - a. *sich im Wald oder in Gebieten, die im landwirtschaftlichen Produktionskataster gemäss der Landwirtschaftsgesetzgebung nicht dem Berg- oder Talgebiet zugeordnet sind, befindet;*
 - c. *eingedolt ist; oder*
 - d. *künstlich angelegt ist.*

3.2 Vorgaben des Bundes

Aufgaben des Gewässerraumes

Gemäss dem Leitbild Fliessgewässer Schweiz benötigen die Fliessgewässer einen ausreichenden Gewässerraum für:

- *Die Sicherstellung der Hochwasserabflüsse, des Geschiebetransportes und der Entwässerung des Kulturlandes und der Siedlungen.*
- *Die Ausbildung einer natürlichen Strukturvielfalt in den aquatischen, amphibischen und terrestrischen Lebensräumen.*
- *Das Gedeihen standortgerechter Lebensgemeinschaften und die Vernetzung der Lebensräume.*
- *Zur Erholung der Bevölkerung sowie zur Wahrnehmung und Identifikation mit der Kulturlandschaft.*
- *Zur Vermeidung von Gewässerverschmutzung durch einen ausreichenden Abstand der Bodennutzung.*

4 Grundlagen

- [1] Gewässerschutzgesetz (GSchG), Stand 1. Januar 2011
- [2] Gewässerschutzverordnung (GSchV), Stand 1. August 2011
- [3] Hochwasserschutz an Fliessgewässern, Wegleitung des BAFU, Bern 2001
- [4] Espace nécessaire aux grands cours d'eau de Suisse, Service conseil Zones alluviales, Grégory Paccaud, Christian Roulier, Yverdon, 2013
- [5] GIS-Grundlagen des Kantons Luzern (Orthophotos und alte Karten)

5 Vorgehen

5.1 Abgrenzung

In Absprache mit dem Auftraggeber wurde festgelegt, dass zwischen Raumbedarf und Gewässerraum unterschieden wird:

Raubedarf

Der Raumbedarf definiert die erforderliche Breite des Gewässers in jedem Querschnitt entlang des Flusses. Die Gewässerbreite setzt sich zusammen aus der Sohlenbreite im naturnahen Zustand plus einem Uferbereich. Die Breite des Uferbereichs muss bei Flüssen mit einer natürlichen Sohlenbreite über 15 m aufgrund morphologischer und ökologischer Kriterien definiert werden. Die Schlüsselkurve des Bundes [3] ist nicht anwendbar. Generell wird davon ausgegangen, dass die Uferbereichsbreite bei grossen Flüssen mehr als 15 m (Maximum gemäss Schlüsselkurve) beträgt. Der Raumbedarf nimmt keine Rücksicht auf lokale Randbedingungen. Er wird zu gleichen Teilen beidseitig der Gewässerachse definiert.

Gewässerraum

Der Gewässerraum wird in einem zweiten Schritt festgelegt. Dabei wird auf Basis des vorher ermittelten Raumbedarfs der eigentliche Gewässerraum unter Berücksichtigung der vorhandenen Randbedingungen definiert.

Der vorliegende Bericht enthält nur die Erarbeitung des Raumbedarfs.

5.2 Ermittlung des Raumbedarfs

Verfahren nach Roulier

Das Büro "Service conseil Zones alluviales", Yverdon, erarbeitet aktuell im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) eine Anleitung, wie der Raumbedarf eines Fließgewässers definiert werden muss, um die ökologischen Funktionen gewährleisten zu können [4]. Umgekehrt kann diese Anleitung auch zur Bewertung eines Renaturierungsprojektes verwendet werden.

Es handelt sich bei dieser Anleitung von Christian Roulier um ein Werkzeug, welches sich noch in Entwicklung befindet. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde jedoch entschieden, dieses Werkzeug zur Ermittlung des Raumbedarfs der Reuss und der Kleinen Emme schon jetzt zu verwenden. Dieses Vorgehen macht Sinn, weil das BAFU in Zukunft dieses Werkzeug unterstützen wird und auch die Bewertung von Projekten auf Basis des Verfahrens von Roulier erfolgen wird.

5.3 Verfahren von Roulier

Bestimmung der natürlichen Sohlenbreite nach Rosgen

Beim Verfahren von Roulier wird in einem ersten Schritt die Sohlenbreite und die Gewässerbreite (Sohle + Ufer) des natürlichen Gewässers definiert. Diese Breiten sollen wenn möglich naturnahen Referenzabschnitten oder alten Karten entnommen werden. Gibt es keine solchen Quellen oder sind sie nur bedingt brauchbar, so schlägt Ch. Roulier einen rechnerischen Ansatz zur Breitenbestimmung vor.

$$L_{pb} = (K * i^{0.5} * Q^{-1} * (1 - 2/(r*m) + (2/r) * (1 + 1/m^2)^{0.5})^{-2/3} * (1/r - 1/(r^2*m))^{5/3})^{-3/8}$$

$$L_{fl} = L_{pb} * (1 - 2/(r * m))$$

L_{pb} = Gewässerbreite (bordvolle Breite) [m]

L_{fl} = Sohlenbreite [m]

Q = Bettbildender Abfluss ($HQ_2 - HQ_5$) [m^3/s]

K = Rauigkeitsbeiwert nach Strickler [$m^{1/3}/s$]

i = Längsgefälle [-]

m = Neigung der Ufer [-]

r = Verhältnis Sohlenbreite / Fliesstiefe beim bettbildendem Abfluss [-]

Zur Bestimmung des dominanten Parameters r schlägt Ch. Roulier das Verfahren nach Rosgen¹ vor. Bei diesem Verfahren wird ein Gewässerabschnitt je nach Gefälle einer von vier Regimetypen zugeordnet. Anschliessend kann aufgrund des Regimetyps gutachterlich das Verhältnis von Sohlenbreite zu Fliesstiefe (r) definiert werden.

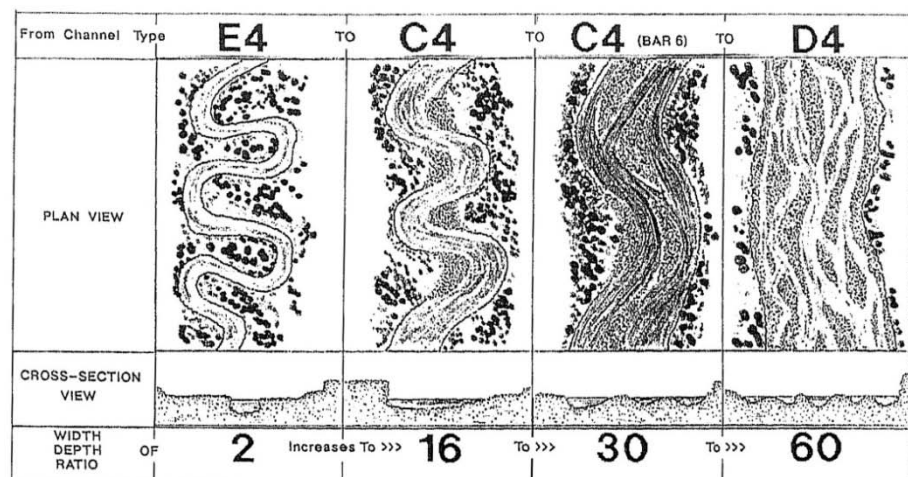


Abb. 1 Verhältnis von Sohlenbreite zu Fliesstiefe nach Rosgen

¹ Rosgen, D.L., (1994). A classification of natural rivers, *Catena* 22, S. 169-199.

Da dieses Vorgehen sehr grobe Werte für L_{pb} liefert, auf der anderen Seite dieser Wert aber einen massgebenden Einfluss auf die Gesamtbreite hat, wurde von HZP ein alternatives Verfahren zur rechnerischen Bestimmung der natürlichen Sohlenbreite entwickelt.

*Bestimmung der
naturnahen
Sohlenbreite nach
HZP*

Das Verfahren zur Bestimmung der naturnahen Sohlenbreite von HZP basiert auf

- der Analyse der alten Karten,
- der Analyse von Abschnitten im unverbauten Zustand und
- der Ermittlung der Gleichgewichtsbreite nach Yalin² mit der Formel

$$b_{gl} = 1.5 \cdot Q^{0.5} / dm^{0.25}$$
- der Ermittlung der Grenzbreite nach Ashmore³ mit der Formel

$$b_{gl} = 0.0098 (\rho g Q J)^{0.777} / dm^{0.7}$$

Bei diesem Verfahren wird davon ausgegangen, dass für den Raumbedarf die Sohlenbreite in einem naturnahen Zustand massgebend ist. Der naturnahe Zustand entspricht nicht dem natürlichen, anthropogen unbeeinflussten Zustand. Vielmehr wird angenommen, dass harte Randbedingungen, wie zum Beispiel Stauanlagen, welche einen Einfluss auf das Abflussregime haben, bei der Bestimmung des Raumbedarfs mitberücksichtigt werden müssen. Zudem wird davon ausgegangen, dass die Geschiebeführung so bewirtschaftet wird, dass sich ein Flussabschnitt in einem Gleichgewichtszustand befindet. Ein Auflandungszustand wäre aus Sicht des Hochwasserschutzes mehrheitlich nicht akzeptabel.

Die naturnahe Sohlenbreite liegt in diesem Fall zwischen der Gleichgewichtsbreite, welche sich nach der primären Seitenerosion einstellt, und der Grenzbreite, welche nach der sekundären Seitenerosion erreicht wird.

Die Begriffe primäre und sekundäre Seitenerosion sowie Gleichgewichts- und Grenzbreite basieren auf dem Gedankenmodell von P. Requena⁴, welche an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie eine Forschungsarbeit zum Thema Seitenerosion durchführte.

² Yalin, M.S., (1992). River Mechanics, Pergamon Press, Oxford, 219 pp.

³ Ashmore, P.E., (2001). Braiding phenomena: statistics and kinetics. In: Gravel-Bed River V, pp. 95-120. New Zealand Hydrological Society, Wellington, New Zealand.

⁴ Requena, P., (2008), Seitenerosion in kiesführenden Flüssen, Mitteilung Nr. 210 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich

Die primäre Seitenerosion ist eine Folge der gleichmässigen hydraulischen Belastung auf die Ufer. Dabei weitet sich das Gerinne rasch bis zur Gleichgewichtsbreite auf, wobei der gestreckte Flusslauf mehr oder weniger beibehalten wird. Wie schnell dieser Zustand erreicht wird, hängt von der Differenz zwischen der Gleichgewichtsbreite und der aktuellen Breite, vom Erosionswiderstand des Ufers und von den Abflüssen ab.

Wegen der vergrösserten Gerinnebreite infolge der primären Seitenerosion bilden sich Sohlformen, welche zu Querströmungen führen. Diese sind eine Voraussetzung für die anschliessend stattfindende sekundäre Seitenerosion bis zur Grenzbreite. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei ausgeprägteren Sohlenstrukturen die Belastung auf die Ufer grösser ist und damit auch die Seitenerosionsprozesse intensiver ablaufen. Die Seitenerosionsprozesse weisen hinsichtlich Lage, Ausdehnung und zeitlichem Auftreten eine hohe Dynamik und Variabilität auf. Die sekundäre Seitenerosion resp. die Grenzbreite ist abhängig vom Geschiebeeintrag und von den Hochwassern.

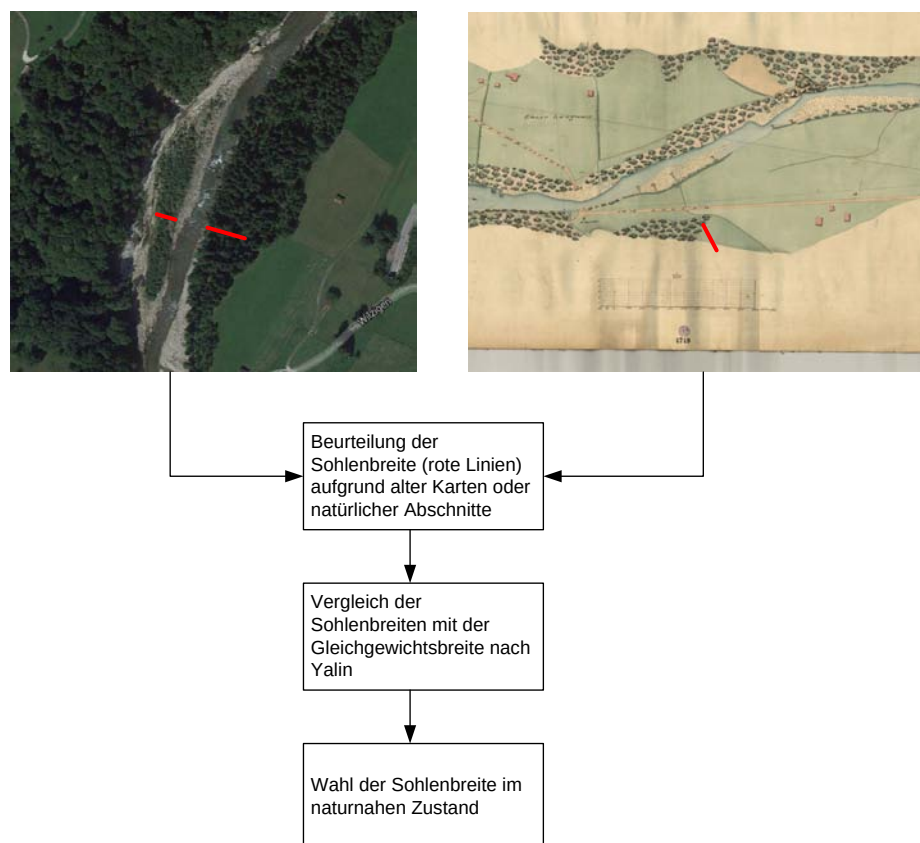


Abb. 2 Schema zur Ermittlung der naturnahen Sohlenbreite

Im Falle eines Gleichgewichtszustandes dürfte eher eine geringere Grenzbreite resultieren als in einem Auflandungszustand. Die Auswertung der alten Karten auf den verschiedenen Abschnitten ergab, dass die naturnahe Sohlenbreite etwas grösser als die Gleichgewichtsbreite nach Yalin angenommen werden kann. Die auf den alten Karten sichtbare Breite dürfte einem naturnahen, nicht natürlichen, Zustand entsprechen.

Ermittlung des Raumbedarfs

Sobald die Sohlen- und Uferbreite definiert ist, kann der Raumbedarf des Gewässers nach Roulier berechnet werden. Der Autor unterscheidet zwischen bis zu sieben Zonen, die zur Erfüllung der natürlichen Funktionen eines Gewässers beitragen. Jede Zone hat ihre eigene Gewichtung (Erfüllung in %). Die Gewichtung der Zonen ist abhängig vom Gewässertyp (Mäander, verzweigte Flüsse, Wildbäche). Das Verfahren ermöglicht, nicht nur den Raumbedarf (100% Erfüllung), sondern auch den Erfüllungsgrad eines beliebig breit gewählten Gewässerraumes zu ermitteln. Ch. Roulier definiert folgende Zonen:

Aquatischer Raum

Mit dem aquatischen Raum ist die Sohle des Gewässers gemeint.

Gewichtung (G) in Abhängigkeit vom Gewässertyp:

Geradlinige Gewässer:	50% (geradlinig = Wildbäche)
Verzweigte Gewässer:	40%
Mäandrierende Gewässer:	40%

Amphibischer Raum

Der amphibische Raum bezieht sich auf die Uferzone.

Gewichtung (G) in Abhängigkeit vom Gewässertyp:

Geradlinige Gewässer:	30%
Verzweigte Gewässer:	20%
Mäandrierende Gewässer:	20%

Terrestrische Längsvernetzung

Bei der terrestrischen Längsvernetzung sind Flächen mit Gehölz gemeint.

Gewichtung (G) in Abhängigkeit vom Gewässertyp:

Geradlinige Gewässer:	10%
Verzweigte Gewässer:	10%
Mäandrierende Gewässer:	10%

<i>Pufferzone</i>	Die Pufferzone ist jene Breite die zum Schutz vor Schadstoffeinträgen benötigt wird. Gewichtung (G) in Abhängigkeit vom Gewässertyp: <table><tr><td>Geradlinige Gewässer:</td><td>10%</td></tr><tr><td>Verzweigte Gewässer:</td><td>10%</td></tr><tr><td>Mäandrierende Gewässer:</td><td>10%</td></tr></table>	Geradlinige Gewässer:	10%	Verzweigte Gewässer:	10%	Mäandrierende Gewässer:	10%
Geradlinige Gewässer:	10%						
Verzweigte Gewässer:	10%						
Mäandrierende Gewässer:	10%						
<i>Pionierstandorte / typische terrestrische Strukturen</i>	Die Pionierstandorte sind jene Flächen, welche alle paar Jahre durch das Gewässer morphologisch umgestaltet werden. Zwischen grösseren Hochwassern können sich typische Pioniergemeinschaften entwickeln. Gewichtung (G) in Abhängigkeit vom Gewässertyp: <table><tr><td>Geradlinige Gewässer:</td><td>0%</td></tr><tr><td>Verzweigte Gewässer:</td><td>10%</td></tr><tr><td>Mäandrierende Gewässer:</td><td>10%</td></tr></table>	Geradlinige Gewässer:	0%	Verzweigte Gewässer:	10%	Mäandrierende Gewässer:	10%
Geradlinige Gewässer:	0%						
Verzweigte Gewässer:	10%						
Mäandrierende Gewässer:	10%						
<i>Terrestrische- Lebens- gemeinschaften / Auen-Lebens- gemeinschaften</i>	Es handelt sich hierbei nicht um eine Zone im räumlichen Sinn, sondern um die Flora und Fauna, welche sich unmittelbar am Gewässer bildet und deren Existenz vom Bestehen des Gewässers mit seinen typischen terrestrischen Strukturen abhängt. Gewichtung (G) in Abhängigkeit vom Gewässertyp: <table><tr><td>Geradlinige Gewässer:</td><td>0%</td></tr><tr><td>Verzweigte Gewässer:</td><td>10%</td></tr><tr><td>Mäandrierende Gewässer:</td><td>5%</td></tr></table>	Geradlinige Gewässer:	0%	Verzweigte Gewässer:	10%	Mäandrierende Gewässer:	5%
Geradlinige Gewässer:	0%						
Verzweigte Gewässer:	10%						
Mäandrierende Gewässer:	5%						
<i>Überschwemmungs- gebiete</i>	Diese Zone beschreibt Flächen, welche schon bei einem kleineren Hochwasser überschwemmt werden können. Gewichtung (G) in Abhängigkeit vom Gewässertyp: <table><tr><td>Geradlinige Gewässer:</td><td>0%</td></tr><tr><td>Verzweigte Gewässer:</td><td>0%</td></tr><tr><td>Mäandrierende Gewässer:</td><td>5%</td></tr></table>	Geradlinige Gewässer:	0%	Verzweigte Gewässer:	0%	Mäandrierende Gewässer:	5%
Geradlinige Gewässer:	0%						
Verzweigte Gewässer:	0%						
Mäandrierende Gewässer:	5%						

Der Raumbedarf resp. der Erfüllungsgrad eines beliebig breit gewählten Gewässerraumes kann so nach dem System von Roulier hergeleitet werden. Für jeden Abschnitt ergibt sich ein Diagramm, welches den Erfüllungsgrad in Abhängigkeit zur Breite darstellt. Die maximale Breite (100% Erfüllung) bildet den natürlichen Raumbedarf.

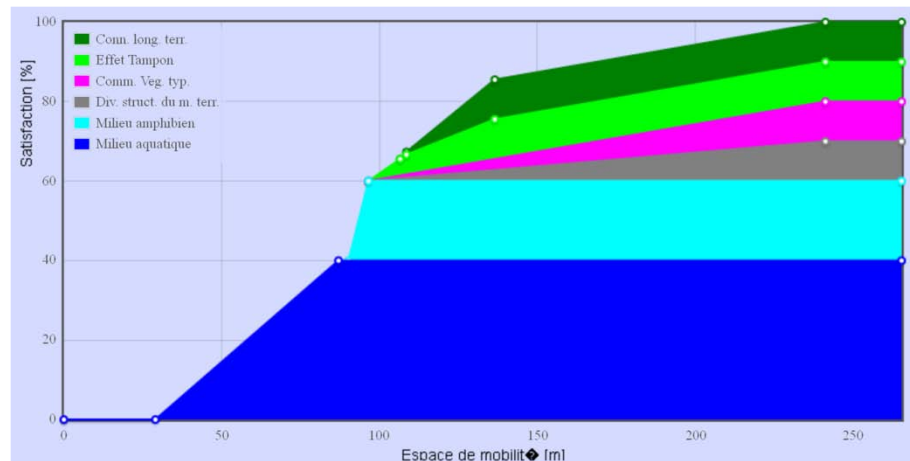


Abb. 3 Beispiel eines Diagramms nach Roulier, welches den Erfüllungsgrad eines Gewässerabschnittes (Reuss) in Abhängigkeit zur Breite aufzeigt. Der Raumbedarf (100% Erfüllung) beträgt hier 242m.

Verifikation des Verfahrens von HZP

Das Verfahren von HZP zur Ermittlung der naturnahen Sohlenbreite ergibt für die Kleine Emme kurz vor deren Mündung in die Reuss eine Breite von rund 80 m. Der Vergleich dieses Wertes mit der Spannweite der alten Zollhausbrücke (Baujahr 1783, Abb. 4) bestätigt das Verfahren. Die Brücke hatte eine Spannweite von 137 m. Unter Berücksichtigung der Breite der Widerlager und der eingewachsenen Kiesinseln erscheinen eine Gerinnebreite von 100 m realistisch und eine Sohlenbreite von 80 m für den naturnahen Zustand als angebracht.

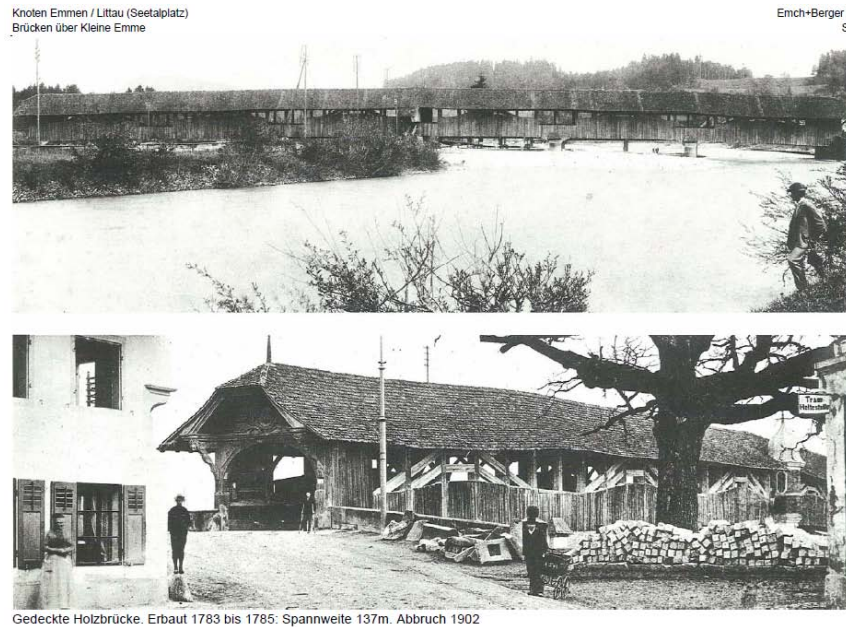


Abb. 4 *Alte Zollhausbrücke an der Kleinen Emme in Littau mit einer Spannweite von 137 m*

5.4 Umsetzung des Verfahrens nach Roulier

Zur Festlegung des Raumbedarfs wurden zunächst die Gewässer in Abschnitte unterteilt. Die Abschnittsgrenzen wurden aufgrund des Gefälles, des Abflusses und der lokalen Topographie (Schluchtstrecken oder Ebenen) gewählt. Anschliessend wurde für jeden Abschnitt nach dem Verfahren von Roulier der Raumbedarf bestimmt (vgl. Factsheets der einzelnen Flüsse).

Dabei wurde davon ausgegangen, dass diejenige Breite massgebend ist, bei welcher der Erfüllungsgrad 80% oder 100 % beträgt.

Diese Raumbedarfsbreiten wurden anschliessend in die GIS-Pläne mit Massstab 1:10'000 eingezeichnet. Die Pläne enthalten für jeden Abschnitt folgende Angaben:

- *Länge eines Abschnittes*
- *naturnahe Sohlenbreite*
- *Gewässerbreite und Breite nach Roulier bei 80 und 100% Erfüllung*

Zusätzlich wurde der minimale Gewässerraum gemäss Schlüsselkurve (Sohlenbreite + 2*15m) eingezeichnet.

6. Charakteristik des Einzugsgebietes

Kleine Emme

Das Einzugsgebiet der Kleinen Emme beträgt bei der Mündung in die Reuss rund 477 km². Die grössten Seitenbäche mit Sohlenbreiten über 15 m sind die Grosse Entle, die Grosse Fontanne sowie der Rümli. Die Kleine Fontanne, der Bielbach sowie der Ränggbach weisen im naturnahen Zustand Sohlenbreiten kleiner als 15 m auf, sie wurden darum im Rahmen der vorliegenden Studie nicht untersucht. Die Kleine Emme erstreckt sich von Schüpfheim bis Littau. Oberhalb Schüpfheim wird zwischen der Waldemme und der Wissemme unterschieden. Beide Flüsse haben im naturnahen Zustand Sohlenbreiten von über 15 m. Die Waldemme weist als relevanten Seitenbach mit Sohlenbreiten über 15 m den Rotbach auf.

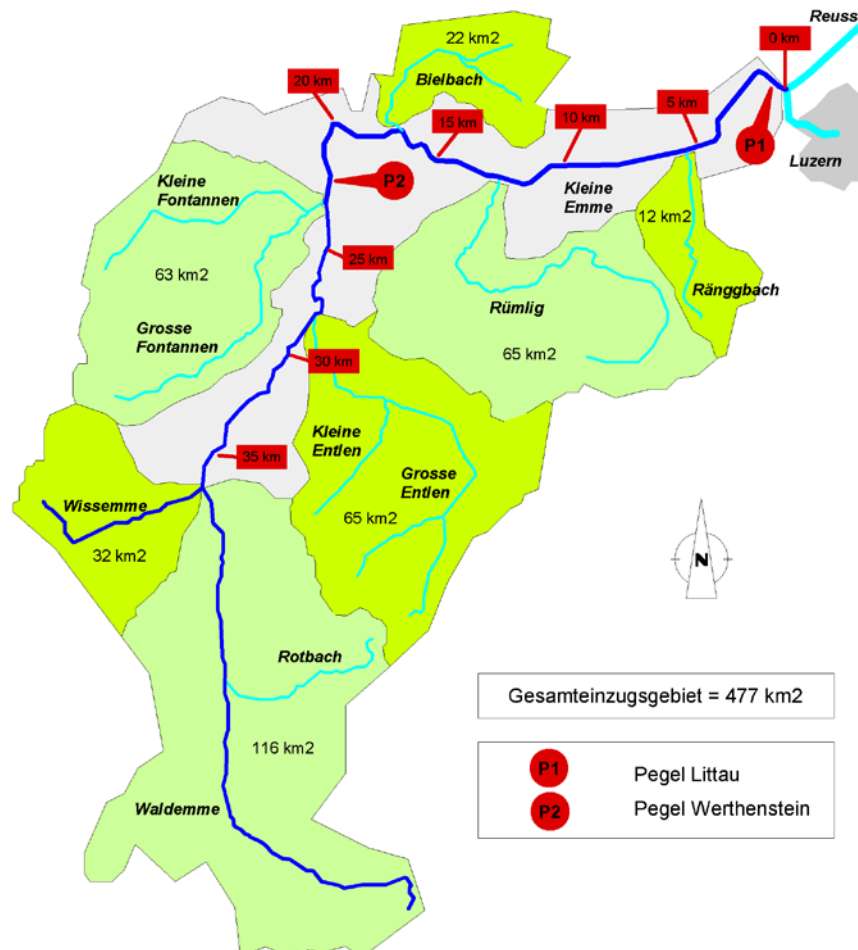


Abb. 5 Übersicht Einzugsgebiet Kleine Emme

Reuss

Der Projektperimeter der Reuss erstreckt sich vom Reusszopf in Littau bis zur Kantonsgrenze Luzern/Aargau. Die Seitenbäche der Reuss, d.h. der Rotbach und die Ron werden im Rahmen der vorliegenden Studie nicht untersucht, weil sie Sohlenbreiten unter 15 m aufweisen.

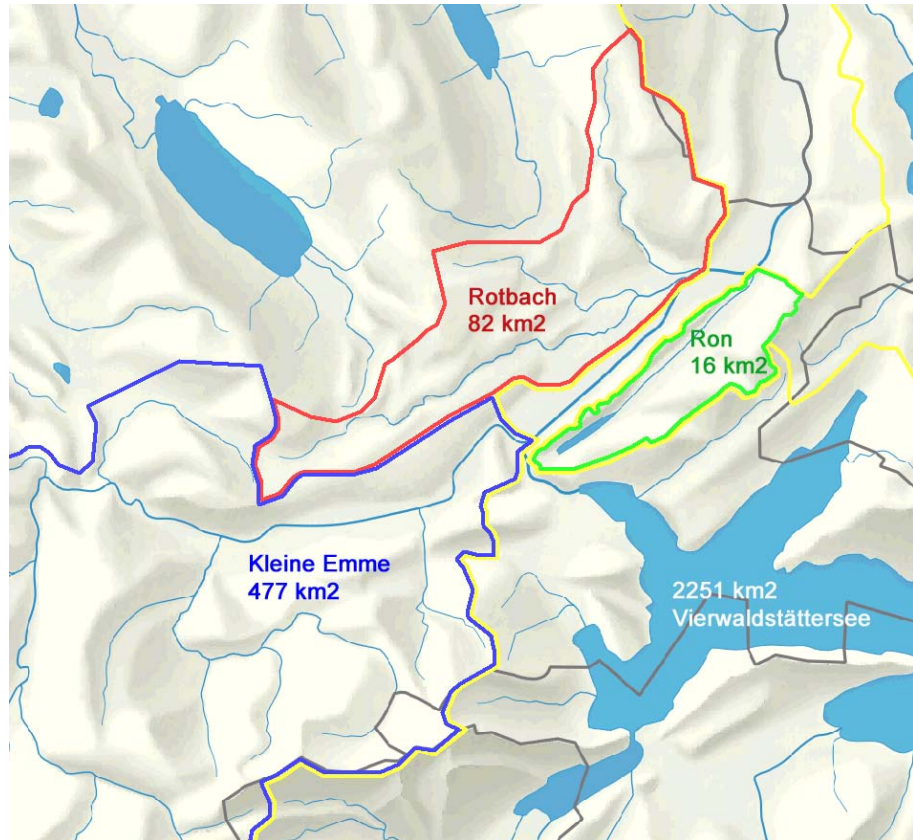


Abb. 6 Übersicht Einzugsgebiet Reuss

Die Charakteristiken der einzelnen Bäche sowie die zur Ermittlung des Raumbedarfs wichtigsten Grundlagen sind in den nachfolgenden Factsheets zusammengefasst.

7 Factsheets zu den einzelnen Gewässern

7.1 Reuss (km 56.4 – 70.0)

Der Untersuchungsperimeter an der Reuss erstreckt sich von der Kantons-grenze (km 56.4) über die Gemeinden Gisikon (km 58.7), Root (km 59.7), Buchrain (km 64.0) und Emmen (km 68.0) bis zur Mündung der Kleinen Emme (km 70). Aufgrund der homogenen hydrologischen und morphologischen Eigenschaften wurde die Reuss zur Bestimmung des Raumbedarfs als ein zusammenhängender Abschnitt beurteilt (Tab. 1, Abb. 7, Abb. 8).

Tab. 1 Übersicht Charakteristiken Reuss

Gewässer	Name	Reuss
	Abschnitt	1
Abschnittsdefinition	GEWISS km von	56.4
	GEWISS km bis	70.0
	Länge [km]	13.6
	Typ	verzweigt
	ausgewählte Grundlagen zur Breitenbestimmung	Berechnungen, alte Karten
Parameter	Gefälle	0.002
	Einzugsgebiet [km ²]	2856
	HQ5 [m ³ /s] (Pegel Mühlau)	558
	HQ2 [m ³ /s] (Pegel Mühlau)	474
	dm [m]	0.05
	Sohlenbreite IST [m]	60
	Gleichgewichtsbreite [m] (Yalin)	75
	Grenzbreite [m] (Ashmore)	110
gewählte natürl. Breiten	Gewässerbreite [m]	97
	Sohlenbreite [m]	87
	Minimaler Gewässerraum [m]	117
Raumbedarf [m] nach Roulier	100 % Erfüllung	242
	90 % Erfüllung	170
	80 % Erfüllung	129

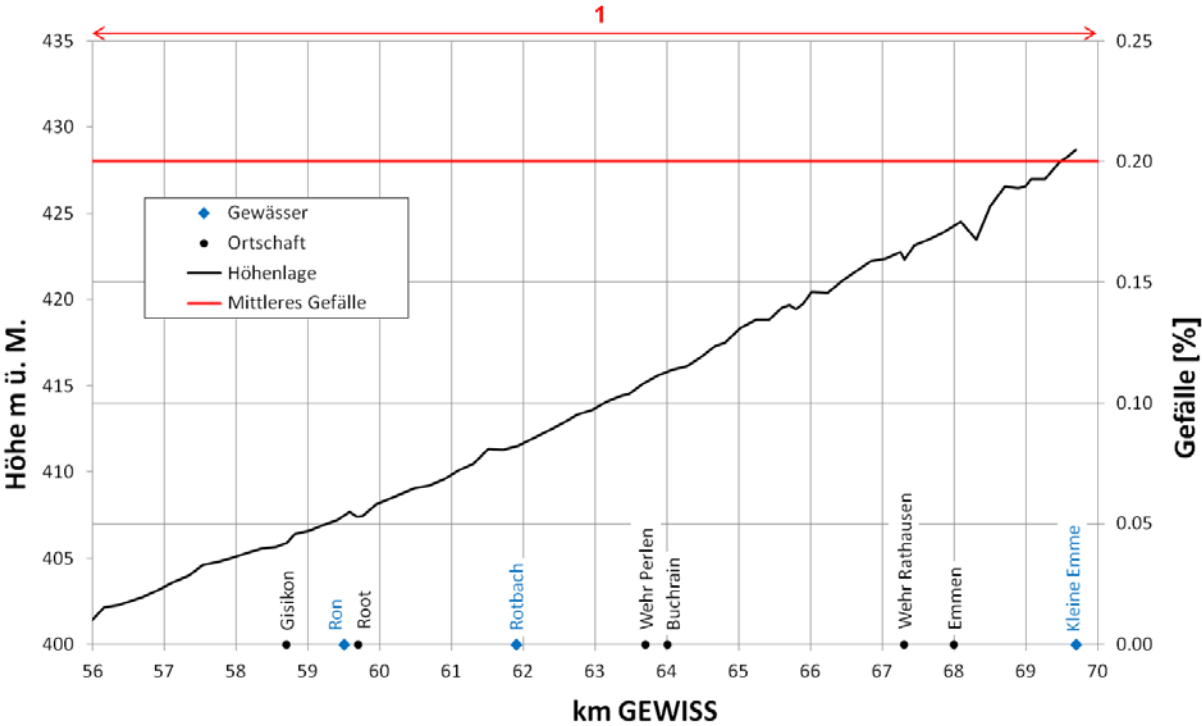


Abb. 7 Längenprofil und mittleres Gefälle der Reuss

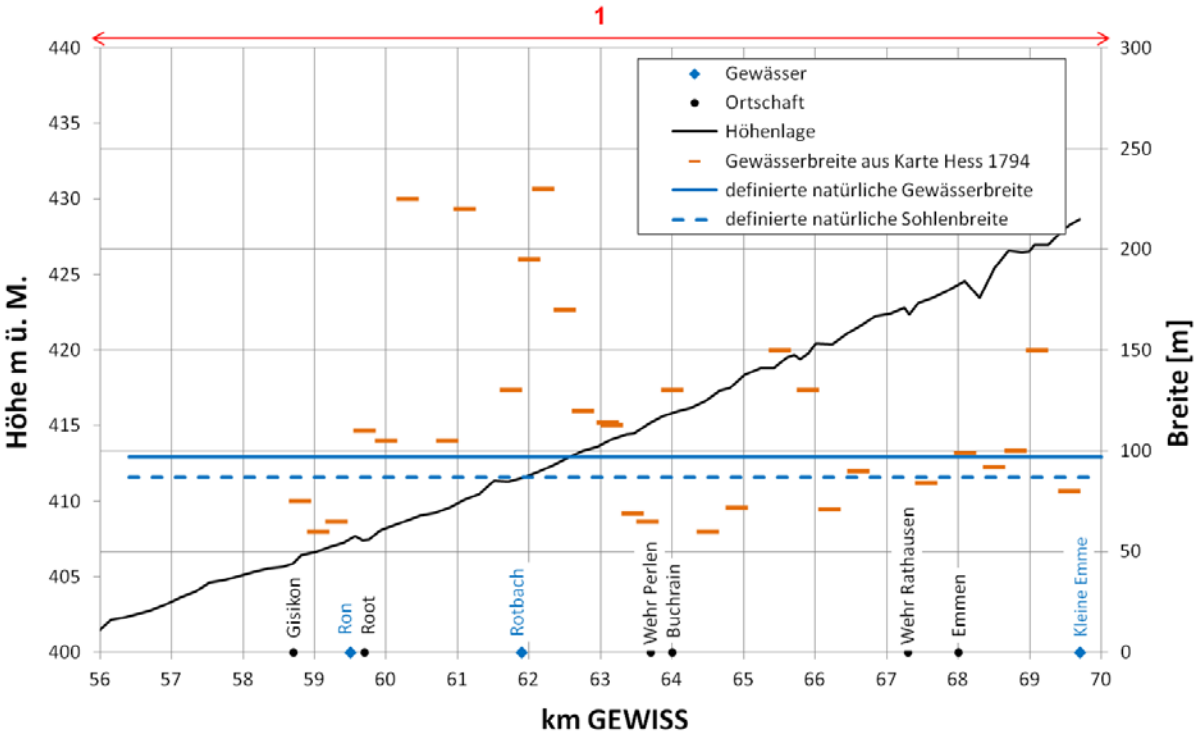


Abb. 8 Gewässerbreite der Reuss

Die Reuss verläuft im untersuchten Abschnitt mehrheitlich am rechten Rand der breiten Reussebene. Im heutigen Zustand ist sie stark anthropogen beeinflusst. Siedlungen, Infrastrukturanlagen sowie Stromproduktion engen das Gewässer ein (Abb. 10, Abb. 11, Abb. 12, Abb. 13). Die Bestimmung der natürlichen Gewässerbreite ist anhand des IST-Zustandes nicht möglich. Die historischen Karten (z.B. Hess 1794 - Abb. 14, Abb. 15, Abb. 16, Abb. 17) erlauben jedoch, die natürliche Gewässerbreite abzuschätzen, obwohl auf diesen Karten bereits erste Verbauungsmassnahmen sichtbar sind. Die Reuss im 18. Jahrhundert weist Sohlenbreiten zwischen 60 und 150 m, mit einigen Ausreissern gegen 200 m, auf. Die regimetheoretischen Ansätze ergeben eine Gleichgewichtsbreite von 75 m und eine Grenzbreite von 110 m. Die Grenzbreite weist darauf hin, dass auf der historischen Karte von Hess eher zu grosse Gewässerbreiten sichtbar sind, was aber eine Folge von unterschiedlichen Definitionen des Sohlenbereichs sein könnte.

Aufgrund der Auswertung der historischen Karten sowie der rechnerischen Ansätze wurden die naturnahe Gewässerbreite auf 97 m und die natürliche Sohlenbreite auf 87 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 242 m (Abb. 22). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 117 m (Tab. 1).

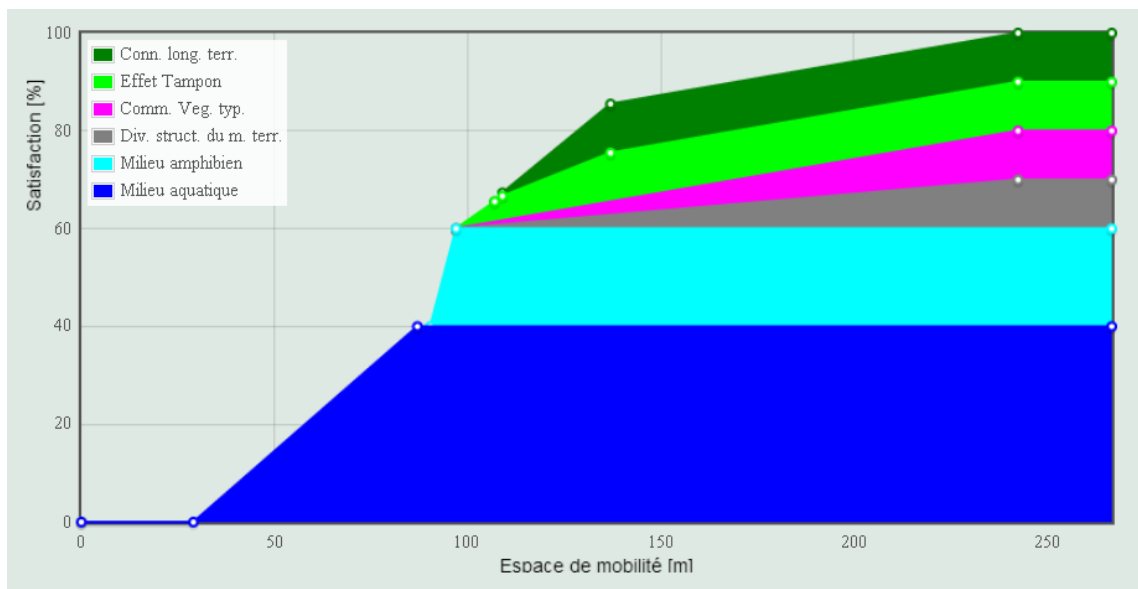


Abb. 9 Reuss, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 10 Reuss, Schiltwald, Blick flussabwärts



Abb. 11 Reuss, Perlen, Blick flussabwärts



Abb. 12 *Reuss, Perlen, Blick flussabwärts*



Abb. 13 *Reuss, Gisikon – Hochwasser 2005, Blick flussabwärts*

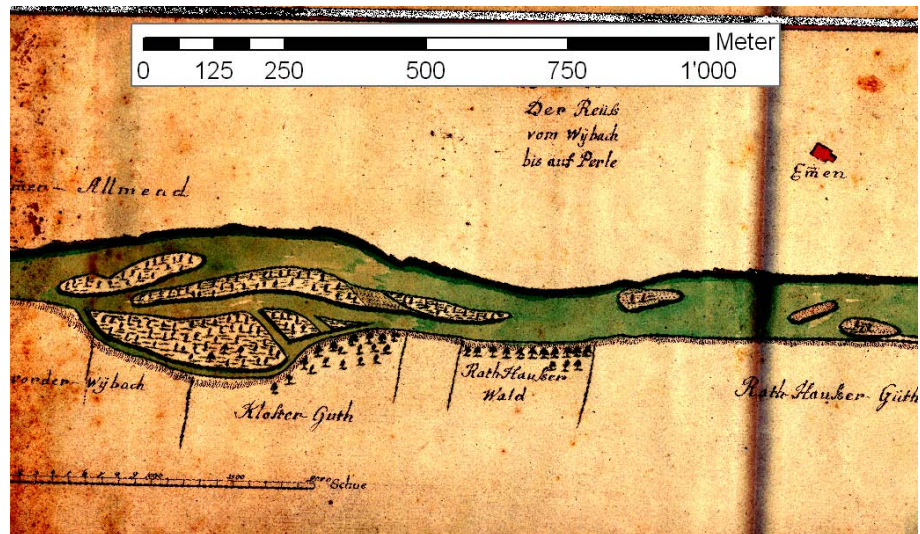


Abb. 14 Reuss, historische Karte Hess 1794 bei Emmen

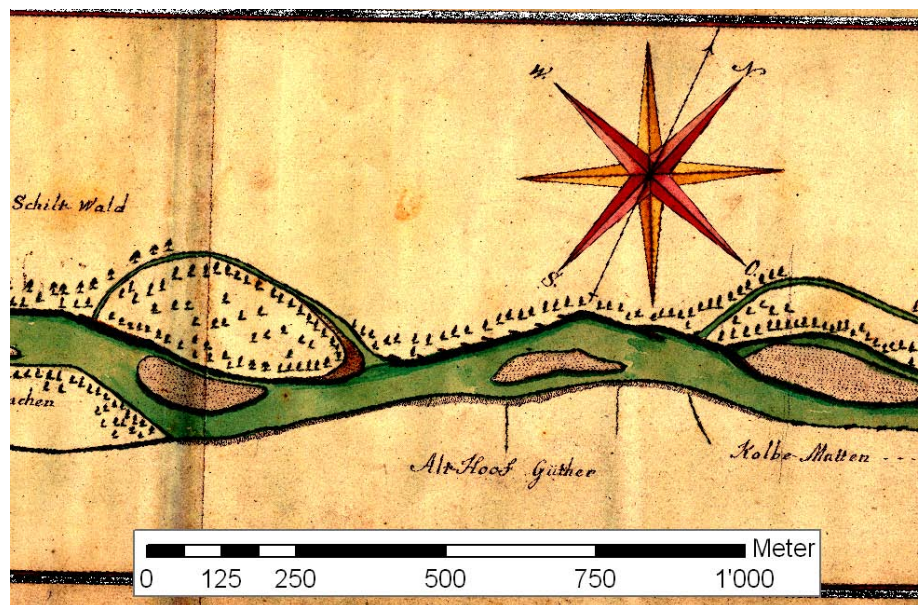


Abb. 15 Reuss, historische Karte Hess 1794 im Schiltwald

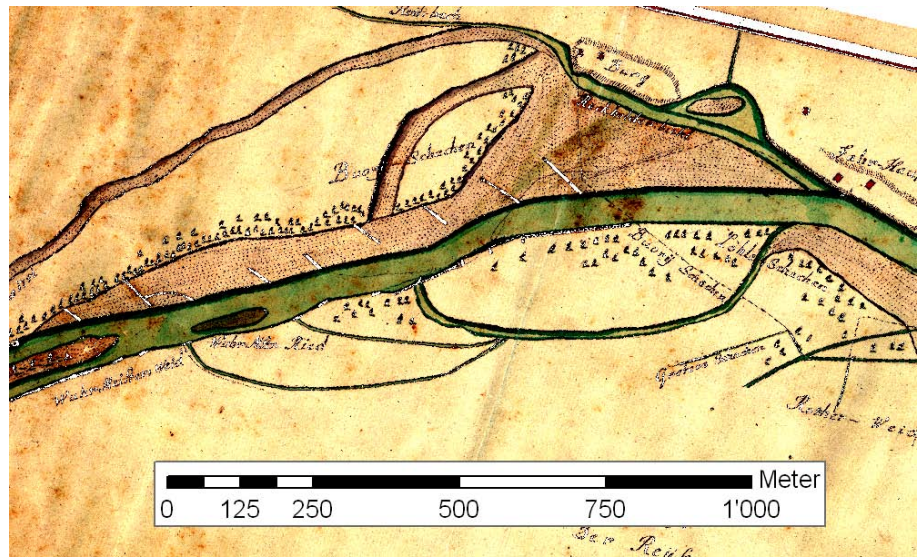


Abb. 16 Reuss, historische Karte Hess 1794 bei Perlen

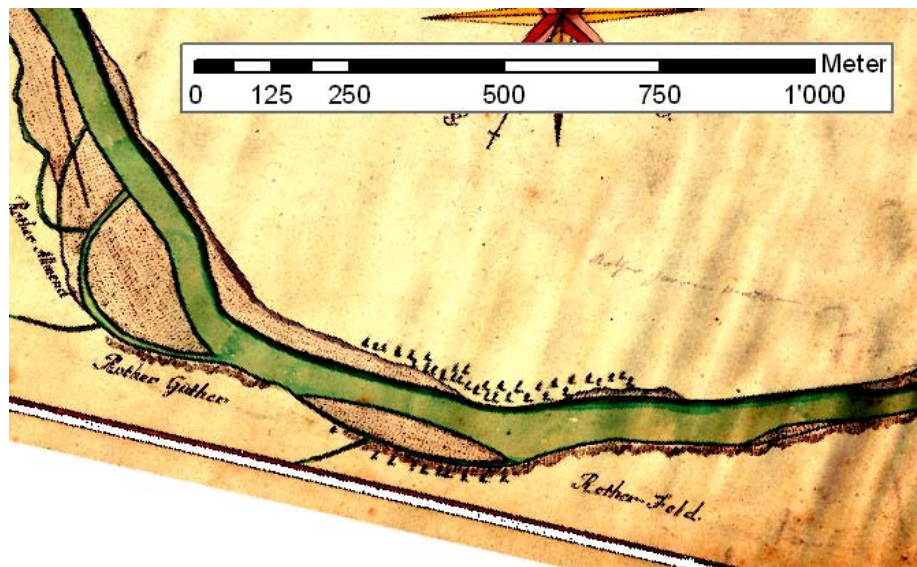


Abb. 17 Reuss, historische Karte Hess 1794 bei Root

7.2 Kleine Emme (km 0.0 – 36.5)

Die Kleine Emme entsteht durch den Zusammenfluss von Waldemme und Wissemme (km 36.5) südlich von Schüpfheim. Der Fluss fliesst durch die Gemeinden Schüpfheim (km 34.8), Hasle (km 30.5), Entlebuch (km 28.4), Wolhusen (km 20.0), Werthenstein (km 17.5), Schachen (km 13.0), Malters (km 10.0) und Littau (km 2.0) bis zur Mündung in die Reuss (km 0.0). Die Kleine Emme weist an der Mündung ein Gesamteinzugsgebiet von 477 km² auf.

Zur Bestimmung des Raumbedarfs wurde die Kleine Emme in neun Abschnitte unterteilt (Tab. 2, Tab. 3, Abb. 18, Abb. 19, Abb. 20, Abb. 21).

Tab. 2 Übersicht Charakteristiken der Kleinen Emme (km 0-20)

Gewässer	Name	Kleine Emme			
	Abschnitt	1	2	3	4
Abschnittsdefinition	GEWISS km von	0.0	9.5	12.6	15.0
	GEWISS km bis	9.5	12.6	15.0	20.0
	Länge [km]	9.5	3.1	2.4	5.0
	Typ	verzweigt	verzweigt	verzweigt	verzweigt
	ausgewählte Grundlagen zur Breitenbestimmung	Berechnungen alte Karten, Fotos	Berechnungen alte Karten	Berechnungen alte Karten	Berechnungen alte Karten
Parameter	Gefälle	0.005	0.007	0.007	0.006
	Einzugsgebiet [km ²]	470	442	368	363
	HQ5 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	414	391	351	330
	HQ2 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	310	293	263	250
	dm [m]	0.05	0.08	0.06	0.06
	Sohlenbreite IST [m]	30	30	30	30
	Gleichgewichtsbreite [m] (Yalin)	65	56	57	55
	Grenzbreite [m] (Ashmore)	163	159	178	141
gewählte natürl. Breiten	Gewässerbreite [m]	90	80	80	60
	Sohlenbreite [m]	80	70	70	55
Minimaler Gewässerraum [m]		110	100	100	85
Raumbedarf [m] nach Roulier	100 % Erfüllung	225	200	200	150
	90 % Erfüllung	158	140	140	105
	80 % Erfüllung	121	110	110	88

Tab. 3 Übersicht Charakteristiken der Kleinen Emme (km 20-36.5)

Gewässer	Name	Kleine Emme				
	Abschnitt	5	6	7	8	9
Abschnittsdefinition	GEWISS km von	20.0	23.4	25.3	27.2	28.4
	GEWISS km bis	23.4	25.3	27.2	28.4	36.5
	Länge [km]	3.4	1.9	1.9	1.2	8.1
	Typ	verzweigt	geradlinig	verzweigt	geradlinig	geradlinig
	ausgewählte Grundlagen zur Breitenbestimmung	Berechnungen	IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen
Parameter	Gefälle	0.006	0.015	0.015	0.010	0.080
	Einzugsgebiet [km ²]	328	244	167	113	102
	HQ5 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	263	226	226	226	175
	HQ2 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	194	167	167	167	129
	dm [m]	0.15		0.08	0.08	0.1
	Sohlenbreite IST [m]	30	33	50	38	23
	Gleichgewichtsbreite [m] (Yalin)	39		42	42	35
	Grenzbreite [m] (Ashmore)	62		183	137	482
gewählte natürl. Breiten	Gewässerbreite [m]	55	35	55	40	50
	Sohlenbreite [m]	45	33	50	38	40
	Minimaler Gewässerraum [m]	75	63	80	68	70
Raumbedarf [m] nach Roulier	100 % Erfüllung	137	75	137	80	90
	90 % Erfüllung	96	56	96	61	71
	80 % Erfüllung	82	35	82	40	50

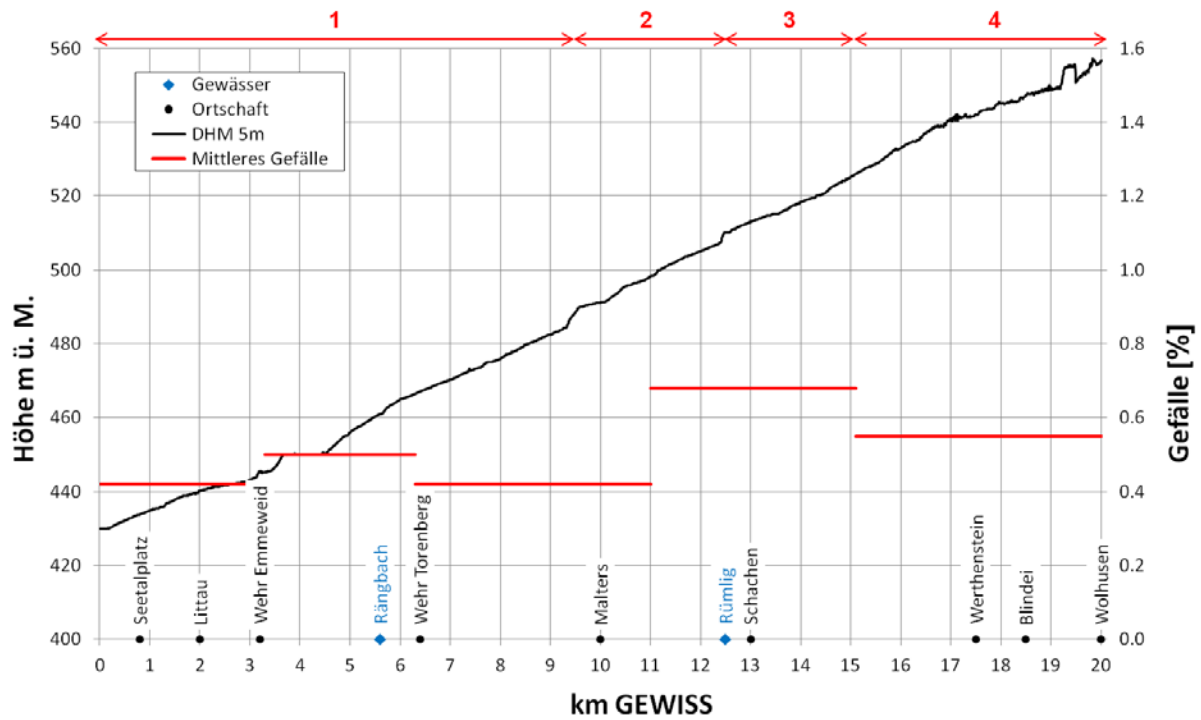


Abb. 18 Längenprofil und mittleres Gefälle der Kleinen Emme (km 0-20)

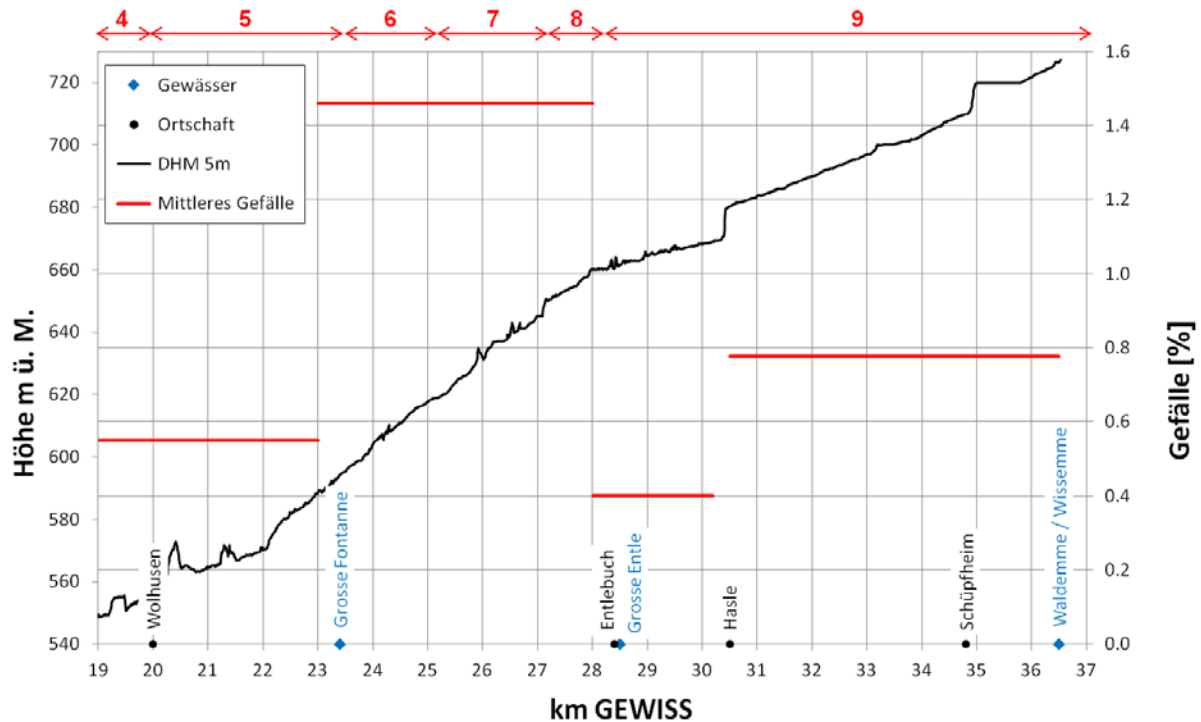
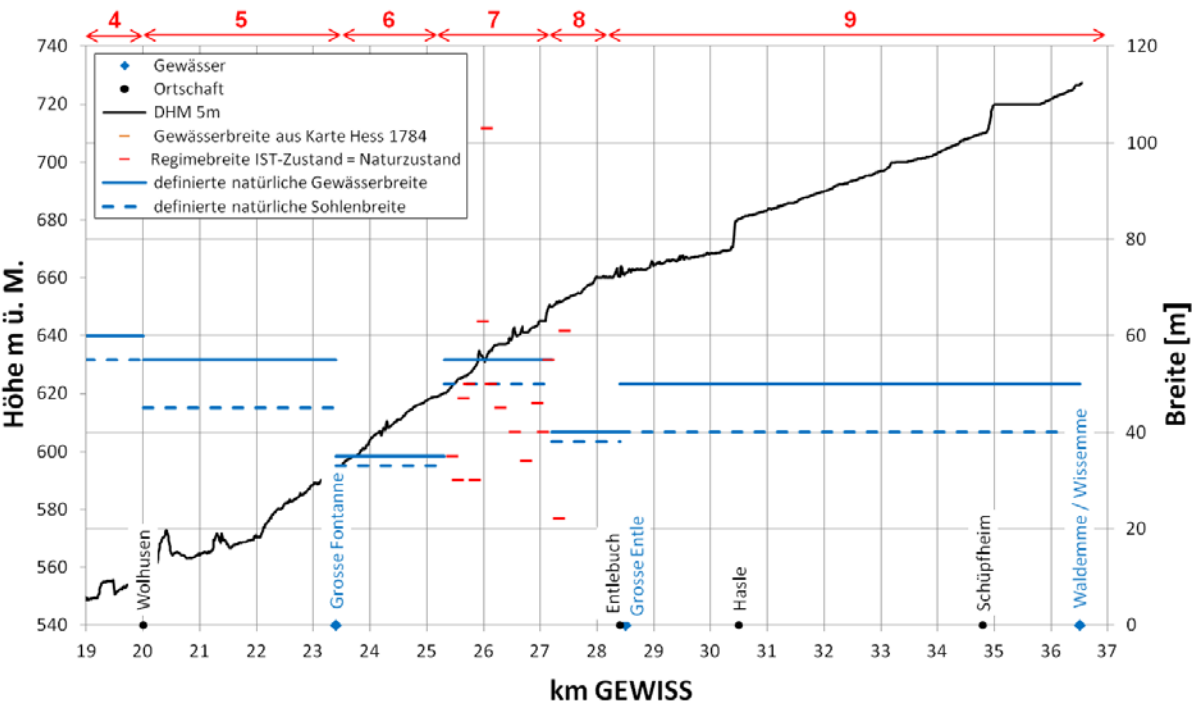
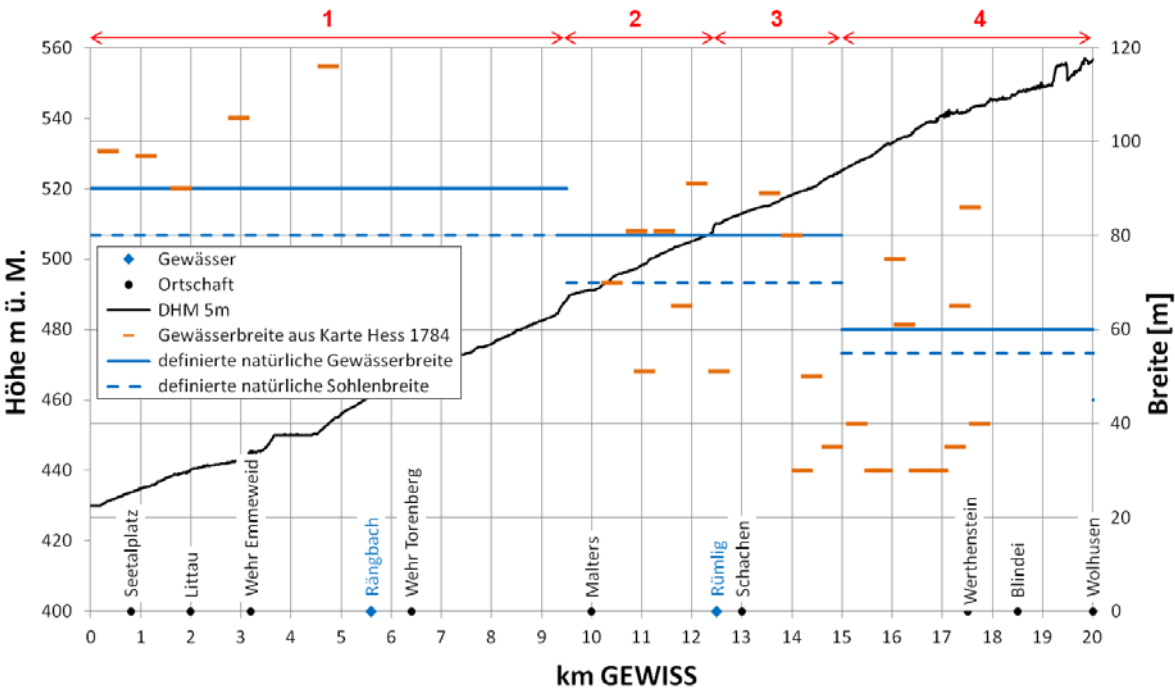


Abb. 19 Längenprofil und mittleres Gefälle der Kleinen Emme (km 19-37)



Abschnitt 1 km 0.0 – 9.5

Der Abschnitt 1 erstreckt sich von der Mündung in die Reuss (km 0.0) bis kurz vor Malters (km 9.5). Vor allem zwischen Torenberg und Malters verläuft der Fluss in einem breiten Talboden. Die Kleine Emme ist auf dieser Strecke mehrheitlich hart verbaut (Abb. 23, Abb. 24, Abb. 25, Abb. 26, Abb. 27, Abb. 28, Abb. 29). Um die natürliche Gewässerbreite herleiten zu können, wurde auf historische Karten (Hess 1784, Abb. 31, Abb. 32), alte Fotos, Rekonstruktionen der alten Zollhausbrücke (Abb. 29, Abb. 30) sowie auf regimetheoretische Ansätze zurückgegriffen. Die Auswertung der historischen Karte von Hess ergibt Gewässerbreiten von 90 bis 115 m (Abb. 20), wobei die Abgrenzung zwischen Sohle und häufig überflutetem Vorland aus den Karten nicht klar hervorgeht. Die dargestellten Sohlenbreiten werden eher als Maximalwert interpretiert. Als gute Referenz werden die Angaben zur alten Zollhausbrücke betrachtet (erbaut 1785, Abbruch 1902), welche sich ca. 500 m vor der Mündung in die Reuss befand. Ihre Spannweite betrug 137 m und, wie aus den historischen Quellen (Abb. 29, Abb. 30) hervorgeht, wurde diese Breite, inkl. der eingewachsenen Gerinneteile, vom Gewässer auch genutzt. Die regimetheoretischen Ansätze ergeben eine Gleichgewichtsbreite von 65 m und eine Grenzbreite von 163 m. Diese Werte passen mit den historischen Angaben überein. Im naturnahen Zustand kann von einem Mittelwert zwischen Gleichgewichts- und Grenzbreite ausgegangen werden.

Aufgrund der Auswertung der historischen Karten und deren Bestätigung durch die rechnerischen Ansätze wurde die naturnahe Gewässerbreite bei 90 m und die naturnahe Sohlenbreite bei 80 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 225 m (Abb. 22). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 110 m (Tab. 2).

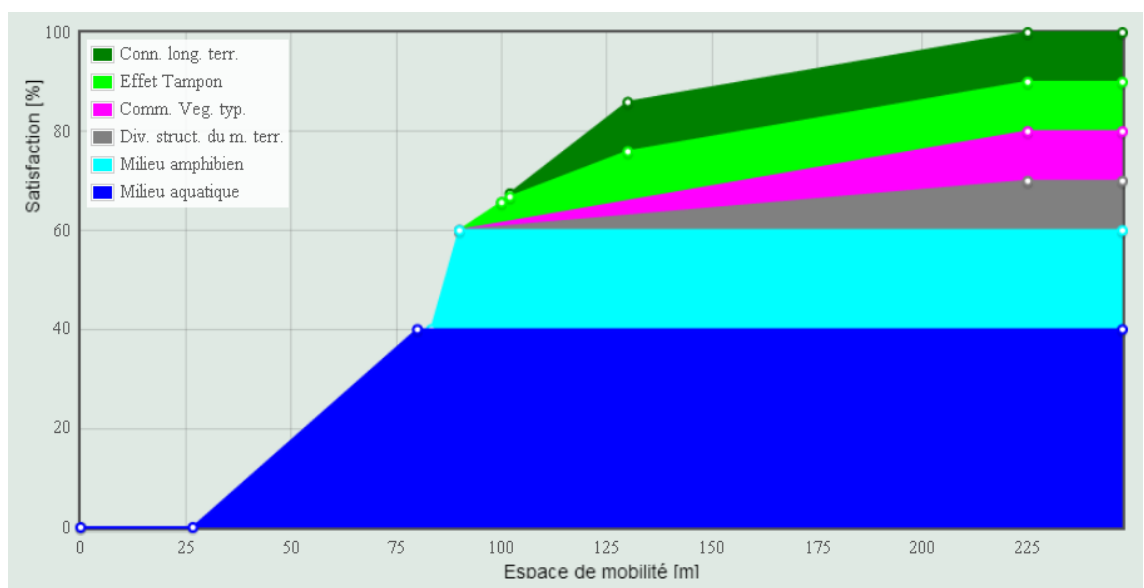


Abb. 22 Kleine Emme Abschnitt 1, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



*Abb. 23 Kleine Emme Abschnitt 1, unterhalb Malters –
Hochwasser 2005, Blick flussabwärts*



Abb. 24 Kleine Emme Abschnitt 1, Torenberg, Blick flussaufwärts



Abb. 25 *Kleine Emme Abschnitt 1, Emmen, Blick flussaufwärts*



Abb. 26 *Kleine Emme Abschnitt 1, Emmen, Blick flussaufwärts*



Abb. 27 Kleine Emme Abschnitt 1, Zollhausbrücke, Blick flussabwärts



Abb. 28 Kleine Emme Abschnitt 1, Littau, Blick flussaufwärts



Abb. 29 Kleine Emme Abschnitt 1, alte Zollhausbrücke (erbaut 1785, Spannweite 137m, Abbruch 1902)

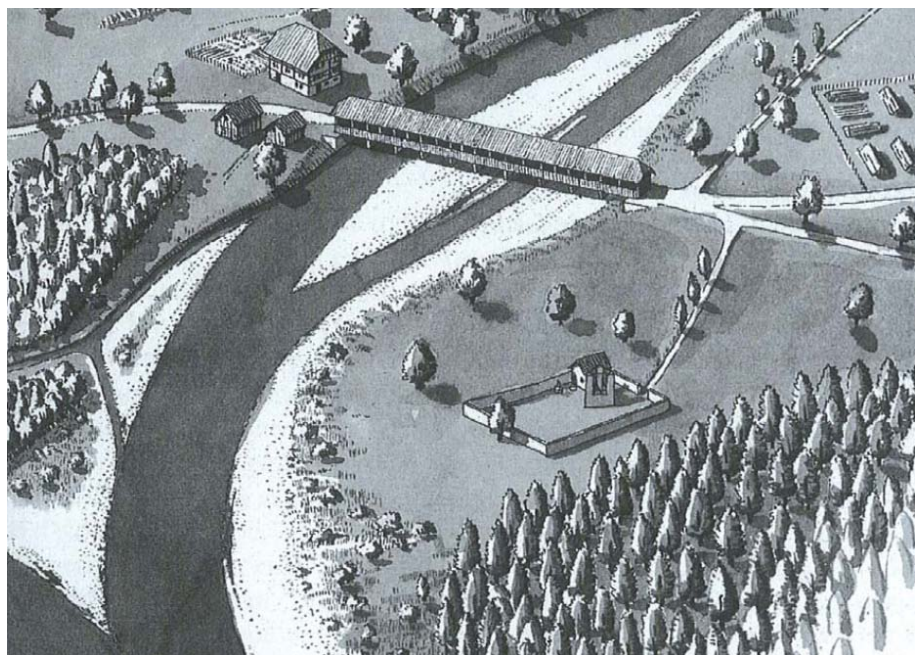


Abb. 30 Kleine Emme Abschnitt 1, Skizze der alten Zollhausbrücke, Blick flussaufwärts

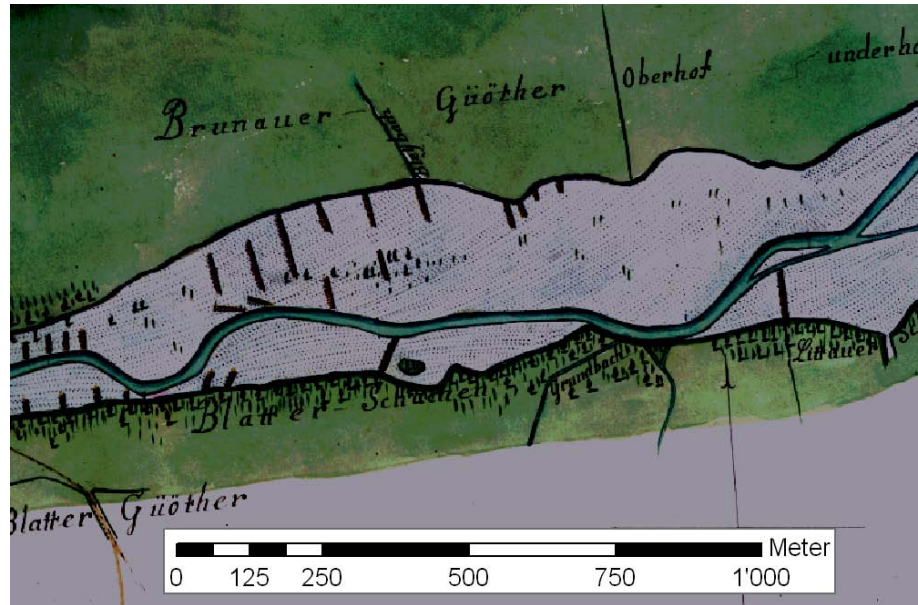


Abb. 31 Kleine Emme Abschnitt 1, historische Karte Hess 1784 unterhalb Malters

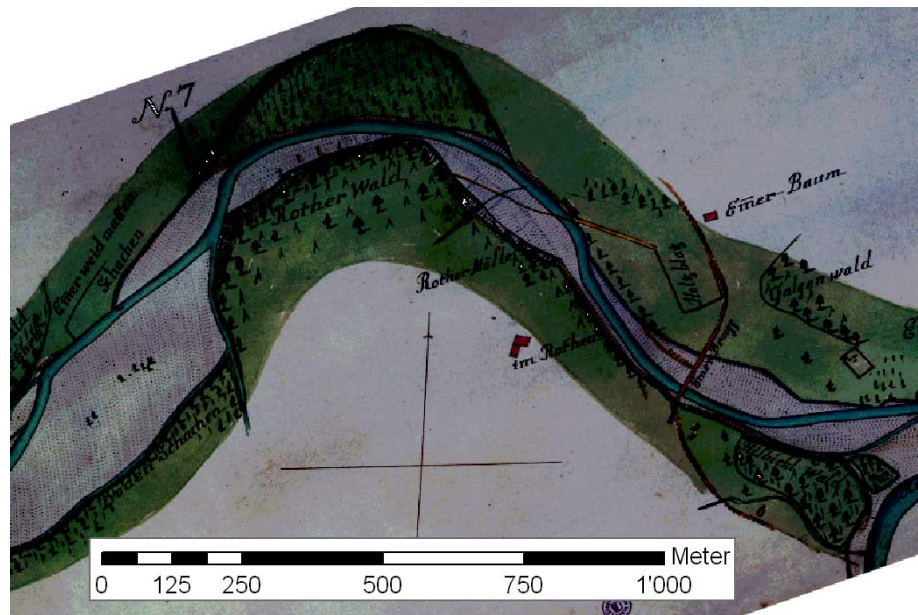


Abb. 32 Kleine Emme Abschnitt 1, historische Karte Hess 1784 von Littau bis Mündung in die Reuss

Abschnitt 2 km 9.5 – 12.6

Abschnitt 2 erstreckt sich von Malters (km 9.5) bis zur Mündung des Rümlig (km 12.6). Auch auf diesem Abschnitt fliesst der Fluss noch in einem verhältnismässig breiten Talboden. Wie im Abschnitt 1 ist die Kleine Emme hart verbaut (Abb. 34, Abb. 35). Um die natürliche Gewässerbreite herleiten zu können, wurde auf historische Karten (Hess 1784, Abb. 36) sowie auf regimetheoretische Ansätze zurückgegriffen. Die Auswertung der historischen Karte von Hess (1748) ergab Gewässerbreiten von 50 bis 90 m (Abb. 20). Mit den regimetheoretischen Ansätzen werden mit einem HQ5 als bettbildenden Abfluss eine Gleichgewichtsbreite von 56 m und eine Grenzbreite von 159 m berechnet. Wie bereits in Abschnitt 1 wird ein Mittelwert aus der Grenz- und der Gleichgewichtsbreite, unter Berücksichtigung der alten Karten, als plausibel erachtet.

Aufgrund der Auswertung der historischen Karten und deren Bestätigung durch die rechnerischen Ansätze wurde die naturnahe Gewässerbreite bei 80 m und die naturnahe Sohlenbreite bei 70 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 200 m (Abb. 33). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 100 m (Tab. 2).

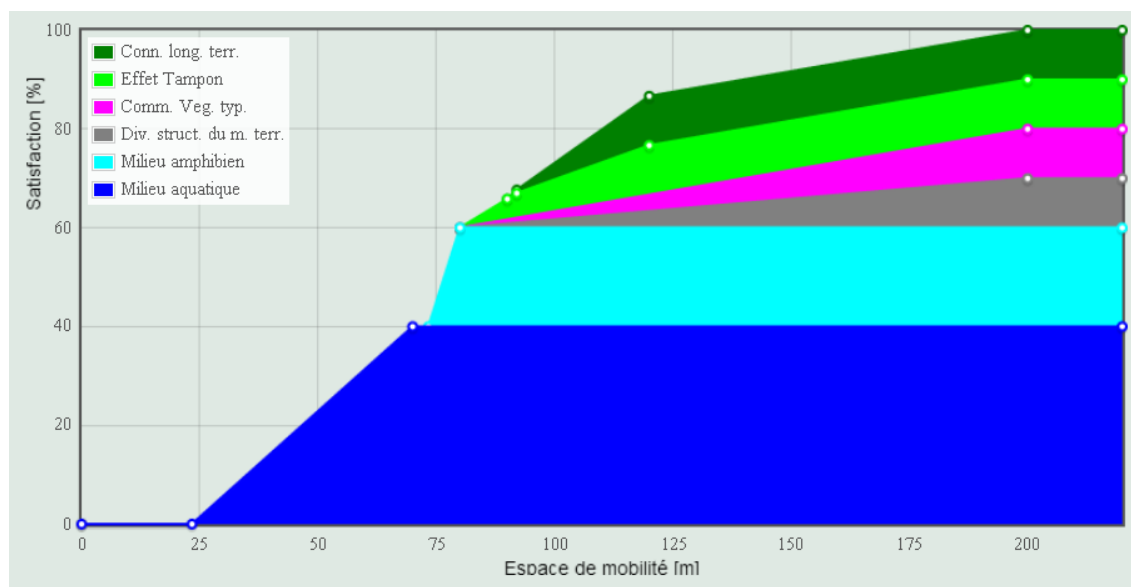




Abb. 34 Kleine Emme Abschnitt 2, Malters, Blick flussabwärts



Abb. 35 Kleine Emme Abschnitt 2, Schachen – Hochwasser 2005, Blick flussabwärts



Abb. 36 Kleine Emme Abschnitt 2, historische Karte Hess 1784 – bei Malers

Abschnitt 3 km 12.6 – 15.0

Abschnitt 3 verläuft von der Mündung des Rümli (km 12.6) bis zur Langnauerbrücke (km 15.0) (Abb. 38, Abb. 39). Wie in Abschnitt 2 weist die historische Karte (Hess 1784, Abb. 40) auf eine Gewässerbreite von 50 bis 90 m hin. Auch die regimetheoretischen Ansätze kommen mit einer Gleichgewichtsbreite von 57 m und einer Grenzbreite von 178 m auf ähnliche Werte wie in Abschnitt 2. Diese Strecke wurde jedoch als eigener Abschnitt definiert, weil der Abschnitt 3 oberhalb des Rümli einen kleineren mittleren Korndurchmesser und einen niedrigeren Abfluss aufweist als in Abschnitt 2.

Im Abschnitt 3 wird die naturnahe Gewässerbreite auf 80 m und die naturnahe Sohlenbreite auf 70 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 200 m (Abb. 37). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 100 m (Tab. 2).

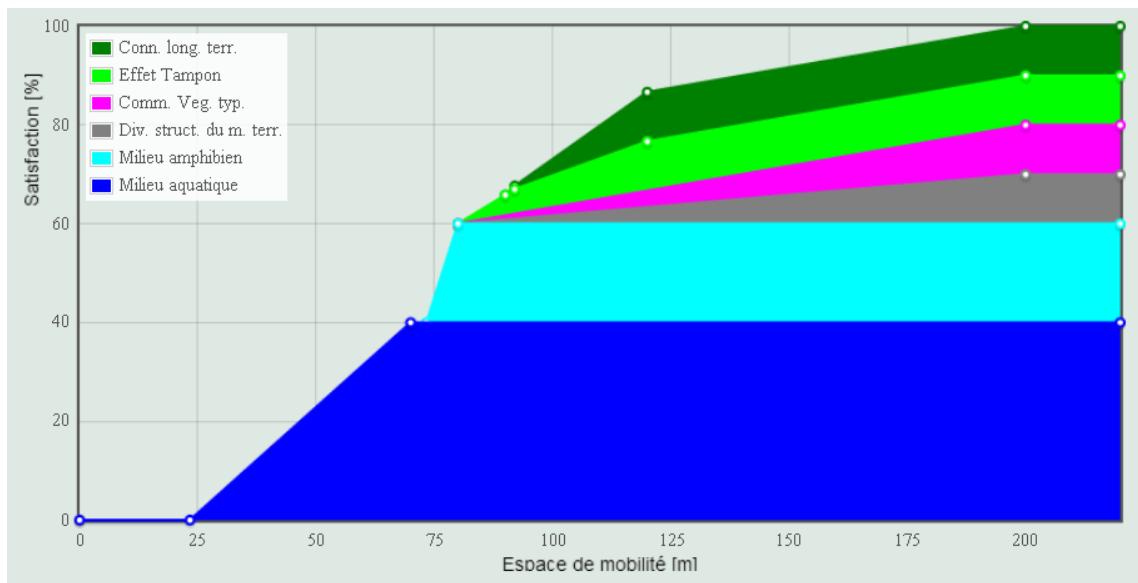


Abb. 37 Kleine Emme Abschnitt 3, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



*Abb. 38 Kleine Emme Abschnitt 3, Langnauerbrücke –
Hochwasser 2005, Blick flussabwärts*



*Abb. 39 Kleine Emme Abschnitt 3, oberhalb Zufluss Rümli –
Hochwasser 2005, Blick flussabwärts*

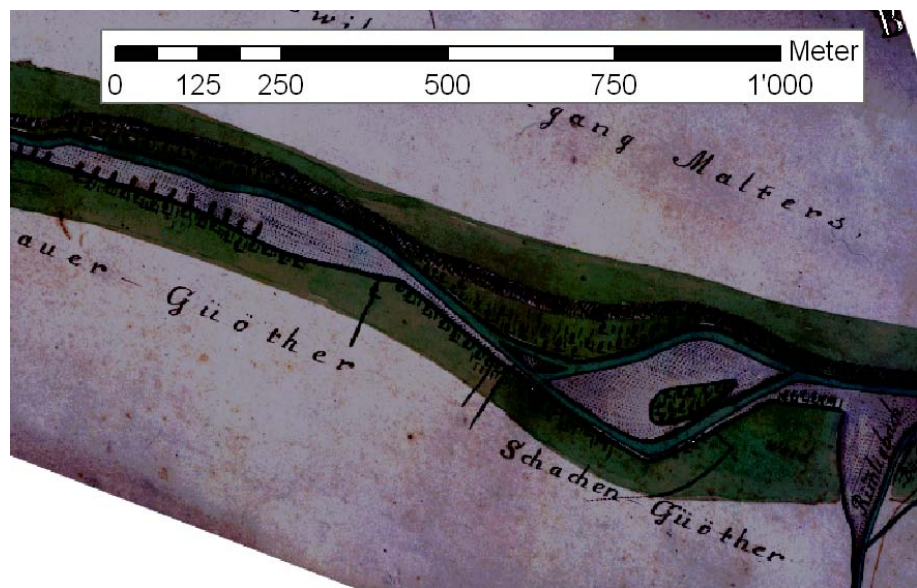


Abb. 40 Kleine Emme Abschnitt 3, historische Karte Hess 1784 – oberhalb Zufluss Rümlig

Abschnitt 4 km 15.0 – 20.0

Abschnitt 4 erstreckt sich von der Langnauerbrücke (km 15.0) bis nach Wolhusen (km 20.0). Es handelt sich um einen Abschnitt mit einem verhältnismässig engen Talboden. Auch auf diesem Abschnitt ist die Kleine Emme anthropogen beeinflusst (Abb. 42, Abb. 43, Abb. 44, Abb. 45). Um die natürliche Gewässerbreite herleiten zu können, wurde auf historische Karten (Hess 1784, Abb. 46) sowie auf regimetheoretische Ansätze zurückgegriffen. Die Auswertung der historischen Karte von Hess (1748) ergibt Gewässerbreiten von 30 bis 80 m (Abb. 20). Die rechnerischen Ansätze ergeben mit einem HQ5 als bettbildenden Abfluss eine Gleichgewichtsbreite von 55 m und eine Grenzbreite von 141 m. Die berechneten Breiten sind grösser als diejenigen aus den alten Karten, weil das Gewässer durch die Topografie eingeeengt wird.

Aufgrund der Auswertung der historischen Daten und unter Berücksichtigung der Gleichgewichtsbreite wurde die naturnahe Gewässerbreite auf 60 m und die naturnahe Sohlenbreite auf 55 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 150 m (Abb. 41). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 85 m (Tab. 2).

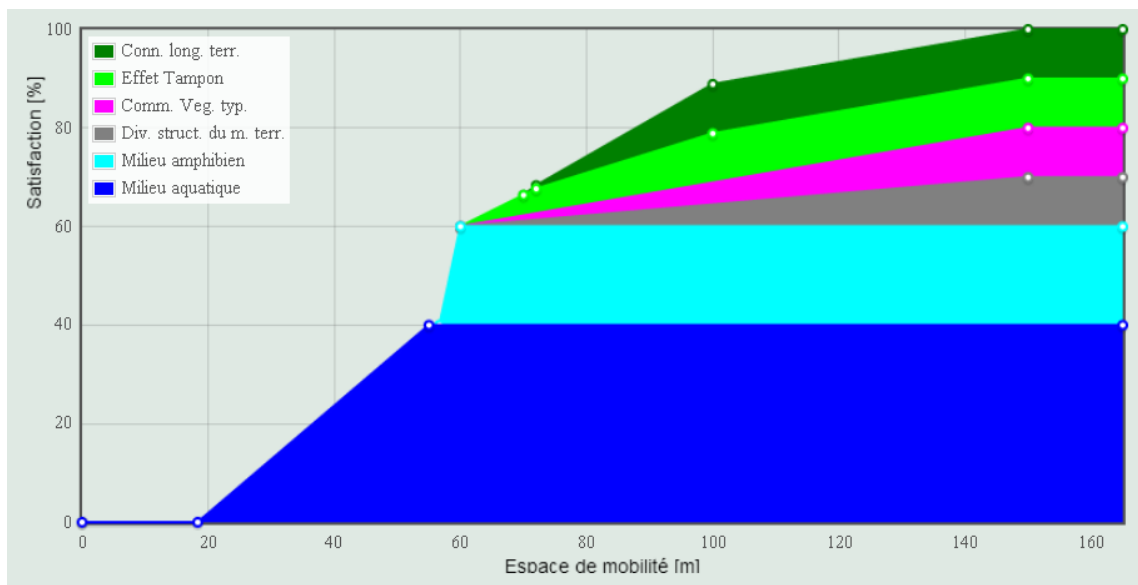


Abb. 41 Kleine Emme Abschnitt 4, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 42 Kleine Emme Abschnitt 4, oberhalb Wolhusen, Blick flussabwärts



Abb. 43 Kleine Emme Abschnitt 4, oberhalb Wolhusen, Blick flussabwärts



Abb. 44 Kleine Emme Abschnitt 4, Werthenstein – Hochwasser 2005



Abb. 45 Kleine Emme Abschnitt 4, Dietenei – Hochwasser 2005

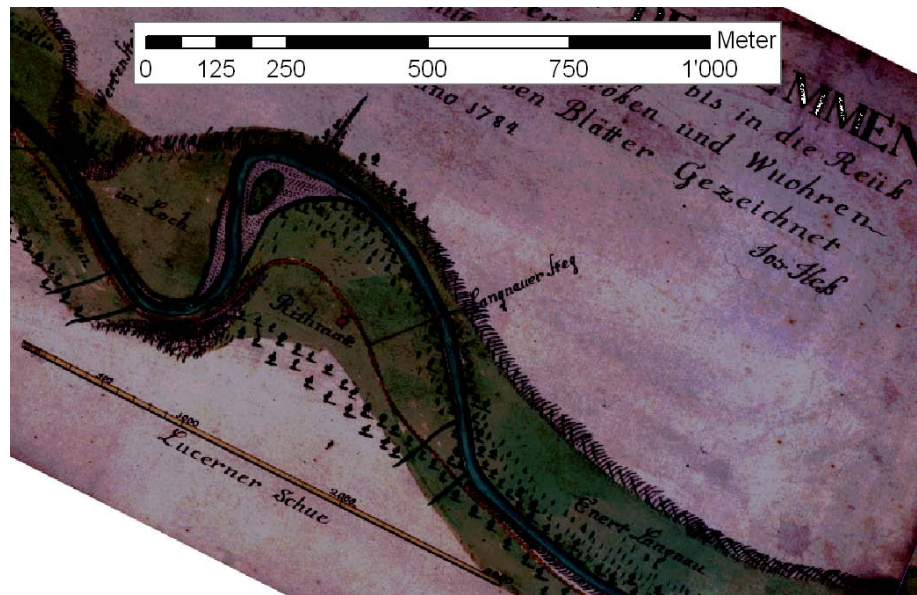


Abb. 46 Kleine Emme Abschnitt 4, historische Karte Hess 1784 – Dietenei

Abschnitt 5
km 20.0 – 23.4

Der Abschnitt 5 erstreckt sich von Wolhusen (km 20.0) bis zur Mündung der Grossen Fontanne (km 23.4). Es handelt sich um halboffenes Gelände. Der Fluss ist im IST-Zustand ebenfalls anthropogen beeinflusst (*Abb. 48, Abb. 49*). Da oberhalb von Wolhusen keine historischen Karten zur Verfügung stehen, musste auf rechnerische Ansätze zurückgegriffen werden. Die Gleichgewichtsbreite liegt hier bei 39 m und die Grenzbreite bei 62 m. Unter Berücksichtigung der einengenden, topografischen Verhältnisse wird für die Gewässerbreite ein Mittelwert aus der Gleichgewichts- und der Grenzbreite definiert.

Die naturnahe Gewässerbreite liegt somit bei 55 m und die naturnahe Sohlenbreite bei 45 m. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung, ein Raumbedarf von 137 m (*Abb. 47*). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 75 m (*Tab. 3*).

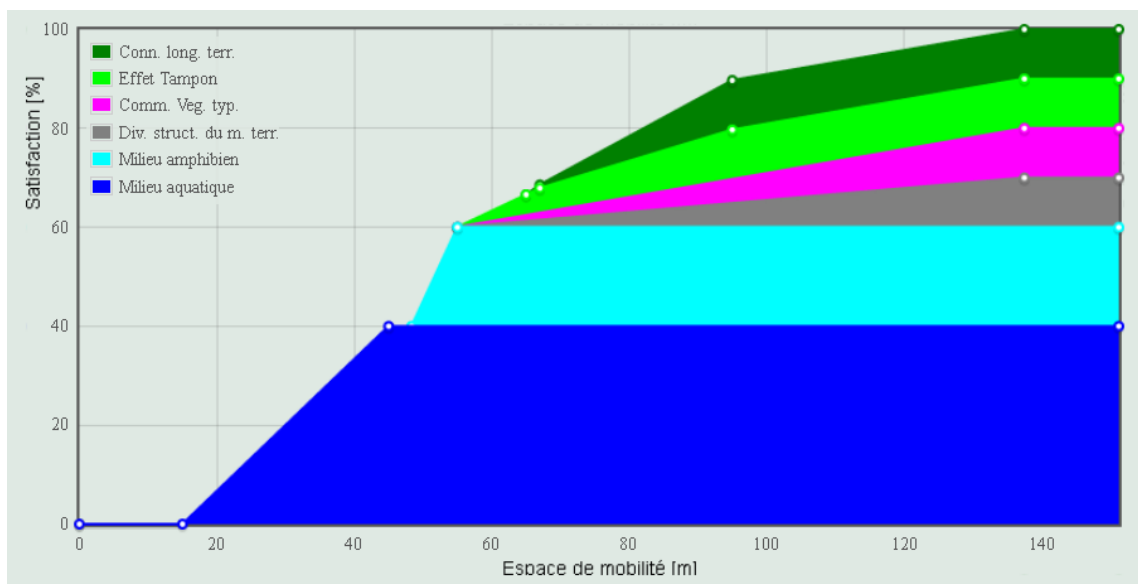


Abb. 47 *Kleine Emme Abschnitt 5, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier*



*Abb. 48 Kleine Emme Abschnitt 5, unterhalb Zufluss Grosse Fontanne,
Blick flussaufwärts*



*Abb. 49 Kleine Emme Abschnitt 5, unterhalb Zufluss Grosse Fontanne,
Blick flussabwärts*

Abschnitt 6
km 23.4 – 25.3

Abschnitt 6 erstreckt sich von der Mündung der Grossen Fontanne (km 23.4) bis Niderfeld (km 25.3). Der Fluss ist auf diesem Abschnitt eingengt und die Sohle besteht oft aus felsigem Grund (Abb. 51). Trotz einiger anthropogener Einflüsse wird die Gewässerbreite des IST-Zustandes als naturnah beurteilt.

Die naturnahe Gewässerbreite wird gemäss des IST-Zustandes auf 35 m und die naturnahe Sohlenbreite auf 33 m definiert. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 75 m (Abb. 50). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 63 m (Tab. 3).

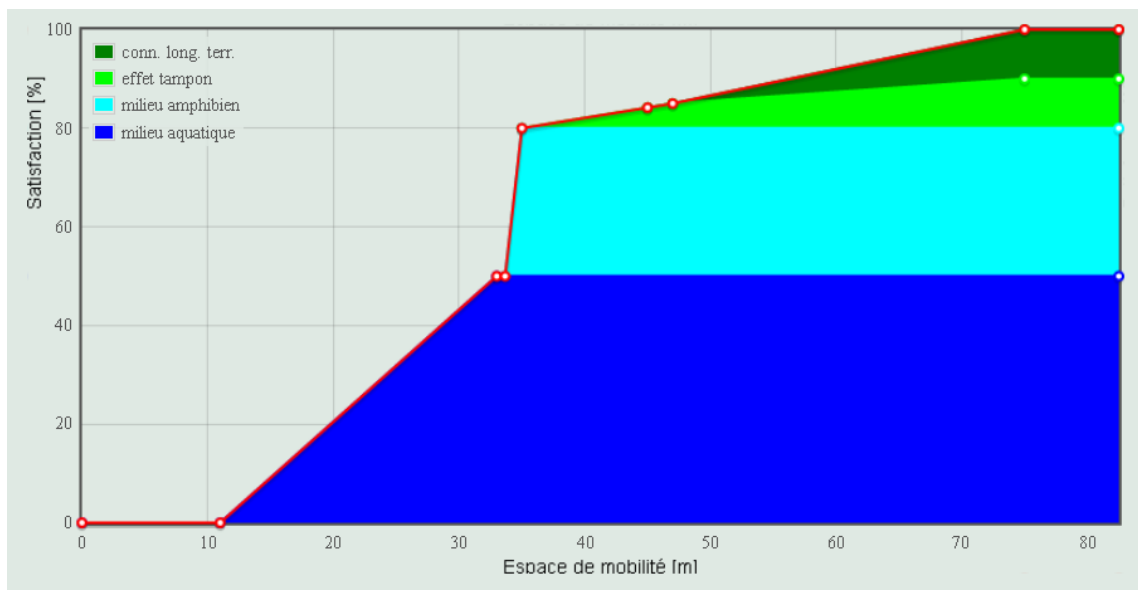


Abb. 50 Kleine Emme Abschnitt 6, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 51 Kleine Emme Abschnitt 6, oberhalb Zufluss Grosse Fontanne, Blick flussaufwärts

Abschnitt 7
km 25.3 – 27.2

Abschnitt 7 erstreckt sich von Niderfeld (km 25.3) übers Ämmemättli bis zur Halsegg (km 27.2). Die Kleine Emme zeigt sich hier breit und naturnah (Abb. 53). Der IST-Zustand kann als direkte Referenz für den naturnahen Zustand verwendet werden. Die Gewässerbreite beträgt heute zwischen 30 und 70 m. Rechnerisch ergibt sich eine Gleichgewichtsbreite von 42 m und eine Grenzbreite von 183 m. Die Breite des Gewässers wird primär durch die Talflanken definiert.

Die naturnahe Gewässerbreite wird gemäss des IST-Zustandes bei 55 m und die Sohlenbreite bei 50 m definiert. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 137 m (Abb. 52). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 80 m (Tab. 3).

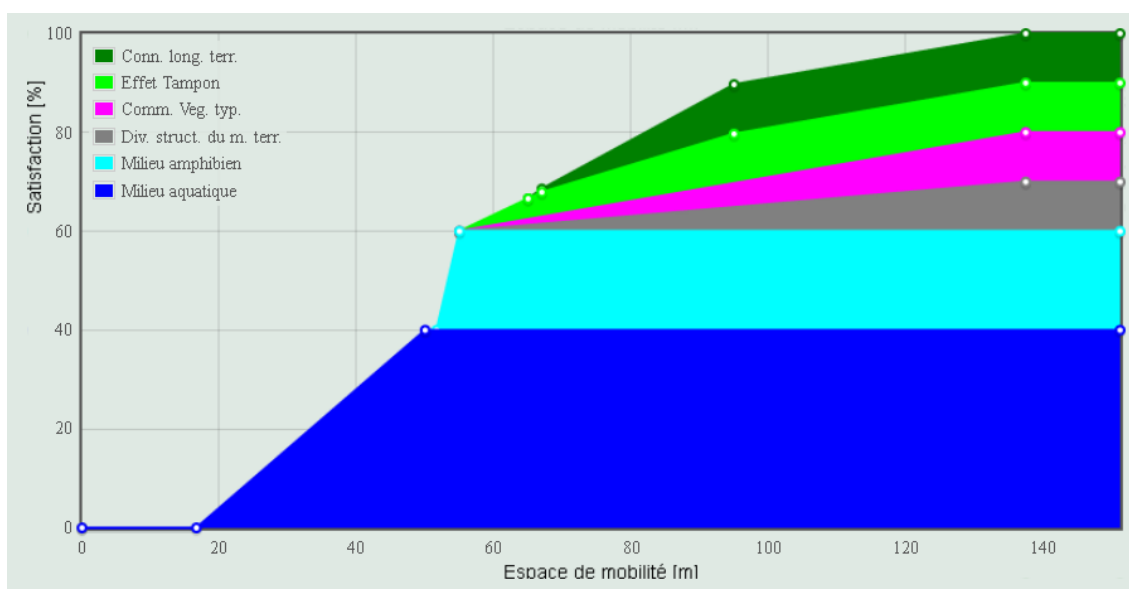


Abb. 52 Kleine Emme Abschnitt 7, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 53 Kleine Emme Abschnitt 7, Ämmemättli, Blick flussaufwärts

Abschnitt 8
km 27.2 – 28.4

Abschnitt 8 erstreckt sich von der Halsegg (km 27.2) bis zur Mündung der Grossen Entle bei Entlebuch (km 28.4). Diese kurvige und teils von steilen Felswänden dominierte Strecke ist nur schwach anthropogen beeinflusst (Abb. 55, Abb. 56). Der heutige Zustand kann direkt als Referenz für den naturnahen Zustand übernommen werden.

Die naturnahe Gewässerbreite wird aufgrund des IST-Zustandes auf 40 m und die naturnahe Sohlenbreite auf 38 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 80 m (Abb. 54). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 68 m (Tab. 3).

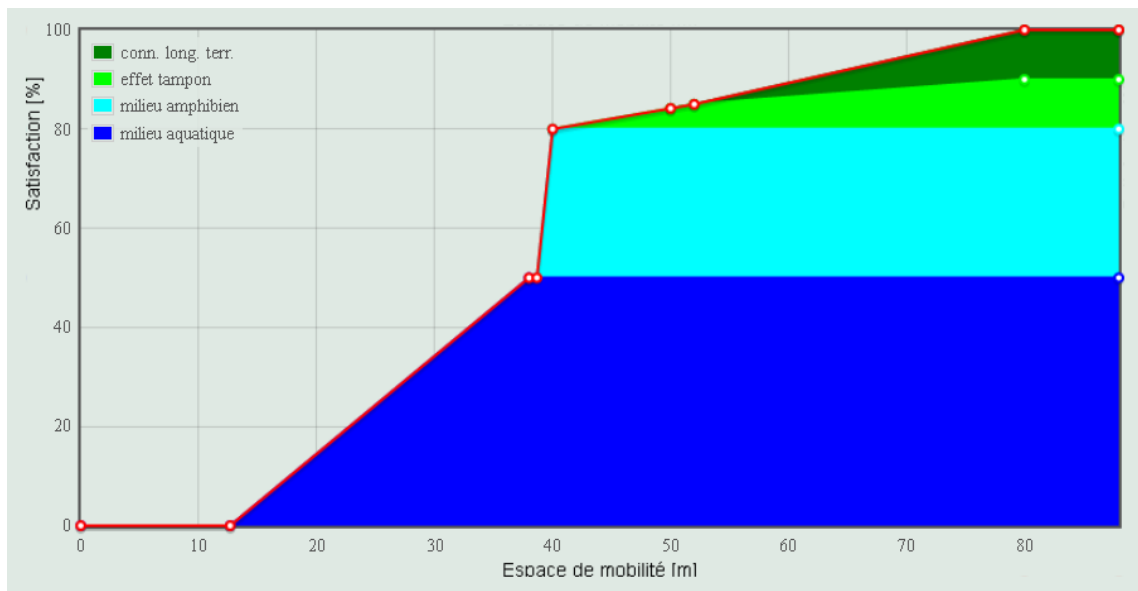


Abb. 54 Kleine Emme Abschnitt 8, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 55 Kleine Emme Abschnitt 8, oberhalb Ämmemätteli, Blick flussabwärts



Abb. 56 Kleine Emme Abschnitt 8, Entlebuch, Blick flussaufwärts

Abschnitt 9
km 28.4 – 36.5

Abschnitt 9 erstreckt sich von der Mündung der Grossen Entle (km 28.4) bis zum Zusammenfluss von Wald- und Wissemme (km 36.5). Die kleine Emme fließt hier durch halboffenes, anthropogen beeinflusstes Landwirtschafts- und Siedlungsgebiet (*Abb. 58, Abb. 59*). Der IST-Zustand kann nicht direkt als Referenz verwendet werden. Rechnerisch ergeben sich eine Gleichgewichtsbreite von 35 m sowie eine Grenzbreite von 482 m. Die Grenzbreite wird als nicht aussagekräftig beurteilt. Eine Orientierung an der Gleichgewichtsbreite ist hingegen sinnvoll.

Die naturnahe Gewässerbreite wird aufgrund der rechnerischen Ansätze und unter Berücksichtigung der topografischen Verhältnisse auf 50 m und die naturnahe Sohlenbreite auf 40 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 90 m (*Abb. 57*). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 70 m (*Tab. 3*).

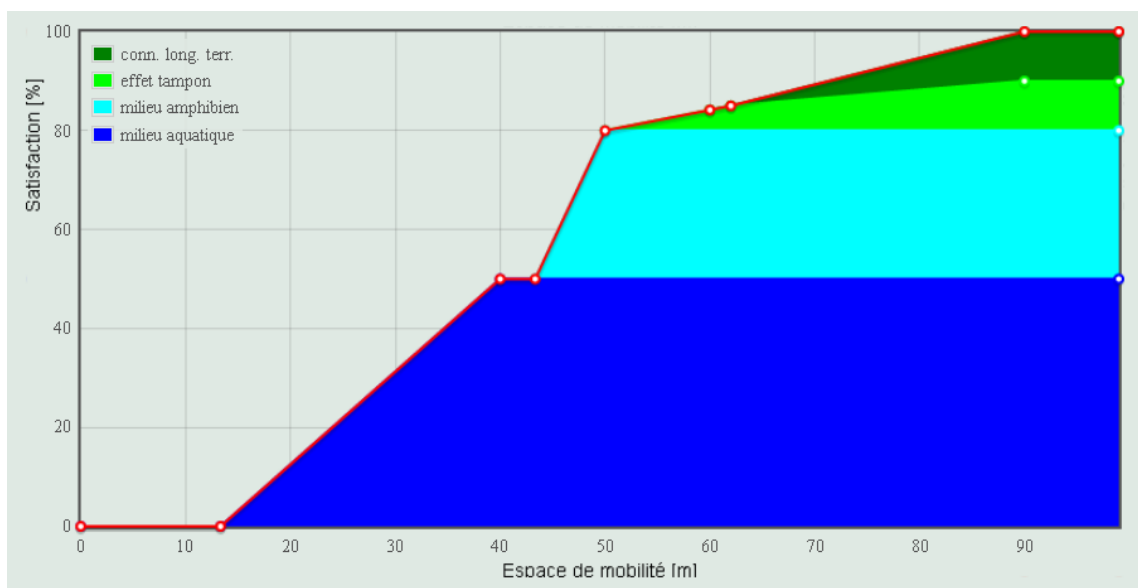


Abb. 57 *Kleine Emme Abschnitt 9, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier*



Abb. 58 Kleine Emme Abschnitt 9, Hasle, Blick flussabwärts



Abb. 59 Kleine Emme Abschnitt 9, Hasle, Blick flussaufwärts

7.3 Rümli (km 0.0 – 11.0)

Der Rümli fliesst nordwestlich vom Pilatus kommend durch die Ortschaften Eigental (km 13.5), Lifele (km 10.6) und Schwarzenberg (km 9.5). Anschliessend verläuft er tief eingeschnitten nach Nordwesten bis er bei Schachen in die Kleine Emme mündet (km 0.0). Der Rümli hat ein Gesamteinzugsgebiet von 65 km².

Im Rahmen der Bestimmung des Raumbedarfs wurde der Rümli in drei Abschnitte unterteilt. (Tab. 4, Abb. 60, Abb. 61)

Tab. 4 Übersicht Charakteristiken Rümli

Gewässer	Name	Rümli		
	Abschnitt	1	2	3
Abschnittsdefinition	GEWISS km von	0.0	1.0	9.4
	GEWISS km bis	1.0	9.4	11.0
	Länge [km]	1.0	8.4	1.6
	Typ	verzweigt	geradlinig	geradlinig
	ausgewählte Grundlagen zur Breitenbestimmung	Berechnungen	IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen
Parameter	Gefälle	0.027	0.027	0.027
	Einzugsgebiet [km ²]	65	64	20
	HQ5 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	110	95	55
	HQ2 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	80	70	40
	dm [m]	0.1	0.11	0.12
	Sohlenbreite IST [m]	12	17	10
	Gleichgewichtsbreite [m] (Yalin)	28	25	19
	Grenzbreite [m] (Ashmore)	143	119	74
gewählte natürl. Breiten	Gewässerbreite [m]	40	22	30
	Sohlenbreite [m]	30	17	25
	Minimaler Gewässerraum [m]	60	47	55
Raumbedarf [m] nach Roulier	100 % Erfüllung	100	62	70
	90 % Erfüllung	76	43	51
	80 % Erfüllung	64	22	30

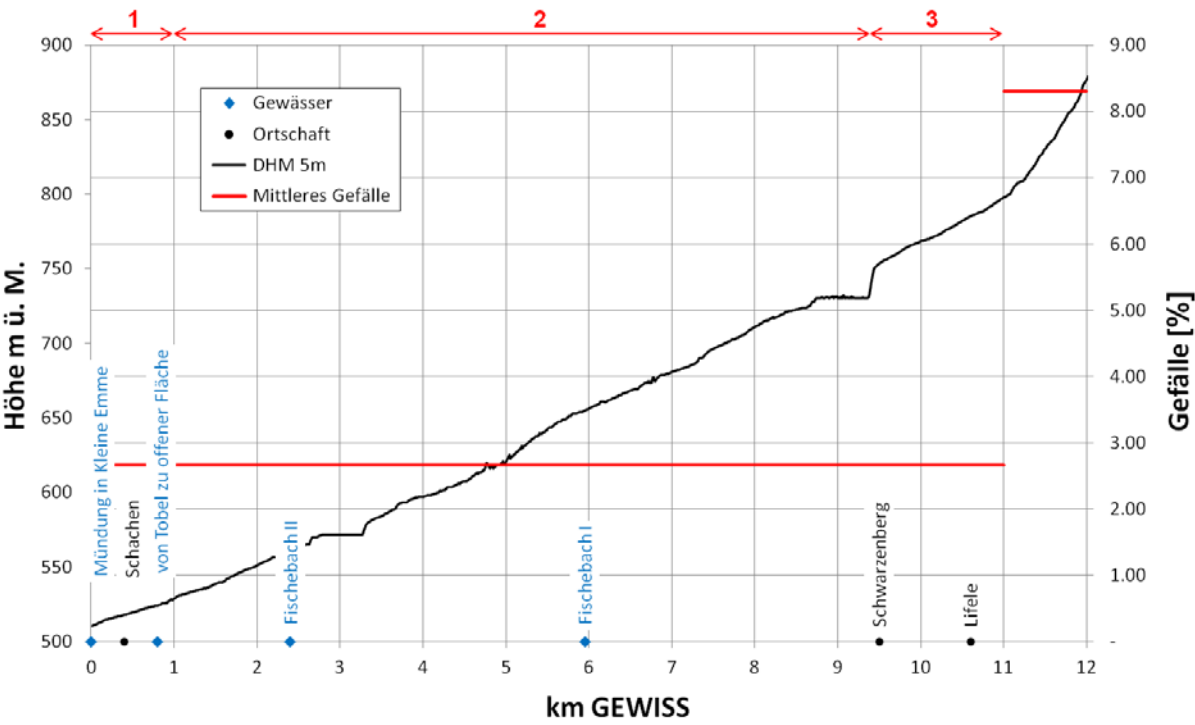


Abb. 60 Längenprofil und mittleres Gefälle des Rümlig

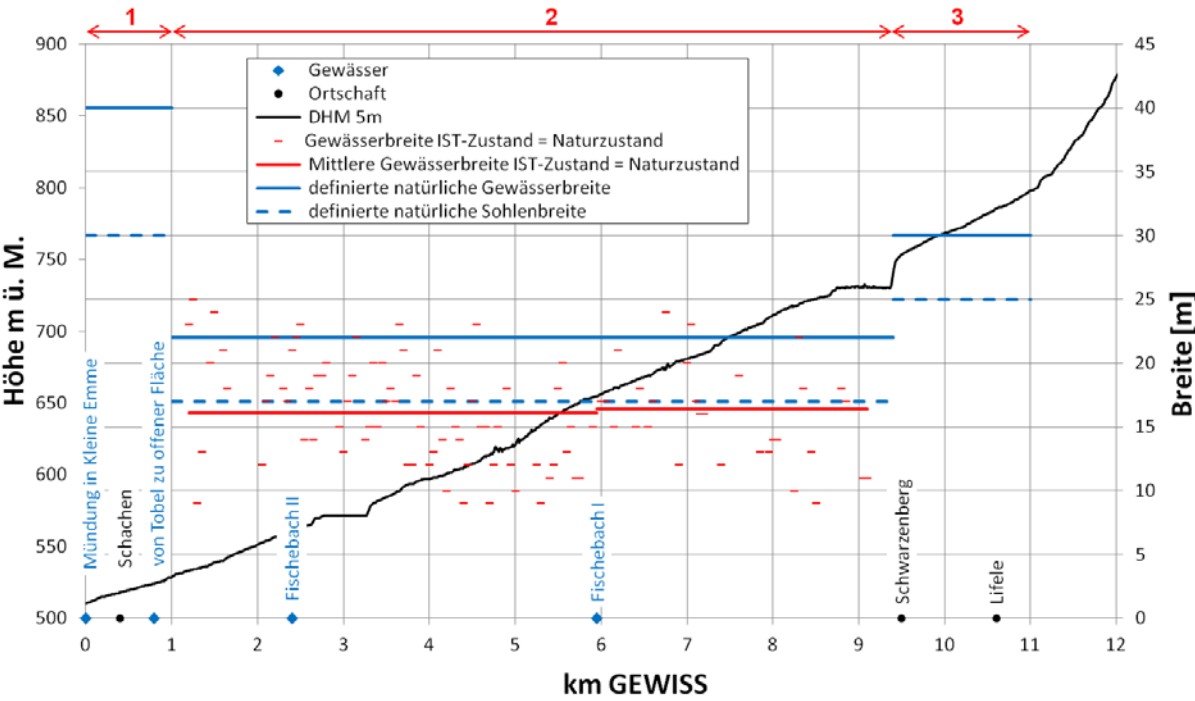


Abb. 61 Gewässerbreite des Rümlig

Abschnitt 1
km 0.0 – 1.0

Der Abschnitt 1 erstreckt sich von der Mündung in die Kleine Emme (km 0.0) bis zur Möschfore (km 1.0). Er befindet sich in offenem Gelände auf dem Schwemmkegel des Rümli. Im IST-Zustand ist das Gerinne stark verbaut und kann nicht als Referenz für den natürlichen Zustand verwendet werden (Abb. 63, Abb. 64). Die regimetheoretischen Ansätze zeigen, bei einem bettbildenden Abfluss von einem HQ5, eine Gleichgewichtsbreite von 28 m und eine Grenzbreite von 143 m. Da im natürlichen Zustand auf dem Schwemmkegel von einer häufigen Verlagerung des Bachbettes auszugehen ist, dürfte die natürliche Gewässerbreite nahe der Gleichgewichtsbreite liegen.

Aufgrund der rechnerischen Ansätze wurden die naturnahe Gewässerbreite bei 40 m und die naturnahe Sohlenbreite bei 30 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 100 m (Abb. 62). Die Schlüsselkurve des BAFU ergibt einen minimalen Gewässerraum von 60 m. (Tab. 4).

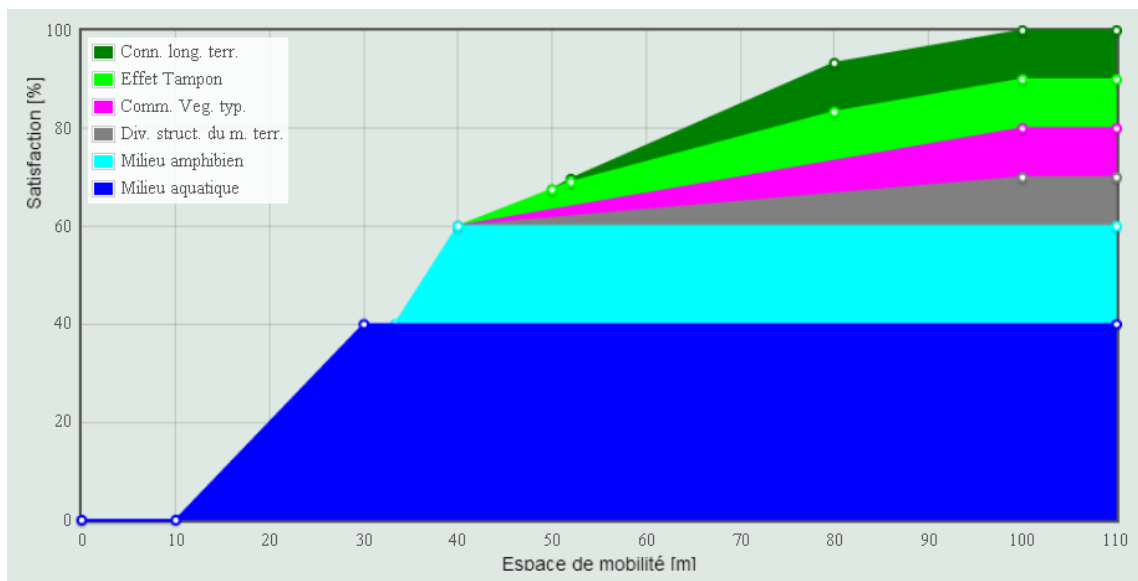


Abb. 62 Rümli Abschnitt 1, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 63 Rümliq Abschnitt 1, oberhalb Strassenbrücke, Blick flussabwärts



Abb. 64 Rümliq Abschnitt 1, vor Mündung in die Kleine Emme, Blick flussaufwärts

Abschnitt 2
km 1.0 – 9.4

Der Abschnitt 2 erstreckt sich von der Möschfore (km 1.0) bis zum unteren Ende von Schwarzenberg (km 9.4). In dieser Strecke verläuft der Rümli in tief eingeschnittenem Gelände. Das Gewässer ist hier, mit Ausnahmen von wenigen Brücken und einer stellenweise nahe am Fluss entlang geführten Strasse, naturnah (Abb. 66, Abb. 67, Abb. 68, Abb. 69). Die naturnahe Gewässerbreite kann in diesem Abschnitt deshalb direkt dem IST-Zustand entnommen werden. Die Gewässerbreite schwankt zwischen 10 und 25 m.

Aufgrund der gemessenen Werte wurden die naturnahe Gewässerbreite bei 22 m und die naturnahe Sohlenbreite bei 17 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 62 m (Abb. 65). Die Schlüsselkurve des BAFU ergibt einen minimalen Gewässerraum von 47 m. (Tab. 4).

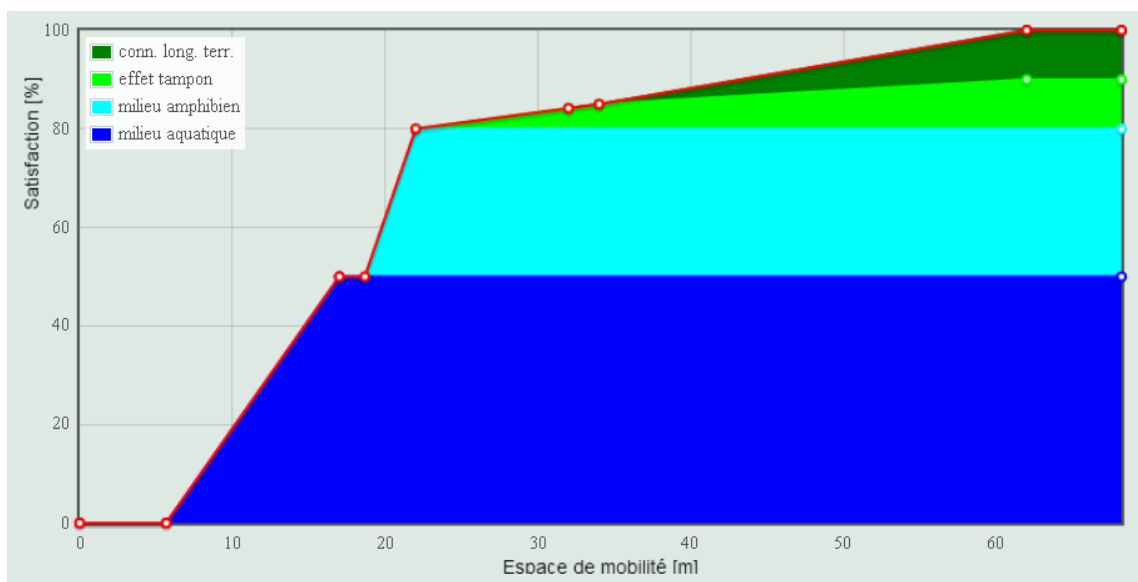


Abb. 65 Rümli Abschnitt 2, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 66 Rümliq Abschnitt 2, Munistei, Blick flussabwärts



Abb. 67 Rümliq Abschnitt 2, Munistei, Blick flussaufwärts



Abb. 68 Rümliq Abschnitt 2, Rutschung Holzguet, Blick flussaufwärts



Abb. 69 Rümliq Abschnitt 2, Möschfore, Blick flussabwärts

Abschnitt 3
km 9.4 – 11.0

Abschnitt 3 verläuft von Schwarzenberg (km 9.4) bis Lifele (km 11.0) durch halboffenes Gelände. Der IST-Zustand ist auf dieser Strecke anthropogen beeinflusst und kann nicht direkt zur Breitenbestimmung verwendet werden (Abb. 71, Abb. 72). Die regimetheoretischen Ansätze zeigen, bei einem bettbildenden Abfluss von einem HQ5, eine Gleichgewichtsbreite von 19 m und eine Grenzbreite von 74 m. Aufgrund der rechnerischen Ansätze sowie wegen des seitlich ansteigenden Geländes wurden die naturnahe Gewässerbreite bei 30 m und die naturnahe Sohlenbreite bei 25 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 70 m (Abb. 70). Die Schlüsselkurve des BAFU ergibt einen minimalen Gewässerraum von 55 m (Tab. 4).

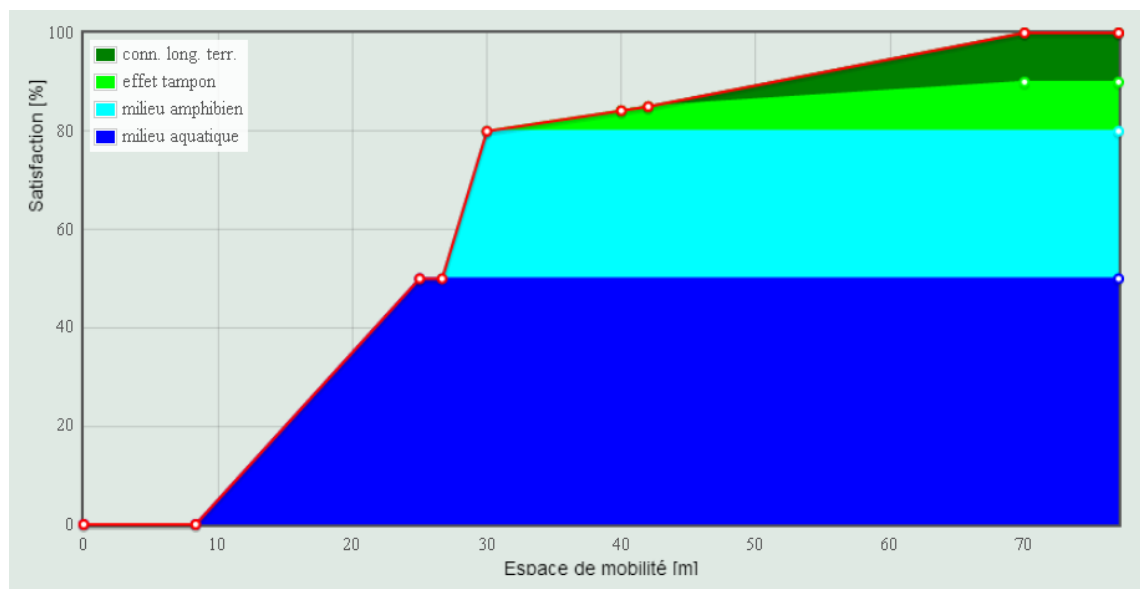


Abb. 70 Räumig Abschnitt 3, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 71 Rümlig Abschnitt 3, Lifele, Blick flussabwärts

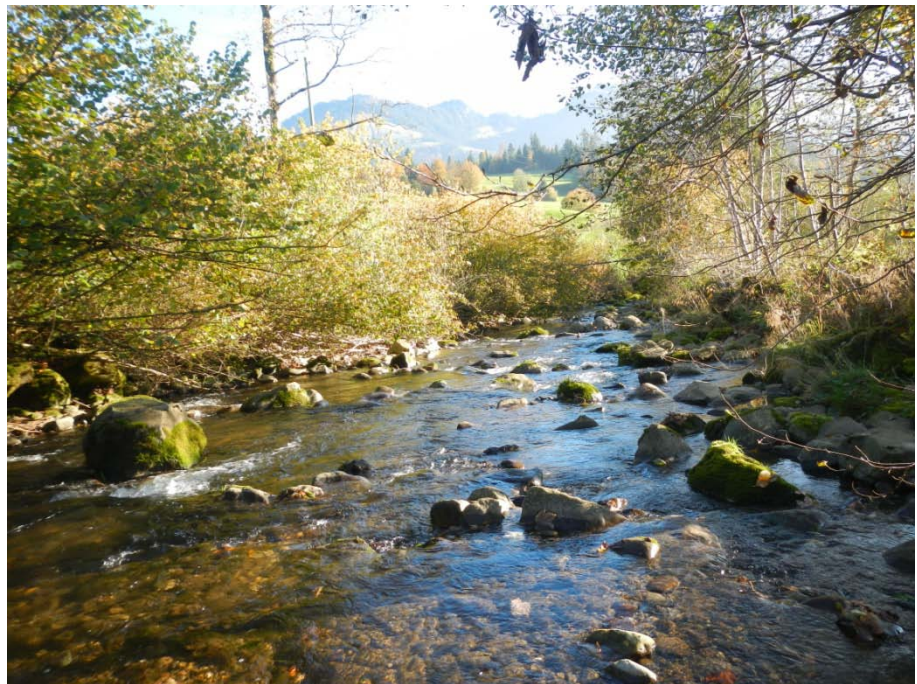


Abb. 72 Rümlig Abschnitt 3, Lifele, Blick flussabwärts

7.4 Grosse Fontanne (km 0.0 – 11.0)

Die Grosse Fontanne fliesst vom Champechnubel Richtung Osten, vorbei an Romoos (km 4.2) und Doppelschwand (km 1.8). Bei km 0.9 mündet die Kleine Fontanne in den Hauptfluss. Die Grosse Fontanne fliesst 3 km oberhalb Wolhusen in die Kleine Emme.

Im Rahmen der Bestimmung des Raumbedarfs wurde die Grosse Fontanne in drei Abschnitte unterteilt (Tab. 5, Abb. 73, Abb. 74).

Tab. 5 Übersicht Charakteristiken Grosse Fontanne

Gewässer	Name	Grosse Fontanne		
	Abschnitt	1	2	3
Abschnittsdefinition	GEWISS km von	0.0	0.9	9.3
	GEWISS km bis	0.9	9.3	11.0
	Länge [km]	0.9	8.4	1.7
	Typ	geradlinig	geradlinig	geradlinig
	ausgewählte Grundlagen zur Breitenbestimmung	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos
Parameter	Gefälle	0.016	0.016	0.055
	Einzugsgebiet [km ²]	63	39	8
	HQ5 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	90	65	23
	HQ2 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	68	48	18
	dm [m]	0.07	0.07	0.07
	Sohlenbreite IST [m]	18	13	6
	Gleichgewichtsbreite [m] (Yalin)	28	24	14
	Grenzbreite [m] (Ashmore)	106	82	96
gewählte natürl. Breiten	Gewässerbreite [m]	23	18	11
	Sohlenbreite [m]	18	13	6
Minimaler Gewässerraum [m]		48	39.5	22
Raumbedarf [m] nach Roulier	100 % Erfüllung	63	58	51
	90 % Erfüllung	44	39	32
	80 % Erfüllung	23	18	11

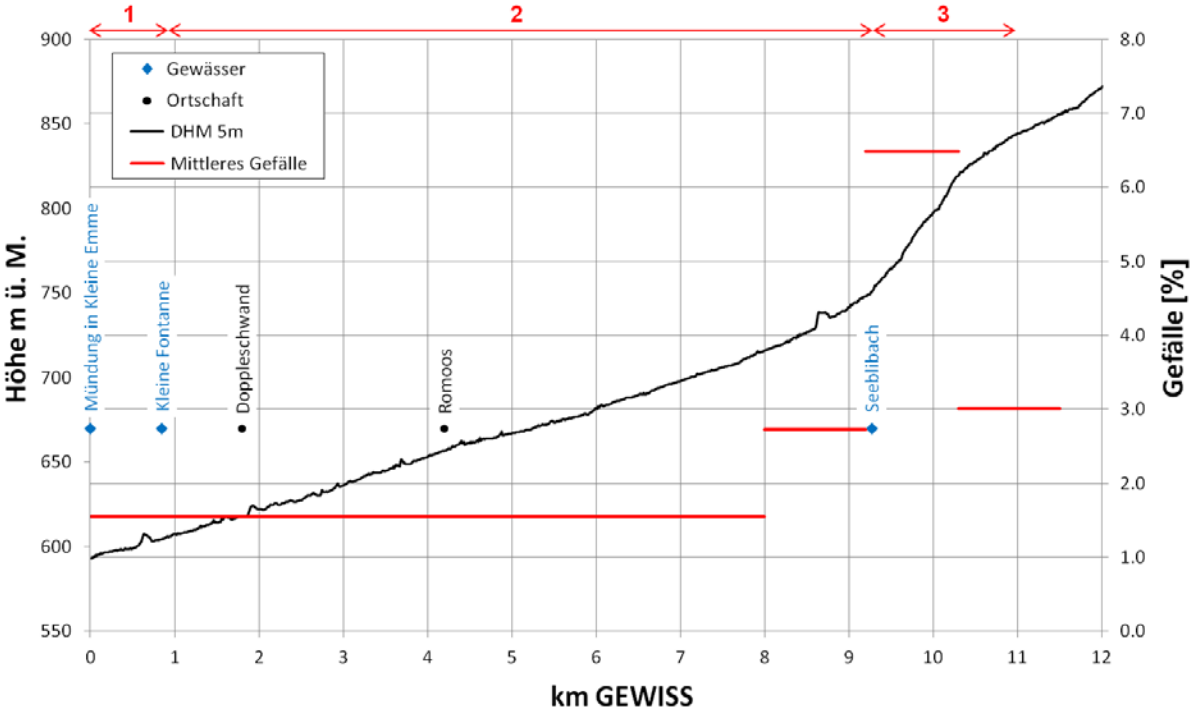


Abb. 73 Längsprofil und mittleres Gefälle der Grossen Fontanne

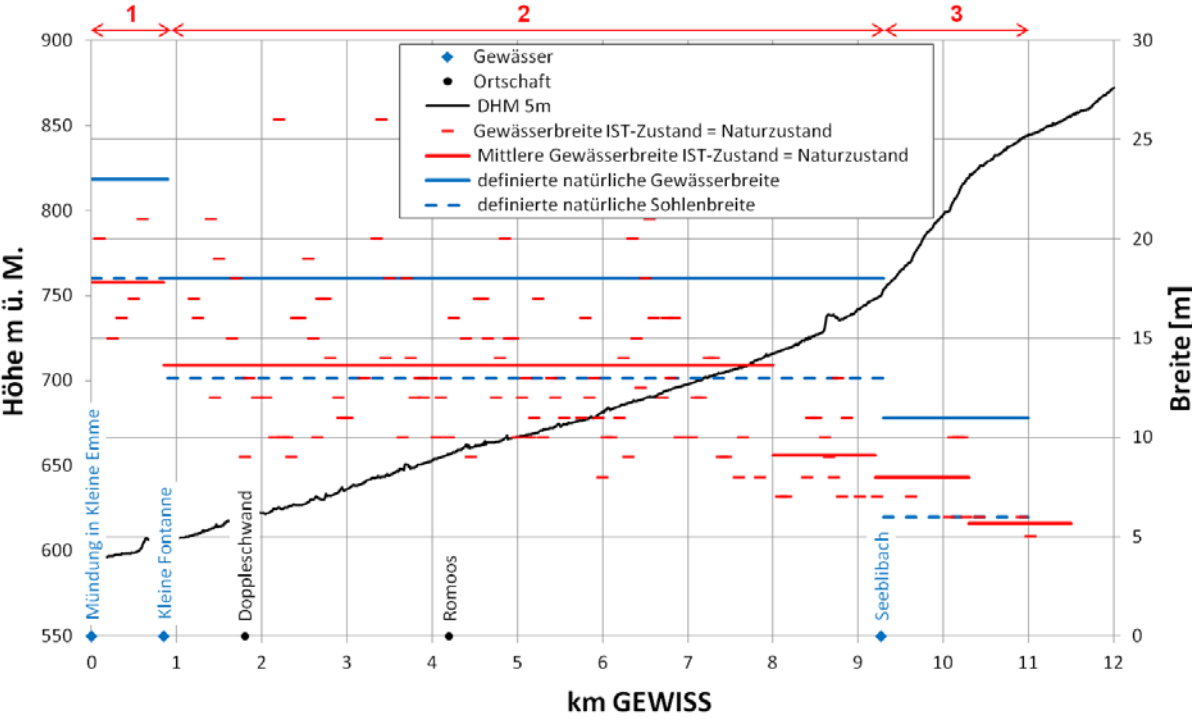


Abb. 74 Gewässerbreite der Grossen Fontanne

Trotz lokaler Beeinträchtigungen durch Bauten und Brücken ist die Grosse Fontanne ein mehrheitlich naturbelassenes Fließgewässer. Die naturnahe Gewässerbreite konnte deshalb in allen drei Abschnitten direkt dem IST-Zustand entnommen werden. Die regimetheoretischen Ansätze nach Yalin und Ashmore dienten lediglich der Verifizierung der gemessenen Breiten.

Abschnitt 1
km 0.0 – 0.9

Der Abschnitt 1 erstreckt sich von der Mündung in die Kleine Emme (km 0.0) bis zum Zufluss der Kleinen Fontanne (km 0.9) (*Abb. 76, Abb. 77*). Im IST-Zustand liegt die Sohlenbreite zwischen 15 und 23 m (*Abb. 74*). Zur Bestimmung des Raumbedarfs wurde die naturnahe Gewässerbreite auf 23 m und die naturnahe Sohlenbreite auf 18 m definiert.

Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 63 m (*Abb. 75*). Die Schlüsselkurve des BAFU ergibt einen minimalen Gewässerraum von 48 m (*Tab. 5*).

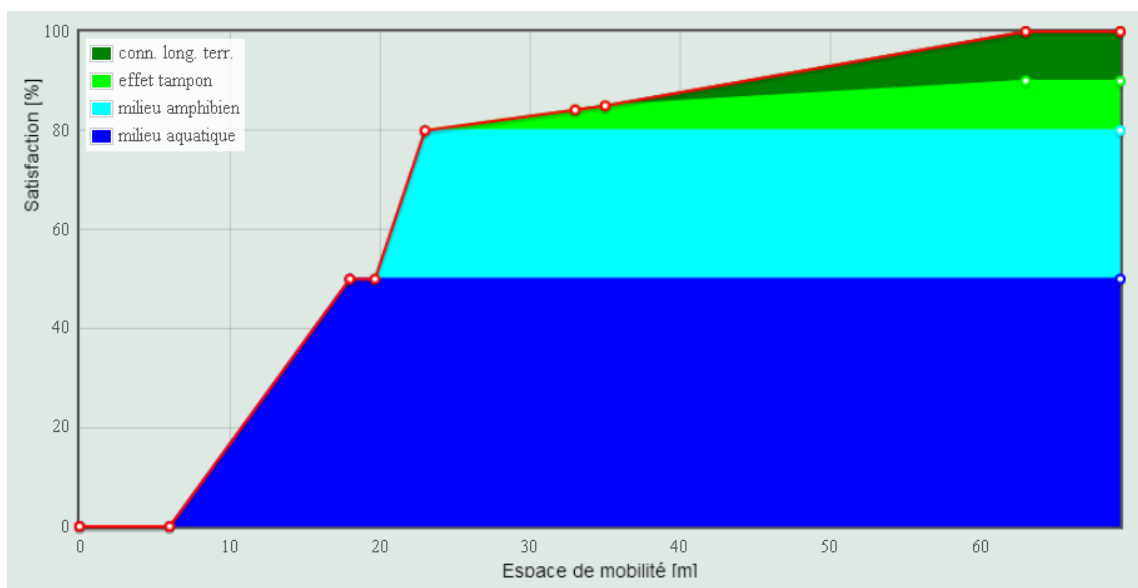


Abb. 75 Grosse Fontanne Abschnitt 1, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 76 Grosse Fontanne Abschnitt 1, Zufluss Kleine Fontanne, Blick flussaufwärts



Abb. 77 Grosse Fontanne Abschnitt 1, Müliacher, Blick flussabwärts

Abschnitt 2 km 0.9 – 9.3

Der Abschnitt 2 erstreckt sich vom Zufluss der Kleinen Fontanne (km 0.9) bis zum Zufluss des Seeblibaches (km 9.3) (*Abb. 79, Abb. 80, Abb. 81, Abb. 82*). Im IST-Zustand beträgt die Sohlenbreite zwischen 10 und 20 m (*Abb. 74*). Zur Bestimmung des Raumbedarfs wurden die naturnahe Gewässerbreite bei 18 m und die naturnahe Sohlenbreite bei 13 m definiert.

Nach Roulier ergibt sich daraus bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 58 m (*Abb. 78*). Die Schlüsselkurve des BAFU ergibt einen minimalen Gewässerraum von 39.5 m (*Tab. 5*).

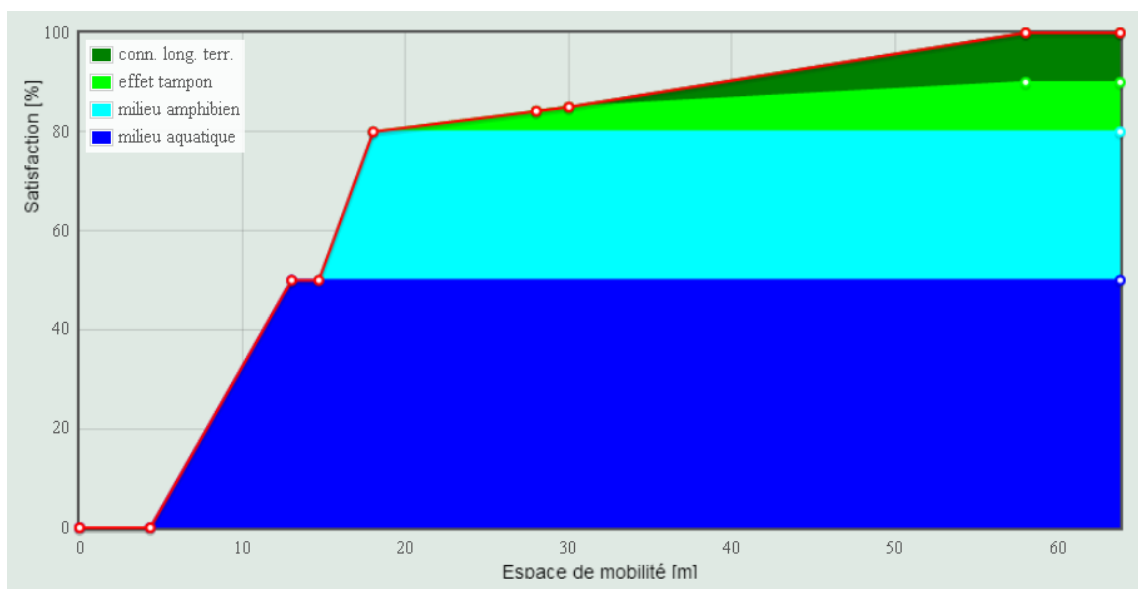


Abb. 78 Grosse Fontanne Abschnitt 2, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 79 *Grosse Fontanne Abschnitt 2, Änetegg, Blick flussaufwärts*

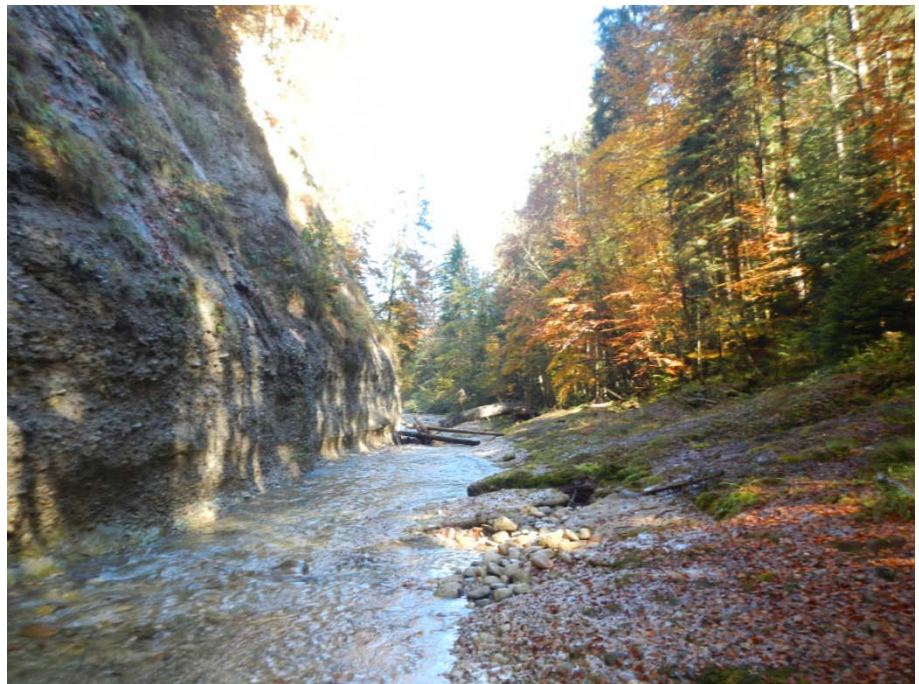


Abb. 80 *Grosse Fontanne Abschnitt 2, Änetegg, Blick flussabwärts*



Abb. 81 Grosse Fontanne Abschnitt 2, Doppelschwand, Blick flussabwärts



Abb. 82 Grosse Fontanne Abschnitt 2, Doppelschwand, Blick flussaufwärts

Abschnitt 3 km 9.3 – 11.0

Der Abschnitt 3 verläuft vom Zufluss des Seeblibaches (km 9.3) bis zum Ärbsegg (km 11.0) (Abb. 84). Im IST-Zustand beträgt die Sohlenbreite zwischen 5 und 10 m (Abb. 74). Zur Bestimmung des Raumbedarfs wurde die naturnahe Gewässerbreite auf 11 m und die naturnahe Sohlenbreite auf 6 m definiert.

Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 51 m (Abb. 83). Mit der Schlüsselkurve des BAFU ergibt sich ein minimaler Gewässerraum von 22 m (Tab. 5).

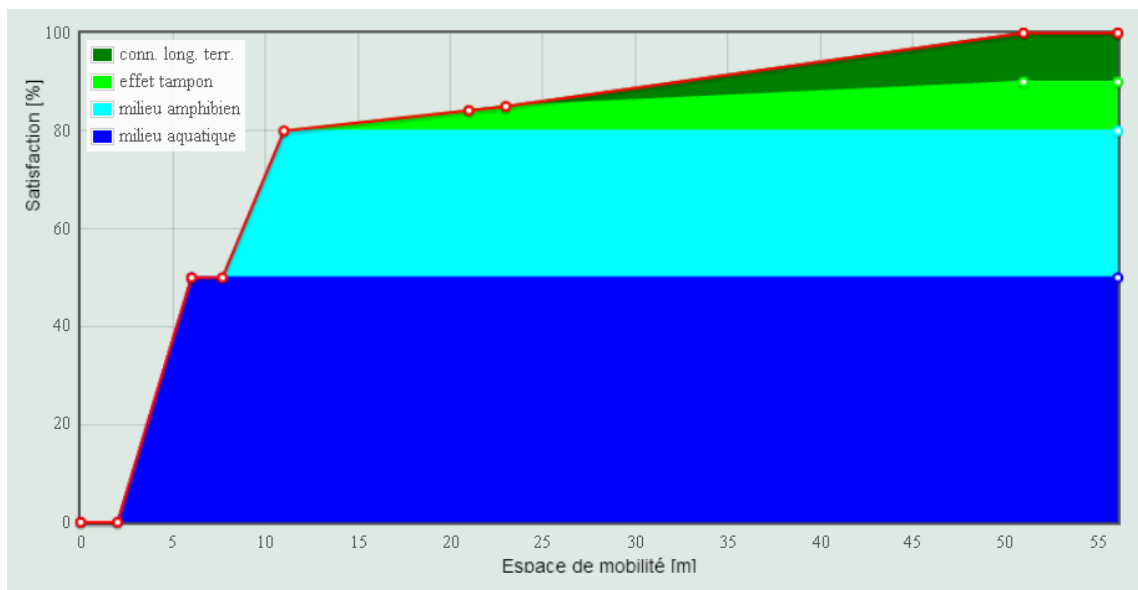


Abb. 83 Grosse Fontanne Abschnitt 3, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 84 Grosse Fontanne Abschnitt 3, Under Nolle, Blick flussaufwärts

7.5 Grosse Entle (km 0.0 – 10.0)

Die Grosse Entle fliesst vom Fürstein in nördlicher Richtung vorbei an Finsterwald und Hasle Richtung Entlebuch, wo sie in die Kleine Emme mündet. Sie besitzt ein Gesamteinzugsgebiet von 66 km².

Im Rahmen der Bestimmung des Raumbedarfs wurde die Grosse Entle in drei Abschnitte unterteilt (*Tab. 6, Abb. 85, Abb. 86*).

Tab. 6 Übersicht Charakteristiken Grosse Entle

Gewässer	Name	Grosse Entle		
	Abschnitt	1	2	3
Abschnittsdefinition	GEWISS km von	0.0	2.1	3.8
	GEWISS km bis	2.1	3.8	10.0
	Länge [km]	2.1	1.7	6.2
	Typ	geradlinig	verzweigt	verzweigt
	ausgewählte Grundlagen zur Breitenbestimmung	IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos
Parameter	Gefälle	0.030	0.030	0.045
	Einzugsgebiet [km ²]	66	62	54
	HQ5 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	95	95	80
	HQ2 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	70	70	60
	dm [m]	0.11	0.11	0.11
	Sohlenbreite IST [m]	24	35	19
	Gleichgewichtsbreite [m] (Yalin)	25	25	23
	Grenzbreite [m] (Ashmore)	131	131	157
gewählte natürl. Breiten	Gewässerbreite [m]	26	50	24
	Sohlenbreite [m]	24	35	19
Minimaler Gewässerraum [m]		54	65	49
Raumbedarf [m] nach Roulier	100 % Erfüllung	66	125	64
	90 % Erfüllung	47	89	53
	80 % Erfüllung	26	76	43

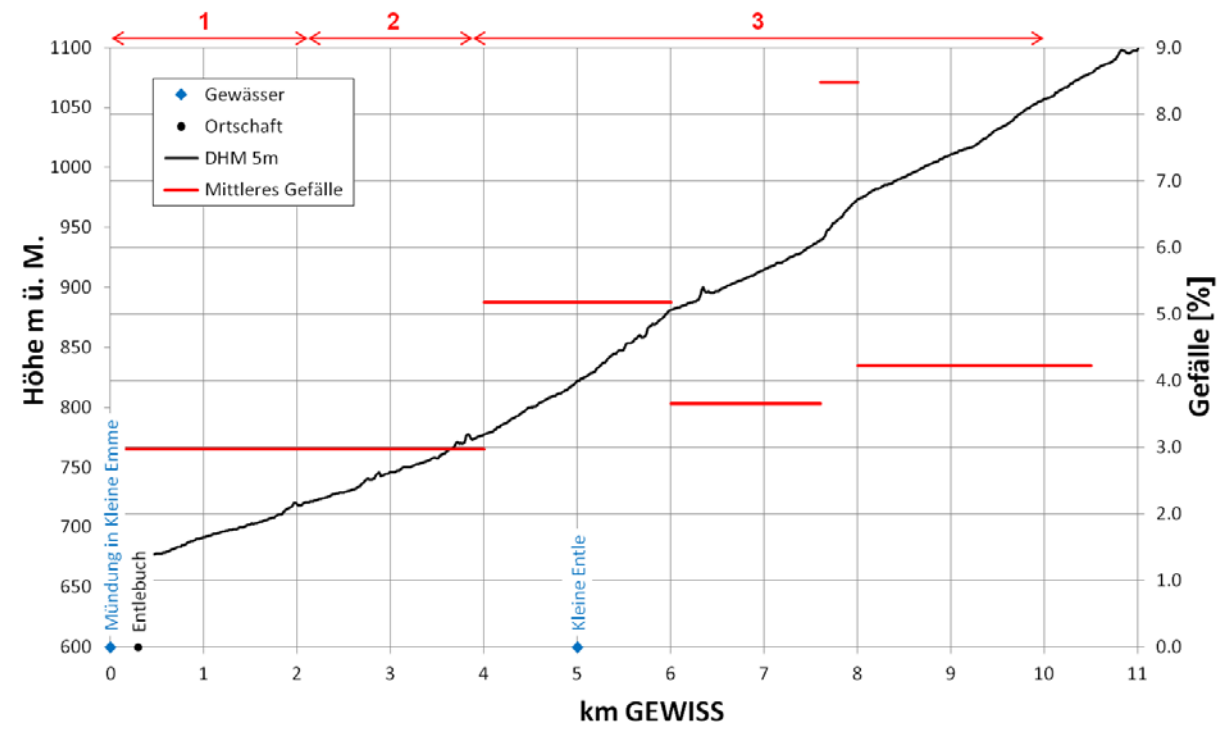


Abb. 85 Längenprofil und mittleres Gefälle der Grossen Entle

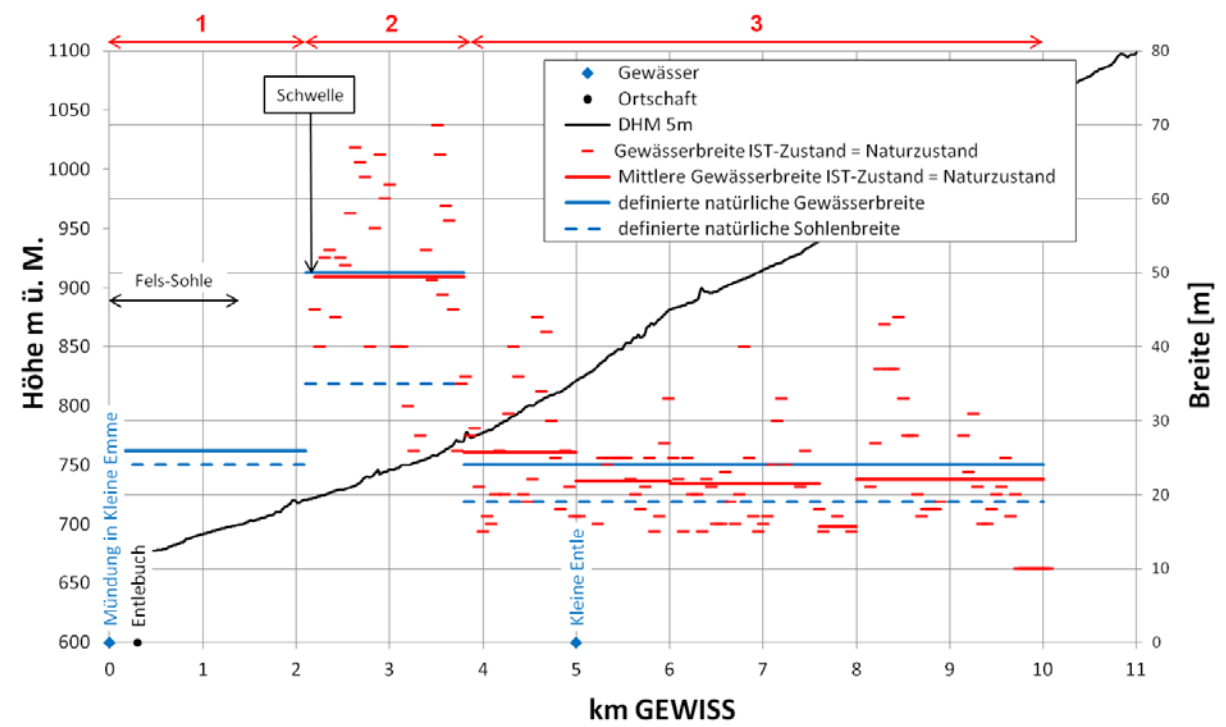


Abb. 86 Gewässerbreite der Grossen Entle

Abschnitt 1
km 0.0 – 2.1

Der Abschnitt 1 erstreckt sich von der Mündung in die Kleine Emme (km 0.0) bis zur Schwelle im Äntlewald (km 2.1). Obwohl in Hasle und Entlebuch das Gewässer verbaut ist, kann aus den Gewässerbreiten in den unverbauten Strecken auf die naturnahe Gewässerbreite geschlossen werden (Abb. 88, Abb. 89). Der an der Sohle anstehende Fels sowie die häufig engen topografischen Verhältnisse ergeben im heutigen Zustand eine Gewässerbreite von 20 - 30 m. Die regimetheoretischen Ansätze ergeben, mit einem bettbildenden Abfluss von einem HQ5, eine Gleichgewichtsbreite von 25 m und eine Grenzbreite von 131 m.

Die naturnahe Gewässerbreite wird aufgrund der Breiten im IST-Zustand mit 26 m und die naturnahe Sohlenbreite mit 24 m definiert. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 66 m (Abb. 87). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 54 m (Tab. 6).

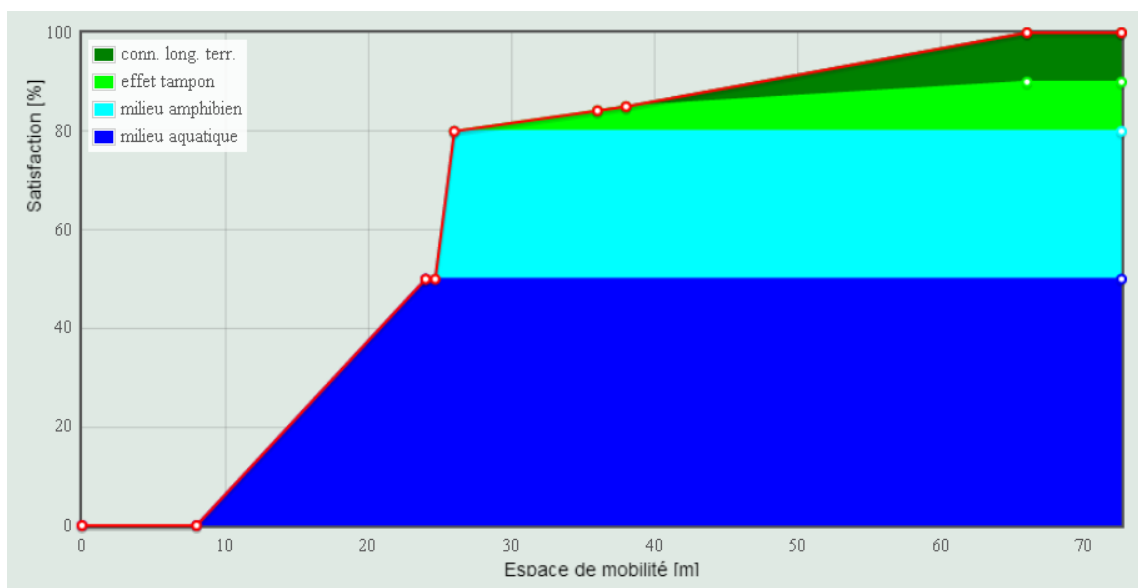


Abb. 87 Grosse Entle Abschnitt 1, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 88 Grosse Entle Abschnitt 1, Äntlewald unterhalb Schwelle, Blick flussabwärts



Abb. 89 Grosse Entle Abschnitt 1, Entlebuch, Blick flussabwärts

Abschnitt 2
km 2.1 – 3.8

Der Abschnitt 2 erstreckt sich vom Geschieberückhaltewehr (km 2.1) bis oberhalb des Zuflusses des Nachzelbaches (km 3.8). Trotz der grossen Schwelle am unteren Ende des Abschnittes, wird der IST-Zustand als naturnah erachtet (Abb. 91, Abb. 92). Es sind Gewässerbreiten zwischen 40 und 70 m vorhanden. Rechnerisch ergeben sich, bei einem Abfluss von HQ5, eine naturnahe Gleichgewichtsbreite von 25 m und eine Grenzbreite von 131 m. Der IST-Zustand zeigt, dass die Gewässerbreite durch die Talflanken definiert wird. Die Grenzbreite weist darauf hin, dass das Gewässer ohne Talflanken nochmals deutlich breiter sein würde.

Die Gewässerbreite wird in Anlehnung an den IST-Zustand und anhand regimetheoretischer Ansätze auf 50 m und die Sohlenbreite auf 35 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 125 m (Abb. 90). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 65 m (Tab. 6).

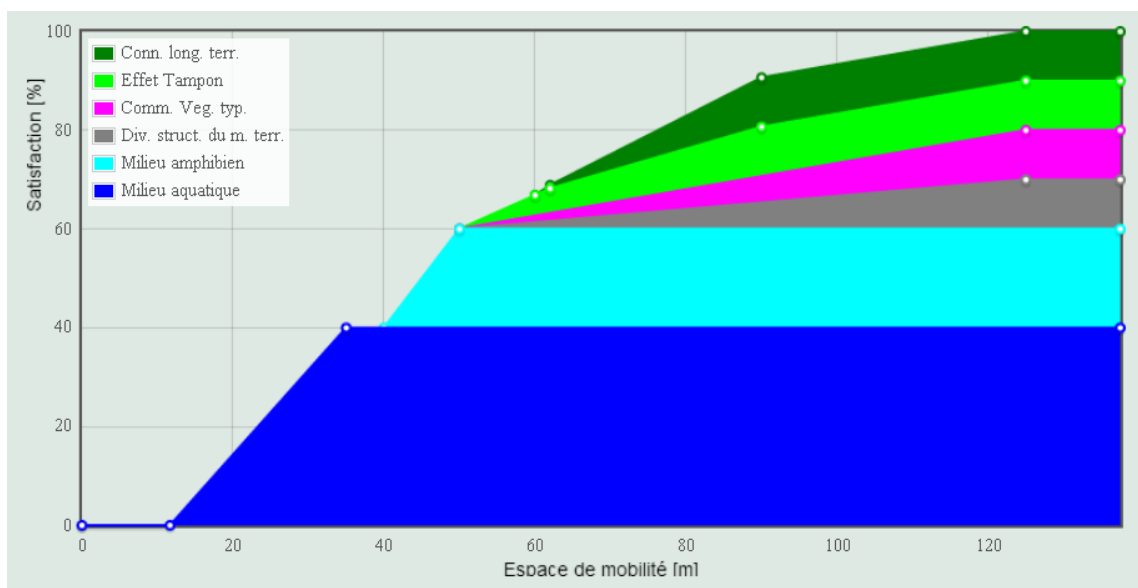


Abb. 90 Grosse Entle Abschnitt 2, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 91 Grosse Entle Abschnitt 2, oberhalb Schwelle, Blick flussaufwärts



Abb. 92 Grosse Entle Abschnitt 2, oberhalb Schwelle, Blick flussaufwärts

Abschnitt 3
km 3.8 – 10.0

Der Abschnitt 3 verläuft von der Rossfure (km 3.8) bis zum Zufluss Ällegbach (km 10.0). Wie schon im Abschnitt 2 kann der naturnahe Zustand direkt dem IST-Zustand entnommen werden (*Abb. 94, Abb. 95*). Dieser wird noch stärker als im Abschnitt 2 von den Talflanken eingengt. Es ergeben sich Gewässerbreiten von 15 bis 35 m. Bei einem bettbildenden Abfluss von einem HQ5 betragen die naturnahe Gleichgewichtsbreite 23 und die Grenzbreite 157m.

Die Gewässerbreite wird in Anlehnung an den IST-Zustand und anhand regimetheoretischer Ansätze auf 24 m und die Sohlenbreite auf 19 m festgelegt. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 64 m (*Abb. 93*). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 49 m (*Tab. 6*).

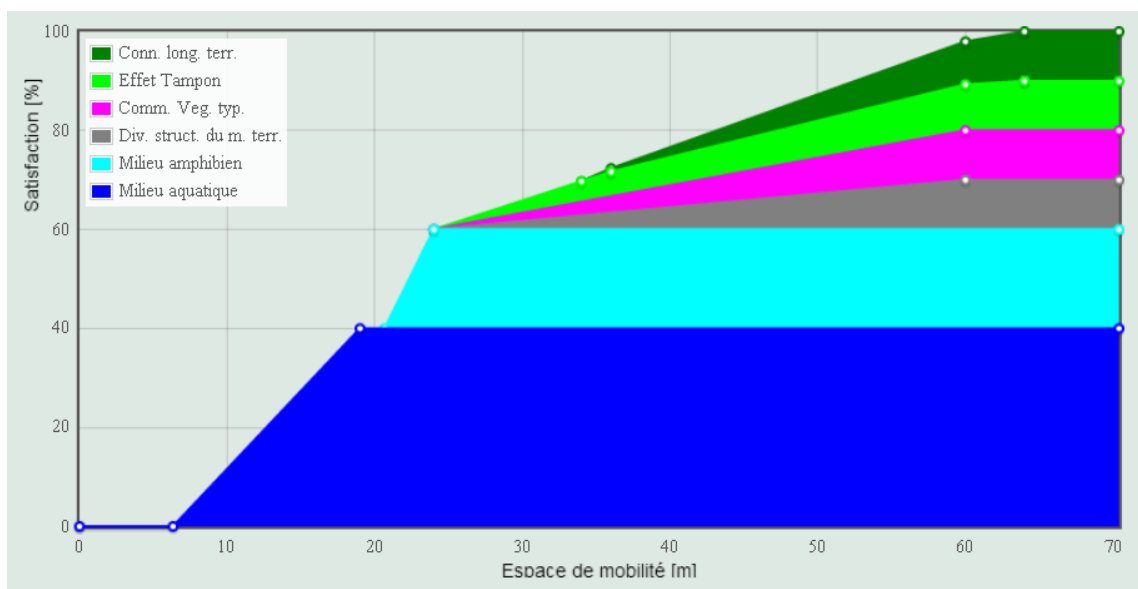


Abb. 93 Grosse Entle Abschnitt 3, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 94 Grosse Entle Abschnitt 3, bei Gfelle, Blick flussaufwärts



Abb. 95 Grosse Entle Abschnitt 3, bei Gfelle, Blick flussabwärts

7.6 Wissemme (km 0.0 – 6.0)

Die Wissemme fliesst zunächst als Ballebach vom Altegrat nach Süden Richtung Escholz matt (km 5.5) und dann weiter als Wissemme Richtung Schüpfheim, wo sie nach dem Zusammenfluss mit der Waldemme die Kleine Emme bildet (km 0.0). Die Wissemme hat ein Gesamteinzugsgebiet von 29 km².

Im Rahmen der Bestimmung des Raumbedarfs wurde die Wissemme in zwei Abschnitte unterteilt (Tab. 7, Abb. 96, Abb. 97).

Tab. 7 Übersicht Charakteristiken Wissemme

Gewässer	Name	Wissemme	
	Abschnitt	1	2
Abschnittsdefinition	GEWISS km von	0.0	4.7
	GEWISS km bis	4.7	6.0
	Länge [km]	4.7	1.3
	Typ	verzweigt	verzweigt
	ausgewählte Grundlagen zur Breitenbestimmung	Berechnungen	Berechnungen
Parameter	Gefälle	0.017	0.039
	Einzugsgebiet [km ²]	29	5
	HQ5 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	54	17
	HQ2 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	40	13
	dm [m]	0.07	0.07
	Sohlenbreite IST [m]	7	3
	Gleichgewichtsbreite [m] (Yalin)	21	12
	Grenzbreite [m] (Ashmore)	75	58
gewählte natürl. Breiten	Gewässerbreite [m]	30	17
	Sohlenbreite [m]	20	11
	Minimaler Gewässerraum [m]	50	34.5
Raumbedarf [m] nach Roulier	100 % Erfüllung	75	57
	90 % Erfüllung	62	41
	80 % Erfüllung	51	33

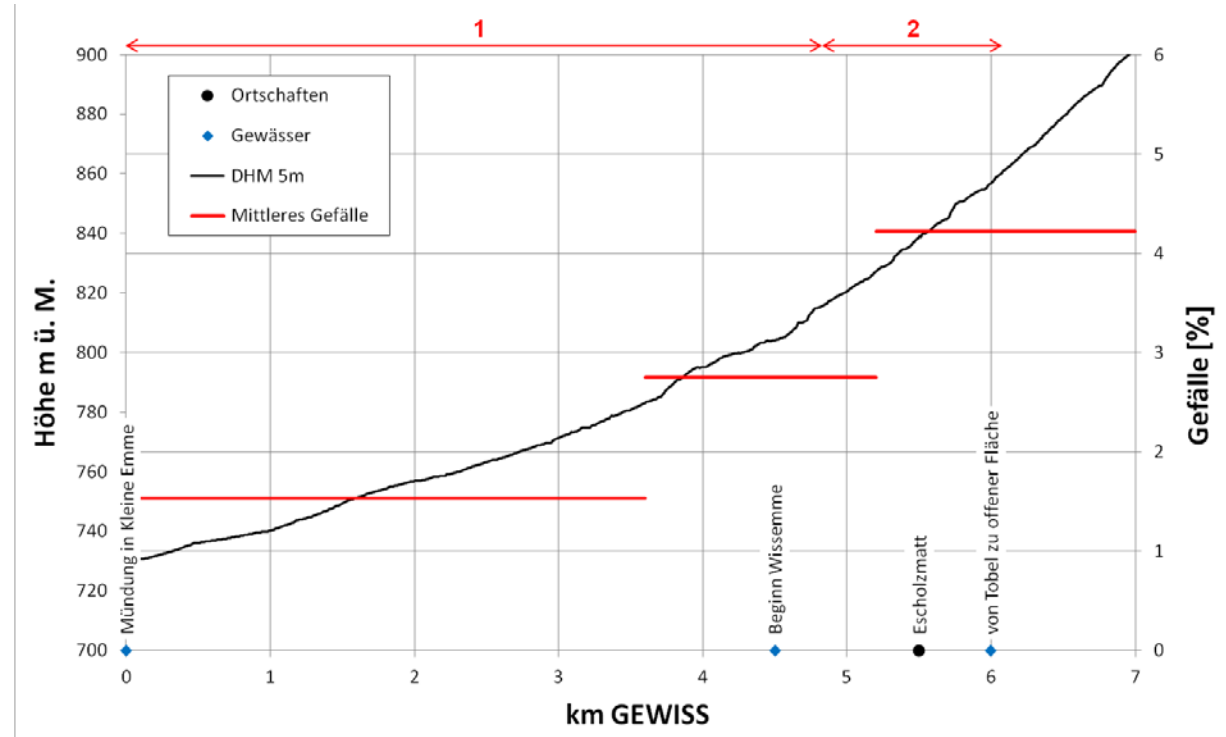


Abb. 96 Längenprofil und mittleres Gefälle der Wissemme

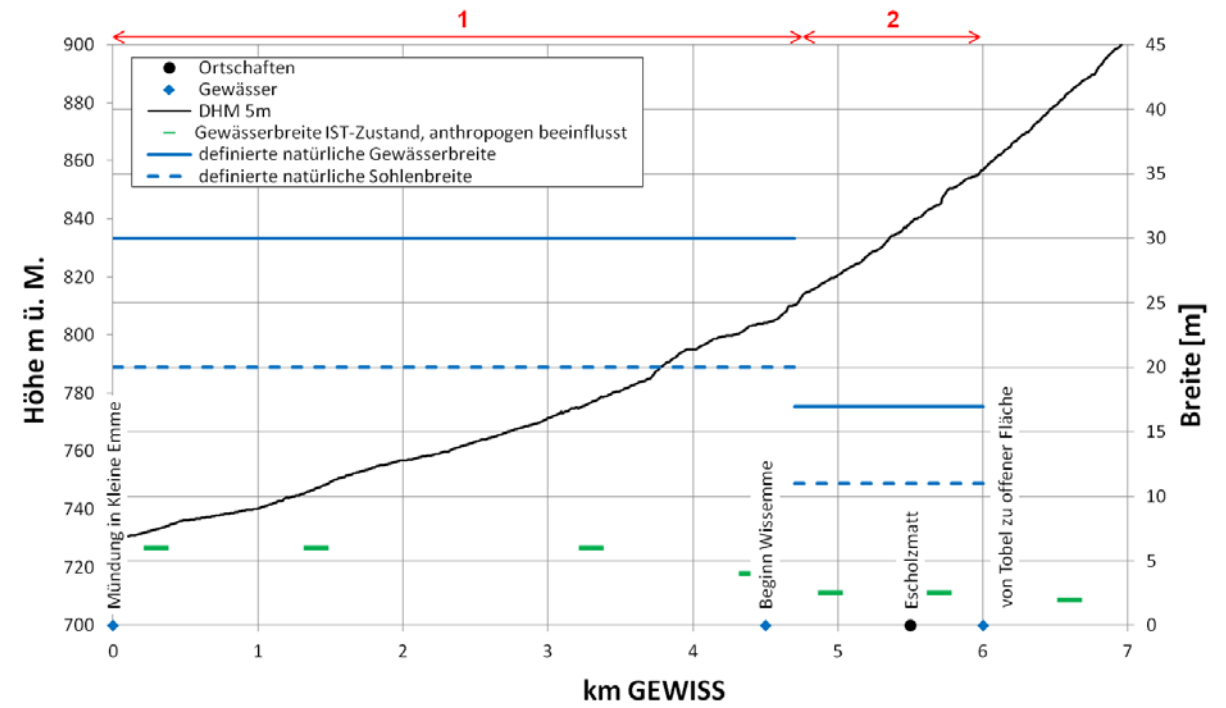


Abb. 97 Gewässerbreite der Wissemme

Abschnitt 1
km 0.0 – 4.7

Der Abschnitt 1 erstreckt sich vom Zusammenfluss mit der Waldemme (km 0.0) bis zum Zufluss Schwandigrabe (km 4.7). Es handelt sich mehrheitlich um offenes Gelände im Talboden. Die Wissemme fließt heute in einem stark verbauten Gerinne mit einer Gewässerbreite von ca. 7 m (Abb. 99, Abb. 100). Die regimetheoretischen Ansätze ergeben, bei einem HQ5 als bettbildender Abfluss, eine Gleichgewichtsbreite von 21 m und eine Grenzbreite von 75 m. Wegen des seitlich leicht aber stetig ansteigenden Geländes dürfte die Gewässerbreite näher an der Gleichgewichtsbreite als an der Grenzbreite liegen.

Die naturnahe Gewässerbreite wird aufgrund der regimetheoretischen Ansätze mit 30 m und die Sohlenbreite mit 20 m definiert. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 75 m (Abb. 106). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 50 m (Tab. 7).

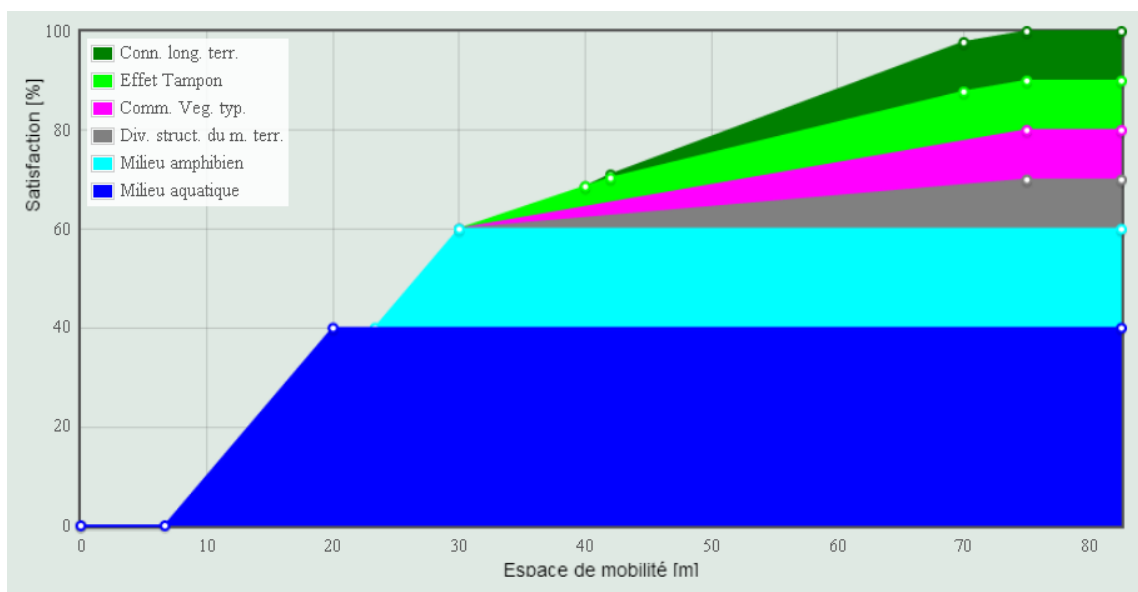


Abb. 98 Wissemme Abschnitt 1, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 99 Wissemme Abschnitt 1, Müligade, Blick flussabwärts



Abb. 100 Wissemme Abschnitt 1, Chnubel, Blick flussaufwärts

Abschnitt 2
km 4.7 – 6.0

Der ebenfalls verbaute Abschnitt 2 erstreckt sich vom Zufluss des Schwandigrabens (km 4.7) bis zum Weiler Schwandacher (km 6.0) (Abb. 102, Abb. 103). Der geringere Abfluss oberhalb des Schwandigrabens führt gegenüber dem Abschnitt 1 zu einer kleineren natürlichen Gewässerbreite. Rechnerisch ergeben sich bei einem HQ5 eine Gleichgewichtsbreite von 12 m und eine Grenzbreite von 58 m.

Die naturnahe Gewässerbreite wird aufgrund der regimetheoretischen Ansätze mit 17 m und die Sohlenbreite mit 11 m definiert. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 57 m (Abb. 101). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 35 m (Tab. 7).

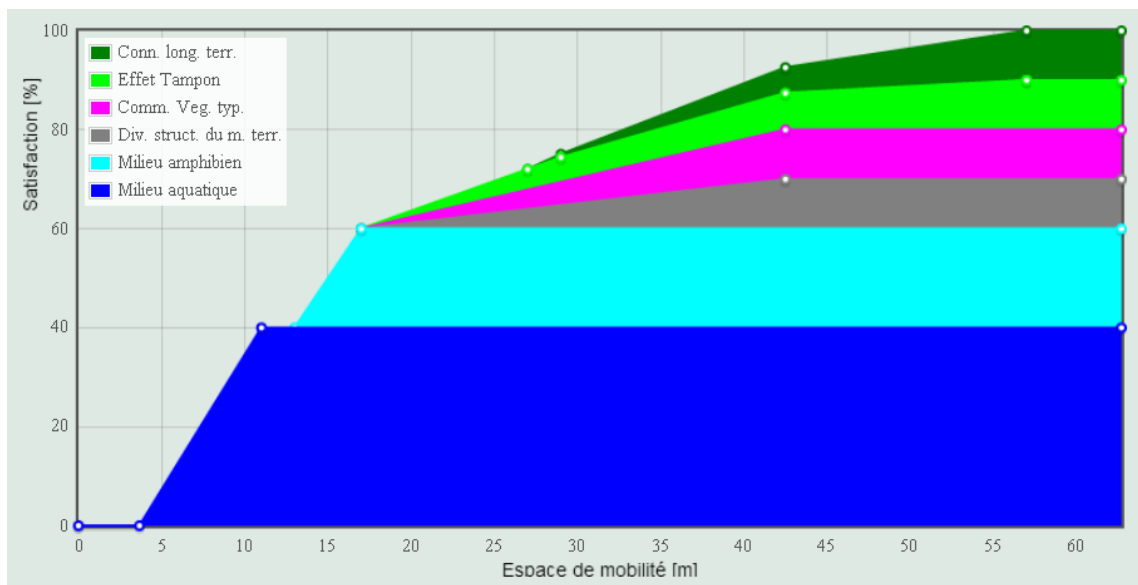


Abb. 101 Wissemme Abschnitt 2, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 102 *Wisseemme Abschnitt 2, Wannebüel, Blick flussabwärts*

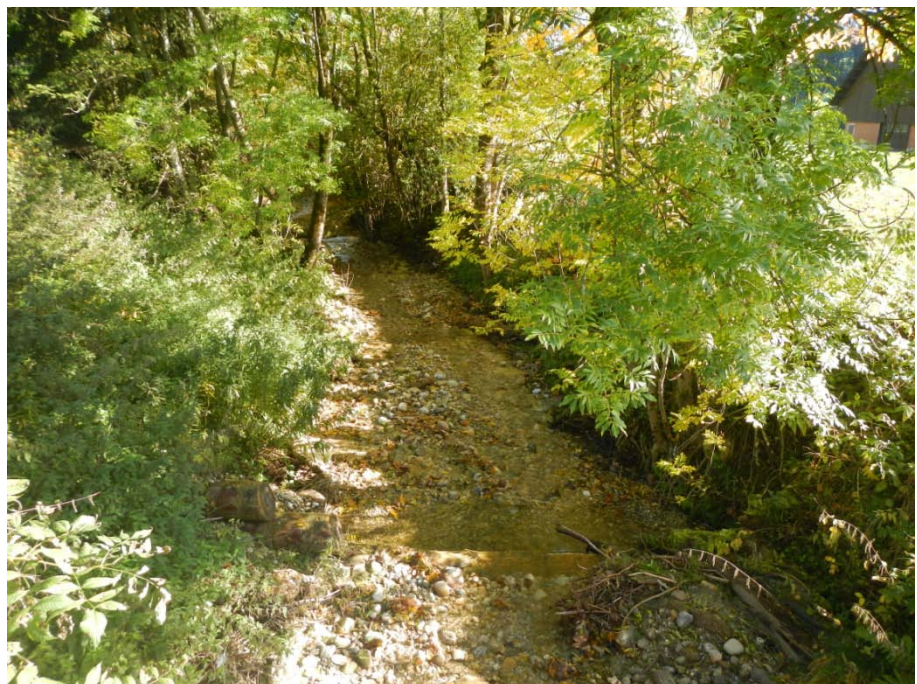


Abb. 103 *Wisseemme Abschnitt 2, Wannebüel, Blick flussabwärts*

7.7 Waldemme (km 0.0 – 18.0)

Die Waldemme fliesst von Sörenberg (km 15.5) Richtung Norden nach Flühli (km 7.0) und weiter Richtung Schüpfheim (km 0.0). Oberhalb Schüpfheim vereinigt sie sich mit der Wissemme und bildet dann die Kleine Emme. Die Waldemme hat ein Gesamteinzugsgebiet von 113 km².

Im Rahmen der Bestimmung des Raumbedarfs wurde die Waldemme in fünf Abschnitte unterteilt (Tab. 8, Abb. 104, Abb. 105).

Tab. 8 Übersicht Charakteristiken Waldemme

Gewässer	Name	Waldemme				
	Abschnitt	1	2	3	4	5
Abschnittsdefinition	GEWISS km von	0.0	1.8	3.7	7.7	10.4
	GEWISS km bis	1.8	3.7	7.7	10.4	18.0
	Länge [km]	1.8	1.9	4.0	2.7	7.6
	Typ	geradlinig	geradlinig	geradlinig	geradlinig	geradlinig
	ausgewählte Grundlagen zur Breitenbestimmung	Berechnungen	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos
Parameter	Gefälle	0.014	0.034	0.020	0.020	0.038
	Einzugsgebiet [km ²]	113	108	102	52	45
	HQ5 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	135	135	125	81	59
	HQ2 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	100	100	92	60	44
	dm [m]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Sohlenbreite IST [m]	18	18	22	15	14
	Gleichgewichtsbreite [m] (Yalin)	31	31	30	24	20
	Grenzbreite [m] (Ashmore)	102	203	126	90	116
gewählte natürl. Breiten	Gewässerbreite [m]	36	20	35	20	16
	Sohlenbreite [m]	31	18	29	16	14
	Minimaler Gewässerraum [m]	61	48	59	46	42
Raumbedarf [m] nach Roulier	100 % Erfüllung	76	60	75	60	56
	90 % Erfüllung	57	41	56	41	37
	80 % Erfüllung	36	20	35	20	16

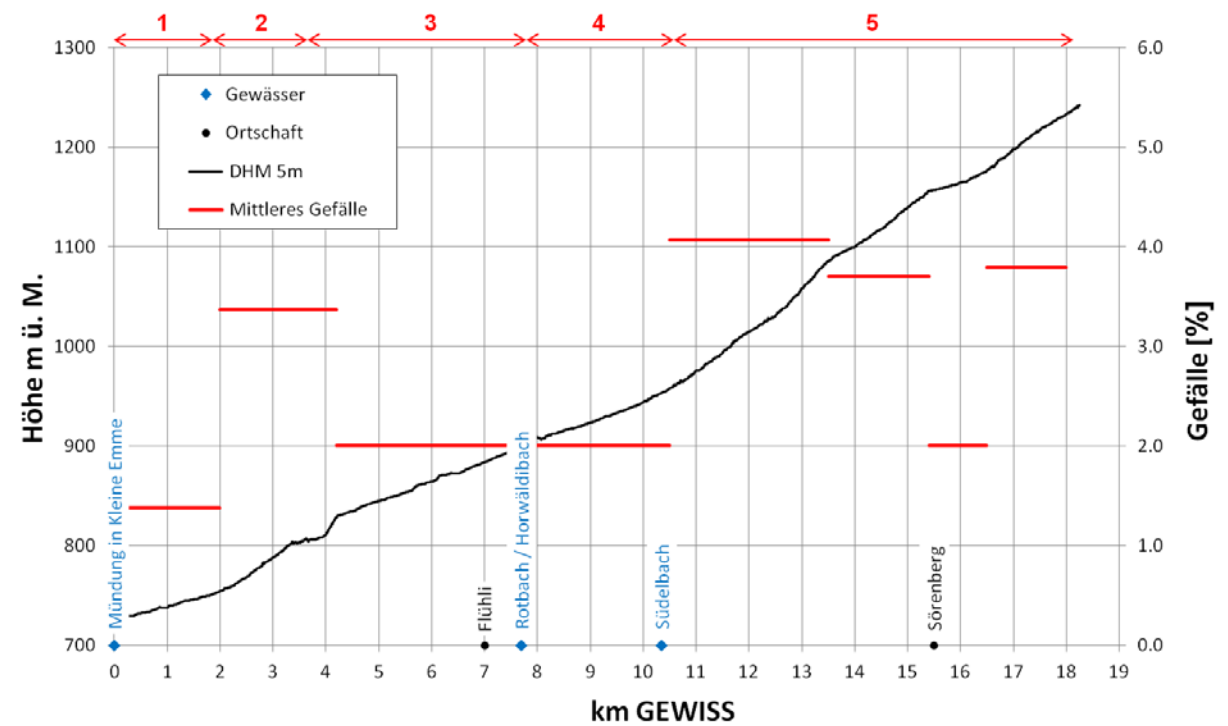


Abb. 104 Längenprofil und mittleres Gefälle der Waldemme

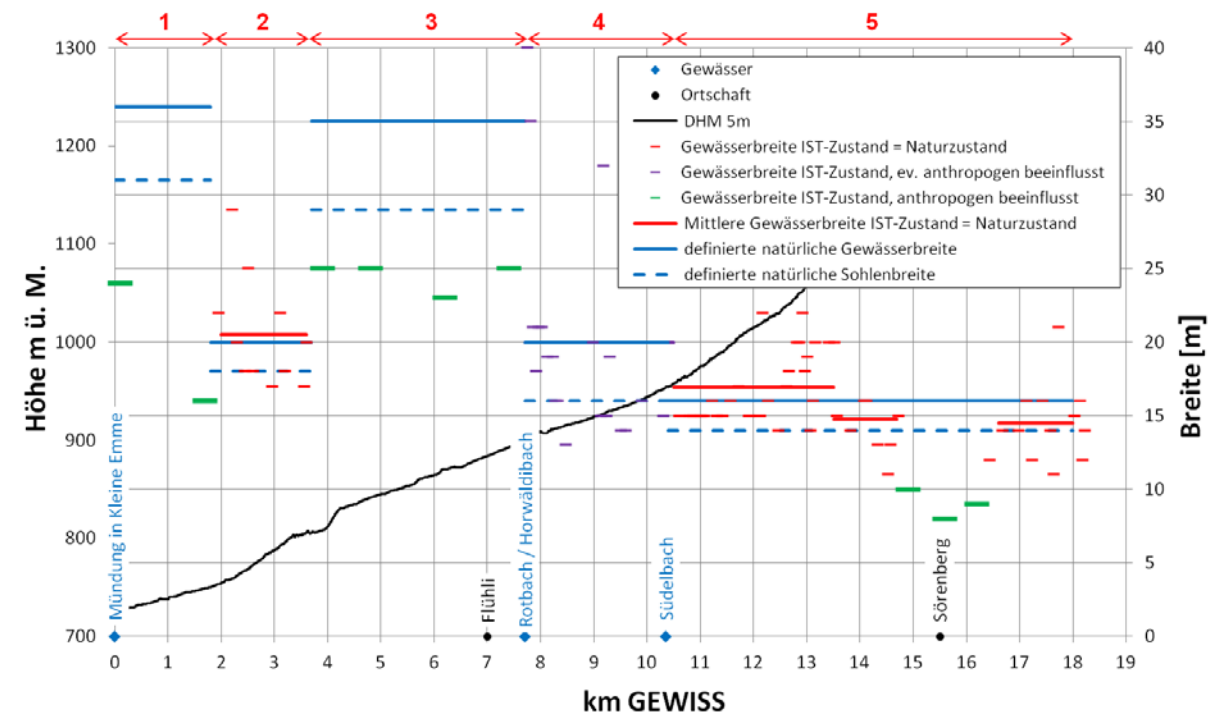


Abb. 105 Gewässerbreite der Waldemme

Abschnitt 1
km 0.0 – 1.8

Der Abschnitt 1 erstreckt sich vom Zusammenfluss mit der Wissemme (km 0.0) bis zum Austritt aus der Lammschlucht (km 1.8). Unterhalb der Schlucht weitet sich das Tal auf und das Gefälle nimmt von 3.4 auf 1.4 ‰ ab. Wegen der breiteren Topografie sowie der Gefälleabnahme ist von einem leichten Auflandungstrend auszugehen. Das heutige Gewässer hat eine Breite von 15 bis 25 m. Der IST-Zustand kann nur bedingt als Referenz verwendet werden, weil die Ufer teilweise verbaut sind (Abb. 107, Abb. 108). Der Gerinnetyp wird als geradlinig definiert. Die regimetheoretischen Ansätze ergeben, mit einem HQ5 als bettbildender Abfluss, eine Gleichgewichtsbreite von 31 m und eine Grenzbreite von 102 m. Wegen des ansteigenden Geländes sowie der relativ engen Breitenverhältnissen unterhalb der Lammschlucht entspricht die natürliche Gewässerbreite eher der Gleichgewichtsbreite.

Die naturnahe Gewässerbreite wird aufgrund regimetheoretischer Ansätze mit 36 m und die Sohlenbreite mit 31 m definiert. Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 76 m (Abb. 106). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 61 m (Tab. 8).

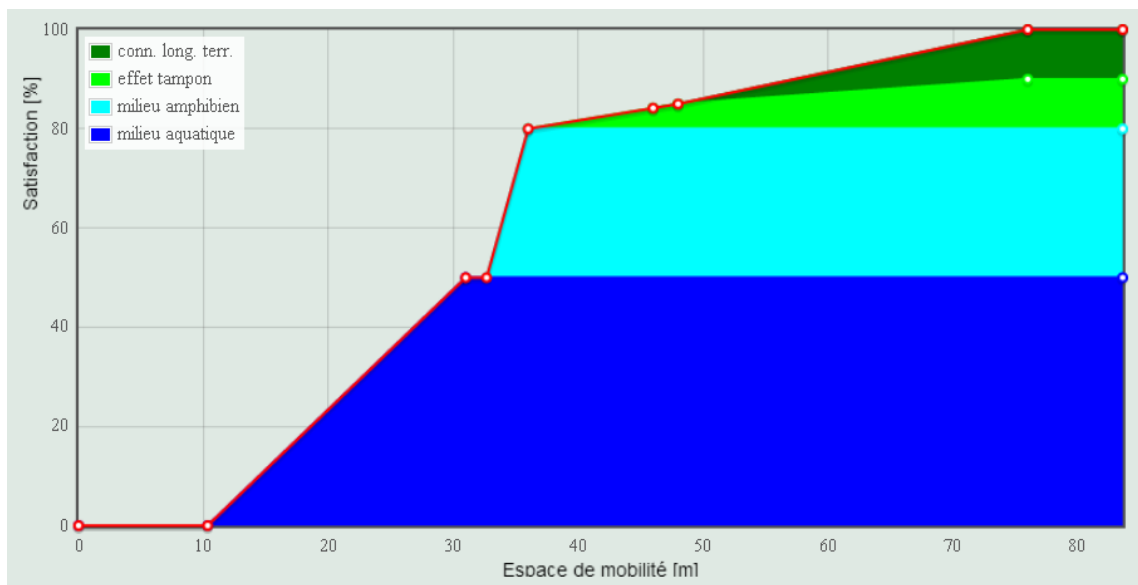


Abb. 106 Waldemme Abschnitt 1, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 107 Waldemme Abschnitt 1, Chlusbode, Blick flussaufwärts



Abb. 108 Waldemme Abschnitt 1, Chlusbode, Blick flussabwärts

Abschnitt 2
km 1.8 – 3.7

Der Abschnitt 2 wird durch die Lammschlucht definiert (km 1.8-3.7). Der IST-Zustand ist mehrheitlich naturbelassen und kann direkt zur Definition der naturnahen Gewässerbreite verwendet werden. Wegen der Schlucht und dem grossen Längsgefälle von 3.4% (Abb. 104) ergibt sich ein relativ schmales, geradliniges Gerinne von 17 - 25 m. In offenerem Gelände würden sich, mit einem HQ5 als bettbildender Abfluss, eine Gleichgewichtsbreite von 31 m und eine Grenzbreite von 203 m einstellen.

Die naturnahe Gewässerbreite wird in Anlehnung an den IST-Zustand auf 20 m und die Sohlenbreite auf 18 m festgelegt (Tab. 8). Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 60 m (Abb. 109). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 48 m.

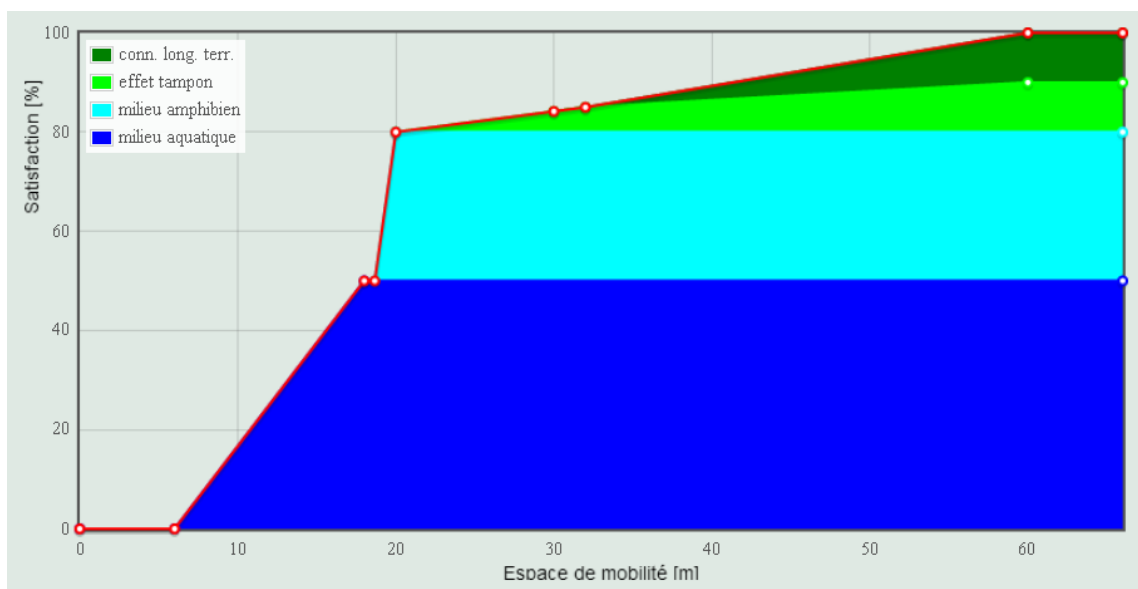


Abb. 109 Waldemme Abschnitt 2, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 110 Waldemme Abschnitt 2, Lammschlucht, Blick flussabwärts



Abb. 111 Waldemme Abschnitt 2, Lammschlucht, Blick flussabwärts

Abschnitt 3
km 3.7 – 7.7

Der Abschnitt 3 erstreckt sich vom Beginn der Lammschlucht (km 3.7) bis zum Zufluss des Rotbaches (km 7.7) oberhalb von Flühli. In diesem halboffenen Gelände ist das heutige Gewässer anthropogen beeinflusst (Abb. 113, Abb. 114, Abb. 115). Heute beträgt die Gewässerbreite ca. 25 m. Das Gefälle ist mit 2% (Abb. 104) deutlich flacher als in der flussabwärts liegenden Lammschlucht. Mit einem HQ5 als bettbildenden Abfluss beträgt die Gleichgewichtsbreite 30 m und die Grenzbreite 126 m.

Wegen des seitlich rasch ansteigenden Geländes entspricht die heutige Gewässerbreite nahezu der Gleichgewichtsbreite. Die naturnahe Gewässerbreite wird darum mit 35 m und die Sohlenbreite mit 29 m definiert (Tab. 8). Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 75 m (Abb. 112). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 59 m.

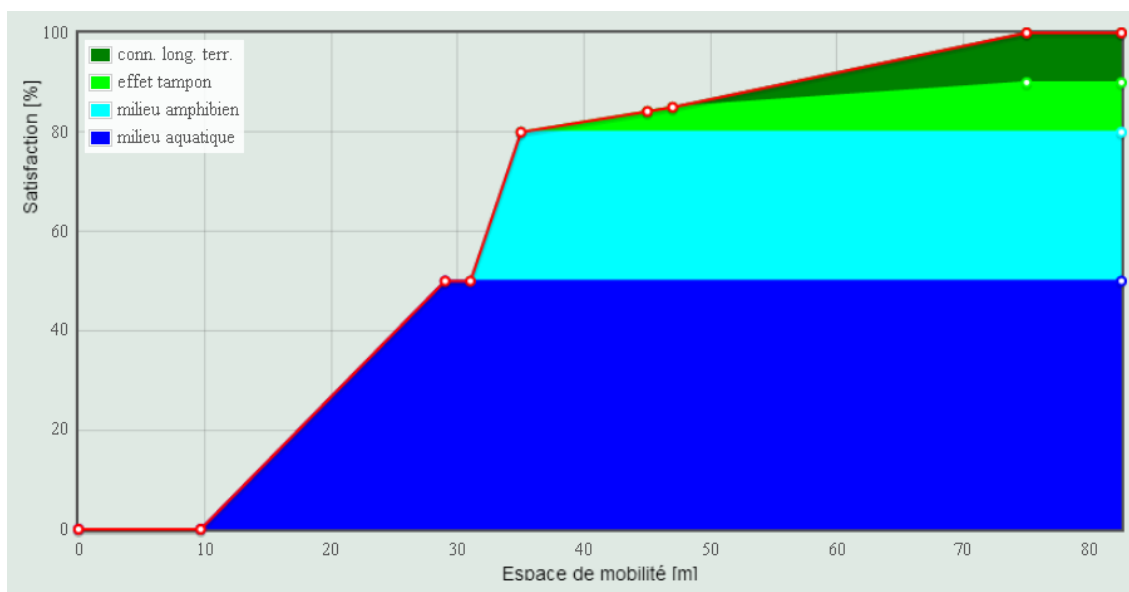


Abb. 112 Waldemme Abschnitt 3, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 113 Waldemme Abschnitt 3, bei Torbach (Flühli), Blick flussabwärts

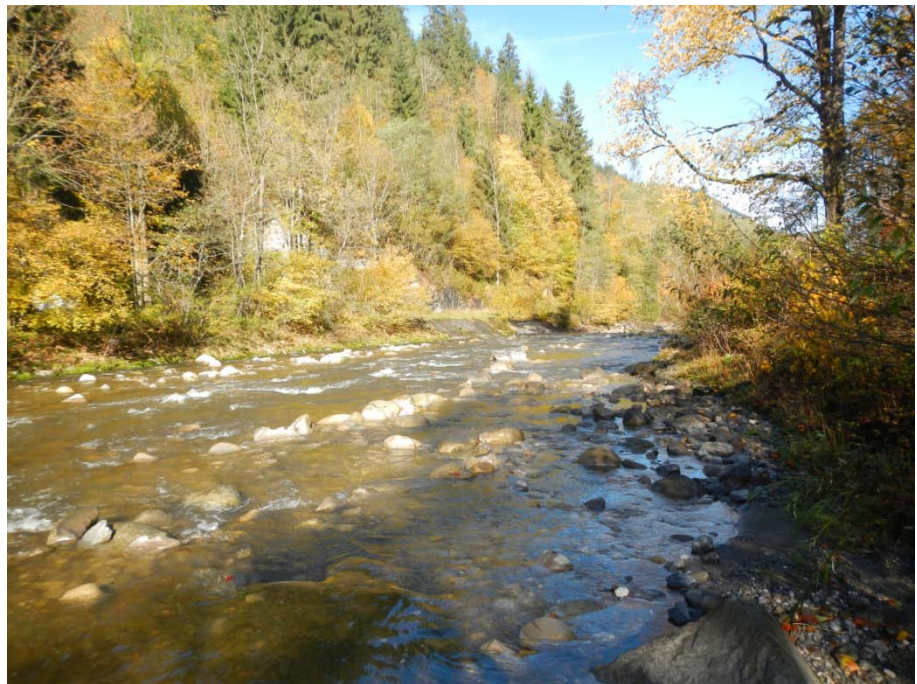


Abb. 114 Waldemme Abschnitt 3, bei Flühli, Blick flussabwärts



Abb. 115 Waldemme Abschnitt 3, vor der Lammschlucht, Blick flussaufwärts

Abschnitt 4
km 7.7 – 10.4

Der Abschnitt 4 verläuft vom Zufluss des Rotbachs (km 7.7) bis zum Zufluss des Südelbachs (km 10.4) bei der Hirseggbrugg. Das Gelände hier ist etwas eingengter als im Abschnitt 3. Zudem ist der Abfluss oberhalb des Rotbaches deutlich geringer. Der IST-Zustand ist leicht anthropogen beeinflusst, kann aber als Referenzgrösse verwendet werden (*Abb. 117, Abb. 118*). Die heutige Gewässerbreite schwankt zwischen 15 und 20 m. Die rechnerischen Ansätze ergeben ohne Geländeeinschränkungen, bei einem HQ5 als bettbildenden Abfluss, eine Gleichgewichtsbreite von 24 m und eine Grenzbreite von 90 m.

Die naturnahe Gewässerbreite wird in Anlehnung an den IST-Zustand und aufgrund der Gleichgewichtsbreite mit 20 m und die Sohlenbreite mit 16 m definiert (*Tab. 8*). Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 60 m (*Abb. 116*). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 46 m.

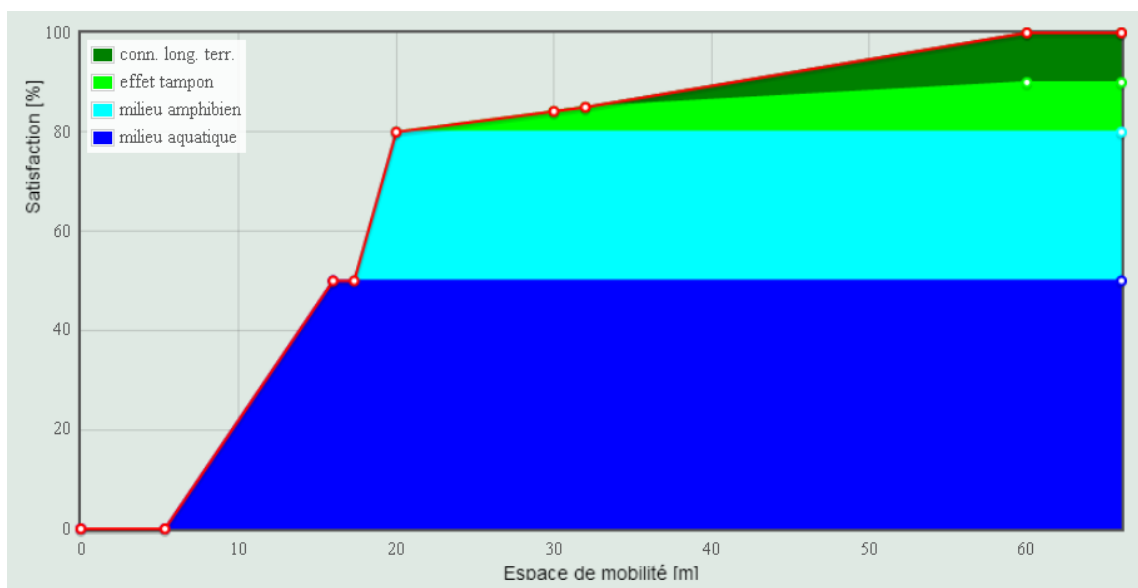


Abb. 116 Waldemme Abschnitt 4, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 117 Waldemme Abschnitt 4, bei Bunthusmettle, Blick flussabwärts



Abb. 118 Waldemme Abschnitt 4, bei Bunthusmettle, Blick flussaufwärts

Abschnitt 5
km 10.4 – 18.0

Der Abschnitt 5 erstreckt sich vom Zufluss des Südelbaches (km 10.4) bis oberhalb von Sörenberg (km 18.0). Wegen der engen topographischen Verhältnisse wird die Breite der Waldemme hier hauptsächlich von den Talflanken definiert. Der IST-Zustand kann, mit Ausnahme des Abschnittes in Sörenberg, direkt zu Bestimmung der Gewässerbreite verwendet werden (Abb. 120, Abb. 121, Abb. 122). Die Breite variiert zwischen 10 und 20 m. Bei Sörenberg beträgt die anthropogen beeinflusste Breite ca. 9 m. Nach der Regimetheorie ergibt sich, bei einem bettbildenden Abfluss von einem HQ5, eine Gleichgewichtsbreite von 20 m und eine Grenzbreite von 116 m. Die rechnerischen Ansätze bestätigen, dass im Abschnitt Sörenberg im naturnahen Zustand breitere Verhältnisse vorhanden wären.

Die naturnahe Gewässerbreite wird in Anlehnung an den IST-Zustand und anhand regimetheoretischer Ansätze mit 16 m, die Sohlenbreite mit 14 m definiert (Tab. 8). Nach Roulier ergibt sich bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 56 m (Abb. 119). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 42 m.

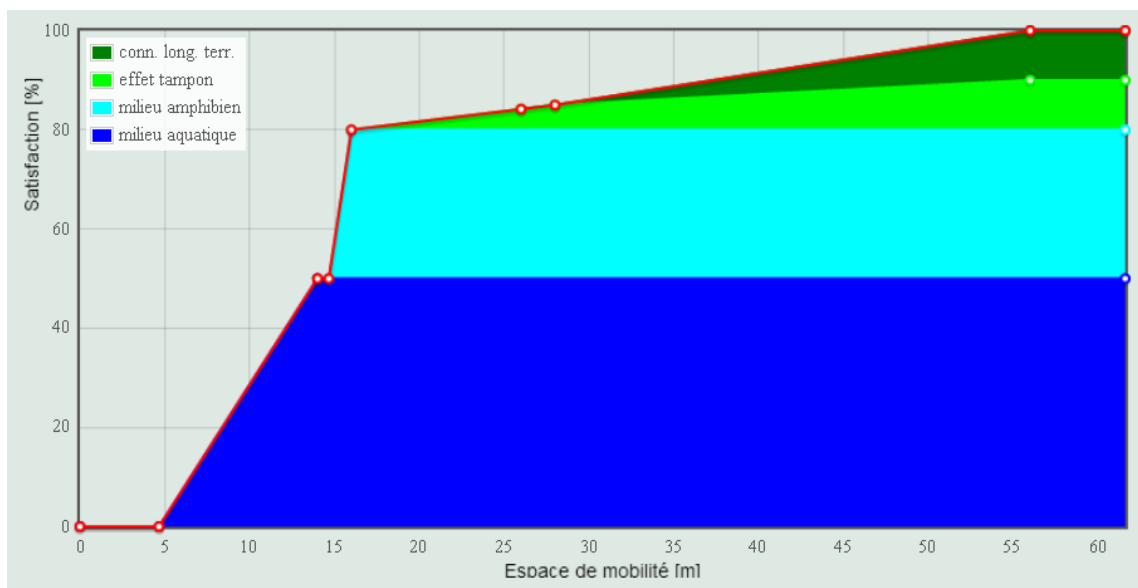


Abb. 119 Waldemme Abschnitt 5, Erfüllung der natürlichen Funktionen in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 120 Waldemme Abschnitt 5, bei Sörenberg, Blick flussaufwärts



Abb. 121 Waldemme Abschnitt 5, bei Sörenberg, Blick flussaufwärts



Abb. 122 Waldemme Abschnitt 5, Vorder-Sunnebergli, Blick flussabwärts

7.8 Rotbach (km 0.0 – 2.5)

Der Rotbach entspringt im Gebiet nördlich vom Nünalpstock und dem Haglere. Kurz vor Flühli mündet er in die Waldemme. Sein Gesamteinzugsgebiet beträgt 23 km².

Zur Bestimmung des Raumbedarfs wurde der Rotbach von seiner Mündung bis zum Zufluss des Seebebaches (GEWISS km 2.5) beurteilt. Der gesamte Betrachtungsperimeter wird als ein homogener Abschnitt beurteilt. (Tab. 9, Abb. 123, Abb. 124)

Tab. 9 Übersicht Charakteristiken Rotbach

Gewässer	Name	Rotbach
	Abschnitt	1
Abschnittsdefinition	GEWISS km von	0.0
	GEWISS km bis	2.5
	Länge [km]	2.5
	Typ	verzweigt
	ausgewählte Grundlagen zur Breitenbestimmung	Berechnungen IST-Zustand Orthofotos
Parameter	Gefälle	0.056
	Einzugsgebiet [km ²]	23
	HQ5 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	47
	HQ2 [m ³ /s] (nach Kürsteiner 1907)	35
	dm [m]	0.15
	Sohlenbreite IST [m]	11
	Gleichgewichtsbreite [m] (Yalin)	17
	Grenzbreite [m] (Ashmore)	99
gewählte natürl. Breiten	Gewässerbreite [m]	22
	Sohlenbreite [m]	11
	Minimaler Gewässerraum [m]	34.5
Raumbedarf [m] nach Roulier	100 % Erfüllung	62
	90 % Erfüllung	49
	80 % Erfüllung	40

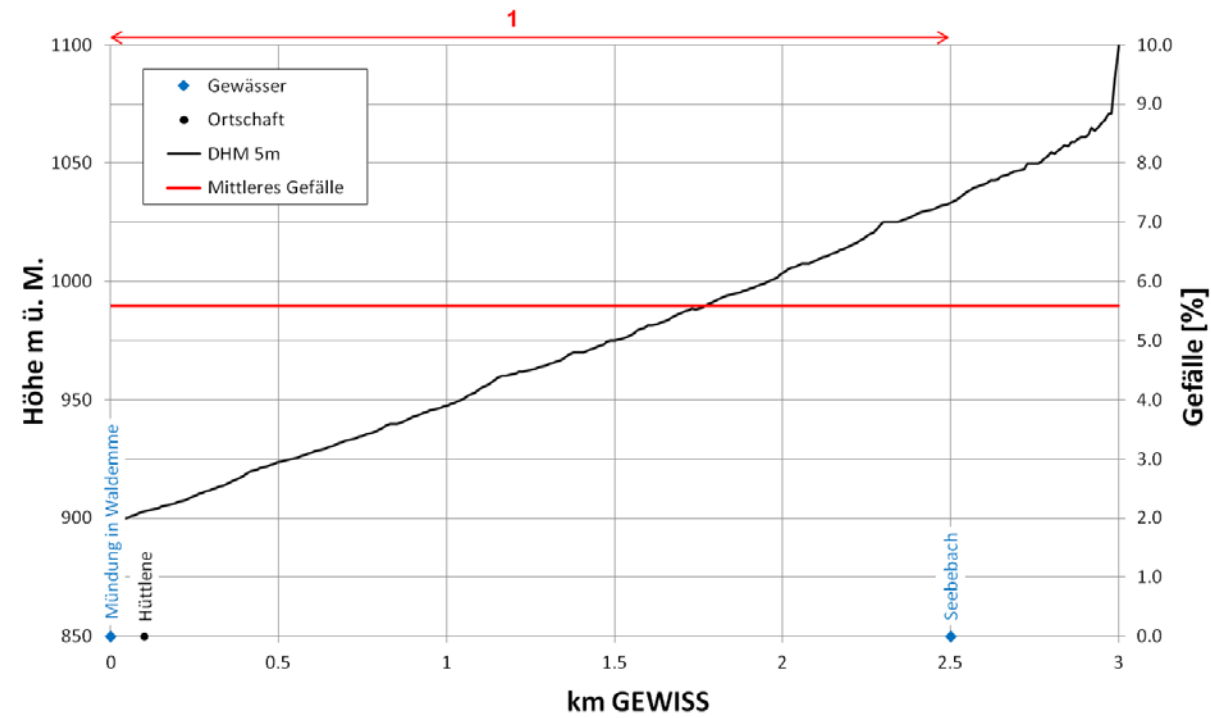


Abb. 123 Längsprofil und mittleres Gefälle des Rotbaches

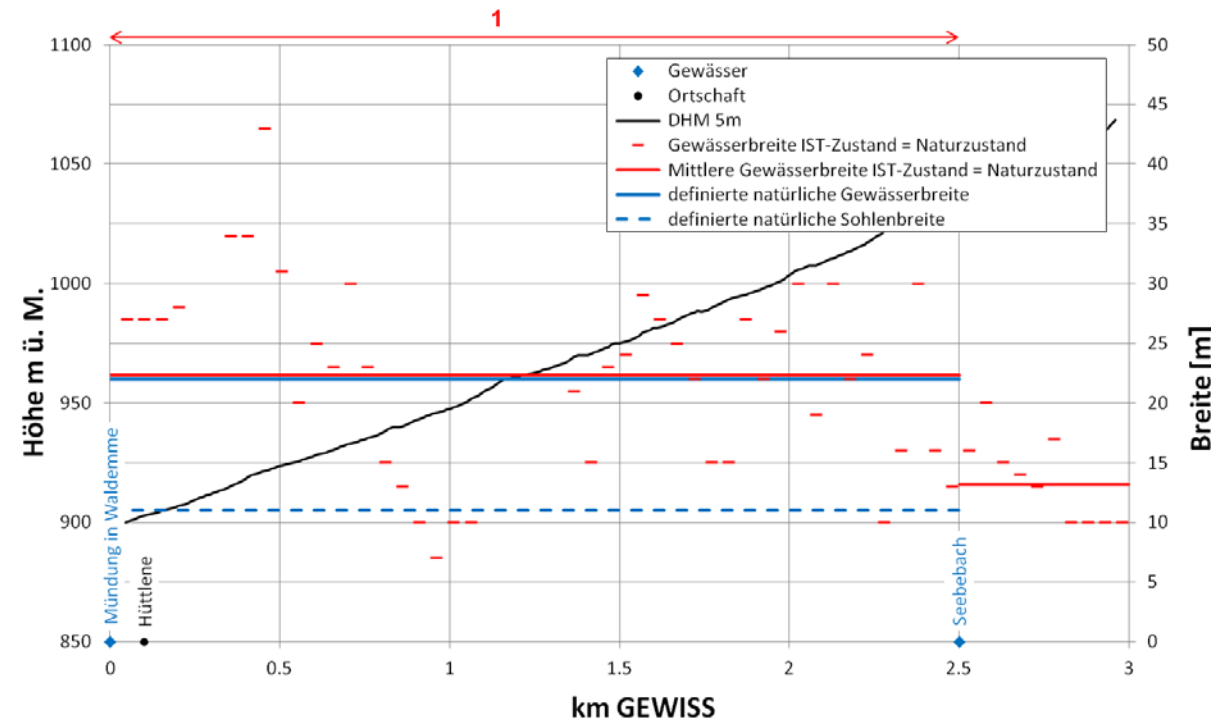


Abb. 124 Gewässerbreite des Rotbaches

Ab der Mündung des Seebebachs bis zur Mündung in die Waldemme sind das Gefälle (Abb. 123) sowie der Abfluss des Rotbaches relativ konstant. Trotz dreier Schwellen sowie der Einengung durch eine Strassenbrücke zeigt sich der Fluss in einem naturnahen Zustand. Die heutige Breite des Gewässers kann darum zur Definition der naturnahen Breite verwendet werden (Abb. 126, Abb. 127).

Die Auswertung des IST-Zustandes zeigt, dass die Gewässerbreite heute zwischen 10 und 35 m variiert (Abb. 124). Es ergibt sich eine mittlere Gewässerbreite von 22 m. Der Gerinnetyp wird als verzweigt definiert. Die regimetheoretischen Ansätze ergeben mit einem HQ5 eine Gleichgewichtsbreite von 17 m und eine Grenzbreite von 99 m. Aufgrund der V-förmigen Taltopografie ist die Gleichgewichtsbreite massgebend, was durch die aktuelle, mittlere Gewässerbreite (22 m) bestätigt wird.

Zur Bestimmung des Raumbedarfs wird die naturnahe Gewässerbreite mit 22 m und die Sohlenbreite wegen der flachen Ufer mit 11 m definiert (Tab. 9). Daraus ergibt sich nach Roulier bei 100% Erfüllung ein Raumbedarf von 62 m (Abb. 125). Die Schlüsselkurve des BAFU definiert einen minimalen Gewässerraum von 35 m.

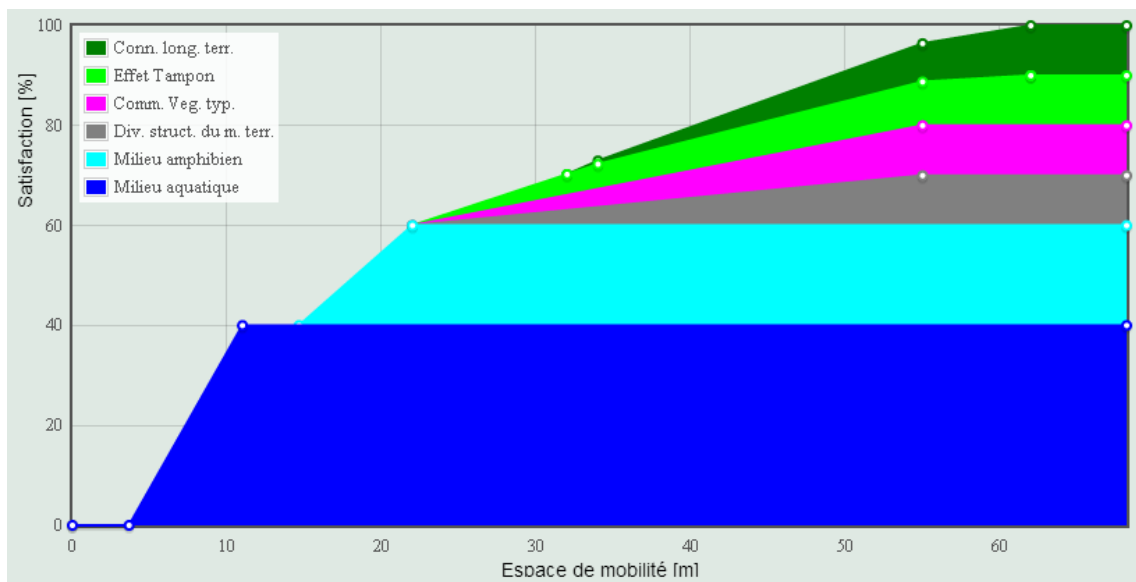


Abb. 125 Erfüllung der natürlichen Funktionen des Rotbaches in Abhängigkeit zur Breite des Gewässerraumes nach Roulier



Abb. 126 *Brücke Kantonsstrasse, Blick flussaufwärts*



Abb. 127 *Brücke Kantonsstrasse, Blick flussabwärts*

8 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde der Raumbedarf der Reuss (Kt. Luzern), sowie der Kleinen Emme und ihrer Zuflüsse mit einer naturnahen Sohlenbreite über 15 m hergeleitet⁵. In einem ersten Schritt wurden die naturnahen Gewässer- und Sohlenbreiten bestimmt. Anschliessend folgte die Berechnung des Raumbedarfs nach der Schlüsselkurve des BAFU (Minimaler Gewässerraum) sowie nach Roulier (Erfüllung der natürlichen Funktionen). Nachfolgend sind die Ergebnisse dieser Auswertung zusammengefasst (Tab. 10).

Tab. 10 Zusammenfassung der Ergebnisse

Gewässer		Sohlenbreite IST [m]	gewählte naturnahe Breiten		Minimaler Gewässerraum [m]	Raumbedarf [m] nach Roulier bei 100% Erfüllung	Grössenzuwachs vom Min. Gewässerraum zu Raumbedarf Roulier [%]
Name	Abschnitt		Sohlenbreite [m]	Gewässerbreite [m]			
Reuss	1	60	87	97	117	242	107
Kleine Emme	1	30	80	90	110	225	105
	2	30	70	80	100	200	100
	3	30	70	80	100	200	100
	4	30	55	60	85	150	76
	5	30	45	55	75	137	83
	6	33	33	35	63	75	19
	7	50	50	55	80	137	71
	8	38	38	40	68	80	18
	9	23	40	50	70	90	29
Rümlig	1	12	30	40	60	100	67
	2	17	17	22	47	62	32
	3	10	25	30	55	70	27
Grosse Fontanne	1	18	18	23	48	63	31
	2	13	13	18	39.5	58	47
	3	6	6	11	22	51	132
Grosse Entle	1	24	24	26	54	66	22
	2	35	35	50	65	125	92
	3	19	19	24	49	64	31
Wiss- emme	1	7	20	30	50	75	50
	2	3	11	17	34.5	57	65
Wald- emme	1	18	31	36	61	76	25
	2	18	18	20	48	60	25
	3	22	29	35	59	75	27
	4	15	16	20	46	60	30
	5	14	14	16	42	56	33
Rotbach	1	11	11	22	34.5	62	80

⁵ Einige der untersuchten Gewässerabschnitte erhielten eine kleinere naturnahe Sohlenbreite als 15 m. Diese Abschnitte wurden in der Auswertung trotzdem berücksichtigt.

Aarau, 20. Dezember 2013

Hunziker, Zarn & Partner AG
Ingenieurbüro für Fluss- und Wasserbau

Sammy Mirjan, dipl. Umwelt-Ing. FH
Dr. Roni Hunziker, dipl. Bau-Ing. ETH