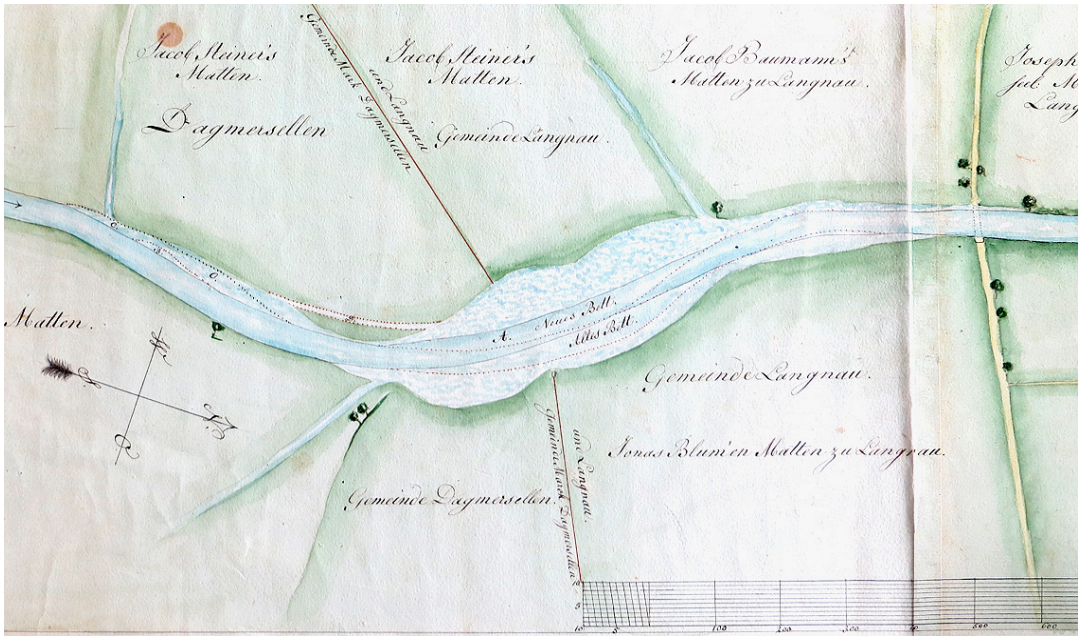
KANTON
LUZERN
Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement

Verkehr und Infrastruktur (vif)
Naturgefahren
Arsenalstrasse 43
6010 Kriens
Telefon 041 318 12 12
Telefax 041 311 20 22
vif@lu.ch
www.vif.lu.ch

Gewässerraum Wigger, Luthern, Suhre und Ilfis



Wigger bei Langnau und deren Ausbruch, kolorierte Zeichnung,1817

Zürich, 14. November 2013

Flussbau AG SAH
dipl. Ing ETH/SIA flussbau.ch
Holbeinstr. 34, CH-8008 Zürich, Tel. 044 251 51 74, Fax 044 251 51 78, sah.zh@flussbau.ch

Inhalt

1 Einleitung ... 1
1.1 Aufgabenstellung und Ziele ... 1
1.2 Grundlagen ... 1
1.3 Gesetzliche Vorgaben ... 2
1.4 Vorgehen ... 3
2 Wigger ... 6
2.1 Ausgangslage ... 6
2.2 Historische Karten ... 6
2.3 Empirische Ansätze ... 7
2.4 Ansatz Rouiller ... 8
2.5 Hydraulische Berechnungen ... 8
2.6 Korrekturfaktor Breitenvariabilität ... 9
2.7 Empfehlungen ... 10
3 Luthern ... 12
3.1 Ausgangslage ... 12
3.2 Empirische Ansätze ... 12
3.3 Ansatz Rouiller ... 13
3.4 Hydraulische Berechnungen ... 14
3.5 Korrekturfaktor Breitenvariabilität ... 14
3.6 Empfehlungen ... 14
4 Suhre ... 16
4.1 Ausgangslage ... 16
4.2 Historische Karten ... 16
4.3 Empirische Ansätze ... 17
4.4 Ansatz Rouiller ... 18
4.5 Hydraulische Berechnungen ... 19
4.6 Korrekturfaktor Breitenvariabilität ... 19
4.7 Empfehlungen ... 19
5 Ilfis ... 21
5.1 Ausgangszustand ... 21
5.2 Historische Karten ... 21
5.3 Empirische Ansätze ... 23
5.4 Ansatz Rouiller ... 23
5.5 Hydraulische Berechnungen ... 24
5.6 Korrekturfaktor Breitenvariabilität ... 25
5.7 Empfehlungen ... 26

Anhang 1 Sensitivitätsanalyse Ansatz Rouiller

Anhang 2 Diagramme nach Rouiller

Planbeilagen:

Plan 1	Gewässerraum Wigger, Luthern, Suhre und Ilfis, Situation	1:50’000
Plan 2	Gewässerraum Wigger, Situation	1:10’000
Plan 3	Gewässerraum Luthern, Situation	1:10’000
Plan 4	Gewässerraum Suhre, Situation	1:10’000
Plan 5	Gewässerraum Ilfis, Situation	1:10’000

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung und Ziele

Gemäss Gewässerschutzgesetz ist der Gewässerraum der Fliessgewässer zu bestimmen und in der Nutzungsplanung festzusetzen. In der Gewässerschutzverordnung bestehen Vorgaben für Fliessgewässer mit natürlicher Sohlenbreite bis 15m. Bei Gewässern mit natürlicher Sohlenbreite >15m ist ein Fachgutachten zu erstellen, wobei die minimale und die erhöhte Gewässerraumbreite festzulegen ist.

In der Gewässerschutzverordnung wird unterschieden zwischen Gewässern in inventarisierten Gebieten (z.B. Auen, Naturschutzgebiete, etc.) und allen übrigen Gewässern. Für inventarisierte Gewässer werden zwar Angaben für Sohlenbreiten >15m gemacht, jedoch ist für den Bezug von Bundesbeiträgen ein erhöhter Gewässerraum nachzuweisen.

Im vorliegenden Bericht werden für die folgenden vier Fliessgewässerabschnitte die minimale sowie die erhöhte Gewässerraumbreite bestimmt:

Wigger: Willisau (Mündung Seewag) bis Kantonsgrenze AG (ca. 15km)

Luthern: Ruefswil (Ufhusen) bis Nebikon (ca. 12km)

Suhre: ab Surseerwald (Kuntwil) bis Kantonsgrenze AG (ca. 8km)

Ilfis: ab Mündung Hilfere-Schonbach bis Kantonsgrenze BE (ca.6km)

Die Lage des Gewässerraums (symmetrisch, asymmetrisch, etc.) ist nicht zu definieren. Bestehende Projekte werden berücksichtigt.

1.2 Grundlagen

Für das vorliegende Gutachten wurden folgende Grundlagen verwendet und berücksichtigt:

[1] Gewässerschutzgesetz GSchG (24. Januar 1991, Stand am 1. Januar 2011).

[2] Gewässerschutzverordnung GSchV (28. Oktober 1998, Stand am 1. August 2011).

[3] Erläuternder Bericht zur Parlamentarischen Initiative Schutz und Nutzung der Gewässer – Änderung der Gewässerschutz-, Wasserbau- Energie- und Fischereiverordnung (April 2011). Bundesamt für Umwelt BAFU.

[4] Fachspezifische Erläuterungen zur Programmvereinbarung im Bereich Revitalisierungen, Teil 11 (September 2011). Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

[5] Espace nécessaire aux grands cours d'eau de Suisse (12.11.2012). Service conseil Zones alluviales, Yverdon-les-Bains. Travail réalisé sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement, Division Eaux.

[6] Historische Pläne und Kartenausschnitte 1817-1905. Staatsarchiv Kanton Luzern.

[7] Gesamtkonzept Suhre, Revitalisierung Unteres Suhrental, Vorprojekt (30.6.2012). Flussbau AG, Agrofutura, AquaPlus, Bucher + Partner AG, Seippel Landschaftsarchitekten GmbH, Suter - von Känel - Wild AG, Aqua Terra. Im Auftrag des Bau- Umwelt- und Wirtschaftsdepartements des Kantons Luzern.

[8] Unteres Suhrental, Revitalisierung, Fachbericht Morphologie (8.12.2010). Flussbau AG. Im Auftrag des Bau- Umwelt- und Wirtschaftsdepartements des Kantons Luzern.

[9] Massgebende Hochwasserabflüsse an der Ilfis und an verschiedenen Seitenbächen (September 2012). Scherrer AG, SoilCom. Im Auftrag des Tiefbauamts des Kantons Bern und des Bau- Umwelt- und Wirtschaftsdepartements des Kantons Luzern.

[10] Geschiebehaushaltsstudie Wigger (in Bearbeitung). Flussbau AG SAH. Im Auftrag des Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartements des Kantons Luzern.

[11] Geschiebehaushaltsstudie Luthern (in Bearbeitung). Flussbau AG SAH. Im Auftrag des Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartements des Kantons Luzern.

1.3 Gesetzliche Vorgaben

Die Gewässerschutzverordnung (GSchV) regelt die Festlegung des Gewässerraums in Art. 41a:

[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.

[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.

Bei Fliessgewässern ab einer natürlichen Sohlenbreite von 15m muss der Gewässerraum im Einzelfall unter Berücksichtigung der Sicherung der natürlichen Funktionen des Gewässers, des Schutzes vor Hochwasser und der Gewässernutzung festgelegt werden [4].

1.4 Vorgehen

Grundlage für die Ermittlung des minimalen und des erhöhten Gewässerraums ist die **natürliche Sohlenbreite**. Diese kann mit Hilfe von historischen Karten, empirischen Formeln (Grenz- und Regimebreite), hydraulischen Ansätzen, dem Gutachten Rouiller oder einem Korrekturfaktor in Abhängigkeit der Breitenvariabilität (Faustformel BAFU) abgeschätzt werden.

Die natürliche **Gerinnebreite** entspricht der natürlichen Sohlenbreite zuzüglich der Böschungen bis zum Beginn des permanenten Bewuchses (Gebüsch, Weichholzaue).

Historische Karten:
Die zu untersuchenden Gewässerstrecken waren zum Zeitpunkt der Erstellung der massstäblichen Karten (Dufour-, Siegfried- und Landeskarten) bereits korrigiert und eingeengt. Daher dienen – soweit vorhanden – Detailpläne einzelner geplanter Korrektionen aus dem Staatsarchiv Luzern, auf welchen der ursprüngliche Zustand dargestellt ist, zur Abschätzung der natürlichen Sohlenbreite sowie zur Bestimmung der Gerinneform.

Empirische Formeln:
Die empirischen Ansätze basieren in der Regel auf einem gerinnebildenden Abfluss (HQ2 – HQ5[1]), dem Gefälle und massgebenden Korndurchmessern. Da verschiedene Ansätze oft recht unterschiedliche Gerinne- resp. Sohlenbreiten ergeben, werden mehrere Ansätze angewendet und deren Resultate verglichen. Einen wesentlichen Einfluss auf die Gerinnebreite hat die Abfluss- und Geschiebedynamik, wobei insbesondere Gewässer mit grosser Geschiebeführung eine deutlich grössere Breite als Gewässer mit geringer Geschiebeführung aufweisen. Dies kommt in den Formeln nicht zum Ausdruck und muss daher situativ berücksichtigt werden.

Zur empirischen Bestimmung der Gerinnebreite B wurden die Ansätze von **Yalin**, **Parker** und **Ikeda** angewendet. Die Ansätze basieren auf dem gerinnebildenden Abfluss Q, der Dichte s = 2.65t/m^3, den charakteristischen Korndurchmessern des Sohlenmaterials[2] d_m und d_{90} sowie dem Gefälle. Als gerinnebildender Abfluss wurden die Werte für HQ2 und HQ5 eingesetzt.

Yalin (2001):

$$B = 1.42 \frac{Q^{0.5}}{(\theta_{cr} \cdot g \cdot (s\text{-}1) \cdot d_m)^{0.25}} = 1.5 \frac{Q^{0.5}}{d_m^{0.25}}$$

---

1 HQ2: Hochwasserereignis mit einem Spitzenabfluss, der durchschnittlich alle 2 Jahre einmal auftritt. HQ5 entsprechend.

2 d_m: mittlerer Korndurchmesser; d_{90}: charakteristischer Korndurchmesser einer Mischung, wobei 90% der Körner feiner sind.

Parker (1979):

$$B = 4.4\left(\frac{Q}{(g \cdot (s\text{-}1) \cdot d_{50\ US})^{0.5}}\right)^{0.5}$$

, US = Unterschicht

Ikeda (1988):

$$B = \frac{Q}{h_{max} \cdot (g \cdot h_{max} \cdot J)^{0.5} \cdot 5.757 \log(7.333 h_{max}/d_{90})} + \left(2.571 + 0.8972 \cdot \frac{1}{\log(7.333 h_{max}/d_{50})}\right) \cdot h_{max}$$

mit $$h_{max} = 0.0615 \cdot (s\text{-}1) \cdot \log\left(19 \frac{d_{90}}{d_{50}}\right)^{-2} \cdot d_{90} \cdot J^{-1}$$

Gutachten Rouiller [5]:

Das Verfahren von **Rouiller** beschreibt einen kombinierten Ansatz zur Ermittlung der Sohlen- und Gewässerbreite unter Berücksichtigung der Sohlenrauigkeit, der Anzahl der Gerinne, des Breiten-Höhen-Verhältnisses sowie der Böschungsneigung [5]. Letztere wurde für die untersuchten Flussabschnitte vereinfacht als 2:3 angenommen. Mit den Sohlen- und Gerinnebreiten und der Mäanderamplitude wird für Fliessgewässer mit Sohlenbreiten von mehr als 15m der erhöhte Gewässerraum bestimmt.

Nach Angabe des BAFU kann der erhöhte Gewässerraum für grosse Fliessgewässer nach Rouiller bestimmt werden, indem die Breite bestimmt wird, bei welcher der Grad der ökologischen Erfüllung mindestens 90% beträgt[3]. Die untersuchten Flussabschnitte der Wigger, Luthern und Ilfis wurden dabei als ‚verzweigt' charakterisiert [5]. Die Mäanderamplitude A, welche zur Bestimmung des erhöhten Gewässerraums nach Rouiller nötig ist, wurde gemäss Zeller (1967) aus der Gerinnebreite B berechnet: $A = 4.5 \cdot B$

Hydraulischer Ansatz (bordvoller Abfluss):

Beim hydraulischen Ansatz wird die Sohlenbreite für einen massgebenden Abfluss unter Annahme eines bordvollen Abflusses bestimmt. Dabei wird für eine natürliche Gerinnetiefe, das natürliche Gefälle und den massgebenden Abfluss (z.B. HQ2 – HQ10) die erforderliche Gerinnebreite bestimmt (Annahme: Rechteckgerinne). Die Unsicherheit dieses Ansatzes besteht darin, eine verlässliche Gerinnetiefe bestimmen zu können.

---

[3] Vorgabe Bundesamt für Umwelt an AWEL (Kt. ZH) vom Frühling 2013, zur Bestimmung des Gewässerraums der Glatt.

Korrekturfaktor Breitenvariabilität (Faustformel BAFU):

Gemäss erläuterndem Bericht des BAFU zur Parlamentarischen Initiative Schutz und Nutzung der Gewässer kann bei eingeengten Gerinnen abhängig von der Breitenvariabilität die natürliche Sohlenbreite mit einem Faktor 1.5 – 2.0 abgeschätzt werden [3]. Der Ansatz ist von den ausgeführten Gewässerverbauungen und Korrektionsmassnahmen abhängig, die in mehreren Etappen erfolgen und sich im Extremfall über mehrere Jahrhunderte erstrecken konnten. Die Faustformel kann daher nur eine Richtgrösse liefern.

Auswertung:

Im vorliegenden Bericht werden alle Ansätze zur Bestimmung der natürlichen Sohlenbreite soweit möglich und sinnvoll angewendet, verglichen und ein massgebender Wert vorgeschlagen. Anschliessend wird für Gewässer mit einer natürlichen Sohlenbreite <15m der minimale und der erhöhte Gewässerraum durch Zuschlag der Uferbereichsbreite gemäss Schlüsselkurve bestimmt. Für Gewässer mit einer natürlichen Sohlenbreite >15m wird der minimale Gewässerraum durch Zuschlag einer Uferbereichsbreite von 2 • 15m und der erhöhte Gewässerraum gemäss Rouiller, unter Berücksichtigung der empfohlenen Sohlenbreite, ermittelt.

2 Wigger

2.1 Ausgangslage

Der Untersuchungsabschnitt erstreckt sich von der Mündung der Seewag (Willisau) bis nach Reiden (Kantonsgrenze). Die Wigger wurde bereits im 19. Jahrhundert auf der gesamten Strecke begradigt und kanalisiert, mit einem Trapezprofil versehen und die Sohle mit Schwellen gegen Erosion gesichert. In einzelnen kurzen Abschnitten wurde die Wigger in den vergangenen Jahren wieder revitalisiert.

Im Staatsarchiv befinden sich massstäbliche Pläne der Wiggerkorrektion zwischen Nebikon und Altishofen, wovon ein Plan einen stark verzweigten Lauf nach einem bedeutenden Hochwasser zeigt. Ansonsten bestehen keine auswertbaren historischen Karten und Pläne.

Die Breite des Gewässerraums wurde für folgende Abschnitte bestimmt (Plan 1):

Wigger (1) Seewag bis Rot

Wigger (2) Rot bis Luthern

Wigger (3) Luthern bis Kantonsgrenze (Reiden)

2.2 Historische Karten

Bei einem Hochwasser im März 1817 erodierte die Wigger unterhalb der Mündung der Luthern die Ufer und weitete das Flussbett stark auf. Alte Karten, die den Ausbruch belegen, zeigen einen dynamischen, geschiebeführenden Fluss mit stark verzweigtem Gerinne. Gemäss dem nach dem Ausbruch erstellten Plan von Altishofen erreicht die Gerinnebreite Werte zwischen 30 und 55m (Bild 1). Die Sohlenbreite ist etwa 5m kleiner.

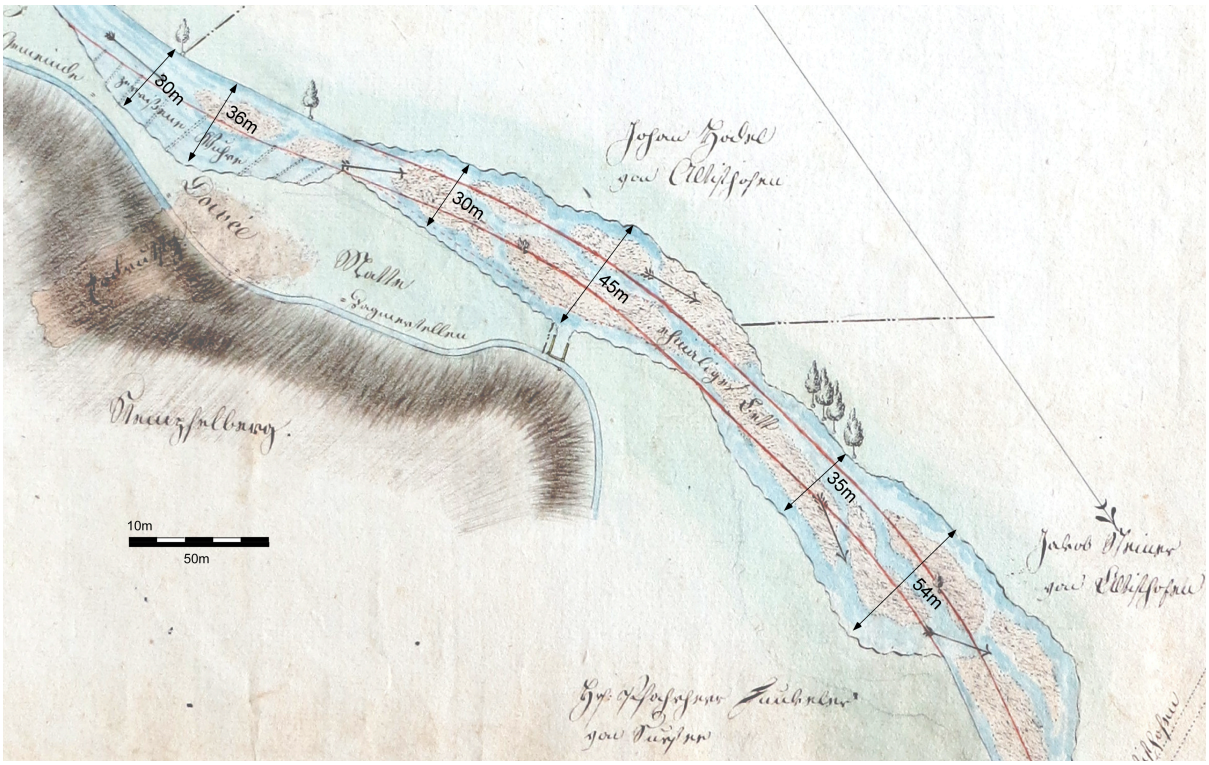


Bild 1 *Federzeichnung Wigger Nebikon-Altishofen, nach dem "Ausreissen", Strasseninspektor Anton Weingartner, 1817 [6].*

2.3 Empirische Ansätze

Für die empirischen Formeln von Yalin, Parker und Ikeda wurden die Eingangsgrössen gemäss Tabelle 1 verwendet (Angaben aus [10]):

Tabelle 1 *Eingangsgrössen zur Berechnung der Gerinnebreite der Wigger mit den empirischen Ansätzen nach Yalin, Parker und Ikeda.*

Abschnitt	Seewag – Rot	Rot – Luthern	Luthern – Reiden
Gefälle J [‰]	7.9	5.6	5.0
dm [cm]	6.0	6.0	6.0
d90 [cm]	12.0	12.0	12.0
HQ2 [m3/s]	33	40	70
HQ5 [m3/s]	44	54	95

Für die Ansätze nach Yalin, Parker und Ikeda ergeben sich die in Tabelle 2 aufgeführten Gerinnebreiten. Die Berechnungen ergeben mit dem Ansatz nach Yalin die kleinsten, mit dem Ansatz nach Ikeda die grössten Werte.

Tabelle 2 Gerinnebreiten der Wigger mit den empirischen Ansätzen nach Yalin, Parker und Ikeda, berechnet mit unterschiedlichen gerinnebildenden Abflüssen (HQ2 / HQ5).

Abschnitt	Seewag – Rot	Rot – Luthern	Luthern – Reiden
B Yalin [m]	17 / 20	19 / 22	25 / 30
B Parker [m]	21 / 25	24 / 27	31 / 36
B Ikeda [m]	29 / 38	24 / 31	35 / 46

2.4 Ansatz Rouiller

In Tabelle 3 sind die nach Rouiller ermittelten Gerinne- und Sohlenbreiten für 2 Gerinne (verzweigtes Gewässer), die berücksichtigte Mäanderamplitude nach Zeller sowie die resultierenden minimalen und erhöhten Gewässerraumbreiten für massgebende Hochwasserabflüsse HQ2 und HQ5 aufgelistet. Das Verhältnis zwischen Gerinnebreite und Abflusstiefe wurde zu 30 und die Gerinnerauigkeit zu $25m^{1/3}/s$ festgelegt. In Anhang 1 ist eine Sensitivitätsanalyse mit unterschiedlichen Parameterkombinationen zu finden.

Es resultiert eine natürliche Sohlenbreite von 20m (Seewag – Rot) bis 32m (flussabwärts Luthern), ein minimaler Gewässerraum von 50m bis 62m und ein erhöhter Gewässerraum von 50m bis 80m.

Tabelle 3 Gerinne- und Sohlenbreiten der Wigger, berechnet mit unterschiedlichen Abflüssen (HQ2 / HQ5). Resultierende minimale Gewässerraumbreite gemäss Schlüsselkurve und erhöhte Gewässerraumbreite nach dem Gutachten Rouiller. Alle Angaben in [m].

Abschnitt	Seewag – Rot	Rot – Luthern	Luthern – Reiden
Gerinnebreite	25 / 28	29 / 32	36 / 40
Mäanderamplitude	113 / 126	131 / 144	162 / 180
Sohlenbreite	20 / 22	23 / 25	29 / 32
Minimaler Gewässerraum	50 / 52	53 / 55	59 / 62
Erhöhter Gewässerraum	50 / 56	58 / 64	72 / 80

Bei Sohlenbreiten, die nur wenig grösser als 15m sind, resultiert nach Rouiller ein erhöhter Gewässerraum, der gleich gross oder nur wenig grösser als der minimale Gewässerraum ist (Abschnitt Seewag – Rot).

2.5 Hydraulische Berechnungen

Der hydraulische Ansatz wird anhand eines historischen Profils bei Alberswil (Abschnitt 1, Seewag – Rot) durchgeführt (Bild 2). Bei einem Gefälle von 7.9‰ erreicht die Abflusstiefe bei bordvollem Abfluss ca. 0.7m (ohne Berücksichtigung HW-Damm).

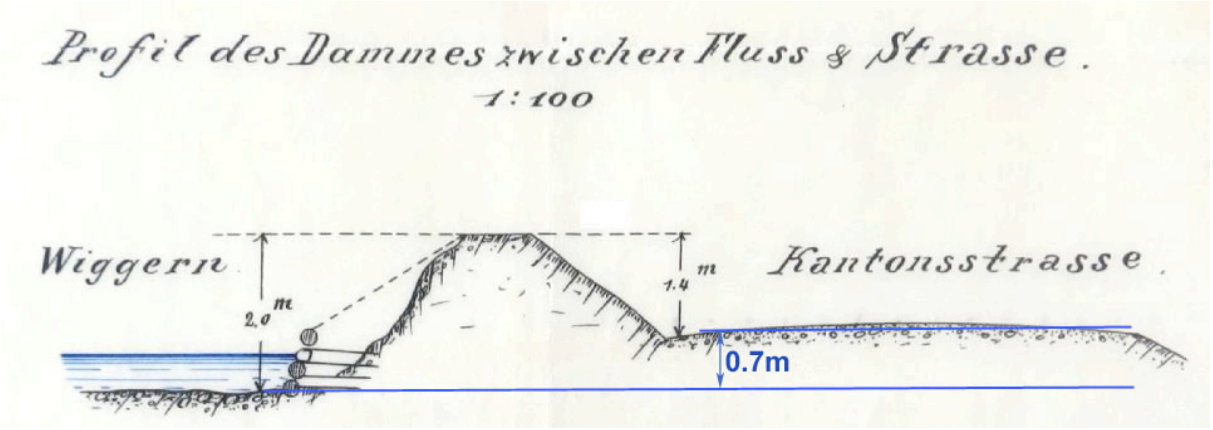


Bild 2 Damm in Alberswil zwischen Wigger Kantonsstrasse (oberster Abschnitt), Querprofil aus ‚Vorschlag für Verbauung der Wiggern längs der Kantonsstrasse in Alberswil', 1897 [6].

In Bild 3 sind die resultierenden Pegel-Abfluss-Beziehungen für unterschiedliche Sohlenbreiten dargestellt. Die massgebenden bordvollen Abflüsse HQ2, HQ5 und HQ10 führen zu Sohlenbreiten von 20 – 32m.

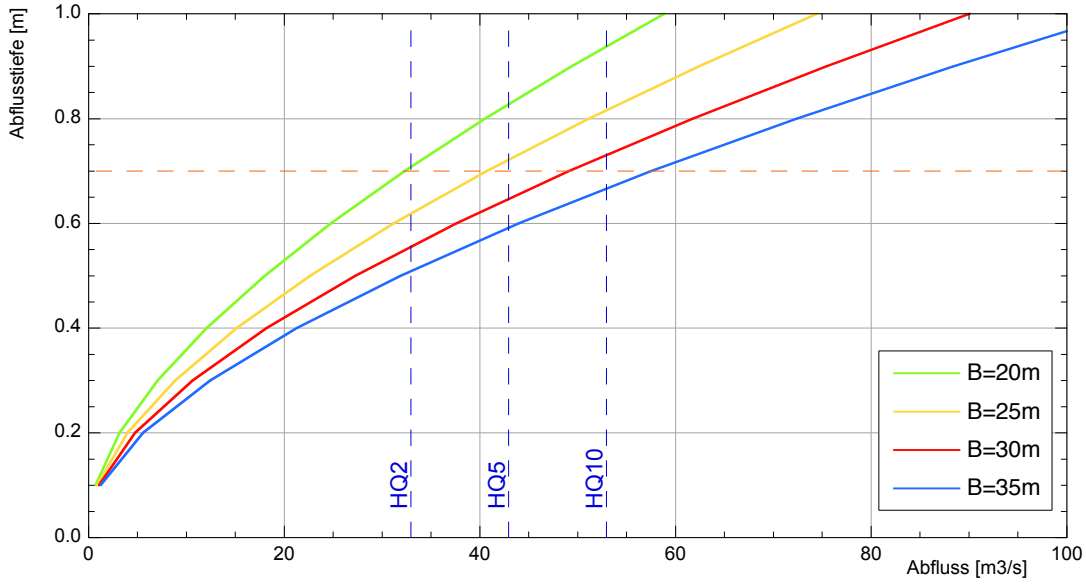


Bild 3 Pegel-Abfluss-Beziehung für Rechteckgerinne mit Sohlenbreiten von 20 – 35m und einem Gefälle von 7.9‰.

2.6 Korrekturfaktor Breitenvariabilität

Bei fehlender Breitenvariabilität wird die Sohlenbreite mit einem Faktor 2.0 multipliziert. Damit resultieren für die drei Wiggerabschnitte folgende natürliche Sohlenbreiten:

Seewag – Rot	14m
Rot – Luthern	18m
Luthern – Kantonsgrenze	25m

2.7 Empfehlungen

In Tabelle 4 sind die natürlichen Gerinne- oder Sohlenbreiten aller verwendeten Ansätze aufgelistet. Es zeigt sich, dass im untersten Abschnitt die Angaben des historischen Plans gut mit den Werten von Ikeda übereinstimmen. Die Ansätze von Parker, Rouiller sowie der hydraulische Ansatz (mittlerer Abschnitt) ergeben um 5 bis 10m geringere Sohlenbreiten. Noch kleiner sind die Sohlenbreiten nach Yalin und gemäss Faustformel BAFU.

Die empfohlene natürliche Sohlenbreite richtet sich nach der historischen Karte, wobei ein knapp mitterer Wert berücksichtigt wurde. Dieser liegt leicht höher als die Sohlenbreiten nach Parker und Rouiller. Für die drei Abschnitte resultieren natürliche Sohlenbreiten von 24m, 27m und 35m, ein minimaler Gewässerraum von 54m, 57m und 65m, sowie ein erhöhter Gewässerraum von 60m, 68m und 88m (Tabelle 4 sowie Anhang 2).

Die resultierenden, eher grossen Sohlenbreiten sind auf die grosse Abfluss- und Geschiebedynamik der Wigger mit einer verzweigten Gerinneform zurückzuführen. Mit der Luthern mündet ein ebenfalls stark geschiebeführendes Gewässer in die Wigger, was flussabwärts von Nebikon zu deutlich grösserer Sohlen- und Gewässerraumbreite führt.

Die Breite der Talebene beträgt 500m (flussabwärts Willisau) bis 1’200m (Langnau – Reiden). Der minimale Gewässerraum erreicht damit 11% (oberster Abschnitt) bis 5% (unterster Abschnitt) dieser Breite.

Tabelle 4 Empfehlung für die natürliche Sohlenbreite, den minimalen und den erhöhten Gewässerraum der Wigger. Alle Angaben in [m].

Abschnitt	**Seewag – Rot**	**Rot – Luthern**	**Luthern – Reiden**
Hist. Plan / Sohlenbreite	–	–	25 – 50
Empir. Formeln / Gerinnebreite	17 – 29 / 20 – 38	19 – 24 / 22 – 31	25 – 35 / 30 – 46
Rouiller / Sohlenbreite	20 / 22	23 / 25	29 / 32
Hydr. Ansatz / Sohlenbreite	–	20 / 32	–
Faustformel BAFU / Sohlenbreite	14	18	25
Empfehlung natürliche Sohlenbreite (Bandbreite und empfohlener Wert)	(22 – 27) 24	(25 – 32) 27	(30 – 45) 35
Gewässerraum minimal	**54**	**57**	**65**
Gewässerraum erhöht	**60**	**68**	**88**

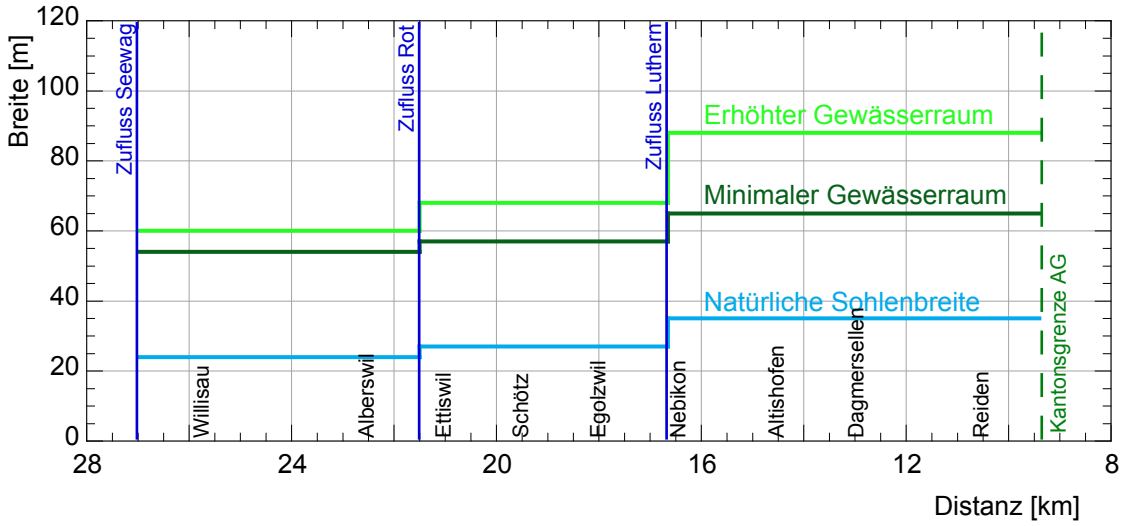


Bild 4 *Längenprofil der Wigger mit natürlicher Sohlenbreite sowie minimalem und erhöhtem Gewässerraum (Empfehlung gemäss Tabelle 4).*

3 Luthern

3.1 Ausgangslage

Der Untersuchungsabschnitt erstreckt sich von Ruefswil (Ufhusen) bis zur Mündung in die Wigger (Nebikon). Die Luthern wurde bereits sehr früh kanalisiert, teilweise an die Talflanke verlegt, eingeengt und die Sohle mit Schwellen gesichert. Im untersten Abschnitt wurde in den vergangenen Jahren der Hochwasserschutz verbessert und die Luthern leicht verbreitert.

Im Staatsarchiv befinden sich keine Pläne der Luthern-Korrektion, die noch den unbeeinflussten Zustand zeigen.

Die Breite des Gewässerraums wurde für folgende Abschnitte bestimmt (Plan 1):

Luthern (1) Ruefswil bis Warmisbach (Zell)

Luthern (2) Warmisbach bis Strickbach (Niderwil)

Luthern (3) Strickbach bis Rickebach (Gläng)

Luthern (4) Rickebach bis Wigger

3.2 Empirische Ansätze

Für die empirischen Formeln von Yalin, Parker und Ikeda wurden die Eingangsgrössen gemäss Tabelle 5 verwendet (aus [11]).

Tabelle 5 Eingangsgrössen zur Berechnung der Gerinnebreite der Luthern mit den empirischen Ansätzen nach Yalin, Parker und Ikeda.

Abschnitt	**Ruefswil – Warmisbach**	**Warmisbach – Strickbach**	**Strickbach – Rickebach**	**Rickebach – Wigger**
Gefälle J [‰]	15.5	11	9	7
dm [cm]	8.0	7.0	6.0	6.0
d90 [cm]	16.0	15.0	14.0	13.0
HQ2 [m3/s]	18	25	26	28
HQ5 [m3/s]	26	36.5	38	41

Für die Ansätze nach Yalin, Parker und Ikeda ergeben sich die in Tabelle 6 aufgeführten natürlichen Gerinenbreiten. Die ermittelten Gerinnebreiten nach Yalin und Parker liegen nahe beieinander, hingegen sind die nach Ikeda berechneten Gerinnebreiten deutlich grösser. Der Ansatz nach Ikeda führt zu kleineren Gerinnebreiten bei abnehmendem Gefälle, da die Gerinne-, resp. Abflusstiefe zunimmt.

Tabelle 6 Gerinnebreiten der Luthern aus den regime-theoretischen Ansätzen nach Yalin, Parker und Ikeda, berechnet mit unterschiedlichen Abflüssen (HQ2 / HQ5).

Abschnitt	Ruefswil – Warmisbach	Warmisbach – Strickbach	Strickbach – Rickebach	Rickebach – Wigger
B Yalin [m]	14 / 17	15 / 18	15 / 19	16 / 19
B Parker [m]	17 / 21	18 / 21	18 / 22	19 / 23
B Ikeda [m]	33 / 48	25 / 36	25 / 35	22 / 31

3.3 Ansatz Rouiller

In Tabelle 7 sind die nach Rouiller ermittelten Gerinne- und Sohlenbreiten für 2 Gerinne, die berücksichtigte Mäanderamplitude nach Zeller sowie die resultierenden minimalen und erhöhten Gewässerraumbreiten für massgebende Hochwasserabflüsse HQ2 und HQ5 aufgelistet. Da die Luthern ein stark geschiebeführendes Gewässer ist und im ursprünglichen Zustand verzweigt war, wurden für die Bestimmung der Mäanderamplituden sowie der erhöhten Gewässerraumbreite die Werte für 2 Gerinne verwendet. Das Breiten-Höhen-Verhältnis wurde für zwei Gerinne zu 35 abgeschätzt. Dieser Wert wurde höher gewählt als bei der Wigger, da die Luthern im Vergleich zur Wigger mehr Geschiebe führt.

Mit dem Ansatz von Rouiller resultieren natürliche Sohlenbreiten für die Luthern zwischen Ruefswil und der Mündung in die Wigger von 16 bis 25m.

Tabelle 7 Gerinne- und Sohlenbreiten der Luthern, berechnet mit unterschiedlichen Abflüssen (HQ2 / HQ5). Resultierende minimale Gewässerraumbreite gemäss Schlüsselkurve und erhöhte Gewässerraumbreite nach Rouiller. Alle Angaben in [m].

Abschnitt	Ruefswil – Warmisbach	Warmisbach – Strickbach	Strickbach – Rickebach	Rickebach – Wigger
Gerinnebreite	19 / 22	23 / 26	24 / 28	26 / 30
Mäanderamplitude	86 / 99	104 / 117	108 / 126	117 / 135
Sohlenbreite	16 / 18	19 / 22	20 / 23	22 / 25
Minimaler Gewässerraum	46 / 48	49 / 52	50 / 53	52 / 55
Erhöhter Gewässerraum	38 / 44	46 / 53	48 / 56	53 / 61

Bei Sohlenbreiten, die nur wenig grösser als 15m sind, resultiert nach Rouiller ein erhöhter Gewässerraum, der kleiner ist als der minimale Gewässerraum (Abschnitte Ruefswil – Warmisbach und Warmisbach – Strickbach).

3.4 Hydraulische Berechnungen

Weil die Luthern auf der gesamten Länge korrigiert ist und die Sohle sich eingetieft hat, kann die Gerinnetiefe im natürlichen Zustand nicht mehr bestimmt werden. Der hydraulische Ansatz ist daher nicht anwendbar.

3.5 Korrekturfaktor Breitenvariabilität

Bei fehlender Breitenvariabilität wird die Sohlenbreite mit einem Faktor 2.0 multipliziert. Damit resultieren für die vier Luthernabschnitte folgende natürliche Sohlenbreiten:

Ruefswil – Warmisbach	14m
Warmisbach – Strickbach	16m
Strickbach – Rickebach	16m
Rickebach – Wigger	17m

3.6 Empfehlungen

In Tabelle 8 sind die natürlichen Gerinne- oder Sohlenbreiten aller verwendeten Ansätze aufgelistet. Historische Karten und Pläne fehlen und der hydraulische Ansatz ist wegen Unsicherheiten der Gerinnetiefe nicht anwendbar. Für die Empfehlung der natürlichen Sohlenbreite wurde ein Wert gewählt, der im oberen Bereich der Werte von Rouiller liegt. Dies in Anlehnung an die Wigger, wo die historische Karte eine deutlich grössere Sohlenbreite als gemäss Rouiller zeigt. Die empirischen Ansätze von Yalin und Parker ergeben bei stark Geschiebe führenden Gewässern zu tiefe Werte. Ikeda ergibt im oberen Abschnitt sehr hohe und der Korrekturfaktor Breitenvariabilität in allen Abschnitten sehr kleine Werte.

Für die vier Abschnitte resultieren empfohlene natürliche Sohlenbreiten von 19, 22, 23 und 25m sowie die minimalen und erhöhten Gewässerräume gemäss Tabelle 8. Die entsprechenden Diagramme nach Rouiller sind in Anhang 2 dargestellt. In Bild 5 sind die empfohlenen Breiten dargestellt.

Der erhöhte Gewässerraum wurde gegenüber dem Ansatz von Rouiller in Anlehnung an den erhöhten Gewässerraum der Wigger vor der Luthernmündung erhöht (Wigger 68m, Luthern 65m).

Tabelle 8 Empfehlung für die natürliche Sohlenbreite, den minimalen und den erhöhten Gewässerraum der Luthern. Alle Angaben in [m].

Abschnitt	**Ruefswil – Warmisbach**	**Warmisbach – Strickbach**	**Strickbach – Rickebach**	**Rickebach – Wigger**
Hist. Plan / Sohlenbreite	–	–	–	–
Empir. Formeln / Gerinnebreite	14 – 33 / 17 – 48	15 – 25 / 18 – 36	15 – 25 / 19 – 35	16 – 22 / 19 – 31
Rouiller / Sohlenbreite	16 / 18	19 / 22	20 / 23	22 / 25
Hydr. Ansatz / Sohlenbreite	–	–	–	–
Faustformel BAFU /Sohlenbreite	14	16	16	17
Empfehlung natürliche Sohlenbreite (Bandbreite und empfohlener Wert)	(17 – 21) 19	(18 – 26) 22	(20 – 25) 23	(22 – 28) 25
Gewässerraum minimal	**49**	**52**	**53**	**55**
Gewässerraum erhöht empfohlen (sowie nach Rouiller mit gewählter Sohlenbreite)	**55** (46)	**58** (53)	**60** (56)	**65** (61)

Die Breite der Talebene nimmt von 300 - 350m auf ca. 600m zu (lokal auch mehr). Damit erreicht der minimale Gewässerraum 9 – 16% der Breite der Talebene.

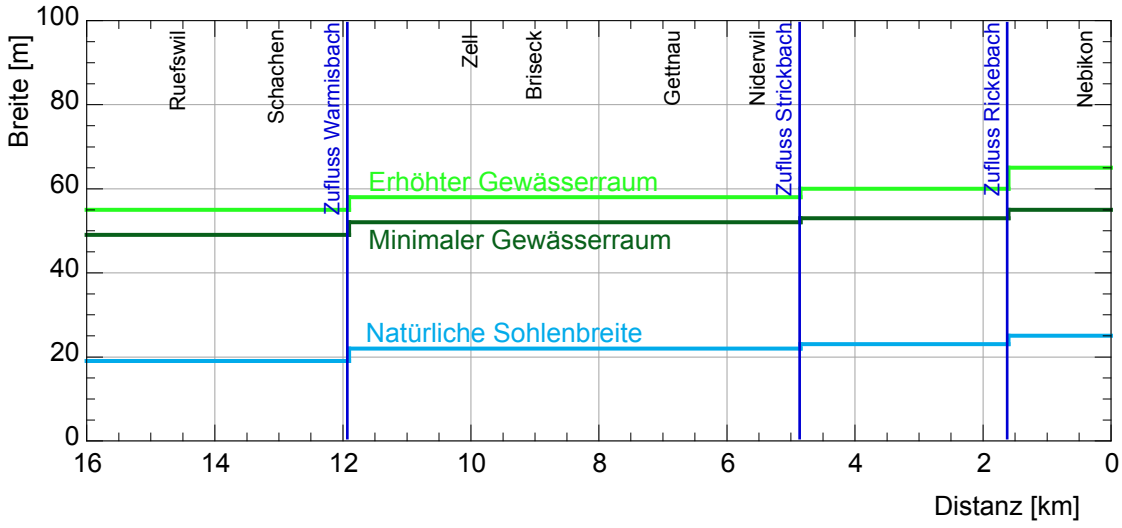


Bild 5 Längenprofil der Luthern mit natürlicher Sohlenbreite sowie minimalem und erhöhtem Gewässerraum (Empfehlung gemäss Tabelle 8).

4 Suhre

4.1 Ausgangslage

Der Untersuchungsabschnitt erstreckt sich vom Surseerwald bis zur Kantonsgrenze (Triengen). Die Suhre war im natürlichen Zustand ein mäandrierendes Gewässer mit fehlender oder nur sehr geringer Geschiebeführung. Im 19. Jahrhundert wurde die Suhre begradigt, mit einem einheitlichen Trapezprofil versehen und die Sohle gesichert.

Im Staatsarchiv befinden sich massstäbliche Pläne der Suhrenkorrektion bei Triengen, die noch den naturnahen Zustand des Gewässers zeigen. Ansonsten bestehen keine auswertbaren historischen Karten und Pläne.

Die Breite des Gewässerraums wurde für folgende Abschnitte bestimmt (Plan 1):

Suhre (1) Surseerwald bis Lindehof (Knutwil)

Suhre (2) Lindehof bis Huetterbach (Winikon)

Suhre (3) Huetterbach bis Kantonsgrenze

4.2 Historische Karten

Auf der historischen Karte der Suhren-Korrektion um 1898 zwischen Triengen und Reitnau [6] ist der ursprünglich pendelnde Lauf des Flusses erkennbar (Bild 6).

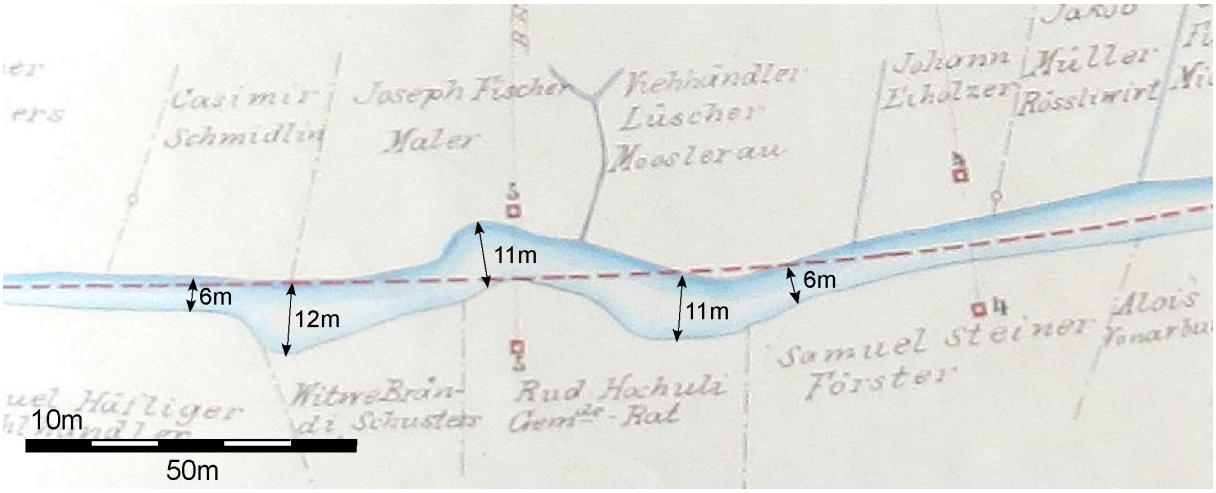


Bild 6 Teil 1 *Abschnitt der Suhre bei Eichwald aus der Karte "Suren Correction, Grenzstrecke Triengen – Reitnau", 1898 [6].*

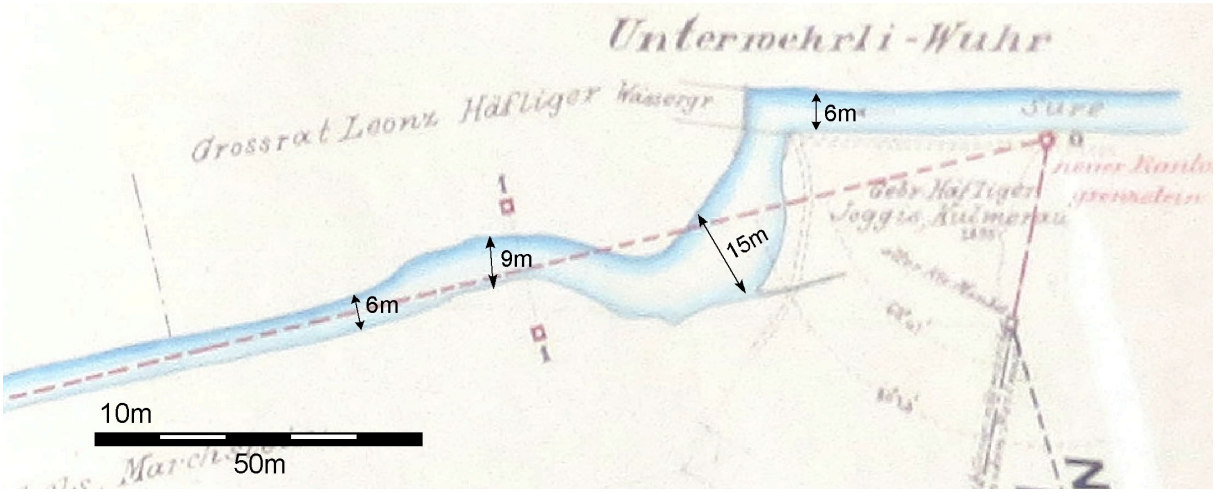


Bild 6 Teil 2 *Abschnitt der Suhre bei Unterwehrli aus der Karte "Suren Correction, Grenzstrecke Triengen – Reitnau", 1898 [6].*

Die Sohlenbreite variierte zwischen 9 und 15m. Bei Breiten um 6m dürfte die Suhre bereits eingeengt worden sein. Die mit 15m breiteste Stelle zeigte die Suhre beim Unterwehrli-Wuhr.

4.3 Empirische Ansätze

Für die empirischen Formeln von Yalin, Parker und Ikeda wurden die Eingangsgrössen gemäss Tabelle 9 verwendet (übernommen aus [7] und [8]). Die mittleren Korndurchmesser der Sohle dm wurden aus den Werten für d90 abgeschätzt und basieren nicht auf Linienproben.

Tabelle 9 *Eingangsgrössen zur Berechnung der Gerinnebreite der Suhre mit den empirischen Ansätzen nach Yalin, Parker und Ikeda. Berechnungspunkte entsprechend [7] und [8].*

Abschnitt	**Surseerwald – Lindehof**	**Lindehof – Huetterbach**	**Huetterbach – Kantonsgrenze**
Gefälle J [‰]	2.5	0.9	6.0
dm [cm]	7.0	2.0	7.0
d90 [cm]	15.0	4.0	15.0
HQ2 [m3/s]	3 – 5	7 – 10	12
HQ5 [m3/s]	4 – 12	15 – 18	20

Für die Ansätze nach Yalin, Parker und Ikeda ergeben sich die in Tabelle 10 aufgeführten natürlichen Gerinenbreiten. Im ersten und dritten Abschnitt ergeben alle drei Ansätze Werte in derselben Grössenordnung. Im mittleren, sehr flachen Abschnitt sind die Werte von Ikeda deutlich kleiner als diejenigen von Yalin und Parker.

Tabelle 10 Gerinnebreiten der Suhre aus den regime-theoretischen Ansätzen nach Yalin, Parker und Ikeda, berechnet mit unterschiedlichen Abflüssen (HQ2 / HQ5).

Abschnitt	Surseerwald – Lindehof	Lindehof – Huetterbach	Huetterbach – Kantonsgrenze
B Yalin [m]	5 – 7 / 5 – 10	11 – 13 / 15 – 17	10 / 13
B Parker [m]	6 – 8 / 7 – 12	13 – 16 / 19 – 21	12 / 16
B Ikeda [m]	7 – 8 / 7 – 9	7 – 8 / 10 – 11	8 / 12

4.4 Ansatz Rouiller

In Tabelle 11 sind die nach Rouiller ermittelten Gerinne- und Sohlenbreiten, die berücksichtigte Mäanderamplitude nach Zeller sowie die resultierenden minimalen und erhöhten Gewässerraumbreiten für massgebende Hochwasserabflüsse HQ2 und HQ5 aufgelistet. Im natürlichen Zustand wiesen die Steilstrecken im oberen und unteren Teilabschnitt der Suhre gemäss [7] und [8] einen eher gestreckten Verlauf mit leichter Tendenz zur Ausbildung alternierender Kiesbänke auf. Die mittlere Flachstrecke zeigte ein mäandrierendes Gerinne. Die hydraulische Berechnung wurde daher für ein Gerinne durchgeführt. Der Wert für das Verhältnis der Gerinnebreite zur Abflusstiefe wurde zu 16 festgelegt.

Für den obersten Abschnitt resultiert eine Sohlenbreite von 6 – 7m, für die Flachstrecke die grösste Sohlenbreite von 10 – 13m und für den untersten Abschnittt eine Sohlenbreite von 9 – 11m.

Alle ermittelten Sohlenbreiten sind kleiner als 15m (vgl. auch Kap. 4.2 und 4.3). Daher hat die Berechnung des Gewässerraums nach Rouiller nur orientierende Bedeutung.

Tabelle 11 Gerinnebreiten und Sohlenbreiten der Suhre nach Rouiller für 1 Gerinne sowie berücksichtigte Mäanderamplitude nach Zeller, berechnet mit unterschiedlichen Abflüssen (HQ2 / HQ5). Resultierende minimale und erhöhte Gewässerraumbreite gemäss Schlüsselkurve. Alle Angaben in [m].

Abschnitt	Surseerwald – Lindehof	Lindehof – Huetterbach	Huetterbach – Kantonsgrenze
Gerinnebreite	8 / 9	12 / 16	11 / 14
Mäanderamplitude	36 / 41	54 / 72	50 / 63
Sohlenbreite	6 / 7	10 / 13	9 / 11
Minimaler Gewässerraum	22 / 25	32 / 40	30 / 35
Erhöhter Gewässerraum	36 / 37	40 / 43	39 / 41

4.5 Hydraulische Berechnungen

Weil die Suhre auf der gesamten Länge korrigiert und die Sohle abgesenkt wurde, kann die Gerinnetiefe im natürlichen Zustand nicht mehr bestimmt werden. Der hydraulische Ansatz ist daher nicht anwendbar.

4.6 Korrekturfaktor Breitenvariabilität

Bei fehlender Breitenvariabilität wird die Sohlenbreite mit einem Faktor 2.0 multipliziert. Damit resultieren für die drei Suhrenabschnitte folgende natürliche Sohlenbreiten:

Surseerwald – Lindehof	10m
Lindehof – Huetterbach	11m
Huetterbach – Kantonsgrenze	12m

4.7 Empfehlungen

In Tabelle 12 sind die natürlichen Gerinne- oder Sohlenbreiten aller verwendeten Ansätze aufgelistet. Historische Grundlagen bestehen nur für den untersten Abschnitt und der hydraulische Ansatz ist wegen Unsicherheiten der Gerinnetiefe nicht anwendbar.

Die Empfehlung der natürlichen Sohlenbreite stützt sich im untersten Abschnitt im Wesentlichen auf den historischen Plan, dessen Auswertung gut mit einem Durchschnittswert der empirischen Formeln unter Berücksichtigung eines HQ5 zusammenpasst (Gerinnebreite abzüglich 2m). Für den obersten Abschnitt wurden die höchsten empirischen Werte und für den mittleren Abschnittt die kleinsten empirischen Werte berücksichtigt (bei massgebendem HQ5). Die resultierenden natürlichen Sohlenbreiten passen gut mit den Werten gemäss Faustformel BAFU zusammen.

Für die drei Abschnitte resultieren empfohlene natürliche Sohlenbreiten von 10, 12 und 12m sowie die minimalen und erhöhten Gewässerräume gemäss Tabelle 12. In Bild 7 sind die empfohlenen Breiten im Längenprofil dargestellt.

Die resultierenden natürlichen Sohlenbreiten sind vergleichsweise klein, was auf die geringe Abflussdynamik (Seeausfluss) und die praktisch fehlende Geschiebeführung zurückzuführen ist.

In Tabelle 12 angegeben ist zudem das Pendelband, das den Bereich umfasst, der durch das Mäandrieren des Gewässers beansprucht werden kann. Gemäss Wegleitung BAFU sollte das Pendelband das 5 – 6-fache der natürlichen Sohlenbreite betragen.

Tabelle 12 Empfehlung für die natürliche Gerinne- oder Sohlenbreite, den minimalen und den erhöhten Gewässerraum der Suhre. Alle Angaben in [m].

Abschnitt	**Surseerwald – Lindehof**	**Lindehof – Huetterbach**	**Huetterbach – Kantonsgrenze**
Hist. Plan / Sohlenbreite	–	–	9 – 15
Empir. Formeln / Gerinnebreite	5 – 8 / 5 – 12	7 – 16 / 10 – 21	8 – 12 / 12 – 16
Rouiller / Sohlenbreite	6 / 7	10 / 13	9 / 11
Hydr. Ansatz / Sohlenbreite	–	–	–
Faustformel BAFU / Sohlenbreite	10	11	12
Empfehlung natürliche Sohlenbreite (Bandbreite und empfohlener Wert)	(8 – 10) 10	(11-15) 12	(10-14) 12
Gewässerraum minimal	**32**	**37**	**37**
Gewässerraum erhöht	**40**	**42**	**42**
Pendelband	50 - 60	60 - 72	60 - 72

Die aufgrund der angewendeten Ansätze empfohlenen Sohlenbreiten und die daraus ermittelten minimalen und erhöhten Gewässerraumbreiten stimmen mit den Werten aus Grundlage [7] überein.

Die Breite der Talebene beträgt 1’500m (Geuensee - Büron) bis 1’000m (Triengen – Winikon). Der minimale Gewässerraum erreicht damit 2 – 4% dieser Breite.

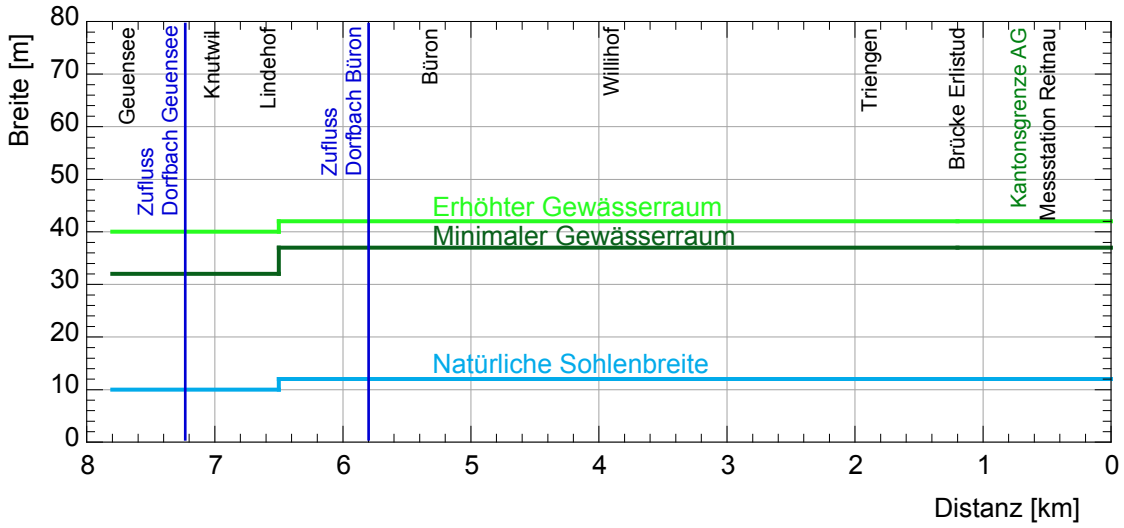


Bild 7 Längenprofil der Suhre mit natürlicher Sohlenbreite sowie minimalem und erhöhtem Gewässerraum (Empfehlung gemäss Tabelle 12).

5 Ilfis

5.1 Ausgangszustand

Der Untersuchungsabschnitt erstreckt sich vom Zusammenfluss von Hilfere und Schonbach bis zur Kantonsgrenze (Dürrenbach / Kröschenbrunnen). Die Ilfis war im natürlichen Zustand ein verzweigtes Gewässer mit ausgeprägter Geschiebeführung. Ende 19. / Anfang 20. Jahrhundert wurde die Ilfis korrigiert, mit einem einheitlichen Trapezprofil versehen und die Sohle mit Schwellen gesichert.

Im Staatsarchiv befinden sich massstäbliche Pläne der Ilfiskorrektion zwischen Wiggen und Trubschachen, die teilweise noch den naturnahen Zustand des Gewässers zeigen.

Die Breite des Gewässerraums wurde für folgende Abschnitte bestimmt (Plan 1):

Ilfis (1) Hilfere – Äschlisbach (Wiggen)

Ilfis (2) Äschlisbach bis Schärligbach

Ilfis (3) Schärligbach bis Kröschenbrunnen

5.2 Historische Karten

Historische Pläne der Ilfis zeigen einen verzweigten Flusslauf mit Kiesbänken.

Bild 8 (nächste Seite) zeigt zwei natürliche Abschnitte, wo die Ilfis mit Buhnen und Längsverbau eingeengt wurde (unterster Abschnitt zwischen Wiggen und Kröschenbrunnen). Bei Mühlematten (Bild oben) schwankte die Gerinnebreite zwischen 33m und 50m, bei Schachlimatten (Bild unten) zwischen 25m und 42m. Die Sohlenbreite ist ca. 5m schmaler.

Die Sohlenbreite des Korrektionsprofils beträgt bei Kröschenbrunnen ca. 18m.

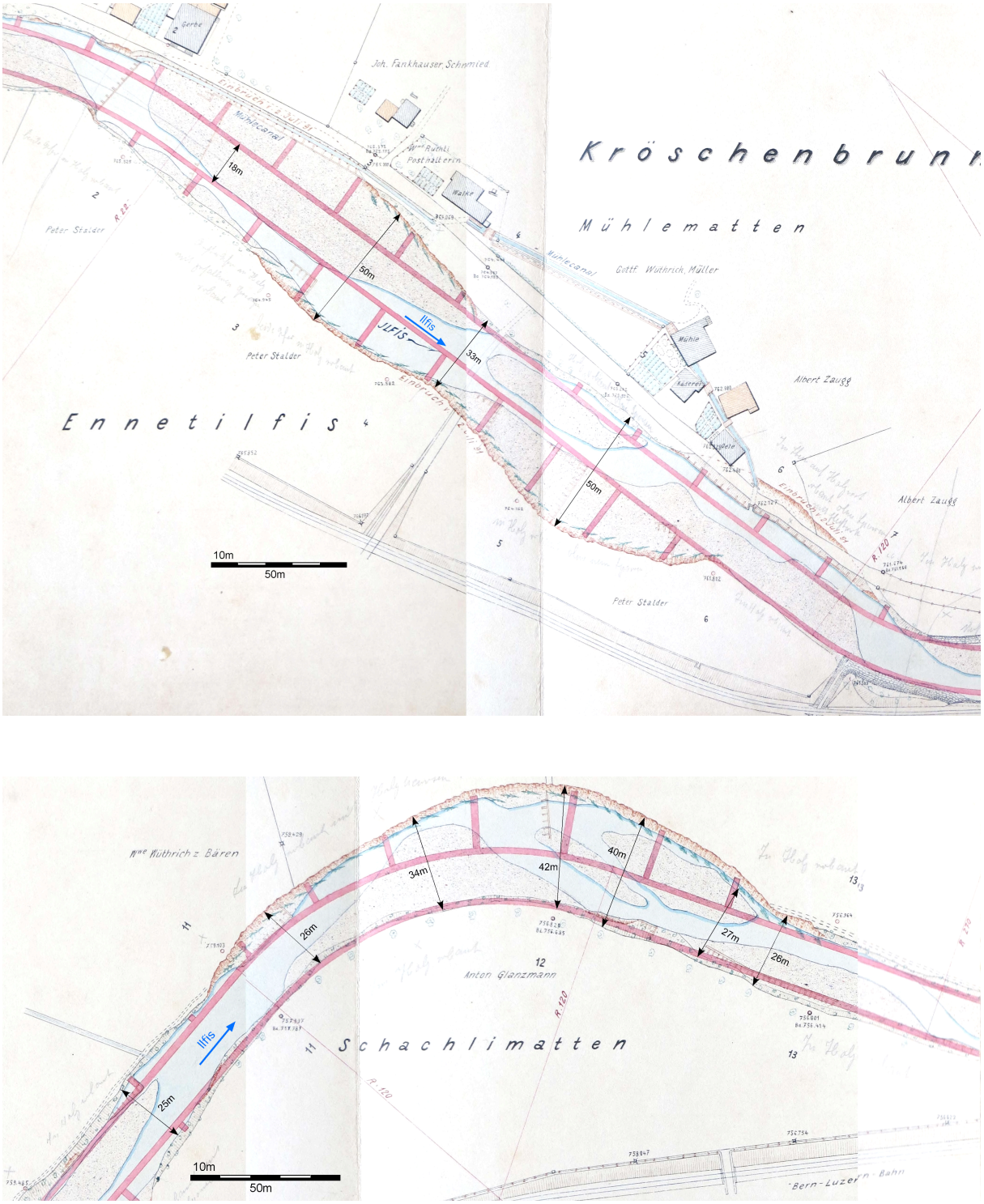


Bild 8 Ausschnitte aus dem Plan ‚Correction und Verbauung der Ilfis und ihrer Zuflüsse, Ilfis, VI Section: Kröschenbrunnen (Kantonsgrenze Bern Luzern LU) bis Hämelbach, Situationsplan', 1891/92 [6].

5.3 Empirische Ansätze

Für die empirischen Formeln von Yalin, Parker und Ikeda wurden die Eingangsgrössen gemäss Tabelle 13 verwendet. Die Korndurchmesser dm und d90 wurden anhand von Linienproben bestimmt. Die Hochwasserabflüsse HQ2 und HQ5 wurden aus den Werten für HQ30, HQ100 und HQ300 aus [9] mit Hilfe einer Gumbel II-Verteilung abgeschätzt.

Tabelle 13 Eingangsgrössen zur Berechnung der Gerinnebreite der Ilfis mit den empirischen Ansätzen nach Yalin, Parker und Ikeda.

Abschnitt	Hilfere – Äschlisbach	Äschlisbach – Schärligbach	Schärligbach – Hämelbach
Gefälle J [‰]	4.8	5.5	4.8
dm [cm]	9.1	8.5	8.5
d90 [cm]	22.2	19.8	19.8
HQ2 [m3/s]	27	65	105
HQ5 [m3/s]	42	80	125

Für die Ansätze nach Yalin, Parker und Ikeda ergeben sich die in Tabelle 14 aufgeführten natürlichen Gerinenbreiten.

Tabelle 14 Gerinnebreiten der Ilfis aus den regime-theoretischen Ansätzen nach Yalin, Parker und Ikeda, berechnet mit unterschiedlichen Abflüssen (HQ2 / HQ5).

Abschnitt	Hilfere – Äschlisbach	Äschlisbach – Schärligbach	Schärligbach – Hämelbach
B Yalin [m]	14 / 18	22 / 25	28 / 31
B Parker [m]	17 / 21	27 / 30	34 / 37
B Ikeda [m]	11 / 14	23 / 27	30 / 35

5.4 Ansatz Rouiller

In Tabelle 15 sind die nach Rouiller ermittelten Gerinne- und Sohlenbreiten, die berücksichtigte Mäanderamplitude nach Zeller sowie die resultierenden minimalen und erhöhten Gewässerraumbreiten für massgebende Hochwasserabflüsse HQ2 und HQ5 aufgelistet. Da die Ilfis auf den historischen Plänen mehrheitlich verzweigt dargestellt ist, wurden die Berechnungen für zwei Gerinne durchgeführt. Das Verhältnis zwischen Gerinnebreite und Abflusstiefe wurde zu 30 und die Gerinnerauigkeit zu $25 m^{1/3}/s$ festgelegt.

Tabelle 15 Gerinne- und Sohlenbreiten der Ilfis, berechnet mit unterschiedlichen Abflüssen (HQ2 / HQ5). Resultierende minimale Gewässerraumbreite gemäss Schlüsselkurve und erhöhte Gewässerraumbreite nach Rouiller. Alle Angaben in [m].

Abschnitt	Hilfere – Äschlisbach	Äschlisbach – Schärligbach	Schärligbach – Hämelbach
Gerinnebreite	24 / 30	34 / 37	42 / 45
Mäanderamplitude	108 / 135	153 / 167	189 / 203
Natürliche Sohlenbreite	22 / 24	27 / 30	34 / 36
Gewässerraum minimal	52 / 54	57 / 60	64 / 66
Gewässerraum erhöht	49 / 60	68 / 74	85 / 90

Mit dem Ansatz von Rouiller resultieren Sohlenbreiten von 22 – 24m, 27 – 30m und 34 – 36m (oberster, mittlerer und unterster Abschnitt). Aktuell beträgt die Sohlenbreite 9 – 14m.

Der minimale Gewässerraum ist entsprechend Vorgabe 30m breiter als die natürliche Sohlenbreite und der erhöhte Gewässerraum (nach Rouiller) 27 – 54m breiter.

5.5 Hydraulische Berechnungen

Im untersten Abschnitt zwischen Schärligbach und Hämelbach sind 24 historische Querprofile vorhanden, von denen zwölf unverbaut sind [6]. Für diese zwölf Querprofile wurden die Sohlenbreiten und die Gerinnetiefen aus den Plänen (Massstab 1:200) herausgemessen (Tabelle 16).

Tabelle 16 Sohlenbreiten und Gerinnetiefen unverbauter Querprofile aus "Correction und Verbauung der Ilfis und ihrer Zuflüsse, Ilfis VI Section: Kröschenbrunnen (Kantonsgrenze Bern Luzern LU) Hämelbach, Querprofile", 1890/91 [6]. Angaben in [m].

Querprofil Nr.	0	1	3	4	5	10	11	12	13	14	22	23
Sohlenbreite	41	27	59	43	51	29	24	43	22	14	26	19
Gerinnetiefe	1.6	1.3	2.6	2.6	2.8	2.2	2.2	2.4	2.4	2.7	2.4	2.3

Für Querprofil 0, welches an der Kantonsgrenze am Perimeterende liegt, wurden mit Hilfe von Gerinnetiefe und Gefälle (0.48%) die Sohlenbreiten für die massgebenden bordvollen Abflüsse HQ2, HQ5 und HQ10 ermittelt. In Bild 9 sind die resultierenden Pegel-Abfluss-Beziehungen für unterschiedliche Sohlenbreiten dargestellt.

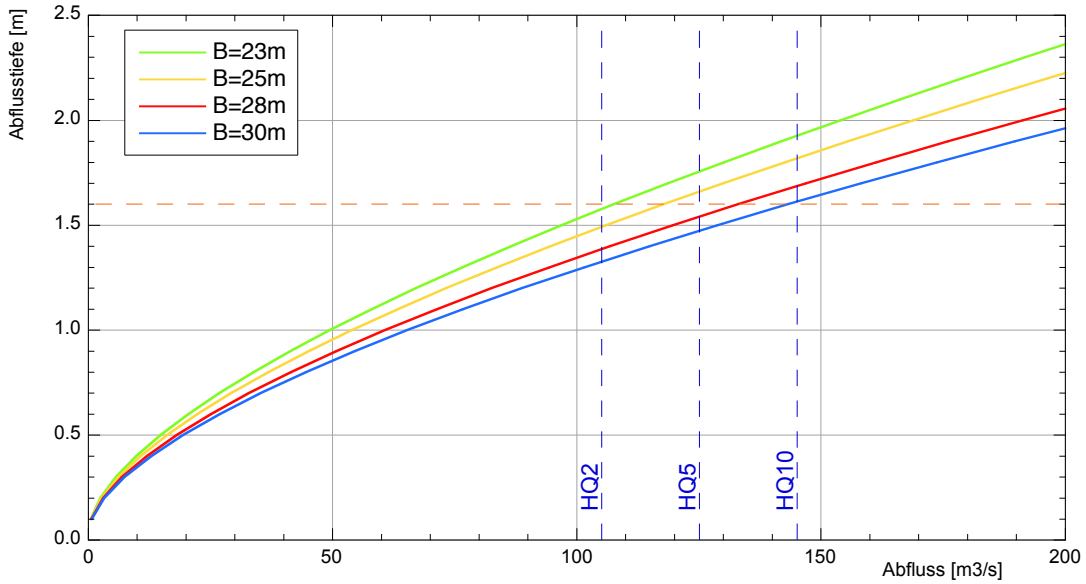


Bild 9 *Pegel-Abfluss-Beziehungen für Rechteckgerinne mit Sohlenbreiten von 23 – 30m und einem Gefälle von 0.48%.*

Die so abgeschätzten Sohlenbreiten von 23 – 30m liegen deutlich unter der aus dem Querprofil gemessenen Sohlenbreite von 41m (Bild 10). Die hydraulischen Berechnungen sind demzufolge ungeeignet für die Bestimmung der Sohlenbreite der Ilfis.

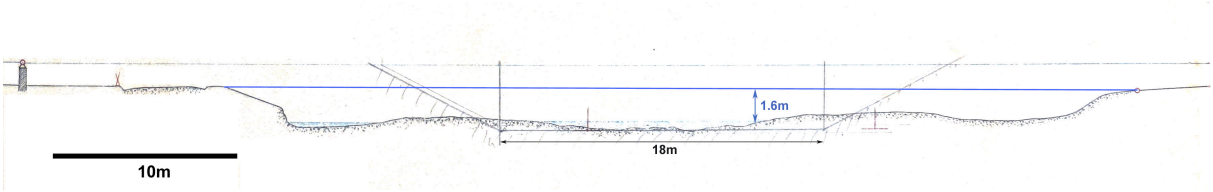


Bild 10 *Querprofil Nr. 0, Ilfis bei Änetilfis (unterster Abschnitt), aus "Correction und Verbauung der Ilfis und ihrer Zuflüsse, Ilfis, VI Section: Kröschenbrunnen (Kantonsgrenze Bern Luzern LU) bis Hämelbach", Querprofile, 1890/91 [6].*

5.6 Korrekturfaktor Breitenvariabilität

Bei fehlender Breitenvariabilität wird die Sohlenbreite mit einem Faktor 2.0 multipliziert. Damit resultieren für die drei Abschnitte der Ilfis folgende natürliche Sohlenbreiten:

Hilfere – Äschlisbach	18m
Äschlisbach – Schärligbach	22m
Schärligbach – Hämelbach	28m

5.7 Empfehlungen

In Tabelle 17 sind die natürlichen Gerinne- oder Sohlenbreiten aller verwendeten Ansätze aufgelistet. Beim untersten Abschnitt (Schärligbach – Hämelbach) zeigen die historischen Karten, dass mit den anderen Ansätzen die natürliche Sohlenbreite unterschätzt wird, wobei der Ansatz von Parker mit einer Sohlenbreite von 37m (mit HQ5) in der richtigen Grössenordnung liegt. Für diesen Abschnitt wird eine natürliche Sohlenbreite von 40m festgelegt, da erst bei diesen Breiten sich die natürliche verzweigte Morphologie einstellen kann. Dieser Wert liegt im mittleren Bereich gemäss historischen Karten. Für die anderen Abschnitte werden Sohlenbreiten im oberen Bereich der Ansätze von Parker und Rouiller festgelegt (25m und 30m). Damit resultieren die minimalen und erhöhten Gewässerräume gemäss Tabelle 17. In Bild 11 sind die empfohlenen Breiten sowie die Breite der Talebene im Längenprofil dargestellt. Die Diagramme nach Rouiller für die einzelnen Abschnitte der Ilfis sind in Anhang 2 dargestellt.

Der hydraulische Ansatz zeigt, dass die Ilfis auf Basis des historischen Profils mit einer Breite von 41m erst bei Abflüssen > HQ10 über die Ufer trat. Eine Rückberechnung der Breite mit häufigeren Hochwasserabflüssen (HQ2 und HQ5) führt zu kleineren (nicht plausiblen) Sohlenbreiten von 23 – 30m.

Die Faustformel des BAFU liefert deutlich zu tiefe Werte.

Der minimale Gewässerraum erreicht 17 – 60% der Breite der Talebene.

Die empfohlene Sohlenbreite von 40m (unterster Abschnitt) ist um 5m breiter als diejenige der Wigger ab Luthernmündung (Kapitel 2.7). Dies widerspiegelt die grösseren Hochwasserabflüsse der Ilfis gegenüber der Wigger (HQ5 Ilfis = 125m3/s, HQ5 Wigger = 95m3/s) sowie die eher grössere Geschiebedynamik.

Tabelle 17 Empfehlung für die natürliche Sohlenbreite, den minimalen und den erhöhten Gewässerraum der Ilfis. Alle Angaben in [m].

Abschnitt	**Hilfere – Äschlisbach**	**Äschlisbach – Schärligbach**	**Schärligbach – Hämelbach**
Hist. Plan / Sohlenbreite	–	–	20 – 45
Empir. Formeln / Gerinnebreite	14 – 17 / 18 – 21	22 – 27 / 25 – 30	28 – 34 / 31 – 37
Rouiller / Sohlenbreite	22 / 24	27 / 30	34 / 36
Hydr. Ansatz / Sohlenbreite	–	–	23 – 30
Faustformel BAFU / Sohlenbreite	18	22	28
Empfehlung natürliche Sohlenbreite (Bandbreite und empfohlener Wert)	(25 – 30) 25	(25 – 35) 30	(35 – 45) 40
Gewässerraum minimal	**55**	**60**	**70**
Gewässerraum erhöht	**65**	**75**	**90**

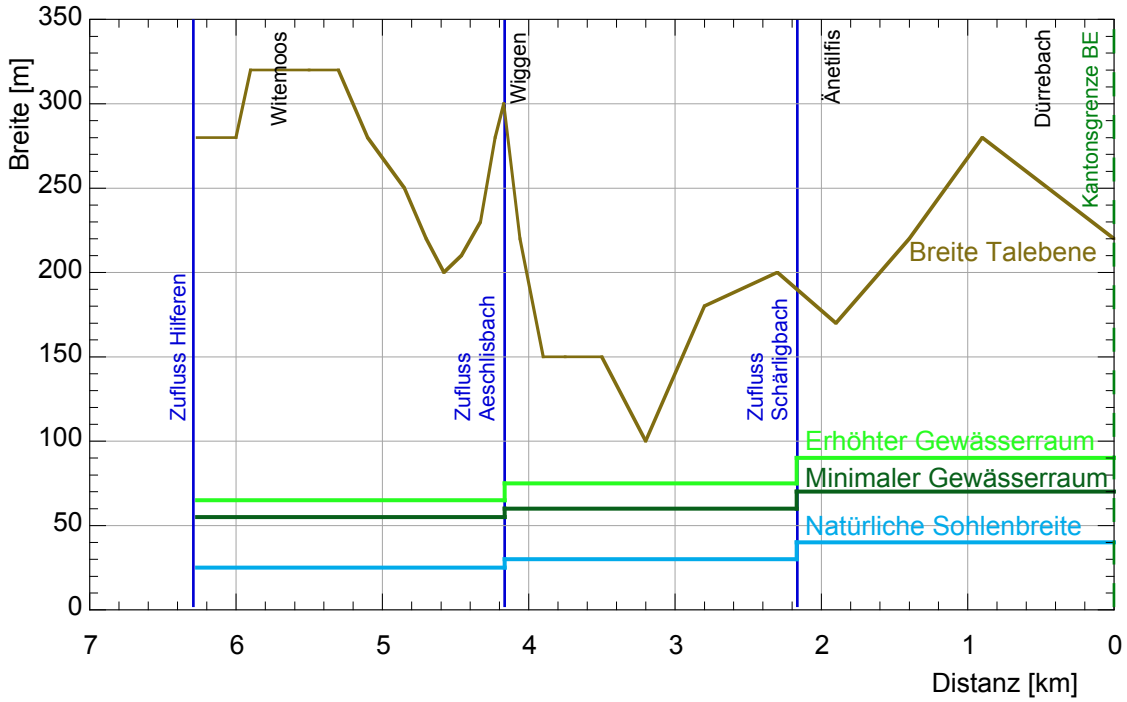


Bild 11 Längenprofil der Ilfis mit natürlicher Sohlenbreite sowie minimalem und erhöhtem Gewässerraum (Empfehlung gemäss Tabelle 17) und Breite der Talebene.

Anhang 1

Sensitivitätsanalyse Ansatz Rouiller

Für die Wigger wurde untersucht, inwieweit sich eine Änderung der Parameter r (Verhältnis Gerinnebreite zu Abflusstiefe) und k (Gerinnerauigkeit) auf die Sohlenbreite und den Gewässerraum nach Rouiller auswirken.

In Bild 12 und Bild 13 sind Angaben aus Rouiller [5] dargestellt. Dementsprechend ist bei eher schwach verzweigten Gerinnen ein Verhältnis r von 30 massgebend und bei Gewässern mit mittlerer Vegetation (und Sohlenformen) eine Gerinnerauigkeit von ca. $25 m^{1/3}/s$.

Für die Sensitivitätsanalyse wurde r zwischen 30 und 35 und k zwischen $25 m^{1/3}/s$ und $33 m^{1/3}/s$ variiert.

In Tabelle 18 sind die Berechnungsresultate für die Abflüsse HQ2 und HQ5 aufgelistet. Gelb hinterlegt sind die gewählten Parameter.

Es zeigt sich, dass die Parameterkombinationen r=30/k=25 und r=35/k=33 vergleichbare Ergebnisse liefern.

Die Parameterkombination r=30/k=33 ergibt ca. 10% kleinere und die Parameterkombination r=35/k=25 etwa 10% höhere Sohlenbreiten und Gewässerräume.

Tabelle 18 Sensitivität der Parameter r (Breiten-Höhen-Verhältnis) und k (Gerinnerauigkeit nach Strickler) bei der Anwendung des Ansatzes nach Rouiller am Beispiel der Wigger (für HQ2 / HQ5). Alle Angaben in [m].

	Abschnitt	**Seewag – Rot**	**Rot – Luthern**	**Luthern – Reiden**
r = 30, kstr = 25	Gerinnebreite	25 / 28	29 / 32	36 / 40
	Sohlenbreite	20 / 22	23 / 25	29 / 32
	Erhöhter GR	50 / 56	58 / 64	72 / 80
r = 30, kstr = 33	Gerinnebreite	22 / 25	26 / 29	32 / 36
	Sohlenbreite	18 / 20	20 / 23	26 / 29
	Erhöhter GR	44 / 50	52 / 58	64 / 72
r = 35, kstr = 25	Gerinnebreite	27 / 30	31 / 35	39 / 44
	Sohlenbreite	22 / 25	26 / 29	32 / 36
	Erhöhter GR	54 / 61	63 / 70	78 / 88
r = 35, kstr = 33	Gerinnebreite	24 / 27	28 / 31	32 / 36
	Sohlenbreite	20 / 22	23 / 26	35 / 39
	Erhöhter GR	48 / 54	56 / 63	70 / 78

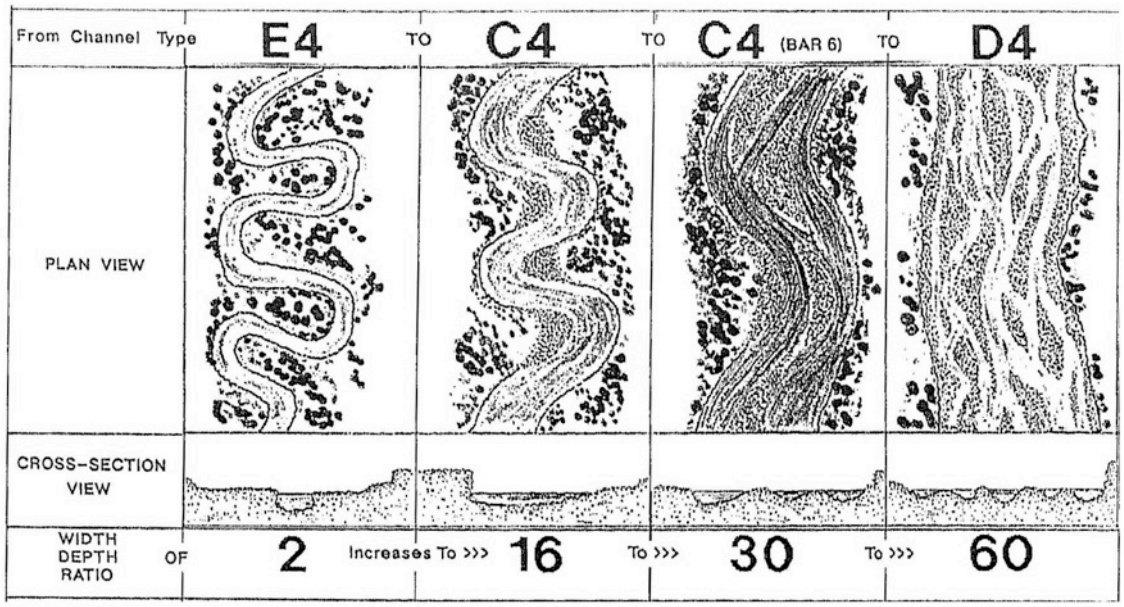


Figure 4. Rapport largeur profondeur selon le style fluvial. Source : ROSGEN (1994).

Bild 12 Verhältnis zwischen Breite und Tiefe für verschiedene Morphologien (aus [5].

Nature des parois	Valeur de K en $m^{1/3}/s$
Béton lisse	75-90
Canal en terre, non enherbé	60
Canal en terre, enherbé	50
Rivière de plaine, sans végétation arbustive	35-40
Rivière de plaine, large, végétation peu dense	30
Rivière à berges étroites très végétalisées	10-15
Lit majeur en prairie	20-30
Lit majeur en vigne ou taillis	10-15
Lit majeur urbanisé	10-15
Lit majeur en forêt	<10

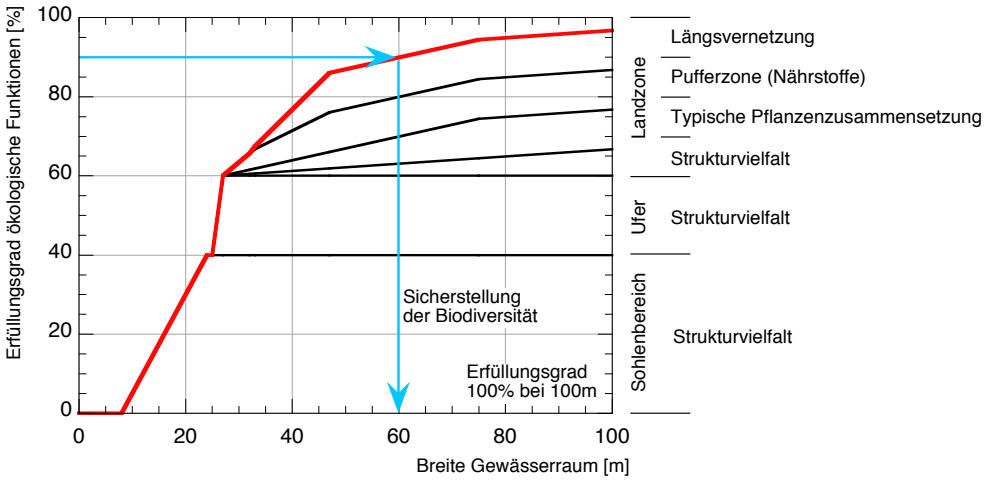
Tableau 6. Valeurs du coefficient de rugosité de Strickler. Source Degoutte (2007).

Bild 13 Rauigkeitsbeiwerte (k-Werte) für verschiedene Gerinne (aus [5]).

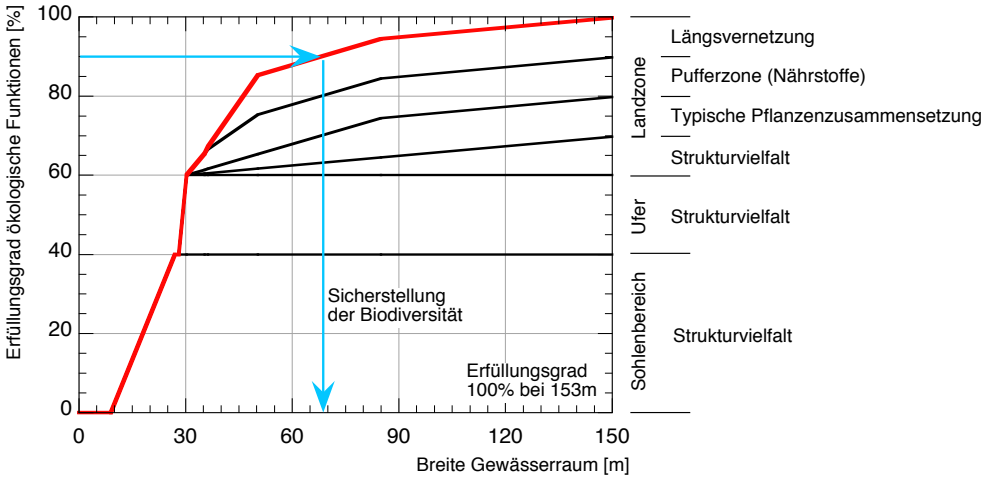
Anhang 2

Diagramme nach Rouiller

Wigger, Seewag - Rot (verzweigtes Gerinne)



Wigger, Rot - Luthern (verzweigtes Gerinne)



Wigger, Luthern - Reiden (verzweigtes Gerinne)

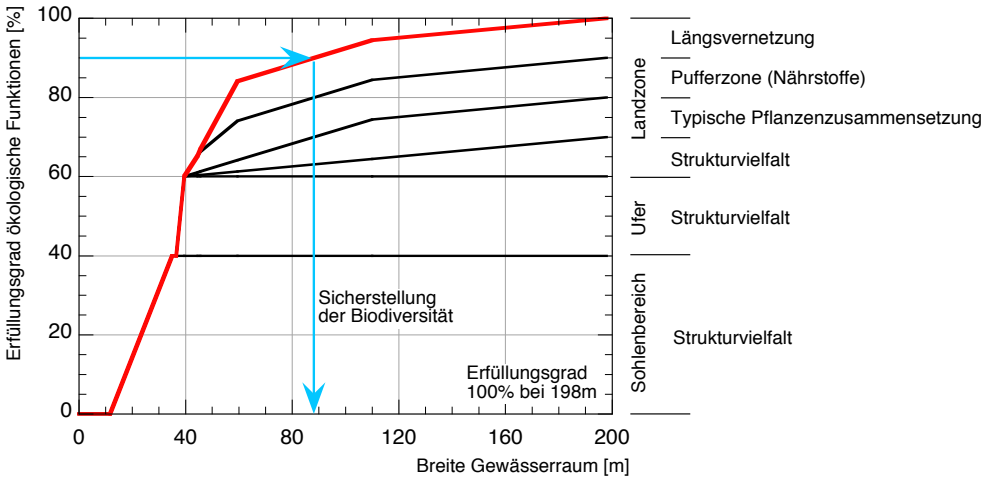
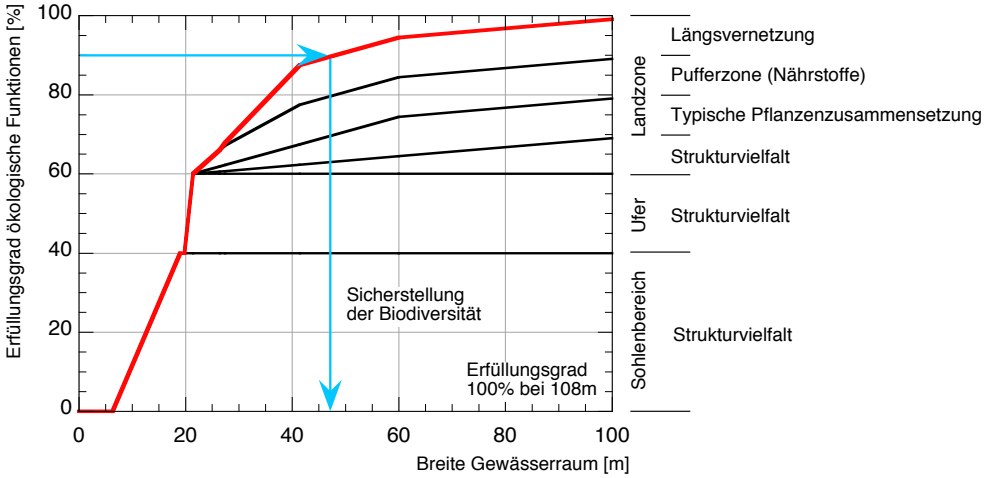
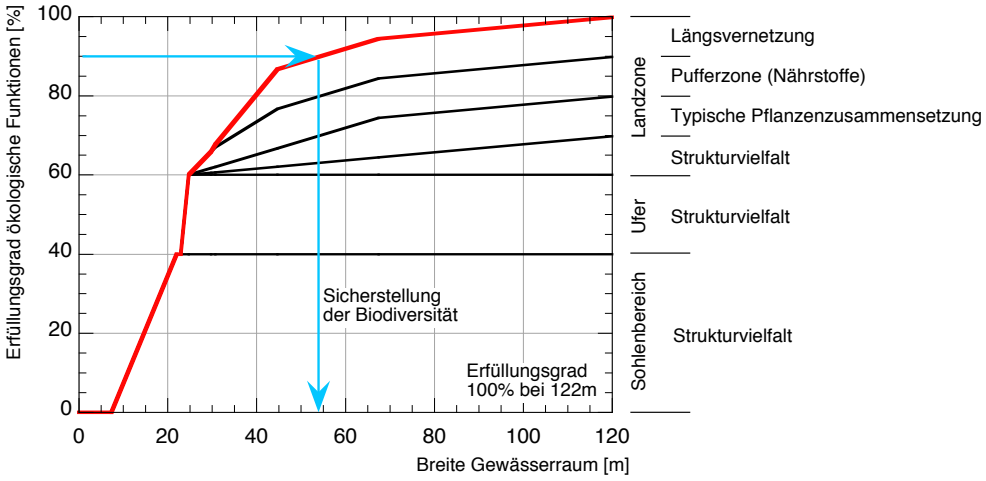


Bild 14 *Abhängigkeit der Gewässerraumbreite vom Erfüllungsgrad der ökologischen Funktionen (rot) für die 3 Abschnitte der Wigger gemäss Gutachten Rouiller [5].*

Luthern, Ruefswil - Warmisbach (verzweigtes Gerinne)



Luthern, Warmisbach - Strickbach (verzweigtes Gerinne)



Luthern, Strickbach - Rickebach (verzweigtes Gerinne)

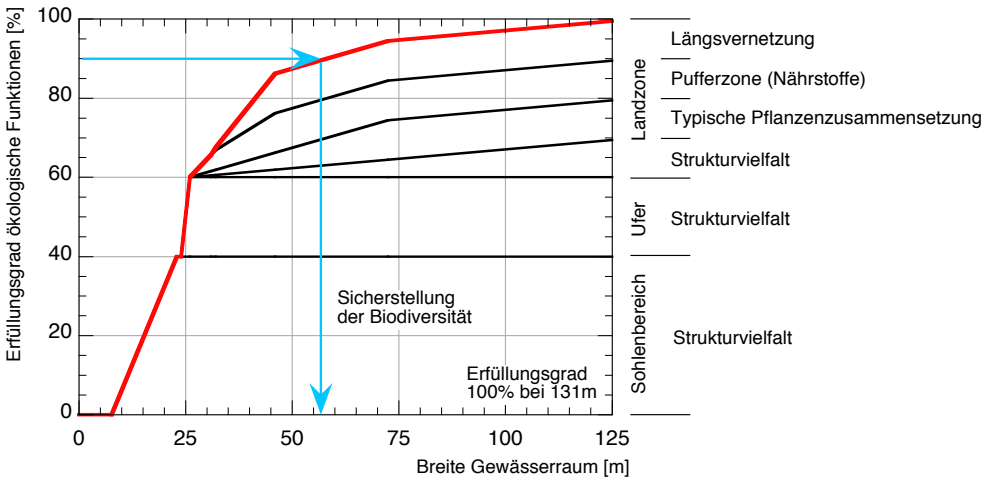


Bild 15 *Abhängigkeit der Gewässerraumbreite vom Erfüllungsgrad der ökologischen Funktionen (rot) für die Abschnitte 1 – 3 der Luthern gemäss Gutachten Rouiller [5].*

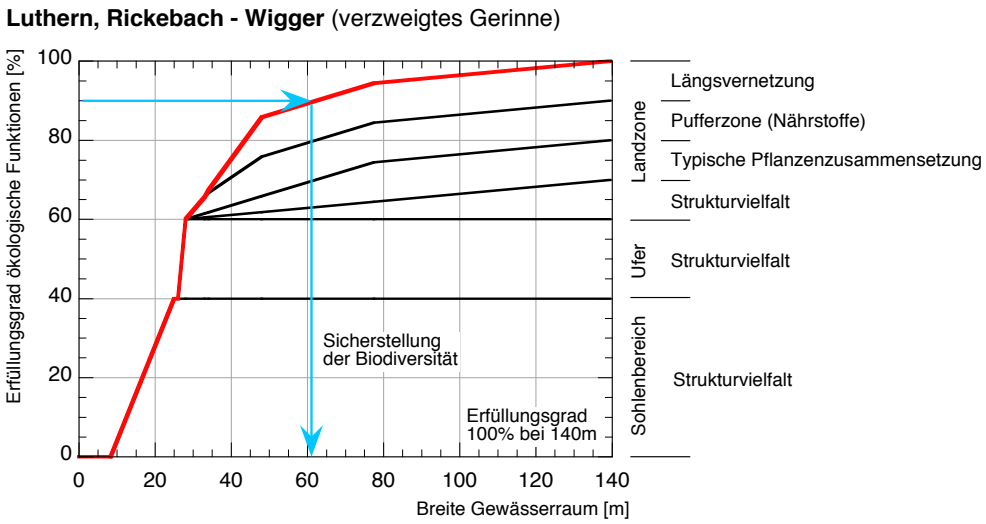
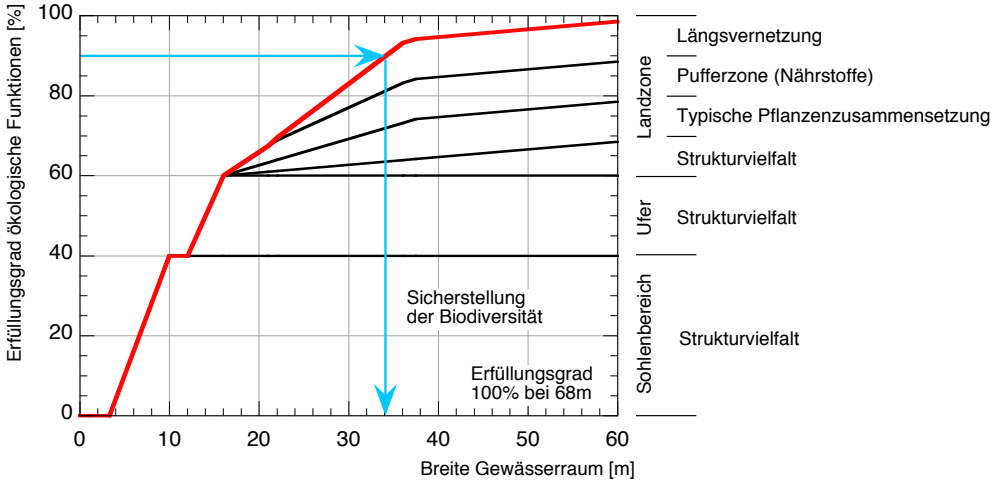
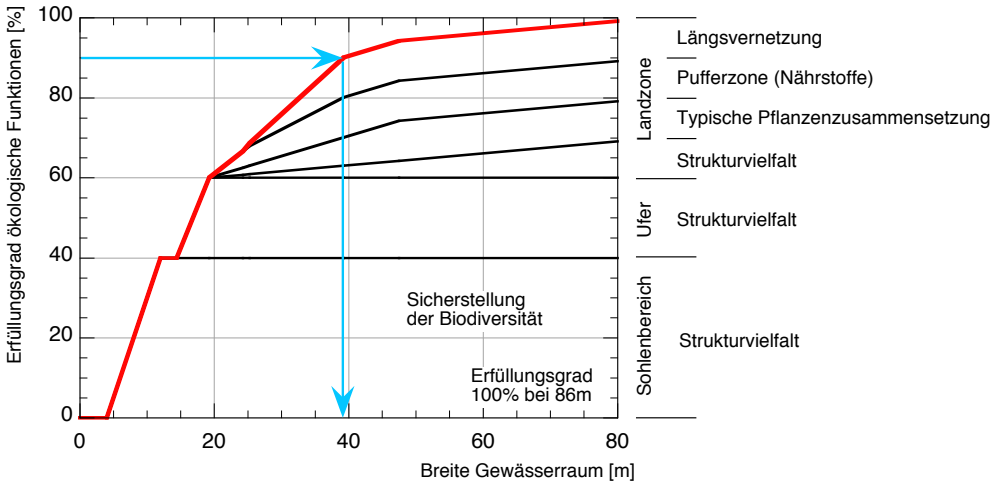


Bild 16 *Abhängigkeit der Gewässerraumbreite vom Erfüllungsgrad der ökologischen Funktionen (rot) für Abschnitt 4 der Luthern gemäss Gutachten Rouiller [5].*

Suhre, Surseerwald - Lindehof (mäandrierendes Gerinne)



Suhre, Lindehof - Huetterbach (mäandrierendes Gerinne)



Suhre, Huetterbach - Kantonsgrenze (mäandrierendes Gerinne)

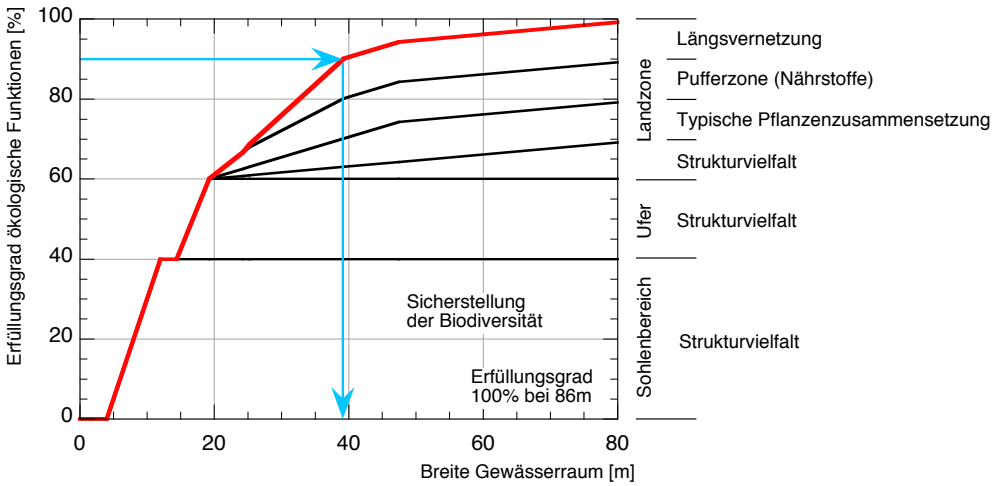
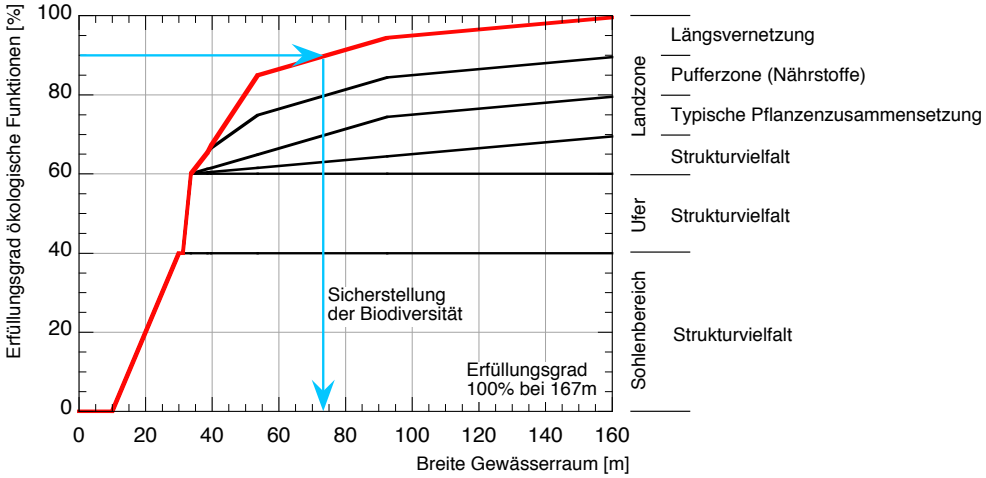
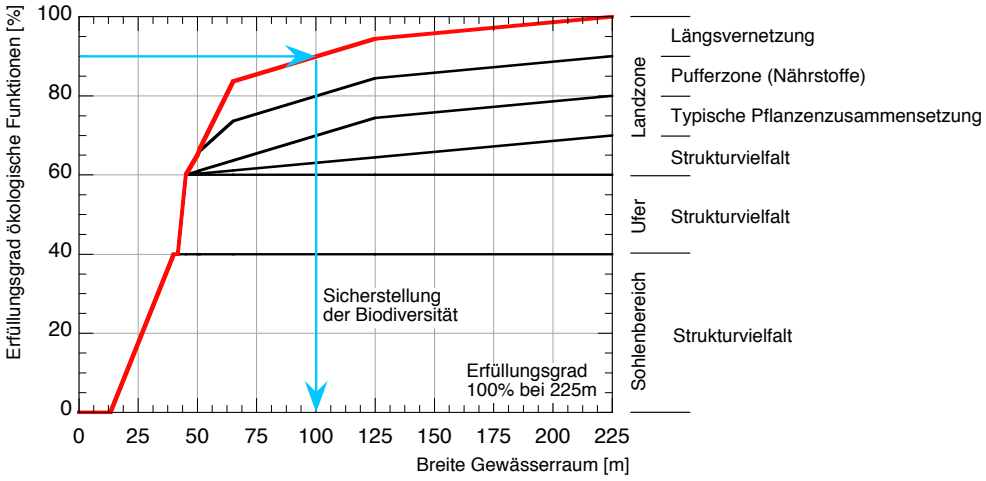


Bild 17 *Abhängigkeit der Gewässerraumbreite vom Erfüllungsgrad der ökologischen Funktionen (rot) für die 3 Abschnitte der Suhre gemäss Gutachten Rouiller [5].*

Ilfis, Hilfere - Äschlisbach (verzweigtes Gerinne)



Ilfis, Äschlisbach - Schärligbach (verzweigtes Gerinne)



Ilfis, Schärligbach - Hämelbach (verzweigtes Gerinne)

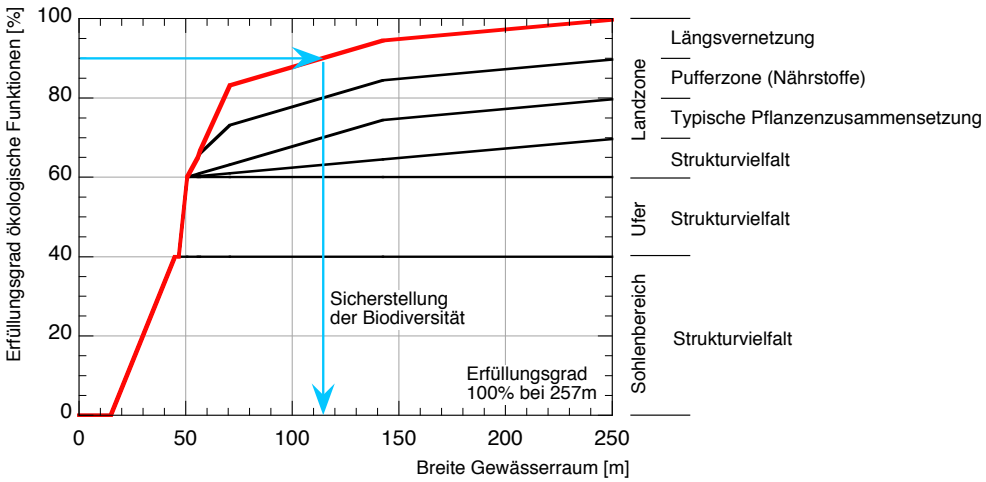


Bild 18 *Abhängigkeit der Gewässerraumbreite vom Erfüllungsgrad der ökologischen Funktionen (rot) für die 3 Abschnitte der Ilfis gemäss Gutachten Rouiller [5].*