

Potenzialstudie Wasserkraft für den Kanton Schaffhausen

Projektbericht

27.03.2012



Wasserrad am Rheinfall (Neuhausen am Rheinfall)

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Einleitung und Ausgangslage	4
2.1	Projektgruppe	4
3	Geographische und hydrologische Kennwerte	5
3.1	Kantonales Gewässernetz	5
3.2	Datenaufbereitung für die Potenzialanalyse	6
4	Methodische Ansatz und Potenzialberechnung	8
5	Flächenorientierter Ansatz: GIS-basierte Potenzialberechnung	9
5.1	Vorgehen	9
5.2	Allgemeines, Konzept	9
5.3	Theoretisches Potenzial	9
5.4	Technisches Potenzial	10
5.4.1	Potenzial natürlicher und künstlicher Abstürze > 70 cm	11
5.5	Ökologische Faktoren, Ermittlung der Schutzkategorien	12
5.6	Revitalisierung	15
5.7	Nutzungsinteresse	16
5.8	Nutzungskategorien für neue Wasserkraftanlagen	17
5.9	Resultatdarstellung	18
5.10	Rhein und Wutach	19
5.11	Nutzbare Potenzial der Fließgewässer für neue Anlagen	20
6	Standortbezogene Analysen	23
6.1	Rheinkraftwerke	23
6.2	Kraftwerk Wunderklingen (Wutach)	24
6.3	Stillgelegtes Kraftwerk „Gonon“ (Wutach)	25
6.4	Künstliche und natürliche Abstürze	26
6.4.1	Biber	26
6.4.2	Durach	27
6.4.3	Schleitheimerbach	28
6.4.4	Zusammenfassung Wasserkraftanlagen an bestehenden Abstürzen	28
6.4.5	Sonstige Abstürze	29
6.4.6	Früher aktive Standorte	29
6.4.7	Andere Standorte	30
6.4.8	Hydrokinetische Wasserkraftmaschinen	30
6.4.9	Trinkwasserkraftwerke: Quellen	33
6.4.10	Trinkwasserkraftwerke: Reservoir – Versorgungsgebiet	33
6.4.11	Abwasserkraftwerke	34
6.5	Pumpspeicherkraftwerke	34
6.5.1	Pumpspeicherkraftwerk Engeweiher	34
6.5.2	Weitere Pumpspeicherkraftwerke	35
7	Bewertung, Synthese	36
8	Referenzen	37
Anhang		
I.	Karte Nutzungskategorien	
II.	Begriffsdefinitionen	
III.	Datengrundlagen	
IV.	Datenhaltung / Datenmodell	

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Gewässernetz und Höhenmodell des Kantons Schaffhausen	5
Abb. 2: Analyse der Gewässertlängen (Histogramm)	6
Abb. 3: Theoretisches Potenzial einzelner Gewässer (Auswahl)	10
Abb. 4: Einfluss geplanter Revitalisierungen auf die Nutzungskategorien.....	16
Abb. 5: Matrix zur Erstellung der Nutzungskategorien	17
Abb. 6: Ausschnitt aus der Karte der Nutzungskategorien (Legende konzessionstrecke).....	19
Abb. 7: Leistung [kW] je 1000 m Gewässertlänge	22
Abb. 8: Turbineneinlauf am WKW Wunderklingen	24
Abb. 9: WKW und Pumpwerk Wunderklingen.....	24
Abb. 10: „Gononwehr“ mit linksufriger Ausleitung	25
Abb. 11: Rauhe Rampe, nicht fischgängig.....	25
Abb. 12: Absturz Nr. 16: Biber oberer Absturz.....	27
Abb. 13: Unterer Absturz.....	27
Abb. 14: Betonabsturz mit ca. 120 cm Fallhöhe	27
Abb. 15: Weitere Stufe oberhalb des „Teiches“	27
Abb. 16: Gefällestufen am Schleitheimerbach unterhalb von Schleitheim	28
Abb. 17: Biber in Thayngen	30
Abb. 18: Biber in Ramsen.....	30
Abb. 19: Strömungsturbine KT-5 der Firma Smart Hydropower und Leistungsdiagramm	31
Abb. 20: Querschnittsgemittelte und geschätzte maximale Fließgeschwindigkeit im Bereich Flurlinger Steg, Neuhausen.....	32
Abb. 21: Abdeckung des DHM2 (dunkel) versus DHM25 (hell)	39
Abb. 22: Berechnung der Abflusswerte	40
Abb. 23: Datenmodell (vereinfacht) Potenzial.....	42

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Abschätzung vorhandener und nutzbarer Potenziale	3
Tab. 2: Flächen und Landnutzungen im Kanton Schaffhausen.....	5
Tab. 3: Kennwerte kantonales geroutetes Gewässernetz.....	6
Tab. 4: Randbedingungen für das technische Potenzial.....	10
Tab. 5: Potenzial der 18 grössten natürlichen und künstlichen Abstürze (ohne Rheinfall).	11
Tab. 6: Ökologische Kriterien und Schutzkategorien in Anlehnung an /3/	13
Tab. 7: Technische Potenziale der Fließgewässer	21
Tab. 8: Rheinkraftwerke, technische Daten	23
Tab. 9: Rheinkraftwerke, mögliche Ausbaumaßnahmen	23
Tab. 10: Wunderklingen, technische Daten	24
Tab. 11: Gononwehr, mögliche technische Daten	26
Tab. 12: Technische Daten von möglichen Wasserkraftanlagen an Abstürzen.....	28
Tab. 13: Trinkwasserkraftwerke, Quellen	33
Tab. 14: Trinkwasserkraftwerke, Reservoirs.....	33
Tab. 15: Mögliche Abwasserkraftwerke	34
Tab. 16: Technische Daten Pumpspeicherkraftwerk Engeweiher	35
Tab. 17: Gesamtsicht vorhandener und nutzbarer Potenziale.	36
Tab. 18: Hydrologische und topographische Grundlagedaten	39
Tab. 19: Ökologische Faktoren	41

1 Zusammenfassung

Der Kanton Schaffhausen hat entschieden auf die Nutzung von Kernenergie zu verzichten. Mit der Studie galt es das mögliche Ausbaupotenzial der Wasserkraft zu ermitteln und zu quantifizieren. Dies umfasst die Identifikation von noch ungenutztem Potenzial (neue Standorte) sowie die Leistungserhöhung vorhandener Anlagen, respektive die Reaktivierung stillgelegter Kraftwerke. Die Fragestellungen wurden mit zwei zielgerichteten Ansätzen bearbeitet:

1. Mit vorhandenen Geodaten und GIS-basierten Analysen wurde das theoretische hydroelektrische Potenzial aller Fließgewässer ermittelt. In Anlehnung an die Bundesempfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke wurden die Gewässer in 4 Klassen eingeteilt. Gewässerabschnitte für neue Kraftwerksanlagen werden ebenso ausgewiesen, wie jene Abschnitte, bei welchen die Schutzansprüche überwiegen.
2. Vorhandene aktive, sowie stillgelegte und potenzielle Standorte von Neuanlagen wurden in einer standortbezogenen Analyse bewertet. Parallel dazu wurde das hydroelektrische Potenzial von wasserbasierten Infrastrukturanlagen (Trink- und Abwasserkraftwerke, Quelfassungen) ermittelt.

Die Verknüpfung beider Ansätze liefert das noch nutzbare Produktionspotenzial im Kanton Schaffhausen durch Neuanlagen sowie die Leistungserhöhung vorhandener Anlagen.

Tab. 1: Abschätzung vorhandener und nutzbarer Potenziale

Kraftwerk	Jahresproduktion heute MWh	Zuwachs minimal MWh	Zuwachs maximal MWh
Schaffhausen*	129 000	3 000	6 000
Neuhausen RKN1*	21 000	3 000	4 000
Kraftwerk Laufen-Uhwiesen**	0	0	0
Rheinau*	19 000	0	0
Eglisau*	77 000	20 000	20 000
Wunderklingen***	1200	210	480
Gononwehr*	0	0	240
Verschiedene Abstürze**	0	0	176
Mögliche Sonstige****	0	0	195
Trinkwasserkraftwerke	0	0	0
Abwasserkraftwerke	0	0	45
8 Strömungsturbinen	0	0	140
Summe	ca. 247 000	ca. 26 000	ca. 31 000

* hier sind nur jeweils die zum Kanton Schaffhausen zugehörigen Anteile berücksichtigt.

** Da der Rheinfluss in einem Abschnitt liegt, der in der Wasserkraftstrategie als Ausschlussstrecke bezeichnet ist, wird das hier vorhandene Potenzial von 60'000 MWh (Anteil Kt. SH) nicht berücksichtigt.

*** Als minimaler Zuwachs wurde die Modernisierung innerhalb der bestehenden Konzession abzüglich Restwasserabgabe genommen. Der maximale Zuwachs ist nur durch Neukonzession mit erhöhtem Ausbauabfluss möglich. Es wurden jeweils nur die Anteile des Kantons Schaffhausen angesetzt.

**** Genau genommen überschneiden sich die beiden Potenziale, da die „verschiedenen Abstürze“ auch im Potenzial „mögliche Sonstige“ mit enthalten sind.

2 Einleitung und Ausgangslage

Der Kanton Schaffhausen hat entschieden, auf die Nutzung von Strom aus Kernkraftwerken zu verzichten. Auch auf den Import von Atomstrom soll zukünftig verzichtet werden. Mit der vorliegenden Studie wurden die Grundlagen erarbeitet, die noch mögliche Stromproduktion aus Wasserkraft im Kanton Schaffhausen umfassend, detailliert und unter Berücksichtigung der oft kontroversen Nutzungs- und Schutzansprüche zu ermitteln.

Die Analysen erfolgten gemäss einer bewährten Methodik, welche bereits für die Wassernutzungsstrategie des Kantons Bern /1/ und die im Auftrag des BFE durchgeführte schweizweite Analyse des Kleinwasserkraftpotenzials /2/ angewendet wurde. Die Klassifikation der Gewässer in Schutzkategorien und das Ausscheiden von Nutzungskategorien erfolgte in Anlehnung an die Bundesempfehlung /3/. Hinweis: Zahlen in Schrägstriche verweisen auf Referenzdokumente im Anhang.

2.1 Projektgruppe

Die Arbeiten wurden von einer Projektgruppe begleitet, deren Mitglieder nachfolgend aufgeführt sind:

Jürg Schulthess	Kant. Tiefbauamt, Abt. Gewässer (Leitung) Kt. SH
Susanne Gatti	Planungs- und Naturschutzamt Kt. SH
Herbert Billing	Planungs- und Naturschutzamt Kt. SH
Urs Capaul	Energie und Umwelt, Stadt Schaffhausen
Bernard Dubochet	Energiefachstelle Kt. SH
Ernst Herrmann	Interkantonales Labor Kt. SH
Patrick Wasem	Fischereiaufsicht Kt. SH
Stefan Kunz, Andri Bryner	Umweltverbände (Rheinaubund, Fischereiverband Kt. SH, WWF)
Klaus Jorde	Entec AG, St Gallen, Externe Ingenieur-Unterstützung
Udo Schröder	WaterGisWeb AG Externe GIS-Bearbeitung

3 Geographische und hydrologische Kennwerte

Tab. 2 enthält geographische und nutzungsorientierte Kennwerte des Untersuchungsgebietes.

Tab. 2: Flächen und Landnutzungen im Kanton Schaffhausen

Beschreibung	Fläche in km ²	Anteil in %
Gesamtfläche	298.5	100
Siedlungsfläche	31.6	10.6
Landwirtschaftsfläche	134.3	45.0
Wald und Gehölze	128.7	43.1
Unproduktive Fläche	3.9	1.3

Aus: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/regionalportraits/schaffhausen/blank/kennzahlen.html>

3.1 Kantonales Gewässernetz

Das kantonale Gewässernetz unterscheidet 256 Fliessgewässer (ohne Wutach und Rhein) und basiert auf einem Erfassungsmassstab von 1:5'000. Jedes Fliessgewässer ist mit einer eindeutigen Gewässernummer und in den überwiegenden Fällen auch mit einem Namen gekennzeichnet. Weitere Angaben finden sich unter:

<http://www.sh.ch/Oberflaechengewaesser-Wasserb.3305.0.html>

In Abb. 1 sind die Fliessgewässer gemeinsam mit dem Höhenmodell dargestellt.

Eine Besonderheit stellen die Flüsse Rhein und Wutach dar. Sie sind Grenzgewässer und der grösste Teil beider Gewässer liegt ausserhalb des Kantons. Nicht zuletzt deshalb wurden sie separat bearbeitet.

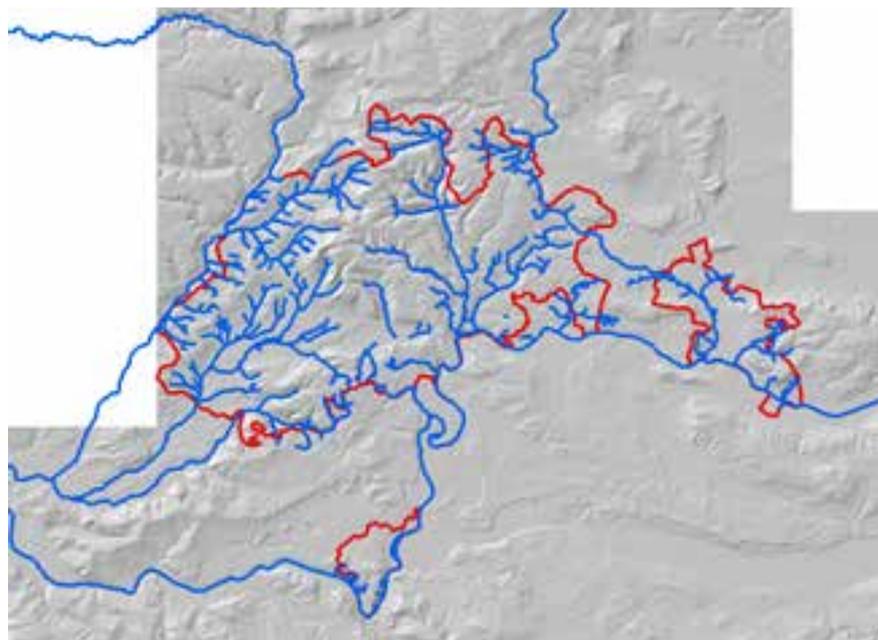


Abb. 1: Gewässernetz und Höhenmodell des Kantons Schaffhausen

Abb. 2 zeigt eine Analyse der Längen aller 256 Fliessgewässer (ohne Wutach und Rhein). Der grösste Teil der Fliessgewässer weist eine Lauflänge von weniger als 5 km auf. Einzelne Fliessgewässer besitzen eine Länge von unter 100 m. In Verbindung mit den geringen Höhenunterschieden sind in diesen Fliessgewässern nur geringe hydroelektrische Potenziale zu erwarten.

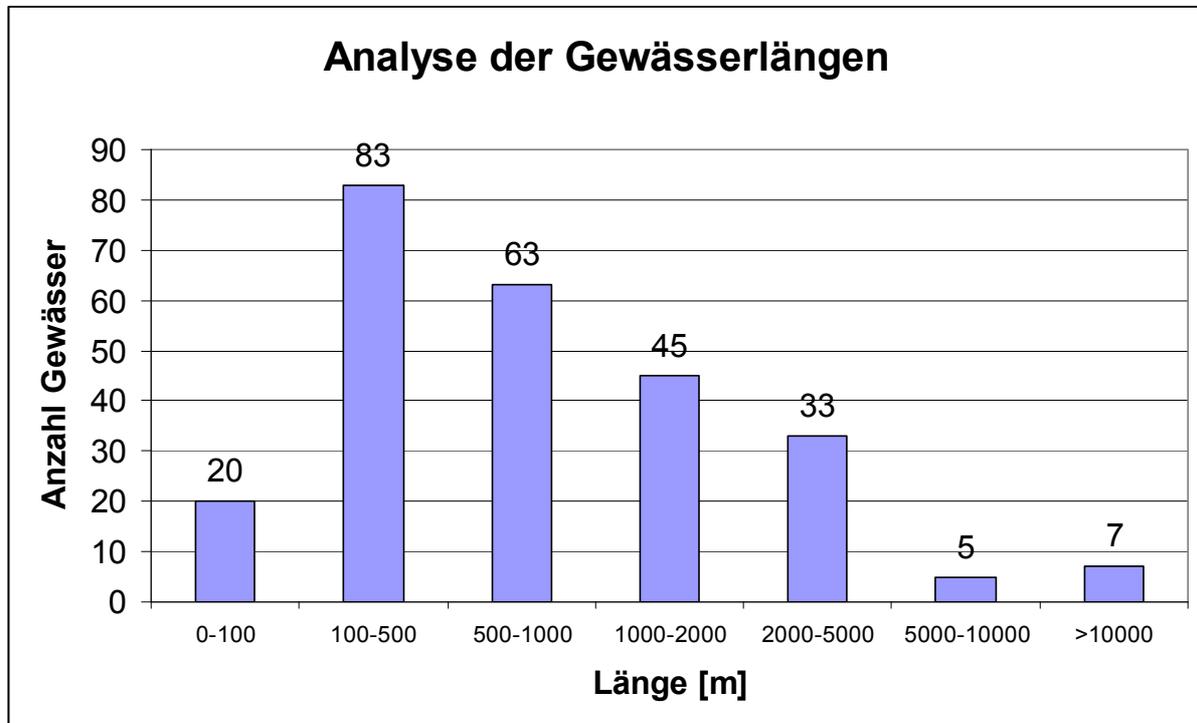


Abb. 2: Analyse der Gewässerlängen (Histogramm)

3.2 Datenaufbereitung für die Potenzialanalyse

Das Gewässernetz wurde für die Analysen basierend auf der Bachnummer geroutet. Hierdurch ist die Fliessrichtung und die Gewässerstruktur bekannt, eine Notwendigkeit für das Ausführen der Analysen. Das gesamte und das für die Analysen verwendete Gewässernetz weist folgende Kenngrössen auf.

Tab. 3: Kennwerte kantonales geroutetes Gewässernetz

Parameter	Wert / Einheit	Bemerkung
Anzahl Gewässer	256	Gesamtzahl aller gerouteten Gewässer
Kürzestes Gewässer	0.012 km	
Längstes Gewässer	30.440 km	Biber (Rhein, Wutach liegen überwiegend ausserhalb des Kantons)
Gesamtlänge	325.330 km	Im Kanton
Gewässer > 250 m		
Anzahl	201	Anzahl Gewässer mit einer Länge > 250 Meter. Nach einer Datenbereinigung verblieben 192 Gewässer für die Analysen

Gewässer mit einer Länge < 250 m wurden in den Analysen nicht berücksichtigt. Hierfür sind zwei Gründe anzuführen:

1. Für Einzugsgebiete $< 5 \text{ km}^2$ kann der Abfluss nicht mit ausreichender Güte ermittelt werden /4/.
2. Kurze Gewässer sind energietechnisch schwer oder nicht nutzbar.

Nach einer Datenbereinigung verblieben 192 Gewässer für die Analyse des theoretischen Potenzials.

4 Methodische Ansatz und Potenzialberechnung

Für die Potenzialanalyse Wasserkraft kamen zwei Ansätze zur Anwendung:

1. Flächenorientierte Analysen: Mit vorhandenen Geodaten, insbesondere dem Gewässernetz und dem Höhenmodell wurde mittels GIS-basierter Analysen das theoretische Potenzial der Fließgewässer ermittelt. Unter Berücksichtigung von Nutzungs- und Schutzinteressen wurden, auf der Basis der Bundesempfehlung /3/, die Gewässer klassifiziert hinsichtlich ihrer Eignung für eine Wasserkraftnutzung mit neuen Anlagen.
2. Standortbezogene Analysen: Auf der Basis diverser Unterlagen und mittels Feldbegehung, der Befragung von Beteiligten erfolgte eine standortbezogene Untersuchung vorhandener Anlagen und bekannter Standorte. In diesem Arbeitsschritt wurden auch die Energiepotenziale von Infrastrukturanlagen wie Trink- und Abwasserkraftwerke ermittelt.

Das Potenzialberechnung Wasserkraft erfolgte etappiert, in Absprache mit der Projektgruppe. Begonnen wurde mit der flächenhaften GIS-basierten Analyse, mit welcher auch Grundlagen für die standortbezogenen Analysen erarbeitet wurden.

5 Flächenorientierter Ansatz: GIS-basierte Potenzialberechnung

5.1 Vorgehen

In der GIS-basierten Potenzialberechnung wurden folgende Arbeitsschritte nacheinander ausgeführt.

1. Theoretisches Potenzial aller Fliessgewässer ermitteln
2. Technisches Potenzial ermitteln
3. Ökologische Faktoren beurteilen und Schutzkategorien ausscheiden /3/
4. Nutzungskategorien ausscheiden /3/

Resultat dieser Analysen ist die kantonsweite Kenntnis der hydroelektrischen Potenziale, der Schutzkategorien und der Einteilung der Gewässer in Nutzungskategorien. Die Ergebnisse liegen als Karte „Nutzungskategorien“ (Anhang) und in Tabellenform vor (Tab. 17).

Potenzielle Standorte und vorhandene Wasserkraftanlagen wurden im Rahmen der standortbezogenen Analysen detaillierter untersucht.

5.2 Allgemeines, Konzept

Das hydroelektrische Potenzial der Fliessgewässer wird bestimmt durch topographische und hydrologische Eigenschaften. Aus dem oberirdischen Abfluss des Einzugsgebiets, sowie dem Längsprofil (Gefälle) der Fliessgewässer, lässt sich das **theoretische** Potenzial berechnen. Die Berechnung erfolgt für Gewässerabschnitte von jeweils 50 m Länge.

Aufgrund der in Kap. 3.2 aufgeführten Gründe wurden nur Gewässer mit einer Länge > 250 m analysiert. Auch bei längeren Gewässern wurden die ersten 250 m Lauflänge ab der Quelle nicht analysiert.

Hiermit wird den Unsicherheiten bei der Berechnung kleiner Einzugsgebiete und deren Abflussmengen Rechnung getragen.

5.3 Theoretisches Potenzial

Das theoretische hydraulische Potenzial eines Gewässerpunktes wird nach Gleichung 1 für jeden Gewässerpunkt aufgrund der berechneten Abflussmenge und der Höhendifferenz zum nächsten 50 m flussabwärts liegenden Gewässerpunkt ermittelt.

$$P = Q \cdot \Delta h \cdot g \cdot w$$

Gleichung 1

Mit

P = elektrische Leistung in kW

Q = Abflussmenge in m³/s (mittlerer Jahresabfluss MQ)

Δh = Höhenunterschied zwischen zwei Gewässerpunkten in m

g = Erdbeschleunigung 9.81 m/s²

w = Koeffizient für den Wirkungsgrad, Annahme $w = 1.0$

Das theoretische Potenzial bezeichnet, auf der Basis des mittleren Jahresabfluss, die Leistung eines Gewässerabschnittes, wenn das gesamte Wasser ohne Einschränkungen mit einem Wirkungsgrad von 100% genutzt wird.

Die analysierten 192 Fließgewässer mit einer Länge von 325.33 km (ohne Rhein und Wutach) verfügen über ein theoretisches Potenzial von 6032 kW. Dies ist jedoch eine theoretische Grösse, die nichts über das noch nutzbare, respektive ausbaubare Potenzial aussagt. Das theoretische Potenzial repräsentiert die Obergrenze, wenn das gesamte Wasser vollständig genutzt wird.

Aufgrund der geographischen und hydrologischen Situation (Gewässerlänge, Abfluss, Gefälle) weisen nur die längeren Gewässer ein nennenswertes theoretisches Potenzial auf, siehe Abb. 3. Das technische, respektive nutzbare Potenzial ist noch deutlich geringer. Zur Einordnung der Beträge ein Vergleich: Die Leistung eines VW Golf beträgt ca. 100 kW.

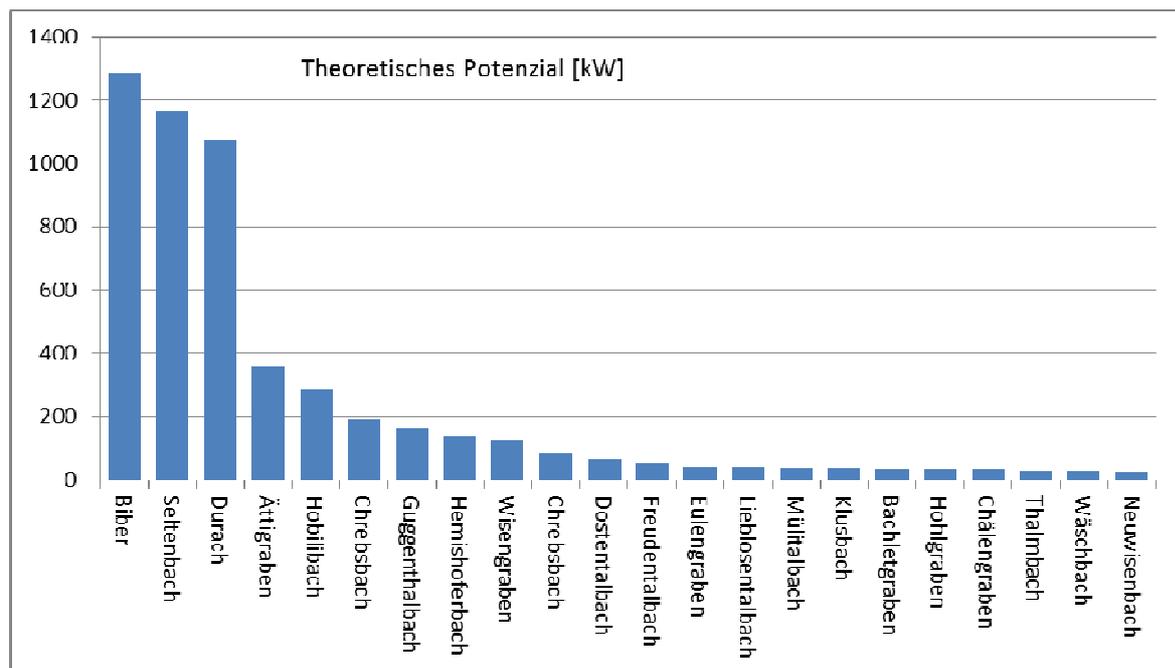


Abb. 3: Theoretisches Potenzial einzelner Gewässer (Auswahl)

5.4 Technisches Potenzial

Mit hydrologischen Rahmenbedingungen, wie beispielsweise minimale monatliche Abflussmengen, die nicht unterschritten werden dürfen, lässt sich das theoretische Potenzial auf das **technische** Potenzial reduzieren.

Tab. 4: Randbedingungen für das technische Potenzial

Faktor	Kriterium, Wert	Bemerkung
Restwasser	Abfluss < 50l/s	Nicht berücksichtigt
Grundwasserschutzzonen	S1, S2, S3	Nicht berücksichtigt
Karstgewässer	Versickerungen	Reduktion des Potenzials um 33%
Abflusscharakteristik	Abfluss in 3 Monaten < 50l/s	Nicht berücksichtigt
Wasserentnahmen	Konz. Entnahmemengen werden abgezogen	Entnahmen aus der Biber sind an den Rhein verlagert.
Enklaven		Nicht berücksichtigt
Grenzwässer	Ufer einseitig im Kt. SH	Werden berücksichtigt
Eindolungen		Werden bearbeitet

Das theoretische Potenzial wird aufgrund dieser Kriterien auf das technische Potenzial reduziert. Von den analysierten 192 Gewässern verbleiben 17 Gewässer mit einer Länge von 78.3 km die über ein technisches Potenzial verfügen. Kleinstgewässer mit minimalen Abflussmengen, oder Gewässer die in Karstgebieten liegen, wurden so ausgeschieden.

5.4.1 Potenzial natürlicher und künstlicher Abstürze > 70 cm

Das hydroelektrische Potenzial aller natürlichen und künstlichen Abstürze mit einer Höhe > 70 cm wurde analysiert. Tab. 5 zeigt, dass nur 18 der 93 analysierten Abstürze ein Potenzial von mehr als 1 kW aufweisen. Das Gesamtpotenzial aller 93 Abstürze beträgt 64.3 kW.

Tab. 5: Potenzial der 18 grössten natürlichen und künstlichen Abstürze (ohne Rheinfluss).

BACHNAME	Absturzhöhe (cm)	Abfluss (l/s)	Leistung (kW)
Biber	70	1323	9.1
Durach	120	616	7.3
Durach	70	745	5.1
Schleitheimerbach	80	508	4.0
Schleitheimerbach	80	505	4.0
Rueetistelbach	150	238	3.5
Durach	70	426	2.9
Seltenbach	240	113	2.7
Schleitheimerbach	100	268	2.6
Rueetistelbach	100	238	2.3
Laabach	100	229	2.2
Heerenbergbach	200	109	2.1
Seltenbach	130	118	1.5
Seltenbach	200	72	1.4
Hemmentalerbach	120	114	1.3
Hemmentalerbach	120	114	1.3
Seltenbach	100	129	1.3
Hemmentalerbach	120	103	1.2
Seltenbach	110	112	1.2
Seltenbach	100	112	1.1
Freudentalbach	80	131	1.0
Hemmentalerbach	100	96	0.9
Hemmentalerbach	80	114	0.9
Hemmentalerbach	100	81	0.8
Fochtelgraben	100	69	0.7
Hemmentalerbach	80	80	0.6
Dostentalbach	100	63	0.6
Hemmentalerbach	70	80	0.5
Hemmentalerbach	70	79	0.5

5.5 Ökologische Faktoren, Ermittlung der Schutzkategorien

Einschränkungen des technischen Potenzials ergeben sich durch eine bereits vorhandene Nutzung sowie der Berücksichtigung von ökologischen Faktoren (Natur-, Landschafts- und Gewässerschutz). Alle in Tab. 6 aufgeführten ökologischen Faktoren wurden berücksichtigt und von der Projektgruppe einer der folgenden vier Schutzkategorien zugeordnet. Das Vorgehen erfolgte gemäss Expertenmeinung in Anlehnung an die Bundesempfehlung /3/.

Ausschluss

Schutzinteressen sind deutlich grösser als Nutzungsinteressen. Nutzungen können allenfalls in Erwägung gezogen werden, wenn sie zu einer deutlichen Verbesserung der Situation führen.

Sehr wertvoll

Schutzinteressen sind grösser als das Interesse an einer Nutzung. Eine Bewilligung kann nur in Ausnahmefällen und unter sehr hohen Auflagen erteilt werden.

Wertvoll

Schutzinteressen wie auch das Interesse an einer Nutzung sind hoch. Eine Bewilligung kann jedoch unter Auflagen, welche über den Rahmen der gesetzlichen Vorgaben hinausgehen, erteilt werden.

Übrige Gewässer

Schutzinteressen sind geringer als das Interesse an einer Nutzung. Eine Bewilligung kann ohne erhöhte Auflagen, jedoch in jedem Fall unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben, erteilt werden.

Ökologische Faktoren aus folgenden Bereichen wurden berücksichtigt:

- Ökologie/Ökomorphologie
- Landschaft
- Fischerei

Tab. 6: Ökologische Kriterien und Schutzkategorien in Anlehnung an /3/

Nr.	Kriterium	Schutzkategorie	Bemerkungen
O1	Bundesinventar der Flachmoore	Ausschluss	Gemäss Art. 78 Abs. 5 Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft dürfen in den Moorbiotopen keine Anlagen gebaut werden. Damit ist eine Wasserkraftnutzung ausgeschlossen. Auch Projekte ausserhalb des Schutzperimeters, welche den biologischen Wert des Moores beeinträchtigen, sind nicht zulässig (z.B. Projekte, mit negativen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt des Moores)
O2	Bundesinventar der Auengebiete und neue Objekte (Kandidaten)	Ausschluss	Es besteht ein Schutzinteresse von nationaler Bedeutung. Bei diesen beiden Kriterien hätte ein Eingriff immer eine schwerwiegende Beeinträchtigung zur Folge, sodass unabhängig von der Bedeutung des Eingriffsinteresses ein Vorhaben ausgeschlossen werden soll (Art. 4 Abs. 2 der Verordnung vom 28. Oktober 1992 über den Schutz der Auengebiete von nationaler Bedeutung (Auenverordnung), Art. 7 der Verordnung vom 15. Juni 2001 über den Schutz der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung (AlgV) und Art. 29 Abs. 1 Bst. a der Verordnung vom 16. Januar 1991 über den Natur- und Heimatschutz (NHV) (Planungsschutz nicht bereinigter und neuer Objekte). Auch Projekte ausserhalb des Schutzperimeters, welche den biologischen Wert der Aue oder des Amphibienlaichgebietes beeinträchtigen, sind nicht zulässig (z.B. Projekte, mit negativen Auswirkungen auf die Auendynamik oder auf den Wasserhaushalt von Amphibienlaichgebieten)
O3	Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete und nicht definitiv bereinigte Objekte	Ausschluss	

Nr.	Kriterium	Schutzkategorie	Bemerkungen
O4	Bundesinventar der Wasser- und Zugvogelreservate	Ausschluss	Eine Wasserkraftnutzung steht im Konflikt mit den Schutzziele. Bei schwerwiegender Beeinträchtigung kommt Art. 6 NHG zur Anwendung. Das Schongebot kommt in diesen Fällen einem Ausschluss gleich. Auch Projekte ausserhalb des Schutzperimeters, welche den biologischen Wert des Reservates beeinträchtigen, sind nicht zulässig (z.B. Projekte, mit negativen Auswirkungen auf Limikolenrastplätze = Watvögel)
O5	Natürliche oder naturnahe Gewässer nach Ökomorphologie Stufe F des Modul-Stufen-Konzeptes	sehr wertvoll	Im Kanton Schaffhausen sind natürliche oder naturnahe Gewässer ökologisch sehr wertvoll.
O6	Geplante oder durchgeführte Revitalisierungen	sehr wertvoll	Revitalisierte Gewässerabschnitte gelten als sehr wertvoll. Zudem sollen durch die öffentliche Hand getätigte oder geplante Investitionen in der Regel nicht beeinträchtigt werden.
O7	Smaragd-Gebiete	Wird nicht beurteilt (Überschneidung mit Auenschutzgebiet Alte Rhein)	Schutzwürdige Lebensräume nach Art. 18 Abs. 1bis NHG. Die vom Projekt betroffenen Zielarten und Ziellebensräume des Smaragd-Gebiets bestimmen hauptsächlich den Schutzbedarf dieser Objekte. Eine Interessenabwägung hat nach Art. 18 Abs. 1ter NHG zu erfolgen.
O8	Geschützte Lebensräume und Lebensräume gefährdete Arten nach Art. 18 Abs. 1bis NHG, insbesondere auch Quellen und andere Ufervegetation. Weitere Objekte gemäss NHG.	sehr wertvoll	Kantonale und kommunale Naturschutzgebiete. Gebiete mit Vorkommen von besonderen, seltenen Arten (z.B. Roten Listen und gemäss Experteneinschätzung).
O9	Vernetzungsprojekte	übrige Gewässer	Kantonale und kommunale Vernetzungsprojekte
L1	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN)	sehr wertvoll	Es besteht zwar ein Schutzinteresse von nationaler Bedeutung. Bei nur leichter / geringfügiger Beeinträchtigung ist ein Kraftwerk im Rahmen einer Interessenabwägung möglich (Art. 6 NHG).
L2	Landschaftsschutzgebiete	wertvoll	Schützenswerte Landschaften von kantonaler Bedeutung gemäss kantonalem Richtplan. Landschaftsschutzzonen in Zonenplänen der Gemeinden.

Nr.	Kriterium	Schutzkategorie	Bemerkungen
F1	National bedeutende Fischlaich- und Krebsgebiete	Ausschluss	Für Äschen und Krebse gibt es Erhebungen über national bedeutende Gebiete. Bei Eingriffen in Fischereigewässer ist immer eine Bewilligung nach Art. 8 und 9 des Bundesgesetzes vom 21. Juni 1991 über die Fischerei (BGF, SR 923.0) erforderlich. Die diesbezüglich massgebenden Gebiete finden sich in folgenden Vollzugshilfen des BAFU: — Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung, Mitteilungen zur Fischerei Nr. 70 — Nationaler Aktionsplan Flusskrebse, Januar 2006
F2	Besondere Fischlebensräume: a) Laichgebiete von Seeforelle, Bachneunauge, Bitterling b) Wanderkorridore der Seeforelle c) Rückzugsgebiete Äsche	sehr wertvoll	a) Rote Liste Arten mit Status "stark gefährdet". Die Situation dieser Fischarten erlaubt keine zusätzliche Beeinträchtigung, denn diese würde auch den laufenden Schutzanstrengungen entgegenstehen. b) Seeforellen sind auf durchwandelbare Gewässer für den Auf- und Abstieg angewiesen. c) Rückzugsgebiete bei hohen Wassertemperaturen
F3	Gewässer mit Vorkommen der vom Aussterben bedrohte Fischart Nase	Ausschluss	Rote Liste Art mit Status "vom Aussterben bedroht". Die Situation dieser Fischart erlaubt keine zusätzliche Beeinträchtigung.
F4	Fischereilich wichtige Gewässer: z.B. Bachforellenaufzuchtgewässer	wertvoll	Diese Gewässer sind wichtige Fischgewässer. Sie ermöglichen den Fischen eine natürliche Reproduktion.

Alle oben aufgeführten Daten wurden im GIS aufbereitet und mit dem Gewässernetz „verschnitten“. Viele Gewässerabschnitte weisen mehrere ökologische Faktoren auf. Bei einer „Mehrfachbelegung“ gilt jeweils die höchste Schutzkategorie.

5.6 Revitalisierung

Bei den ökologischen Faktoren konnte die zukünftig geplante Revitalisierung gemäss Gesetzesgrundlage nicht berücksichtigt werden, da die Daten noch nicht vorliegen. Um dennoch verbindliche Aussagen zum Einfluss einer zukünftigen Revitalisierung auf die Nutzungskategorien zu ermöglichen, wurde folgendes Vorgehen angewendet:

- Revitalisierung gehört zur Schutzkategorie „sehr wertvoll“
- Revitalisierungen können nur einen Einfluss auf die Nutzungskategorien haben wenn sie an Gewässerstrecken der Schutzkategorie „wertvoll“ liegen. Die Kategorie „übrige Gewässer“ ist nicht vorhanden.
- Es wurde analysiert, welche Gewässerabschnitte dies betrifft.

In Abb. 4 Pink markiert sind jene zwei Gewässerabschnitte, die bei einer geplanten Renaturierung einer anderen Schutzkategorie zuzuordnen wären. Es käme zu einem Wechsel der Nutzungskategorie von „Vorbehalt“ zu „Schutz“. Die beiden Abschnitte sind zusammen 2.5 km lang und weisen ein Potenzial von 13.7 kW aus.

Nach vertiefter Betrachtung der Gewässerabschnitte durch das kantonale Planungs- und Naturschutzamt entschied die Projektgruppe, dass die beiden Gewässerabschnitte keine Priorität hinsichtlich Revitalisierung aufweisen. Sie haben somit keinen Einfluss auf Karte der Nutzungskategorien.

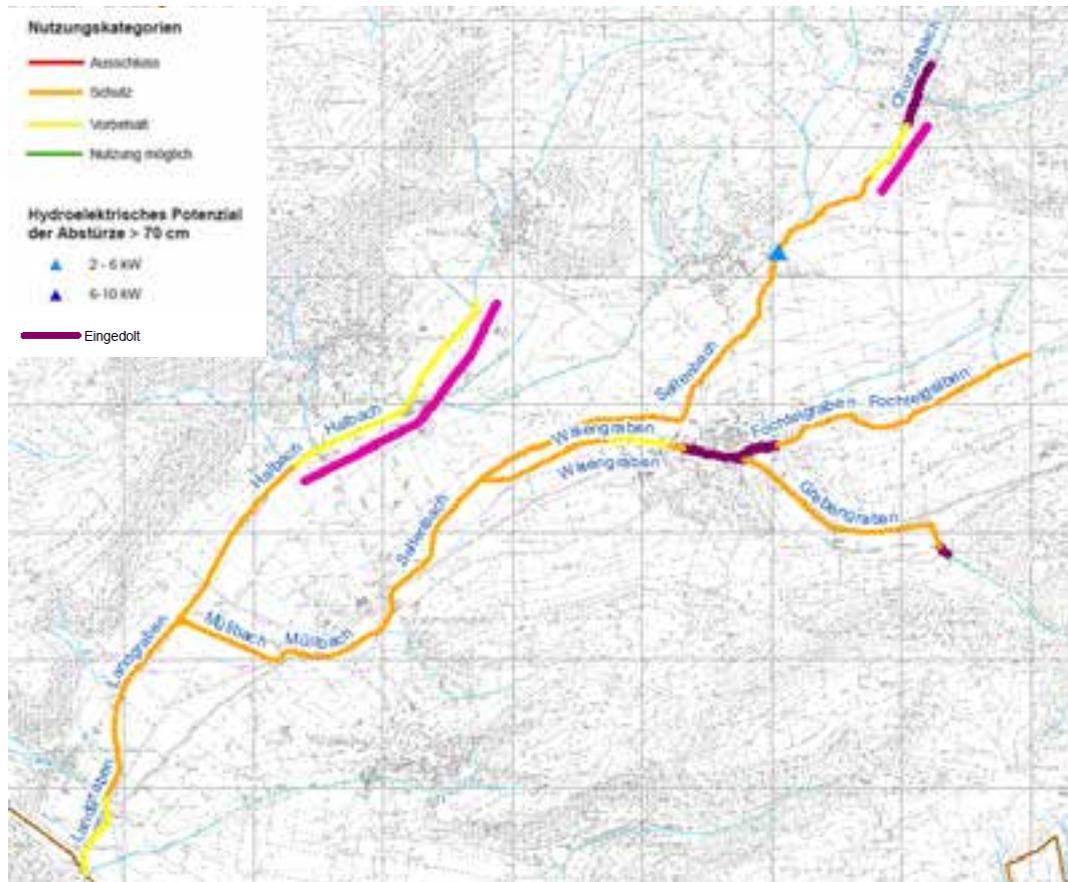


Abb. 4: Einfluss geplanter Revitalisierungen auf die Nutzungskategorien.

5.7 Nutzungsinteresse

Dem Schutzinteresse gegenüber steht das Nutzungsinteresse, welches die Arbeitsgruppe aufgrund der vorhandenen Potenziale in drei Klassen unterteilt hat. Unterschieden werden:

Bezeichnung Nutzungsinteresse	Normiertes Potenzial
Kleines Potenzial	0 – 0.02 kW/m
Mittleres Potenzial	0.02 – 0.05 kW/m
Hohes Potenzial	> 0.05 kW/m

Je höher die normierte Leistung für einen Gewässerabschnitt ist, umso attraktiver ist er für die Wasserkraftnutzung. Zum Vergleich: Für die Entwicklung der Wasserstrategie im Kanton Bern wurden nur Gewässer mit einem spezifischen Potenzial $> 0.3 \text{ kW/m}$ berücksichtigt.

5.8 Nutzungskategorien für neue Wasserkraftanlagen

Mit der Klassifikation der Fließgewässer in eine von 4 Nutzungskategorien wird festgelegt, welche Gewässerabschnitte für neue Wasserkraftanlagen geeignet sind, respektive nicht geeignet sind oder nur mit mehr oder weniger erheblichen Auflagen nutzbar sind.

Das Ausscheiden der Nutzungskategorien für neue Wasserkraftanlagen erfolgte nach Expertenmeinung in Anlehnung an die Bundesempfehlung /3/. Das Prinzip wird anhand von Abb. 5 erläutert.

- Alle Fließgewässerabschnitte sind aufgrund der an ihnen identifizierten ökologischen Faktoren einer der 4 Schutzkategorien zugeordnet (Ausschluss, sehr wertvoll, wertvoll, übrige Gewässer).
- Jeder Fließgewässerabschnitt ist aufgrund seines hydroelektrischen Potenzials einem Nutzungsinteresse zugeordnet (kleines, mittleres, hohes Potenzial).
- Die Gegenüberstellung der Schutz- und Nutzungsinteressen führt zu einer Matrix mit 12 Elementen.
- Je nachdem ob die Schutzinteresse oder das Nutzungsinteresse überwiegt wird jedes Element der Matrix einer von 4 Nutzungskategorien zugeordnet (Ausschluss, Schutz, Vorbehalt, Nutzung, möglich).

		Nutzungsinteresse		
		Kleines Potenzial 0-0.02 kW/m	Mittleres Potenzial 0.02-0.05	Hohes Potenzial >0.05
Schutzinteresse	Ausschluss	Ausschluss	Ausschluss	Ausschluss
	sehr wertvoll	Schutz	Schutz	Vorbehalt
	wertvoll	Schutz	Vorbehalt	Nutzung möglich
	übrige Gewässer	Vorbehalt	Nutzung möglich	Nutzung möglich

Nutzungskategorien

- Ausschluss
- Schutz
- Vorbehalt
- Nutzung möglich

Abb. 5: Matrix zur Erstellung der Nutzungskategorien

Unterschieden werden folgende Nutzungskategorien:

Nutzungskategorie	Erläuterung
Ausschluss	Nutzung nicht möglich Nutzungen können allenfalls in Erwägung gezogen werden, wenn sie zu einer deutlichen Verbesserung der Gesamt-Situation führen
Schutz	Nutzung in der Regel nicht möglich Das ökologische oder landschaftliche Interesse ist grösser als das Interesse an einer Nutzung. Eine Bewilligung kann nur in Ausnahmefällen und unter sehr hohen Auflagen erteilt werden
Vorbehalt	Nutzung mit besonderen Auflagen möglich Sowohl das ökologische und landschaftliche Interesse wie auch das Interesse an einer Nutzung sind hoch. Eine Bewilligung kann jedoch unter Auflagen erteilt werden
Nutzung möglich	Nutzung in der Regel möglich Sowohl das ökologische und landschaftliche Interesse wie auch das Interesse an einer Nutzung sind hoch. Eine Bewilligung kann jedoch unter Auflagen erteilt werden.

5.9 Resultatdarstellung

Die Resultate werden kartographisch und tabellarisch dargestellt. Die Karte des Kantons Schaffhausen mit den Nutzungskategorien für neue Wasserkraftanlagen findet sich im Anhang. Abstürze ▲ im Gewässer und deren Potenziale werden ebenso ausgewiesen wie eingedolte (lila Einfärbung) und bereits genutzte Gewässerabschnitte (Konzessionen). Eine tabellarische Ergebnisübersicht findet sich in Kap. 7.

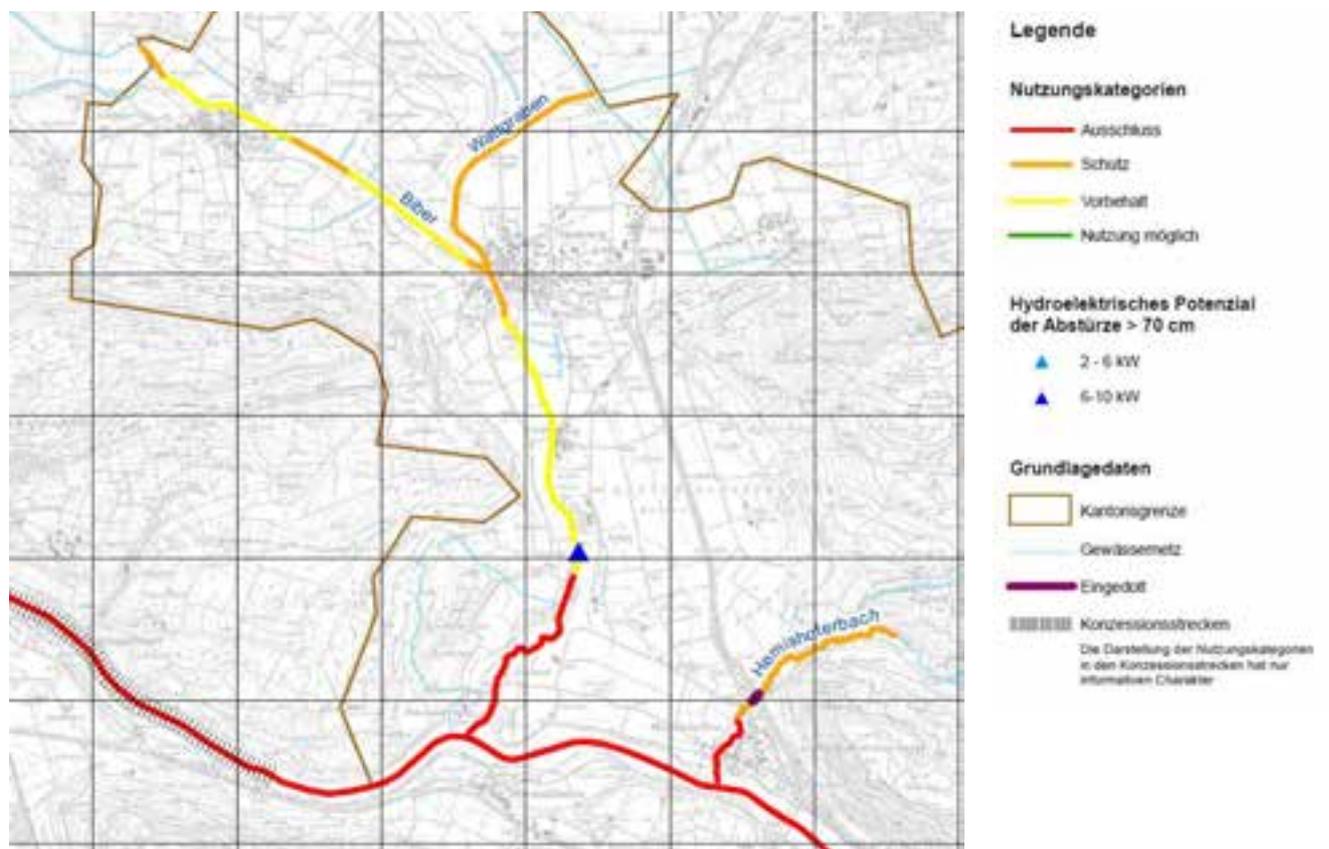


Abb. 6: Ausschnitt aus der Karte der Nutzungskategorien (Legende konzessionstrecke)

5.10 Rhein und Wutach

Rhein und Wutach wurden prinzipiell analog den vorgängig beschriebenen Verfahren analysiert. Aufgrund folgender Charakteristiken werden sie in der Ergebnisdarstellung separat behandelt:

- Grenzgewässer
- Im Vergleich zur Gesamtlänge der Gewässer durchfliesst nur ein geringer Anteil den Kanton Schaffhausen
- Nur an diesen beiden Gewässern sind nennenswerte Wasserkraftnutzungen vorhanden (Konzessionsstrecken)
- Beide Gewässer liegen fast ausschliesslich in der Nutzungskategorie „Ausschluss“
- Die hydroelektrischen Potenziale übersteigen bei weitem die Summe aller übrigen Gewässer.

5.11 Nutzbares Potenzial der Fliessgewässer für neue Anlagen

Mit den GIS-gestützten Analysen wurde das Ziel verfolgt das Potenzial und die Gewässerabschnitte für Neuanlagen zu ermitteln.

Tab. 7 zeigt detailliert das technische Potenzial für jedes Gewässer:

- (1) Technisches Gesamtpotenzial inkl., eingedolter Abschnitte
- (2) Potenzialanteil der eingedolten Abschnitte > 30 m Länge

Alle im technischen Potenzial berücksichtigten Gewässerabschnitte wurden einer der vier Nutzungskategorien zugeordnet. Hierfür wurden nur die nicht eingedolten Gewässerabschnitte berücksichtigt.

Wutach und Rhein

Wutach und Rhein werden gesondert ausgewiesen. Für die Wutach wurden nur die Gewässerstrecken im Kanton berücksichtigt.

Für den Rhein wurden folgende Gewässerstrecken berücksichtigt:

- Stein am Rhein bis Kantonsgrenze unterhalb Rheinfall Schaffhausen
- Ellikon am Rhein bis Kantonsgrenze bei Oberriet.

Konzessionsstrecken

Für Wutach und Rhein wird die Länge der Konzessionsstrecken ausgewiesen. Die Darstellung und Analyse der Nutzungskategorien hat, aufgrund der vorhandenen Konzessionsstrecken, nur informativen Charakter.

Tab. 7: Technische Potenziale der Fliessgewässer

Bachnr	Name	Länge (m)	Abschnittsleistung (kW)		Nutzungskategorien Leistung (kW)			Nutzung möglich
			(1) Gesamt	(2) Eingedolt	Ausschluss	Schutz	Vorbehalt	
1100	Hemishoferbach	2000	85	3	19	63		
1200	Fulach	6000	172	172	0.3			
1300	Durach	13574	999	488		146	365	
1340	Müllitalbach	500	3	3		1		
1360	Hohlgraben	500	10	7		3		
1370	Dostentalbach	1000	21	3		18		
1390	Freudentalbach	1000	25	15		10		
2000	Biber	14495	961		493	59	408	
2100	Altendorferbach	500	5			5		
2370	Wattgraben	1830	4			4		
3100	Beggingerbach	8500	270	2		217	50	
3200	Zwärenbach	4000	54			54		
3400	Seitenbach	10646	240	7		167	66	
3430	Wisengraben	4000	98	13		52	33	
3435	Fochtelgraben	2500	13	1		12		
3500	Halbach	3500	18			13	5	
3600	Seegraben	3739	36			36		
Gesamt		78284	3015	715	512	861	927	0
3000	Wutach	6426	2583		2583			2000
1000	Rhein	36000	147995		119139		28855	25260
Gesamt Kanton		120710	153593	715	122235	861	29782	0

Konzessions-
strecke (m)

Das technische Gesamtpotenzial im Kanton Schaffhausen ohne Wutach und Rhein liegt bei ca. 3000 kW, ohne die eingedolten Abschnitte verbleiben noch 2300 kW. Zieht man allein diesen technischen Wert für die Beurteilung der möglichen Wasserkraftnutzung heran, müssen zunächst die ganz kleinen Gewässer vollkommen gestrichen werden, da sie für eine wirtschaftlich nachhaltige Nutzung nicht genügend Potenzial haben. Diese Grenze wird hier bei 100 kW (für das ganze Gewässer) gezogen. An den für die Wasserkraftnutzung attraktiven Gewässern lassen sich vom technischen Potenzial erfahrungsgemäss zwischen 5% (wenig attraktive Gewässer) und 20% (ziemlich attraktive) tatsächlich nutzen. Bei einem ziemlich lückenlosen Ausbau, d.h. direkt aufeinander folgende Kraftwerke, lassen sich etwa 40% erreichen. Im Fall des Kantons Schaffhausen ergibt sich aus der Aufsummierung der Abschnittsleistungen der Gewässer Fulach, Durach, Biber und Seltenbach eine Gesamtleistung von 2640 kW. Ein Nutzungsgrad von 5% würde hier einer installierten Gesamtleistung von 130 kW entsprechen. Die entsprechende Jahresproduktion liegt dann insgesamt bei etwa 650 MWh.

Zieht man nur die Gewässer heran, die über 100 kW Gesamtleistung aufweisen und „unter Vorbehalt“ genutzt werden können, bleibt ein Potenzial von 770 kW übrig. Bei einem Nutzungsgrad von 5% ergäbe dies 39 kW installierte Leistung und 195 MWh Jahresproduktion.

Wie gering das Potenzial für neue Standorte ist, zeigt Abb. 7. Nur gerade 50 Abschnitte weisen eine Leistung von über 20 kW aus. Abschnitte mit einer Leistung von mehr als 100 kW finden sich derer nur 3.

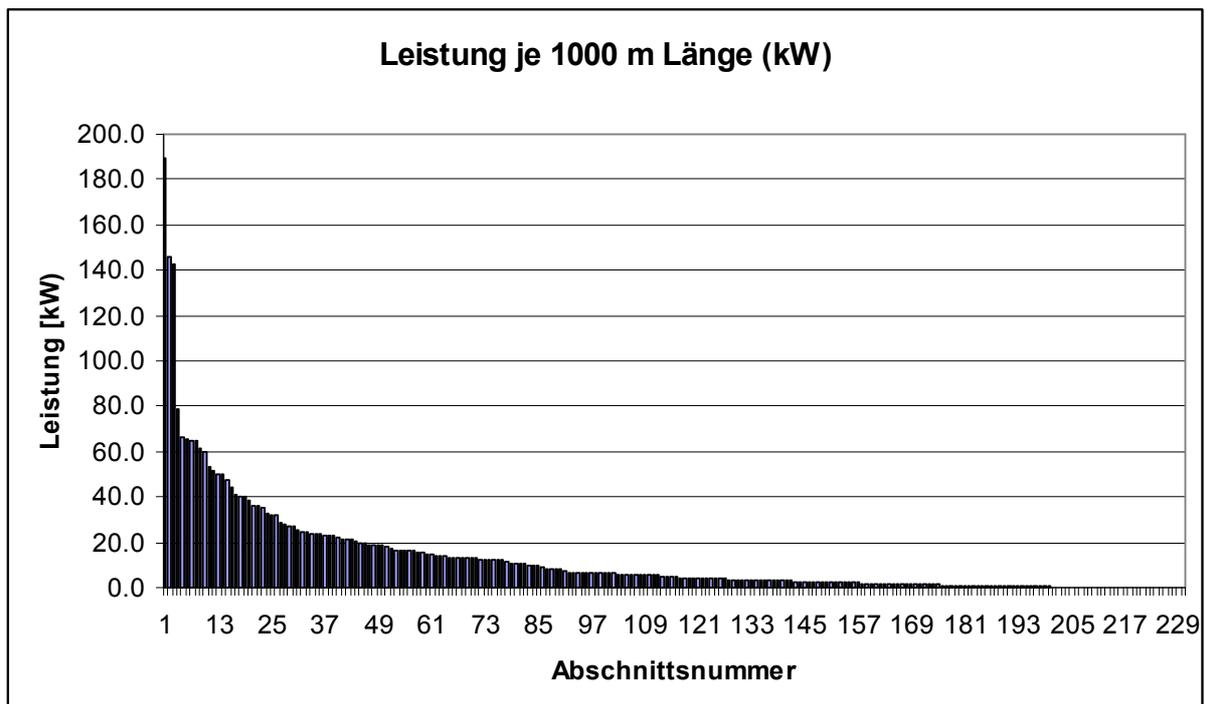


Abb. 7: Leistung [kW] je 1000 m Gewässerlänge

6 Standortbezogene Analysen

In diesem Kapitel werden alle diejenigen Standorte beschrieben, an denen es frühere oder aktuelle Nutzungen gibt oder die aus sonstigen Gründen für eine zukünftige Nutzung infrage kommen. Auch das Potenzial der Energieerzeugung mit wasserbasierten Infrastrukturanlagen (ARA, Trinkwasser, Quellen) wurden analysiert.

6.1 Rheinkraftwerke

Der Kanton Schaffhausen besitzt Anteile an den Kraftwerken beziehungsweise Konzessionsstrecken der Kraftwerke Schaffhausen, Neuhausen, Rheinau und Eglisau.

Die technischen Daten und die jeweiligen Anteile für den Kanton Schaffhausen sind wie folgt:

Tab. 8: Rheinkraftwerke, technische Daten

Kraftwerk	Schaffhausen	Neuhausen RKN	Rheinau	Eglisau
Fallhöhe	6.5 m	23 m (Rheinfall)	7.8 – 12,5 m	max. 11 m
Ausbauabfluss	500 m ³ /s	25 m ³ /s	400 m ³ /s	400 m ³ /s
Turbinen	2 Kaplan vert.	1 Francis	2 Kaplan	7 Francis
Leistung	26 MW	4,6 MW	37 MW	32,5 MW
Jahresproduktion	165 GWh	40 GWh	245 GWh	242 GWh
Anteil Kt. SH	78,1%	50%	8,1%	31,8%
Jahrespr. SH	129 GWh	20 GWh	19 GWh	77 GWh

Tab. 9: Rheinkraftwerke, mögliche Ausbaumassnahmen

Kraftwerk	Schaffhausen	Neuhausen RKN	Laufen- Uhwiesen	Rheinau	Eglisau
Massnahme	Stauerhöhung um max. 40 cm, jahreszeitlich variabel	Steigerung Ausbauabfluss auf 31 m ³ /s ohne Umbau	Neubau linksufriges Kraftwerk am Rheinfall	Keine Steigerung, derzeit wird eine Restwassersanierung durchgeführt	Umbau Turbinen (vert. Kaplan) und Generatoren, Ausbauabfluss neu 500 m ³ /s
Leistung neu	26 MW	ca. 5,5 MW	17 – 18 MW	37 MW	43 MW
Produktion Steigerung	4-8 GWh	6-8 GWh	60-120 GWh	Eher Abminderung	63 GWh
Anteil Kt. SH	3-6 GWh	3-4 GWh	30-60 GWh		20 GWh

Am Rheinfall könnte linksufrig ein zusätzliches Kraftwerk "Laufen-Uhwiesen" gebaut werden. Bei einer Fallhöhe von 23 m und einer Leistung von etwa 17 – 18 MW könnte das neue Kraftwerk jährlich rund 60 bis 120 GWh Strom produzieren. Ob ein solches Projekt angesichts der Schutzwürdigkeit des Rheinfalls Erfolgsaussichten hätte, ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Der Rheinfall liegt innerhalb der Ausschlussstrecken, die in der Wasserkraft-Nutzungsstrategie ausgewiesen wurden.

Am Kraftwerk Eglisau wäre es alternativ auch möglich gewesen, auf deutscher Seite ein Krafthaus mit einer Kaplan Rohrturbine zu bauen und das bestehende Kraftwerk so zu lassen bzw. stillzulegen. Damit wäre aufgrund der wesentlich besseren Wirkungsgrade der

Rohrturbine eine Leistungssteigerung auf 54 MW und eine Produktionssteigerung auf 330 GWh möglich gewesen. Aus Kostengründen wurde diese Lösung (Projekt 1991) damals aber nicht weiter verfolgt.

6.2 Kraftwerk Wunderklingen (Wutach)

Das Kraftwerk Wunderklingen ist ein Ausleitungskraftwerk mit einem Ausleitungswehr oberhalb des Weilers Wunderklingen und einem Kraftwerksgebäude im Weiler selbst. Das Kraftwerk gehört der Gemeinde Hallau und das Gebäude dient neben dem Wasserkraftwerk auch noch als Pumpstation für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde Hallau. Das ursprüngliche historische Krafthaus wurde 1967 zugunsten eines Neubaus ca. 100 m von der Wutach entfernt aufgegeben. Die Rückleitung des Triebwassers in die Wutach geschieht über einen eingeedeten Freispiegelkanal. Die vorgeschriebene Restwasserabgabe beträgt 75 l/s.

Tab. 10: Wunderklingen, technische Daten

Technische Daten	
Ausbauabfluss	5,5 m ³ /s
Fallhöhe	ca. 8,3 m
Turbine	1 Kaplan Kegelradturbine
Ausbauleistung	ca. 400 kW
Jahresproduktion	2400 MWh
50% Anteil des Kanton SH	1200 MWh

Das Kraftwerk bezieht keine KEV, es sind daher Überlegungen im Gang, das Kraftwerk auszubauen bzw. zu modernisieren, um im Zuge der Investitionen und der Leistungs-/Produktionssteigerung in den Genuss der KEV zu kommen. Derzeit läuft das Restwassersanierungsverfahren, dabei wird eine neu vorgeschriebene Restwasserabgabe von 300 – 400 l/s erwartet. Die daraus resultierenden Produktionseinbussen dürften um 90 MWh jährlich liegen.



Abb. 8: Turbineneinlauf am WKW Wunderklingen



Abb. 9: WKW und Pumpwerk Wunderklingen

Zieht man den Pegel Wutach/Oberlauchringen heran (7 km oberhalb Einmündung in Rhein), so übersteigt der natürliche Abfluss die Summe aus Ausbauabfluss plus Restwasser an etwa 180 Tagen im Jahr. Dies bedeutet, dass das Kraftwerk einen sehr niedrigen Ausbauabfluss aufweist und hier eine wesentliche Steigerung möglich wäre, die auch zu einer

entsprechenden Produktionssteigerung führen würde. Bei einer Steigerung des Ausbauabflusses wäre aber eine neue Konzession erforderlich. Die jetzige Konzession ist bis 2047 gültig. Im Fall einer Neukonzession müsste mit einer erhöhten Restwasserabgabe von 990 l/s gerechnet werden.

Eine bereits durchgeführte Vorstudie empfiehlt demgegenüber nur eine Modernisierung der Wehranlage und der Steuerung. Diese Massnahmen sollen ohne Leistungsänderung (d.h. Ausbauabfluss und Fallhöhe bleiben gleich) zu einer Produktionssteigerung von 17 % respektive 420 MWh/a führen.

Es wird geschätzt, dass im Fall einer Neukonzessionierung eine Produktionssteigerung von insgesamt 40% erreichbar wäre, jedoch nur mit einer Erhöhung des Ausbauabflusses von 5 m³/s auf ca. 10 m³/s und damit der Ausbauleistung. Dies entspräche einer Steigerung der Jahresproduktion um 960 MWh. In diesem Fall würde nur noch an 40 – 50 Tagen pro Jahr überschüssiges Wasser über das Wehr laufen.

Anmerkung: Die Anlage Wunderklingen hat bereits heute 6000 äquivalente Volllaststunden, die geplante Modernisierung entsprechend der erwähnten Vorstudie würde rechnerisch zu 7200 äquivalenten Volllaststunden führen. Aufgrund der ausgeprägten Niedrigwasserphasen der Wutach dürfte dieser Wert trotz des sehr niedrigen Ausbaugrades nicht realistisch sein.

Übliche Volllaststundenzahlen für Anlagen an Gewässern mit sehr unausgeglichener Abflussregime liegen bei „gut“ gewähltem Ausbauabfluss um 4500/a. Die Anlage ist deutlich zu niedrig ausgebaut, ein wesentlich höherer Ausbauabfluss wäre möglich.

6.3 Stillgelegtes Kraftwerk „Gonon“ (Wutach)

Die Gonon Isolation AG betreibt eines ihrer Werke in Schleithem. Das dort ehemals betriebene Wasserkraftwerk wurde 1993 endgültig stillgelegt und alle Anlagenteile entfernt. Das Wehr wurde rückgebaut zu einer rauhen Rampe, das Einlaufbauwerk teilweise zubetoniert. Heute wird der verlandete Triebwerkskanal nur noch benutzt, um Kühlwasser zu den Produktionsanlagen der Gonon AG zu transportieren, welches dann über den ursprünglichen Unterwasserkanal wieder in die Wutach zurückgeleitet wird.



Abb. 10: „Gononwehr“ mit linksufriger Ausleitung



Abb. 11: Rauhe Rampe, nicht fischgängig

Die Fallhöhe des damaligen Kraftwerks betrug nur 1.5 m und wurde mithilfe einer Kaplan turbine genutzt. Die Firma Gonon hat keinerlei Interesse an einer zukünftigen Nutzung der Wasserkraft an diesem Standort, wäre aber ggf. interessiert, die Unterhaltslasten an den bestehenden Bauwerken abzugeben, wenn eine neue Nutzung angestrebt würde. Dies müsste aber vollständig ausserhalb des Betriebsgeländes sein.

Die jetzt vorhandene Rampe ist nur bei Niedrigwasser und nur bedingt fischgängig und muss demzufolge irgendwann umgebaut werden. Im Zuge dieses Umbaus wäre auch zu prüfen, ob eine Wasserkraftanlage an dem Standort errichtet werden kann. Ein Flusskraftwerk ohne Ausleitung wäre hier denkbar, wobei die jetzt nur bedingt passierbare Rampe durch ein fischgängiges Umgehungsgerinne ersetzt werden würde oder die Rampe mit einer Niedrigwasserrinne direkt als Fischpass umgebaut werden könnte. Die Fallhöhe an der Rampe beträgt ca. 1.5 m, dadurch käme nur eine Ultraniederdrucktechnologie zum Einsatz, z.B. eine Wasserkraftschnecke. Eine solche Lösung ohne Höherstau wäre gewässerökologisch eine reine Verbesserung gegenüber dem heutigen Zustand, jedoch ist es fraglich, ob eine solche Option wirtschaftlich wäre.

Tab. 11: Gononwehr, mögliche technische Daten

Technische Daten	
Ausbauabfluss	10.0 m ³ /s
Fallhöhe	1.5 m
Ausbauleistung	ca. 105 kW
Jahresproduktion	470 MWh

Ein Höherstau ist nicht möglich aufgrund der oberhalb gelegenen Renaturierungsstrecke.

6.4 Künstliche und natürliche Abstürze

Im Kanton Schaffhausen gibt es über 200 kartierte und registrierte Abstürze aus der Ökomorphologiekartierung. Die Daten wurden ausgewertet, in einer Tabelle zusammengefasst und die „leistungsstärksten“ Abstürze anhand der Grösse von Abfluss multipliziert mit der Fallhöhe ermittelt. Insgesamt wurden dazu 93 Abstürze mit Fallhöhen über 70 cm ausgewertet. Der Absturz mit der grössten Leistung findet sich an der Biber und hat dabei immer noch eine Leistung von weniger als 10 kW (vgl. Tab.4, S.11). Die vier leistungsstärksten Abstürze wurden im Rahmen einer Feldbegehung dokumentiert.

6.4.1 Biber

Der Absturz (Nr. 16) befindet sich ca. 100 m flussabwärts unterhalb der Kläranlage bei Ramsen und hat nach Angaben aus der Tabelle eine Höhe von 0.7 m. Bei der Begehung stellte sich heraus, dass es sich um eine rückgebaute Wasserentnahme handelt, wobei sich das ursprüngliche Wehr im Bereich des unteren Absturzes befunden hat. Betonreste sind hier noch vorhanden.



Abb. 12: Absturz Nr. 16: Biber oberer Absturz



Abb. 13: Unterer Absturz

Die beiden Abstürze liegen nur ca. 80 m voneinander entfernt, so dass sie im Rahmen einer Wasserkraftnutzung gemeinsam genutzt werden könnten. Für diesen Standort wurde im Rahmen der Wasserkraftpotenzialanalyse ein mittlerer Abfluss von ca. $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt. Eine Fallhöhe von insgesamt ca. 1.8 m wäre erreichbar.

6.4.2 Durach

Der Absturz (Nr. 55) befindet sich an der Durach direkt an der Strassenbrücke zu einem kleinen Gewerbegebiet am Stadtrand von Schaffhausen. Es handelt sich um einen ehemaligen Mühlteich, aus dem auch ein Mühlkanal abzweigte. Die Überreste des Einlaufes sind noch gut sichtbar, allerdings sind alle Anlagen im Rahmen des Strassenbaues und der Entwicklung der Gewerbezone zugeschüttet worden. Neben der eigentlichen Stufe gibt es eine weitere Stufe direkt unterhalb der Brücke sowie eine zusätzlich oberhalb des Mühlteiches.



Abb. 14: Betonabsturz mit ca. 120 cm Fallhöhe



Abb. 15: Weitere Stufe oberhalb des „Teiches“

Insbesondere der Betonabsturz ist nicht fischgängig, so dass hier im Rahmen einer Baumassnahme auch die ökologische Situation verbessert werden könnte. Für eine Wasserkraftnutzung könnten alle 3 Stufen zusammengefasst werden, so dass ohne längere Ausleitung eine Fallhöhe von insgesamt ca. 2 m erreichbar wäre. Der mittlere Abfluss beträgt hier um 600 l/s .

6.4.3 Schleitheimerbach

Der Schleitheimerbach mündet bei Stühlingen in die Wutach. Unterhalb der zwischen Stühlingen und Schleithelm gelegenen „Talmüli“ wurden die nächsten Abstürze (Nr. 11 und Nr. 12) lokalisiert, für die jeweils knapp 4 kW als Leistung berechnet worden war. Bei der Begehung stellte sich heraus, dass es sich offensichtlich um eine rückgebaute Stufe oder Wasserentnahmen handelt, die heute aus sechs aufeinander folgenden künstlich geschütteten Felsriegeln besteht. Auf einer Strecke von ca. 50 m verteilt ergibt sich so eine Gesamtfallhöhe von ca. 3 m. Der mittlere Abfluss beträgt hier etwa 500 l/s.



Abb. 16: Gefällestufen am Schleitheimerbach unterhalb von Schleithelm

6.4.4 Zusammenfassung Wasserkraftanlagen an bestehenden Abstürzen

Die technischen Daten für Wasserkraftanlagen an den genannten Abstürzen ohne längere Ausleitungen wären wie folgt:

Tab. 12: Technische Daten von möglichen Wasserkraftanlagen an Abstürzen

Technische Daten	Biber	Durach	Schleitheimerbach
Ausbauabfluss	1.3 m ³ /s	0.6 m ³ /s	0.5 m ³ /s
Fallhöhe	1.8 m	2,0 m	3.0 m
Ausbauleistung	ca. 16 kW	9 kW	11 kW
Jahresproduktion	82 MWh	42 MWh	52 MWh

Keine der aufgefundenen Situationen ist bezüglich der Topographie oder sonstiger Gegebenheiten (z.B. bereits vorhandene direkt nutzbare Komponenten) besonders gut

geeignet für den Bau einer neuen Wasserkraftanlage, d.h. dass überall umfangreiche Planungs- und anschliessend Investitionskosten anfallen würden. Aufgrund der sehr geringen Leistungen und dementsprechend niedriger Jahresproduktion wären diese Anlagen trotz sehr hohen KEV Vergütungen kaum wirtschaftlich.

Da die Untersuchungen nur sehr knapp und überschlägig und eher konservativ durchgeführt wurden, sind in den Ergebnissen gewisse Unsicherheiten enthalten. Es ist durchaus möglich, dass man im Rahmen einer detaillierteren Studie auf die 1.5 fache Leistung und Jahresproduktion kommen könnte und dass aus rein technischer Sicht durch weiteren Aufstau und/oder eine längere Ausleitung weitere Steigerungen denkbar wären.

Aufgrund des ausgewiesenen Schutzstatus in den meisten Gewässerabschnitten wird nicht erwartet, dass Höherstau oder längere Ausleitungen eine Option wären.

6.4.5 Sonstige Abstürze

Die Begehung der leistungsstärksten Abstürze hat gezeigt, dass in allen Fällen mehrere einzelne kleinere Stufen zusammengefasst werden könnten. Gleichzeitig sind aber auch dann noch die erzielbaren Leistungen so gering, dass trotz hoher Einspeisevergütung kaum ein wirtschaftlicher Betrieb einer Wasserkraftanlage möglich ist.

Mehrere aufeinander folgende kleine Abstürze ergeben in der Potenzialabschätzung in der Summe steile Gewässerabschnitte, die dann ein vergleichsweise grösseres Wasserkraftpotenzial aufweisen. Es ist nicht auszuschliessen, dass sich der eine oder andere Standort im Kanton Schaffhausen befindet, wo sich noch ähnlich geeignete Standorte finden liessen. Da bereits diese vermeintlich „besten“ Standorte kaum eine reelle Chance haben, einen gewillten und genügend motivierten Betreiber zu finden, werden die Chancen dazu an anderen Standorten eher als noch geringer eingeschätzt.

6.4.6 Früher aktive Standorte

Es gibt eine Reihe von historischen Standorten kleiner Mühlen oder Sägewerke an Biber, Durach und Schleithemberbach. Die installierten Leistungen dieser Kraftwerke lagen zumeist deutlich unter 10 PS, nur im Fall der Bibermühle waren 52 PS (ca. 39 kW) installiert. Obwohl theoretisch die Möglichkeit besteht, solche historischen Standorte zu reaktivieren, da zumindest die Fallhöhe und Abflüsse noch vorhanden sein sollten, ist zu beachten, dass diese Betriebe oft so ausgelegt waren, dass das Wasser über Nacht in einem Mühlteich gestaut wurde und dann tagsüber zu Produktionszwecken über relative kurze Zeiträume von 7 oder 8 Stunden zur Energiebereitstellung verwendet wurde. Die tatsächlich permanente nutzbare Leistung liegt daher bei solchen historischen Standorten häufig weit unter der damals installierten Leistung. Manchmal lagen auch mehrere Wasserräder am selben Kanal zum direkten Antrieb unterschiedlicher Werke. Es konnte aber nur jeweils das eine oder andere Rad betrieben werden, weil das Wasser nicht für mehrere ausreichend war. Auch hier entsteht der Eindruck höherer Potenziale, als tatsächlich verfügbar sind.

Aus den genannten Gründen wird darauf verzichtet, die einzelnen historischen Standorte zu untersuchen, die dort vorhandenen Potenziale sind gering und wenig attraktiv und sind in der generellen Potenzialabschätzung mit enthalten.

6.4.7 Andere Standorte

Aufgrund konkreter Anfragen aus interessierten Bürgerkreisen in der Vergangenheit wurden auch noch die Standorte Thayngen und Ramsen an der Biber begutachtet.



Abb. 17: Biber in Thayngen



Abb. 18: Biber in Ramsen

In keiner der beiden Gemeinden wurden Standorte lokalisiert, die in irgendeiner Weise für die Wasserkraftnutzung geeignet wären. Um einen nennenswerten Fallhöhe zu erzielen, wären jeweils sehr lange Rückstaubereiche oder lange Ausleitungstrecken erforderlich. Beides ist aus Platzgründen, aus Gründen des Hochwasserschutzes, aus gewässerökologischen Gründen und letztendlich in Kombination mit finanziellen Erwägungen kaum denkbar.

6.4.8 Hydrokinetische Wasserkraftmaschinen

Hydrokinetische Wasserkraftmaschinen oder so genannte Strömungsturbinen funktionieren ähnlich wie eine rückwärts laufende Schiffsschraube, die von der Strömung angetrieben wird und ihre Kraft auf einen Generator leitet. Die Leistung einer solchen Maschine ist vom Durchmesser der Röhre bzw. des Propellers und der Fließgeschwindigkeit abhängig.

Da die Maschine selbst eine bestimmte Grösse hat, sind zum Beispiel im Fall der KT-5 der Firma Smart Hydropower¹ Wassertiefen von mindestens 1,8 m notwendig. Die Maschine kann dann entweder schwimmend oder an der Sohle verankert eingesetzt werden. Die volle Leistung von 5 kW erreicht sie bei Strömungsgeschwindigkeiten ab 2.5 m/s. Bei geringeren

¹ Es handelt sich dabei um einen der wenigen Anbieter, die seriöse Untersuchungen zum Leistungsverhalten ihrer Maschinen durchgeführt haben und die technischen Spezifikationen ihrer Maschinen zur Verfügung stellen.

Strömungsgeschwindigkeiten sinkt die Leistung rasch ab und beträgt beispielsweise bei 1.5 m/s nur noch 1 kW.

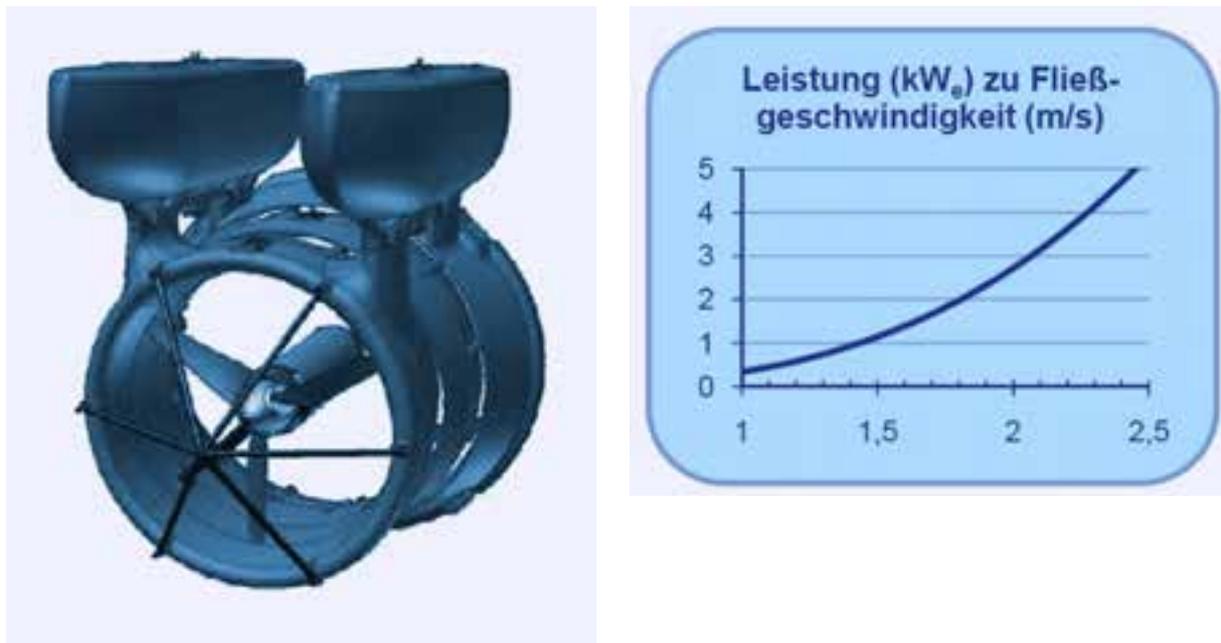


Abb. 19: Strömungsturbine KT-5 der Firma Smart Hydropower und Leistungsdiagramm

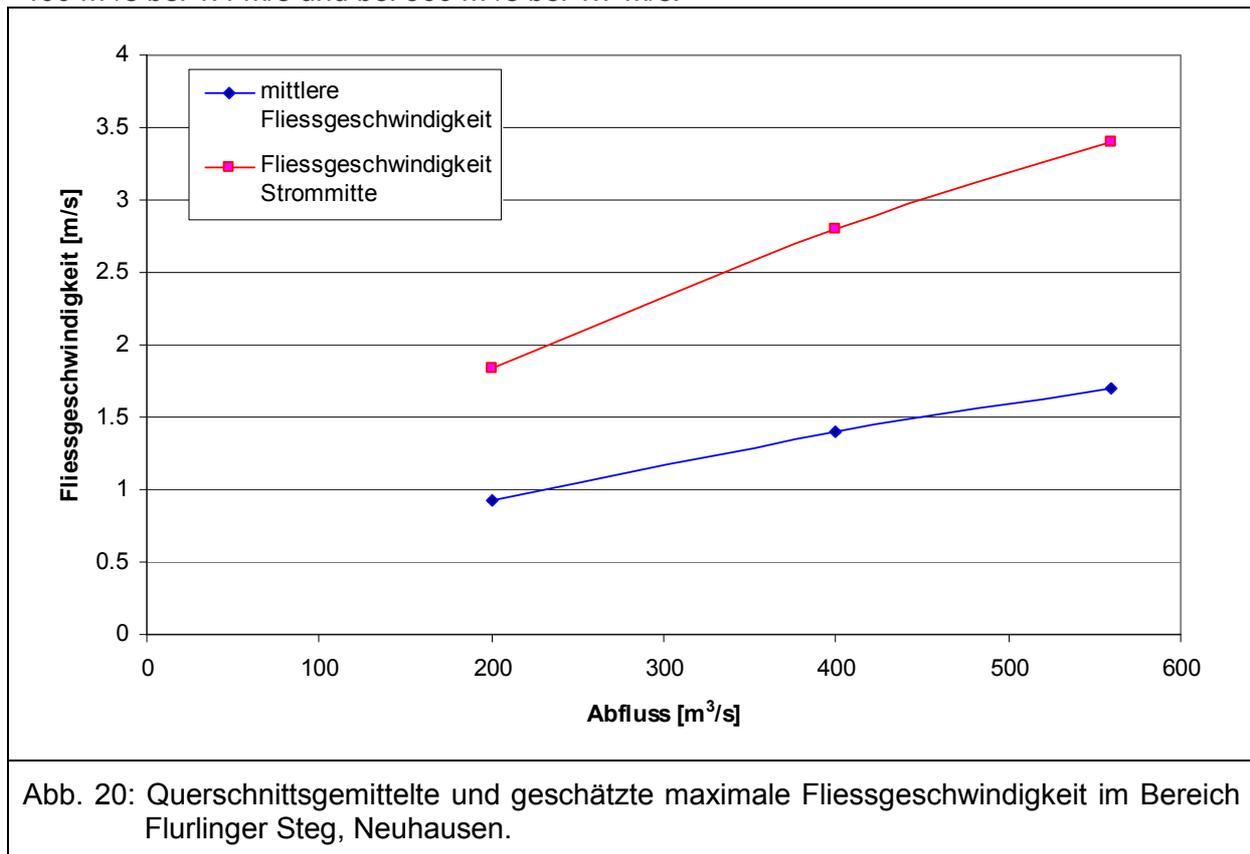
Die Voraussetzungen für den Einsatz einer solchen Maschine sind also ganzjährige Wassertiefen über 1.8 m sowie möglichst ebenfalls ganzjährige Fließgeschwindigkeiten über 2 m/s oder besser 2.5 m/s. Gleichzeitig muss die Maschine so platziert sein, dass sie keine Gefahr für den Bootsbetrieb oder Wassersportler darstellt. Bei Hochwasser (Treibholz) oder Eisgang besteht die Gefahr, dass die Maschine mechanisch beschädigt oder von der Verankerung los gerissen wird.

Ausreichend grosse Wassertiefen für den Einsatz der Strömungsmaschinen werden in erster Linie in den Staubecken der Laufwasserkraftwerke erreicht. Bei Abflüssen von 500 m³/s und weniger liegen aber die mittleren Fließgeschwindigkeiten (über den Fließquerschnitt gemittelt) in der gesamten Staustrecke des Rheinkraftwerks Schaffhausen unter 1.5 m/s. Zwar sind lokal und in den tieferen Teilen des Fließquerschnitts höhere Geschwindigkeiten zu erwarten, jedoch fahren genau dort auch die Passagierboote der URH. In diesen Bereichen können weder an der Sohle noch schwimmend Hindernisse eingebaut werden. Oberhalb des Staubeckens wurden die Brücken in Hemishofen und Stein am Rhein genauer untersucht. Der Bereich der Eisenbahnbrücke bei Hemishofen weist zwischen dem ersten und zweiten Pfeiler (von der Schaffhauser Seite aus) Wassertiefen auf, die auch bei niedrigen Abflüssen ausreichen. Dasselbe gilt für den Bereich zwischen den mittleren Pfeilern an der Strassenbrücke in Stein am Rhein. In beiden Bereichen dürften auch die lokalen Strömungsgeschwindigkeiten gross genug sein, um solche Strömungsmaschinen anzutreiben. Von den hydraulischen Bedingungen her wären hier also günstige Verhältnisse für Strömungsturbinen gegeben, die jedoch noch durch lokale Messungen bestätigt werden müssten. Auch hier liegen jedoch die ausgewiesenen Schifffahrtsrinnen in genau denselben Bereichen, die für den Betrieb der Turbinen infrage kommen.

Zusätzlich wurden die beiden Brücken Flurlinger Steg sowie die Strassenbrücken in Schaffhausen unterhalb des Kraftwerks genauer betrachtet. Diese Standorte haben den Vorteil, dass Treibgut und Geschwemmsel durch das Kraftwerk zurückgehalten werden

(ausser bei Hochwasser) und dass der Einsatz der Turbinen nicht mit dem Schiffsbetrieb in Konflikt geraten würde.

Die Querprofile und die Wasserstands-Abfluss Beziehung wurde für den Querschnitt Flurlinger Steg ausgewertet. Da dort der offizielle Rheinpegel Neuhausen installiert ist, existieren genaue Daten. Die Auswertungen ergaben, dass die Wassertiefen dort auch bei geringen Abflüssen von $200 \text{ m}^3/\text{s}$ in der Flussmitte um 4 m betragen. Die querschnittsgemittelten Fließgeschwindigkeiten liegen bei $200 \text{ m}^3/\text{s}$ bei 0.92 m/s , bei $400 \text{ m}^3/\text{s}$ bei 1.4 m/s und bei $560 \text{ m}^3/\text{s}$ bei 1.7 m/s .



Aus den querschnittsgemittelten Fließgeschwindigkeiten lassen sich aufgrund der Flussbettgeometrie ganz grob die maximalen Fließgeschwindigkeiten abschätzen. Hier wurde geschätzt, dass sie in Strommitte etwa die doppelten Werte erreichen, wie im Mittel. Es ergeben sich dann Fließgeschwindigkeiten, die für mittlere Abflüsse bereits in dem Bereich liegen, wo die Strömungsturbine KT-5 ihre volle Leistung von 5 kW erbringen kann. Gleichzeitig sind die Wassertiefen in der Strommitte auch bei Niedrigwasser ausreichend. Aufgrund der Wassertiefen und Strömungsgeschwindigkeiten ist der Abschnitt des Rheins unterhalb des Kraftwerks Schaffhausen bis zum Rheinfall also für den Einsatz von Strömungsturbinen geeignet. Eine einzige Strömungsturbine erbringt dabei eine maximale Leistung von 5 kW und an einem sehr gut geeigneten Standort könnte sie etwa 35 MWh jährlich erzeugen.

Ob der Einsatz dieser Technologie tatsächlich infrage kommt, kann hier nicht abschliessend geklärt werden. Die Maschinen müssen irgendwo verankert werden, entweder sehr teuer und aufwändig an der Flusssohle, was aber wirtschaftlich kaum tragbar wäre, oder schwimmend und dabei an den vorhandenen Brücken verankert. Sowohl der Einbau an der Sohle als auch insbesondere der schwimmende Einsatz birgt Gefahren, weil auch die Fließstrecke unterhalb des Kraftwerks von Schwimmern, Pontonieren und anderen Wassersporttreibenden genutzt wird. Die Gefahr einer Kollision mit den Turbinen selbst oder

mit den Verankerungsketten ist vorhanden. Das kann lebensgefährlich sein. Bei Hochwasser und geöffneten Wehrfeldern am Kraftwerk Schaffhausen wird auch Treibgut, z.B. Schwemholz, mit abgeführt, welches sich an den Turbinen verhängen und diese beschädigen oder abreißen könnte. Um diese Situationen zu vermeiden, müssten zusätzlich Schutzmassnahmen getroffen werden. Am ehesten scheint es möglich, an den Pfeilern der vorhandenen Brücken einzelne Strömungsturbinen zu befestigen und entsprechend zu schützen. Insgesamt wird die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Investor findet, der diese Risiken auf sich nimmt, als sehr gering eingeschätzt. Lokale Geschwindigkeitsmessungen müssten zunächst zur Validierung der oben getroffenen Annahmen durchgeführt werden. Es wird für die Zusammenstellung der GesamtPotenziale von insgesamt 8 Strömungsturbinen ausgegangen mit einer Gesamterzeugung von 280 MWh, wovon 50% auf den Kanton Schaffhausen entfallen.

6.4.9 Trinkwasserkraftwerke: Quellen

Wo Wasserreservoir für die Trinkwasserversorgung deutlich tiefer liegen als die Quellen, aus denen sie gespiesen werden, kann eine energetische Nutzung der Fallhöhe interessant sein. Eine Voruntersuchung durch QSW Ingenieure in St. Gallen ergab Hinweise darauf, dass von insgesamt 50 erfassten Quellen nur 2 für einen Nutzung näher untersucht werden sollten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tab. 13: Trinkwasserkraftwerke, Quellen

Nr.	Gemeinde	Quelle	Höhenunterschied [m]	Schüttung		Leistung [kW]	Jahresproduktion [MWh]
				l/min	l/s		
178	Hemmental	Eichhalde	29	270	4.5	0.9	7
451	Hemishofen	Quint	110	80	1.3	1.0	8

Eine Nutzung kommt nicht in Betracht, da die erzielbaren Leistungen zu klein sind.

6.4.10 Trinkwasserkraftwerke: Reservoir – Versorgungsgebiet

Wo deutliche Höhenunterschiede zwischen den Trinkwasserreservoiren und den Versorgungsgebieten vorhanden sind und sich aus den Gesamtvolumen, die pro Jahr umgesetzt werden, genügend hohe Durchflüsse errechnen lassen, könnte eine energetische Nutzung infrage kommen. Aus der vollständigen Liste der Trinkwasserreservoir wurden diejenigen herausgefiltert, bei denen sich rechnerisch die grössten möglichen Wasserkraftpotenziale ergaben. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 zusammengestellt.

Tab. 14: Trinkwasserkraftwerke, Reservoir

Gemeinde	Reservoir	Vol (m3)	Höhe Res.	Höhe VersGeb.	Wasser- verbrauch (m3/J)	Umsatz Res. (m3/J)	Höhen- diff. (m)	Mittl.	Leistung kW	Jahrespro- duktion MWh
								Durch- fluss in l/s		
Schaffhausen	Lahnbuck	8'000	517	455	11'300'000	3'000'000	62	95.1	41.3	330
	Geissberg	12'000	518	485		4'500'000	33	142.7	33.0	264
	Neuberg	1'850	469	410		2'150'000	59	68.2	28.2	225
	Breite	6'000	455	405		2'350'000	50	74.5	26.1	209
Neuhausen	ob.Bärenwisli	2200	513	475	5'400'000	2'450'000	38	77.7	20.7	165
	Säckelmannshüüs	3'000	547	515		1'200'000	32	38.1	8.5	68

Die ersten 5 Reservoirs könnten für eine Nutzung zur Energieerzeugung bzw. Rückgewinnung attraktiv sein. Eine genauere Überprüfung ergab aber, dass tatsächlich die Versorgungsgebiete zwischen den Pumpwerken und den Reservoiren liegen und deshalb

bei weitem nicht alles Wasser für die Versorgungsgebiete in die Hochbehälter gelangt, sondern direkt zu den Verbrauchern. Dadurch ist eine energetische Nutzung nicht sinnvoll möglich.

6.4.11 Abwasserkraftwerke

Ob sich eine Wasserkraftnutzung in einer ARA lohnen könnte, wurde anhand der mittleren jährlichen Schmutzwasservolumen und der Fallhöhe zwischen dem letzten Becken und dem jeweiligen Vorfluter berechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 15 dargestellt.

Tab. 15: Mögliche Abwasserkraftwerke

ARA	EGW	Vorfluter	m ³ /Tag (Min)	l/sec (Mittel)	Gefälle (Differenz Ruhewasserspiegel letzte Stufe bis Vorfluter; Angaben ARA Betreiber)	m	Leistung kW	Jahresproduktion MWh
ARA Bibertal-Hegau	125'000	Rhein	28'000	405	2.00 m	2.0	5.7	45.4
ARA SH-Röti	110'000	Rhein	15'000	230	1.00 m	1.0	1.6	12.9
ARA Hallau	20'000	Halbach	4'500	74	2.95 m (414.15 - 411.20 m.ü.m)	3.0	1.5	12.2
ARA Stein am Rhein	20'000	Rhein	5'000	74	2.50 m (2.00 - 3.00 m)	2.5	1.3	10.4
ARA Schleitheim	2'500	Schleitheimer B	450	6.9	3.65 - 6.00 m	5.0	0.2	1.9
ARA Rüdlingen	1'500	Rhein	320	5.8	< 1.00 m	1.0	0.0	0.3

Danach ergibt sich allenfalls in der ARA Bibertal eine Möglichkeit, das vorhandene Gefälle mit Hilfe einer Wasserkraftschnecke (Prinzip Archimedesschraube) zu nutzen. Es gibt in Deutschland eine ganze Reihe von ARAs, wo diese Technologie eingesetzt wird. Allerdings ist dabei zu beachten, dass die ARA Bibertal ca. 2.5 km vom Rhein entfernt liegt und somit ohnehin für diesen Fliessweg nur ein Gefälle von 0.1 % verfügbar ist.

6.5 Pumpspeicherkraftwerke

Pumpspeicherkraftwerke sind eine sinnvolle Einrichtung insbesondere zur Speicherung regenerativer Energie (z.B. Windkraft oder Solarstrom). Sie leisten aber keinen Beitrag zur Gewinnung von regenerativer Energie aus Wasserkraft. Streng genommen verbrauchen sie sogar mehr Energie als sie produzieren, da der Pumpaufwand grösser ist als der Produktionsgewinn. Aus diesem Grund werden hier keine weiteren Untersuchungen angestellt.

6.5.1 Pumpspeicherkraftwerk Engeweiher

Das Pumpspeicherwerk Engeweiher besteht aus einem Motor/Generator, einer Pumpenturbine vom Typ Francis, einem oberen Speicherbecken (Engeweiher), der unterirdisch verlegten Druckleitung und einem Auslauf in den Rhein, d.h. in den Staubereich des KW Schaffhausen. Das Oberbecken Engeweiher liegt auf dem Randen am nordwestlichen Stadtrand von Schaffhausen.

Das Werk wurde 1907 – 1908 gebaut. Eine Komplettrevision einschliesslich Instandsetzung und Abdichtung des Weihers ist 2011 durchgeführt worden. Dabei wurde die Turbine ausgebaut und zerlegt und eine Totalrevision durchgeführt. Die technischen Daten des Werks sind in Tabelle 15 zusammengefasst.

Eine Erweiterung des Pumpspeicherwerks Engeweiher wäre grundsätzlich denkbar, da durch das quasi unbegrenzte Volumen des Unterbeckens genügend Wasser zur Verfügung steht. Ob das aus Versorgungstechnischen Gesichtspunkten sinnvoll oder gar notwendig wäre, kann hier nicht beurteilt werden.

Tab. 16: Technische Daten Pumpspeicherkraftwerk Engeweiher

Beschreibung	Werte
Weierinhalt	90'000 m ³
Nutzvolumen	90'000 m ³
Nettofallhöhe	144 m
Druckleitung	2'200 m
Nennleistung	5'000 kW

Grundsätzlich wäre es denkbar, dass im Kanton Schaffhausen Energie aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wird (Sonne, Wind, Geothermie, Biomasse). Wird solche nicht regulierbare Energie in so grossen Mengen eingespeist, dass sie nicht sofort verbraucht werden kann, ist eine vorübergehende Speicherung notwendig. Grundsätzlich sind Pumpspeicherkraftwerke dafür eine gute Lösung, da sie grosse Energiemengen schnell aufnehmen können und anschliessend schnell wieder grosse Leistungen bereitstellen können. Es scheint aber sehr unwahrscheinlich, dass dies für den betrachteten Kanton in absehbarer Zeit der Fall sein könnte.

6.5.2 Weitere Pumpspeicherkraftwerke

Von Seiten interessierter Bürger wurde ein Vorschlag für ein Pumpspeicherkraftwerk Freudental eingereicht. Die Eckdaten sind wie folgt:

Oberbecken im Freudental	Wasserspiegellage	615 bis 640 m NN
	Nutzvolumen	1.8 Mio m ³
	Fallhöhe zum Rhein	255 m
	Gespeicherte Energie	1.3 GWh
Pumpwerk	beim KW Schaffhausen Wasserspiegellage	15 MW Leistung 395 m NN (4.2 m über Rhein)
Turbine	Im Kraftwerk Neuhausen	Leistung vermutlich ca. 15 MW

Theoretisch ist so etwas möglich, im konkreten Fall aber ist die Leitung zu lang, was zu übermässigen Reibungsverlusten und damit zu schlechten Gesamtwirkungsgraden führt. Der Speichersee ist im Vergleich zur installierten Leistung zu gross und wird nicht genutzt, oder die installierte Leistung ist zu klein. Letztendlich hängt dies von der geplanten Einsatzweise ab. Darüber hinaus geht das Wasser für das Kraftwerk Schaffhausen verloren, was insgesamt jedoch keinen Nachteil darstellen würde. Die geplante Leitungsführung in der Durach ist nicht realisierbar und auch die Durchquerung der Stadt wäre technisch aufwändig und sehr teuer.

Weitere Ideen bestehen zu auch zu einem Pumpspeicherkraftwerk im Eschheimetal, welches jedoch als Naturschutzgebiet ausgewiesen ist. Ohne jedoch ein klares Konzept zu haben, was mit solchen Werken erreicht werden soll, insbesondere wodurch sich die grossen Investitionen rechnen sollen, machen weitere Überlegungen dazu keinerlei Sinn. Grosse Pumpspeicherkraftwerke müssen heute mindestens 3000 h/a pumpen und 2800 h/a turbinieren, damit sie wirtschaftlich sind. D. h. sie müssen praktisch täglich 16 Stunden im Einsatz sein. Bei sehr kleinen Leistungen, wie sie hier zu erwarten wären, ist ein wirtschaftlicher Betrieb kaum möglich.

7 Bewertung, Synthese

In der Gesamtübersicht wurden jeweils nur die Anteile an der Erzeugung berücksichtigt, die dem Kanton Schaffhausen zugerechnet werden können. Im Kanton Schaffhausen werden danach heute ca. 247 GWh/a elektrischer Strom aus Wasserkraft erzeugt. Diese Erzeugung könnte um minimal 26 GWh/a (10,5%) bis maximal 31 GWh/a (13%) gesteigert werden. Von dieser möglichen Steigerung stammen 95 % aus den Kraftwerken am Rhein. Durch das mögliche Kavernenkraftwerk RKN2 am Rheinflall könnte die so ausgewiesene zusätzliche Produktionskapazität verdreifacht werden.

Das Ausbaupotenzial für die Wasserkraft an den übrigen Gewässern wird als gering eingeschätzt. Dies vor allem aufgrund der geringen hydroelektrischen Potenziale und hohen Schutzwürdigkeit, was einen wirtschaftlichen Betrieb einer Neuanlage nur in Einzelfällen erlaubt.

Tab. 17: Gesamtsicht vorhandener und nutzbarer Potenziale.

Kraftwerk	Jahresproduktion heute MWh	Zuwachs minimal MWh	Zuwachs maximal MWh
Schaffhausen*	129 000	3 000	6 000
Neuhausen RKN1*	21 000	3 000	4 000
Kraftwerk Laufen-Uhwiesen**	0	0	0
Rheinau*	19 000	0	0
Eglisau*	77 000	20 000	20 000
Wunderklingen***	1200	210	480
Gononwehr*	0	0	240
Verschiedene Abstürze**	0	0	176
Mögliche Sonstige****	0	0	195
Trinkwasserkraftwerke	0	0	0
Abwasserkraftwerke	0	0	45
8 Strömungsturbinen	0	0	140
Summe	ca. 247 000	ca. 26 000	ca. 31 000

* hier sind nur jeweils die zum Kanton Schaffhausen zugehörigen Anteile berücksichtigt.

** Da der Rheinflall in einem Abschnitt liegt, der in der Wasserkraftstrategie als Ausschlussstrecke bezeichnet ist, wird das hier vorhandene Potenzial von 60'000 MWh (Anteil Kt. SH) nicht berücksichtigt.

*** Als minimaler Zuwachs wurde die Modernisierung innerhalb der bestehenden Konzession abzüglich Restwasserabgabe genommen. Der maximale Zuwachs ist nur durch Neukonzession mit erhöhtem Ausbauabfluss möglich. Es wurden jeweils nur die Anteile des Kantons Schaffhausen angesetzt.

**** Genau genommen überschneiden sich die beiden Potenziale, da die „verschiedenen Abstürze“ auch im Potenzial „mögliche Sonstige“ mit enthalten sind.

Fazit: Eine nennenswerte Stromproduktion ist nur am Rhein und der Wutach an bereits genutzten Standorten möglich ist. Beide Gewässer fallen jedoch in die Nutzungskategorie „Ausschluss“.

8 Referenzen

/1/ Wasserstrategie Kanton Bern: <http://www.be.ch/web/index/kanton/kanton-mediencenter/kanton-mediencenter-mm/kanton-mediencenter-mm-detail.htm?id=8882#dok>

/2/ Jahresbericht Projekt Potenzialstudie

<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000010111.pdf&name=000000280219>

/3/ BAFU, BFE, ARE (Hrsg.) 2011 Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke, Bern 28s.

/4/ BAFU MQ-CH Beschreibung: BAFU und WSL, 2006:

Rasterdatensatz mittlere Abflüsse der Schweiz für die Periode 1981-2000

Anhang

- V. Karte Nutzungskategorien
- VI. Begriffsdefinitionen
- VII. Datengrundlagen
- VIII. Datenhaltung / Datenmodell

I. Karte Nutzungskategorien

II. Begriffsdefinitionen

Begriff Erläuterung

ArcGIS	GIS-Produkte der Firma ESRI (ArcView, ArcInfo, ArcIMS)
ArcGIS-Tool	Softwaremodul, welche ArcGIS um spezifische Funktionen erweitert.
DHM1	Digitales Höhenmodell Kanton Schaffhausen 2 m x 2 m
DHM25	Digitales Höhenmodell der swisstopo 25 m x 25 m
Entität	Begriff der Datenmodellierung. Eine Entität im Datenmodell entspricht einer Tabelle in einer Datenbank.
EZG	Einzugsgebiet
Geodaten	Daten mit einem eindeutigen Raumbezug. Unterschieden werden die geometrischen Objekte Punkt, Linie, Fläche und Raster.
Geodatenbank	Bezeichnung für Datenbanken, in welchen Geometrien und Sachdaten gemeinsam gespeichert werden.
Geroutes	GIS-technischer Begriff. In einem gerouteten Gewässernetz hat jedes Gewässer eine Fliessrichtung. Zudem sind Nachbarschaftsbeziehungen bekannt.
Gewässernetz	
Gewässernummer	Eindeutige vom Kanton vergebene Nummer für ein Gewässer.
MQ-CH	Rasterdatensatz der mittleren monatlichen Abflüsse mit einer Rastergrösse von 500 m (erstellt vom BAFU)
Nutzungskategorien	Alle Gewässer werden aufgrund ihres Potenzials und ihrer Schutzkategorie einer von vier Nutzungskategorien zugeordnet.
Ökologische Faktoren	Daten aus dem Natur- und Landschaftsschutz werden als ökologische Faktoren bezeichnet
Oracle	Relationales Datenbankmanagement System zum Speichern grosser Datenmengen
Räumliche Analysen	Verschneidungs- und Überlagerungsfunktionen in einem GIS.
Schutzkategorien	Die ökologischen Faktoren werden verschiedenen Schutzkategorien zugeordnet und erhalten damit einen Schutzgrad für die Nutzung (Ausschluss, sehr wertvoll, wertvoll, übrige Gewässer)
Spezifische Leistung	Hydroelektrische Leistung eines Gewässerabschnittes, normiert auf 1 m Länge (kW/m)
Stromproduktion	Jahresstromproduktion in MWh, resp, GWh. Ergibt sich aus der Multiplikation von Leistung (kW, MW) mit der jährlichen Betriebsdauer in Stunden.
Tiefenlinie	Aus dem Höhenmodell hergeleiteter Verlauf eines Fliessgewässers (entspricht der Talsohle)

III. Datengrundlagen

Die Grundlagedaten für die Analysen wurden vom Kanton Schaffhausen, im Wesentlichen von der GIS-Fachstelle bereitgestellt. Fach- und ortsspezifische Daten wurden zudem bereitgestellt von:

- Planungs- und Naturschutzamt Kanton Schaffhausen
- Energie und Umwelt, Stadt Schaffhausen

Tab. 18 listet die verwendeten hydrologischen und topographischen Grundlagedaten auf. In Tab. 19 sind die ökologischen Faktoren aufgeführt, welche für die Berechnung der Schutzkategorien verwendet wurden.

Tab. 18: Hydrologische und topographischen Grundlagedaten

Name	Bemerkung
Kantonales Gewässernetz	Siehe Kap. 3.1
Höhenmodell DHM2	Raster 2m x 2m
Höhenmodell DHM25	Raster 25m x 25m
Abflussdaten MQ-CH	Raster 500m x 500m

Höhenmodell DHM25 und DHM2

Für die Analysen stand ein hoch aufgelöstes, sehr detailliertes Höhenmodell DHM2 des Kantons Schaffhausen mit einer Rastergrösse von 2m x 2m zur Verfügung.

Das Höhenmodell DHM2 (dunkle Flächen in Abb. 21) deckt zwar die Kantonsfläche ab, jedoch nicht alle *hydrologischen Einzugsgebiete*.

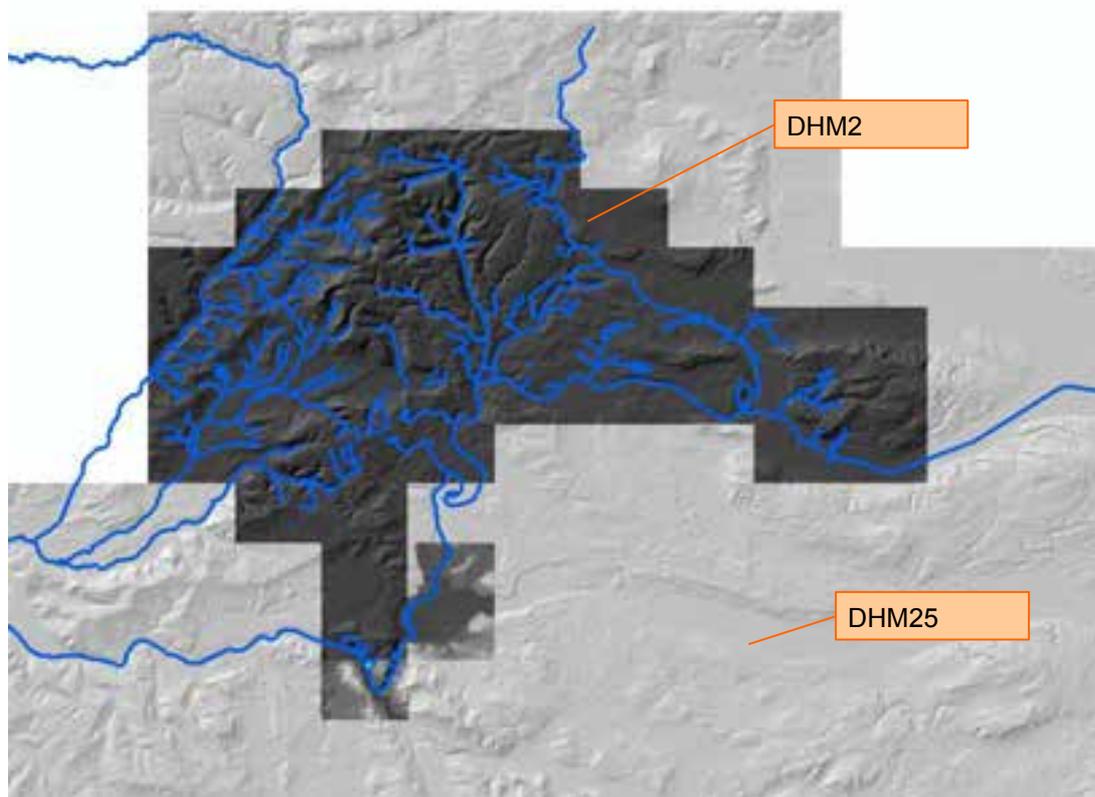


Abb. 21: Abdeckung des DHM2 (dunkel) versus DHM25 (hell)

Nach einer Analyse der Genauigkeit im Hinblick auf die Fragestellung - Höhenkoten der Gewässer und GIS-gestützte Berechnung der Einzugsgebietsfläche - wurde entschieden, die Analysen auf dem digitalen Höhenmodell der Swisstopo DHM25 durchzuführen. Hiermit wird für alle Gewässer die gleiche Datengrundlage verwendet, auch wenn das Einzugsgebiet ausserhalb des Kantons liegt. Die Einschränkungen hinsichtlich Genauigkeit gegenüber dem DHM2 stehen in keinem Verhältnis zum höheren Rechenaufwand und den Aufwändungen durch die fehlende Abdeckung des Höhenmodells für die hydrologischen Einzugsgebiete.

Abflussdaten MQ-CH

Mit dem Abflussdatensatz MQ-CH stellt das BAFU flächendeckend für die ganze Schweiz eine GIS-Datengrundlage bereit, mit welcher für alle Gebiete der Schweiz ein natürlicher modellierter mittlerer monatlicher Abfluss ermittelt werden kann /4/. Es handelt sich um einen Rasterdatensatz mit einer Auflösung von 500m x 500m. Für jede Rasterzelle liegen 13 Abflusswerte vor, Monate Januar[1] – Dezember[12], sowie der Jahresmittelwert[13]. Die Abflusswerte für die Potenzialberechnung wurden für jeden Gewässerpunkt durch einen räumlichen Verschnitt der Rasterdaten mit dem Einzugsgebiet ermittelt. Das Prinzip ist in Abb. 22 illustriert.

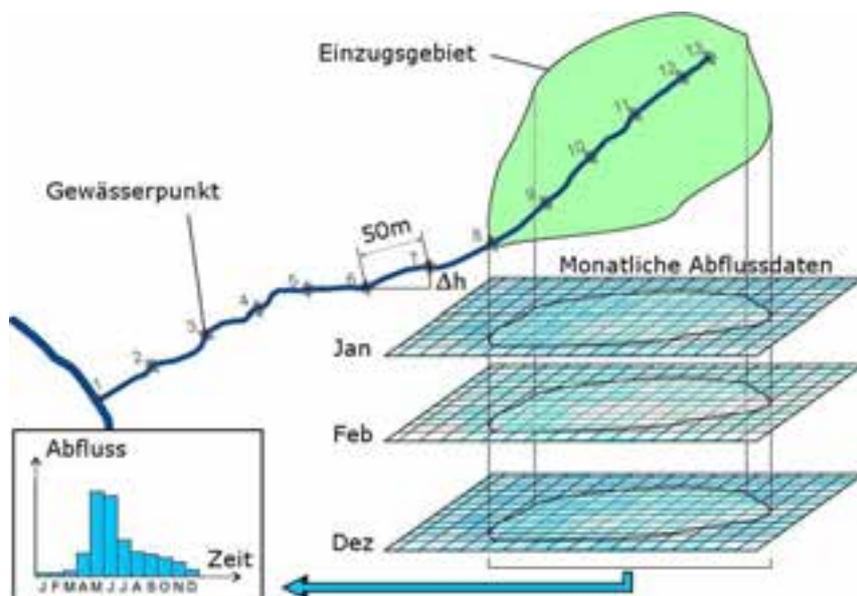


Abb. 22: Berechnung der Abflusswerte

Ökologische Faktoren

Die in Tab. 19 aufgeführten Daten sind die berücksichtigten ökologischen Faktoren für das Ausscheiden der Schutzkategorien.

Tab. 19: Ökologische Faktoren

Datei	Inhalt	Kriterium	Bemerkung Herkunft
Eisvogelbeobachtungen_neu.shp	Eisvogel	O8	Beobachtungen und Anzahl; Region Schaffhausen
zauneidechsen_punktsymbol.shp	Zauneidechse	O8	Kt. Schaffhausen
ringelnattern_punktsymbol.shp	Ringelnatter	O8	Kt. Schaffhausen
schlingnattern_punktsymbol.shp	Schlingnatter	O8	Kt. Schaffhausen
stein am rhein.shp	Zugvogelreservat	O4	Zugvogelreservat Stein am Rhein
amphibienlaichgebiete.shp	Amphibienlaichgebiete	O3	Naturschutzgebiete nationaler Bedeutung
auengebiete.shp	Auengebiete	O2	Naturschutzgebiete nationaler Bedeutung
Flachmoore.shp	Flachmoore	O1	Naturschutzgebiete nationaler Bedeutung
Eggrank-Thurspitz_ZH.shp	Smaragd	O7	Smaragdgebiet Eggrank-Thurspitz
kantonale_Schutzobjekte.shp	Schutzobjekte_Kant	O8	Naturschutzgebiete kantonaler Bedeutung
perilanq.shp	Vernetzung_Kant	O9	Vernetzungsprojekte Klettgau
periploq.shp	Vernetzung_Kant	O9	Vernetzungsprojekte Klettgau
perish04.shp	Vernetzung_Kant	O9	Vernetzungsprojekte Klettgau
lskbed.shp	Landschaftschutz_Kt	L2	Kantonaler Richtplan
SH_ZP_06040_Merge.shp	Landschaftschutz_Gem	L2	Gemeinde Zonenpläne
kriterien_fischerei.shp	Krit_Fischerei	F1-F4+O8 Muscheln	Kriterien
Kriterium oekologie S30.shp	Vernetzung_Gem	O9	Kriterien
empf-gebiete.shp	Empfindliche_Geb	L2	Empfindliche Gebiete, Stadt SH
freihaltezone_zp.shp	Freihaltezone	L2	Stadt SH, Zonenplan
gewässer_feuchgebiete.shp	Gewässer_Feuchtgebiete	O8	Stadt SH, Inventar
grundwasserschutzzone.shp	Grundwasserschutzzone	-	Stadt SH, Zonenplan (Schon vorhanden)
hecken.shp	Hecken	-	Stadt SH, Inventar
landschaftsschutzzone_sh.shp	Landschaftsschutzzone_SH	-	Stadt SH, Zonenplan
naturschutz_kt.shp	Naturschutz_Kt	O8	Stadt SH, Inventar (Angaben Kanton)
naturschutz_ueberlagerung.shp	Naturschutz_ueberlagerung	O8	Stadt SH, Zonenplan
naturschutzinv_stadt_sh.shp	Naturschutzinv_stadt_SH	O8	Stadt SH, Inventar
naturschutzzone_zp.shp	Naturschutzzone	O8	Stadt SH, Zonenplan (zb)
trockenstandorte.shp	Trockenstandorte	-	Stadt SH, Inventar
waldfunktion_vorrang_ns.shp	Waldfunktion	-	Stadt SH, Vorrang NS
bln-gebiete.shp	BLN-Gebiete	L1	
O8-Kugeliger_Lauch.shp	Gefährdete Arten: Kugeliger Lauch	O8	Ab Papier Kartenvorlage digitalisiert
O8-Gelbstern.shp	Gefährdete Arten: Gelbstern	O8	Ab Papier Kartenvorlage digitalisiert
O8-Feuersalamander.shp	Gefährdete Arten: Feuersalamander	O8	Ab Papier Kartenvorlage digitalisiert
O8-seltene_Libellen.shp/seltene Libellen.xlsx	Gefährdete Arten: seltene Libellen	O8	3 Punkte
Krit_oekologie_O5.shp	O5 naturnahe Gewässerabschnitte	O5	
Krit_oekologie_O6.shp	O6 durchgeführte Renaturierungen	O6	
kriterien_oekologie.shp	Kriterien Ökologie	O5+O6	

IV. Datenhaltung (Datenmodell)

Die Ergebnisse der Analysen sind in einer Oracle Datenbank nach einem von Watergisweb AG entwickelten Datenmodell gespeichert. Das in Abb. 23 dargestellte Datenmodell ermöglicht es jederzeit problemspezifische Fragestellungen zielgerichtet auszuführen.

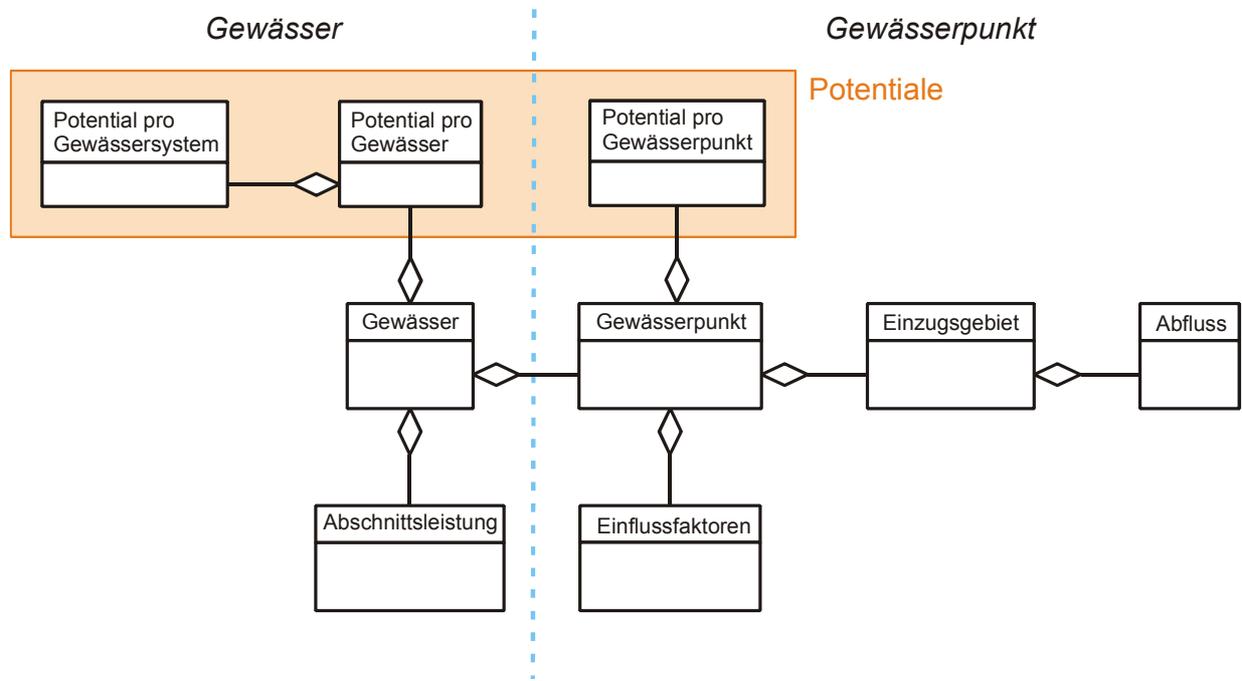


Abb. 23: Datenmodell (vereinfacht) Potenzial