



Projektarbeit

Stand und Ausbaupotenzial der Wasserkraftnutzung im Landkreis Rosenheim

Hochschule Rosenheim

University of Applied Sciences

Autor, Matrikelnr.:	Stefan Schützing, 692648
Studiengang:	Angewandte Forschung und Entwicklung
Erstprüfer:	Professor Dr.-Ing. Dominikus Bücker
Zweitprüfer:	Professor Dr.-Ing. Johannes Schroeter
Semester:	Wintersemester 2013/2014
Abgabedatum:	31.01.2014

Kurzfassung

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit dem vorhandenen Wasserkraftpotenzial im Stadtgebiet und im Landkreis Rosenheim, gleicht dieses mit dem momentan genutzten Potenzial ab und ermittelt daraus das noch realistisch ausbaubare technische Potenzial. Diese Berechnungen werden an allen Flüssen I. und II. Ordnung durchgeführt, die ganz oder teilweise im Betrachtungsgebiet verlaufen, welche dies sind wird in [1] und [2] geregelt. Dazu gehören Inn und Mangfall (I. Ordnung), sowie Glonn, Attel, Murn, Kaltenbach, Ebrach und Moosach (II. Ordnung). Des Weiteren werden die Flüsse Prien und Sims (III. Ordnung) in die Betrachtung mit aufgenommen, da von diesen beiden Flüssen die mittleren Abflüsse bekannt sind. Die Laufwasserkraftwerke der betrachteten Flüsse liefern jährlich knapp 1100 GWh elektrische Energie, das entspricht rund 80 % der gesamten, aus Wasserkraft gewonnenen Energie im Raum Rosenheim. Etwa 250 GWh pro Jahr, also gut 18 %, stammen aus Pumpspeicherkraftwerken, die in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden.

Das theoretische Potenzial („Linienpotenzial“) der betrachteten Flüsse beträgt zusammen circa 1816 GWh pro Jahr. Aufgrund verschiedener physikalischer, mechanischer, ökonomischer und nicht zuletzt ökologischer Gründe kann dieses Potenzial nicht komplett durch Wasserkraftanlagen zur Energieerzeugung genutzt werden. Es wird deshalb mit Hilfe verschiedener Beiwerte für jeden Fluss das technisch nutzbare Potenzial abgeschätzt und in einem weiteren Schritt mit dem bereits genutzten Potenzial verglichen. So kann der momentane Stand der Wasserkraftnutzung an jedem Fluss bewertet und ungenutzte Potenziale ermittelt werden. Für das technisch nutzbare Potenzial kann kein fester Wert angegeben werden, da dieser von den Eigenschaften der einzelnen Flüsse abhängig ist, stattdessen wird für das technische Potenzial eines Flusses ein Wertebereich angegeben. Befindet sich das momentan genutzte Wasserkraftpotenzial innerhalb dieses Bereiches, so kann von einer gut ausgebauten Wasserkraftnutzung gesprochen werden. Bei sehr starkem Ausbaugrad kann in Einzelfällen das abgeschätzte technisch nutzbare Potenzial auch überschritten werden, dies ist z.B. beim Inn der Fall. Es kann jedoch auch vorkommen, dass aufgrund verschiedener Umstände das minimale technische Potenzial nicht genutzt werden kann, dies liegt meist an ökologischen oder wirtschaftlichen Gründen, kann aber auch aufgrund konkurrierender Nutzungen (Hochwasserschutz, Besiedelung) der Fall sein.

Kurzfassung

Der Inn besitzt mit 1577 GWh pro Jahr das größte Potenzial, der Ausbaugrad am Inn kann als sehr stark bewertet werden, ungenutztes Potenzial ist hier nicht mehr vorhanden. Der zweitgrößte Fluss, die Mangfall, besitzt ein theoretisches Potenzial von 164 GWh, das bisher ungenutzte Ausbaupotenzial beträgt zwischen 16,3 und 40,8 GWh pro Jahr. Die Prien verfügt über ungenutztes Potenzial von 2,65 bis 10,6 GWh jährlich, aufgrund des stark schwankenden Abflusses ist dessen Nutzung zumindest in Teilen unwirtschaftlich. Die Wasserkraftnutzung an Glonn, Sims und Moosach ist bereits gut ausgebaut, kann durch Ausbau bzw. Modernisierung vorhandener Anlagen jedoch noch etwas verbessert werden. Das technische Potenzial von Attel, Murn und besonders Kaltenbach ist bisher nur wenig genutzt, was vor allem an den dort bestehenden FFH- und Naturschutzgebieten liegt. Die Ebrach verfügt ebenfalls noch über ungenutztes Potenzial, dies könnte durch die Reaktivierung stillgelegter und die Modernisierung vorhandener Anlagen genutzt werden.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer von der Hochschule Rosenheim, Herrn Professor Dr.-Ing. Dominikus Bücken, der mich bei der Anfertigung dieser Studie fachlich sehr gut unterstützt hat und mir mit Rat und Tat zur Seite stand. Mein Dank gilt zudem Herrn Richard Weißenbacher vom Landratsamt Rosenheim, Herrn Dr. Hadumar Roch vom Wasserwirtschaftsamt Rosenheim und Herrn Andre Pavlovic vom Bayerischen Landesamt für Umwelt für die freundliche Unterstützung.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Danksagung	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einführung	1
2 Vorgehensweise	2
2.1 Grundlagendaten	3
2.2 Vorhandenes Potenzial	5
2.3 Genutztes und ungenutztes Potenzial	9
3 Betrachtung der einzelnen Flüsse	10
3.1 Inn.....	10
3.2 Mangfall	13
3.3 Prien	16
3.4 Attel.....	19
3.5 Murn.....	21
3.6 Glonn	23
3.7 Kaltenbach.....	25
3.8 Ebrach.....	27
3.9 Sims	29
3.10 Moosach.....	31
4 Gesamtbetrachtung der Potenziale	33
4.1 Vorhandenes Potenzial	33
4.2 Genutztes Potenzial	34
4.3 Ungenutztes Potenzial	35
Abbildungsverzeichnis.....	39
Anhang	41
Literaturverzeichnis.....	51
Eidesstattliche Erklärung.....	53

Abkürzungsverzeichnis

ezro	Energiezukunft Rosenheim
FFH	Fauna-Flora-Habitat, europäisches Schutzgebiet im Natura 2000-Netzwerk
GIS	Geoinformationssystem
GWh	Gigawattstunde
LfU	Landesamt für Umwelt
LRA	Landratsamt
NHN	Normalhöhennull
NSG	Naturschutzgebiet
PSW	Pumpspeicherkraftwerk
SKW	Speicherkraftwerke
SPA	Special Protection Area, europäisches Vogelschutzgebiet im Natura 2000-Netzwerk
WKA	Wasserkraftanlage
WWA	Wasserwirtschaftsamt

1 Einführung

Die Wasserkraft gehört in Bayern zu den wichtigsten Energiequellen zur Stromerzeugung, rund 12.500 GWh werden jährlich in etwa 4200 Wasserkraftanlagen (inklusive Pumpspeicherkraftwerken) erzeugt. Der Anteil am gesamten Stromverbrauch, der durch die Wasserkraft gedeckt werden kann beträgt circa 15 % [3]. Mit 44 % liefert die Wasserkraft damit den größten Anteil an Strom aus regenerativen Energiequellen in Bayern [4].

Bis zum Jahr 2021 soll der Anteil regenerativer Energiequellen auf 50 % ausgebaut werden [4] [3], auch die Wasserkraft soll durch einen ökologisch verträglichen Ausbau noch vorhandener Potenziale ihren Anteil dazu beitragen. Die Vorteile der Wasserkraft bestehen dabei unter anderem in der permanent hohen Verfügbarkeit, verglichen mit anderen regenerativen Energieträgern wie Wind und Solarenergie [5]. Laufwasserkraftwerke dienen bei der Stromerzeugung als Grundlastkraftwerke, während Pumpspeicherkraftwerke auftretende Spitzenlaste decken.

Derzeit werden in Stadt und Landkreis Rosenheim zusammen mehr als 80 % des Strombedarfs durch erneuerbare Energieträger gedeckt, knapp 70 % allein durch Wasserkraft [6]. Die durch Wasserkraft im Jahresmittel erzeugte elektrische Energie beträgt dabei circa 1370 GWh pro Jahr. 1100 GWh davon werden regenerativ von den Laufkraftwerken der in der Studie betrachteten Flüsse erzeugt, weitere 256 GWh von Pumpspeicherkraftwerken, welche in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden.

An einer Erhöhung des Anteils regenerativer Energien am gesamten Strommix wollen sich auch die Stadt und der Landkreis Rosenheim beteiligen. Die Energiezukunft Rosenheim (ezro) ist ein Zusammenschluss der Hochschule Rosenheim mit verschiedenen regionalen Partnern aus Wirtschaft und öffentlicher Verwaltung der es sich zur Aufgabe gemacht hat, die Energiewende in Stadt und Landkreis zu begleiten und zu unterstützen [7]. Ein Ziel der ezro besteht darin bestehende regenerative Energiepotenziale zu ermitteln und aufzuzeigen. Hier knüpft diese Studie an: sie soll ungenutzte Wasserkraftpotenziale ermitteln, lokalisieren und aufzeigen ob und inwieweit diese genutzt werden können.

2 Vorgehensweise

In der vorliegenden Studie wurden alle Flüsse I. und II. Ordnung betrachtet, die sich ganz oder teilweise im Landkreis Rosenheim befinden. Außerdem wurden einige Flüsse III. Ordnung in die Studie miteinbezogen, von denen genügend Kenndaten vorhanden waren um eine Untersuchung sinnvoll durchführen zu können. Ungenutzte Potenziale wurden anhand folgender Schritte ermittelt:

- I) **Ermittlung der Grundlagendaten**
Die für die weiteren Berechnungen benötigten hydrologischen (Abflüsse) und topographischen (Höhenprofile) Werte der Flüsse werden ermittelt.
- II) **Berechnung des vorhandenen technischen Potenzials**
Das vorhandene technische Potenzial eines jeden Flusses wird unter Zuhilfenahme von generischen Werten für Fallhöhenutzungsgrad, Abflussnutzungsgrad und Anlagenwirkungsgrad abgeschätzt. Diese Berechnung orientiert sich an der von Anderer et al. [8] in einer Untersuchung für das Umweltbundesamt verwendeten Methode.
- III) **Ermittlung des momentan genutzten Potenzials**
Mit Hilfe von Daten über die bereits bestehenden Wasserkraftanlagen wird das momentan genutzte Wasserkraftpotenzial errechnet.
- IV) **Berechnung des ungenutzten Ausbaupotenzials**
Durch eine Gegenüberstellung des technischen Wasserkraftpotenzials und des momentan genutzten Potenzials kann das derzeit ungenutzte Potenzial eines jeden Flusses abgeschätzt werden.

2.1 Grundlagendaten

Es gibt zwei grundlegende Methoden um das Wasserkraftpotenzial in Flüssen zu untersuchen: zum einen die Standortmethode, bei der die Ausbaumöglichkeit bestehender Anlagen untersucht wird und die Linienpotenzial-Methode, bei der das natürliche vorhandene Potenzial von Flüssen betrachtet wird [8]. In dieser Studie wurde anhand der Linienpotenzial-Methode gearbeitet um die Flüsse im Landkreis Rosenheim untersuchen zu können. Das Abflusslinienpotenzial, auch theoretisches Linienpotenzial genannt, bezeichnet dabei die maximale Energie, die ein Fluss unter Nutzung des gesamten Abflusses bereitstellt. Das Linienpotenzial kann aus dem mittleren Abfluss und der Höhendifferenz eines jeden Flussabschnitts berechnet werden, Verluste sind dabei nicht berücksichtigt. Um die Berechnung für einen gesamten Fluss durchführen zu können empfiehlt es sich ein Höhenprofil des Flussverlaufes zu erstellen und den mittleren Abfluss über den Flussverlauf zu ermitteln.

In dieser Studie wurden die Flüsse hierzu von der Mündung aufwärts kilometriert, bzw. vorhandene Kilometrierungen verwendet, dazu wurden die GIS-Software FIN-View sowie Google Earth™ verwendet. Auf Basis der Kilometrierung wurden mit Hilfe von Google Earth und vorhandener Daten des Wasserwirtschaftsamtes Rosenheim Höhenprofile aller Flüsse erstellt. Abbildung 1 zeigt als Beispiel hierfür das Höhenprofil der Murn.

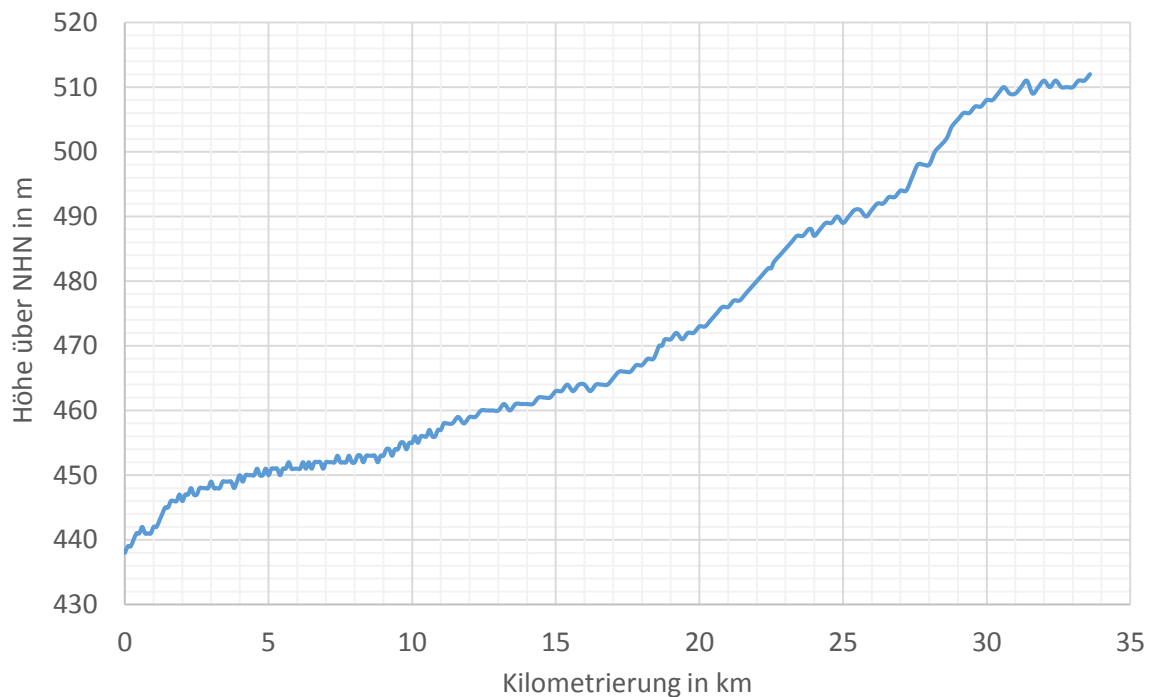


Abbildung 1: Beispiel für ein Höhenprofil (Murn)

Vorgehensweise

Mit Hilfe von Daten, die entweder durch das WWA- und LRA-Rosenheim zur Verfügung gestellt wurden oder die den Internetseiten des Hochwassernachrichtendienstes [9] und des Gewässerkundlichen Dienstes Bayern [10] entnommen wurden, wurde der mittlere Abfluss eines jeden Flusses ermittelt. Ein Beispiel für den Verlauf des mittleren Abflusses über die Länge eines Flusses zeigt Abbildung 2. Man erkennt, dass der Abfluss bis zur Mündung immer wieder ansteigt. An Punkten mit sprunghaften Anstiegen münden andere Flüsse oder Bäche. Da nicht alle Zuflüsse bekannt waren, wurde der restliche Anstieg des Abflusses zwischen zwei Messpunkten linear miteingerechnet.

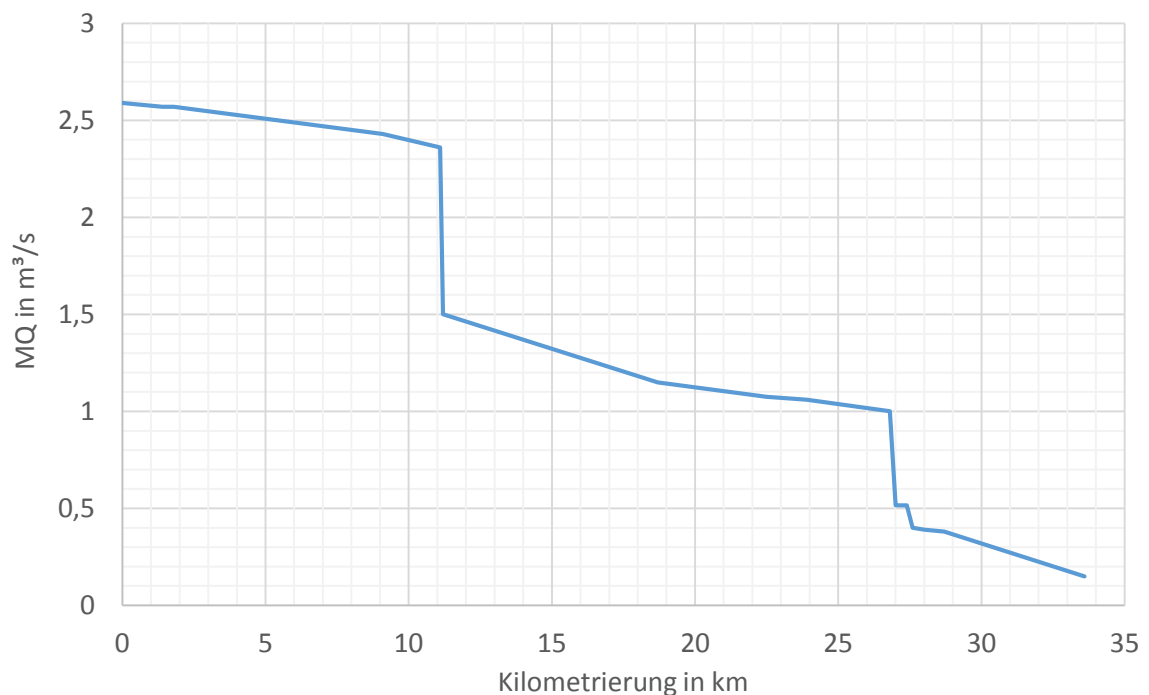


Abbildung 2: Beispiel für ein Abflussdiagramm (Murn)

Geoinformationsdaten zu den Landkreisgrenzen, zu Naturschutz-, FFH- und SPA-Gebieten stammen vom Herausgeber der FIN-View Software, dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz. Daten zu vorhandenen Querverbauungen in den Flüssen wurden nach einer schriftlichen Anfrage vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) zur Verfügung gestellt.

2.2 Vorhandenes Potenzial

Theoretisches Linienpotenzial

Nach der Methode von Anderer et al. [8] wird in einem ersten Schritt die potenzielle Leistung (Linienleistung) für einzelne Bereiche i eines Flusses ermittelt. Dabei handelt es sich um einen rein theoretischen Wert bei Nutzung des gesamten Abflusses und der kompletten Höhendifferenz.

Die Formel zur Berechnung der Linienleistung lautet:

$$P_{L, MQ, i} = \rho_w \cdot g \cdot MQ_i \cdot \Delta h_i$$

$P_{L, MQ, i}$	theoretische potenzielle Leistung eines Flussabschnitts i [W]
ρ_w	Dichte von Wasser (=1000 kg/m ³)
g	Erdbeschleunigung (=9,81 m/s ²)
MQ_i	mittlerer Abfluss im Streckenabschnitt i [m ³ /s]
Δh_i	Höhendifferenz über dem Streckenabschnitt i [m]

Das theoretische Linienpotenzial ergibt sich aus der Summe aller Teilleistungen der Flussabschnitte i entlang des zu untersuchenden Flusses multipliziert mit der Anzahl der Stunden pro Jahr. Es handelt sich dabei um die potenzielle Energie, die das komplette Wasser, das in einem Jahr den Fluss durchfließt, besitzt. Sie wird in der Einheit Wh bzw. GWh angegeben und kann wie folgt berechnet werden:

$$E_L = \sum P_{L, MQ, i} \cdot 8760h$$

E_L	Abflusslinienpotenzial [Wh]
8760h	Anzahl der Stunden pro Jahr

Technisches Potenzial

Das theoretische Linienpotenzial kann aus technischen, ökologischen, ökonomischen und anderen Gründen niemals komplett in elektrische Energie umgewandelt werden. Der technisch nutzbare Anteil wird in der Literatur als technisches Potenzial oder technisch nutzbares Potenzial bezeichnet [8], [5]. Laut Giesecke [5] liegt das technisch nutzbare Potenzial eines Flusses bei 40 bis 50 % des theoretischen Linienpotenzials, kann in Einzelfällen jedoch auch auf 10 % absinken.

Anderer et al. [8] verwenden zur Berechnung des technischen Potenzials den Anlagenwirkungsgrad, sowie den Fallhöhen- und den Abflussnutzungsgrad, siehe dazu Abbildung 3. In dieser Studie wird diese Methode ebenfalls.

Vorgehensweise

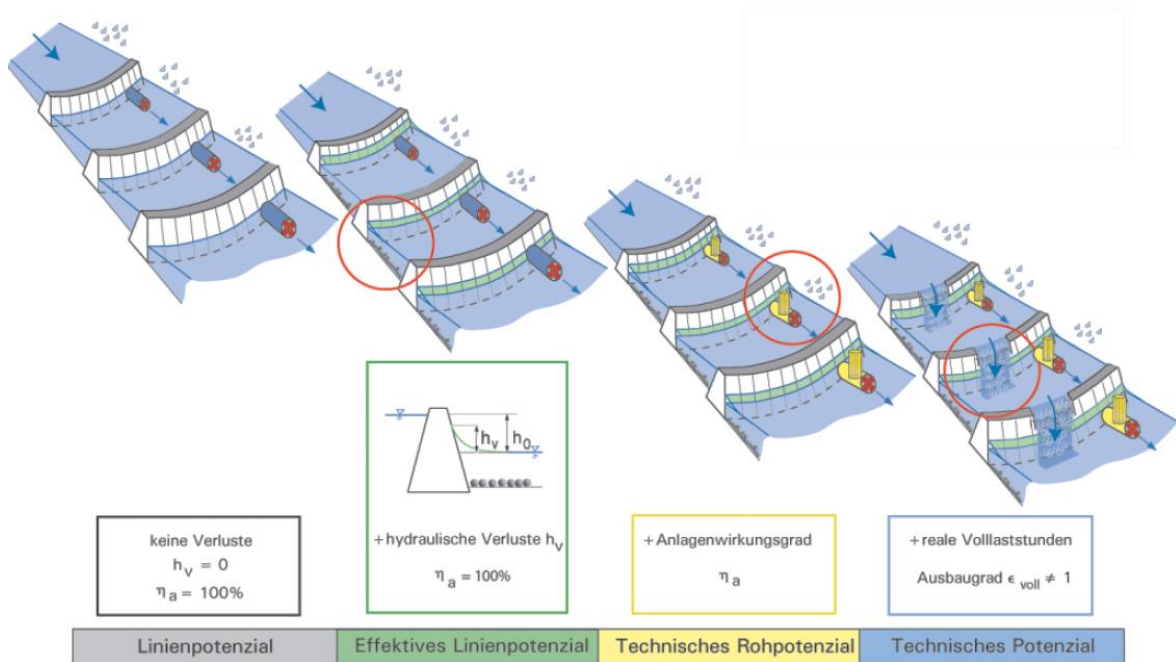


Abbildung 3: Definition der Potenzialbegriffe [8]

Der Fallhöhenutzungsgrad gibt an, welcher Anteil der gesamten Höhendifferenz an den Wasserkraftanlagen genutzt werden kann, dazu werden die Verluste durch Geschiebe im Fluss, das Überwinden von steinigen Sohlen und Verwirbelungen berücksichtigt. Der Fallhöhenutzungsgrad von stark ausgebauten Gewässern wird für große und kleine Flüsse getrennt angegeben und liegt zwischen 0,8 und 0,9 (große Flüsse) bzw. 0,35 und 0,8 (kleine und mittlere Flüsse), wobei keine genaue Abgrenzung zwischen mittelgroßen und großen Flüssen angegeben wird. Das verbleibende Potenzial wird als Effektives Linienpotenzial bezeichnet [8] [11]:

$$E_{\text{eff}} = \epsilon_H \cdot E_L$$

E_{eff} Effektives Linienpotenzial [Wh]

ϵ_H Höhenutzungsgrad [-]

Berücksichtigt man in der Berechnung auch noch den Anlagenwirkungsgrad, also den Wirkungsgrad der Turbine, des Getriebes, des Generators usw., erhält man das technische Rohpotenzial. Der effektive Anlagenwirkungsgrad ist unter anderem von der Anlagentechnik, dem Wartungszustand und der mittleren Auslastung abhängig liegt typischerweise zwischen 0,8 bei

Vorgehensweise

kleinen WKA und 0,85 bei WKA mit einer Ausbauleistung von über 1000 kW [8]. Das Rohpotenzial berechnet sich wie folgt:

$$E_{R, \text{ techn}} = E_{\text{ eff}} \cdot \eta_A$$

$E_{R, \text{ techn}}$ Technisches Rohpotenzial [Wh]

η_A Anlagenwirkungsgrad [-]

Aufgrund von schwankenden Abflüssen kann nicht der gesamte jährliche Abfluss genutzt werden, die Größenauslegung von Turbinen geschieht zugunsten eines betriebswirtschaftlichen Optimums, welches sich daraus ergibt, dass Turbinen erst ab einem gewissen Mindestdurchfluss effizient arbeiten. Wählt man eine zu kleine Turbine, so kann nur ein kleiner Teil des gesamten Abflusses genutzt werden während eine zu große Turbine bei geringen Abflüssen nicht wirtschaftlich arbeitet. Dieser Umstand wird mit Hilfe des Abflussnutzungsgrades bei der Berechnung des technischen Potenzials berücksichtigt. Der Abflussnutzungsgrad ist wiederum abhängig von der Größe des betrachteten Gewässers und beträgt bei kleinen Flüssen 0,5 bis 0,6 und bei großen Flüssen zwischen 0,7 und 0,8 [8]. Die Formel zur Berechnung des endgültigen technischen Potenzials lautet:

$$E_{\text{ techn}} = E_{R, \text{ techn}} \cdot \varepsilon_{\text{ voll}}$$

$E_{\text{ techn}}$ Technisches Potenzial [Wh]

$\varepsilon_{\text{ voll}}$ Abflussnutzungsgrad [-]

Tabelle 1: Wirkungs- und Nutzungsgrade [8], [11]

Bezeichnung	Formelzeichen	bei kleinen Flüssen bzw. Anlagen		bei großen Flüssen bzw. Anlagen	
		min.	max.	min.	max.
Fallhöhenutzungsgrad	ε_H	0,35	0,8	0,8	0,9
Anlagenwirkungsgrad	η_A	0,8		0,85	
Abflussnutzungsgrad	$\varepsilon_{\text{ voll}}$	0,5	0,6	0,7	0,8

Vorgehensweise

Die Tabelle 1 stellt die hier verwendeten Werte für Fallhöhenutzungsgrad, Anlagenwirkungsgrad und Abflusnutzungsgrad in Abhängigkeit der Fluss- bzw. Anlagengröße zusammen. Mit Hilfe dieser Werte kann für jedes Gewässer ein minimales und ein maximales technisches Potenzial abgeschätzt werden. Bei der Berechnung des minimalen Potenzials werden die Flussabschnitte, die sich innerhalb von Naturschutzgebieten (NSG) oder Natura 2000-Gebieten (FFH, SPA) befinden als Null-Potenzial-Flächen betrachtet und nicht in die Berechnung mitaufgenommen. An manchen Flüssen stehen neben den erwähnten Schutzgebieten auch gesetzliche Regelungen, wirtschaftliche Erwägungen, konkurrierende Nutzungen (Besiedelung, Hochwasserschutz, etc.) oder auch der Grundstückserwerb dem Bau von WKA im Wege. Somit kann in Einzelfällen selbst das minimale technische Potenzial nicht vollständig genutzt werden. Diese Nutzungsbeschränkungen gilt es für potenzielle Standorte zu prüfen. Grundsätzlich gelten Flüsse als energetisch sehr gut genutzt, wenn ihr genutztes Potenzial nahe an das maximale technische Potenzial heranreicht, oder dieses sogar übersteigt.

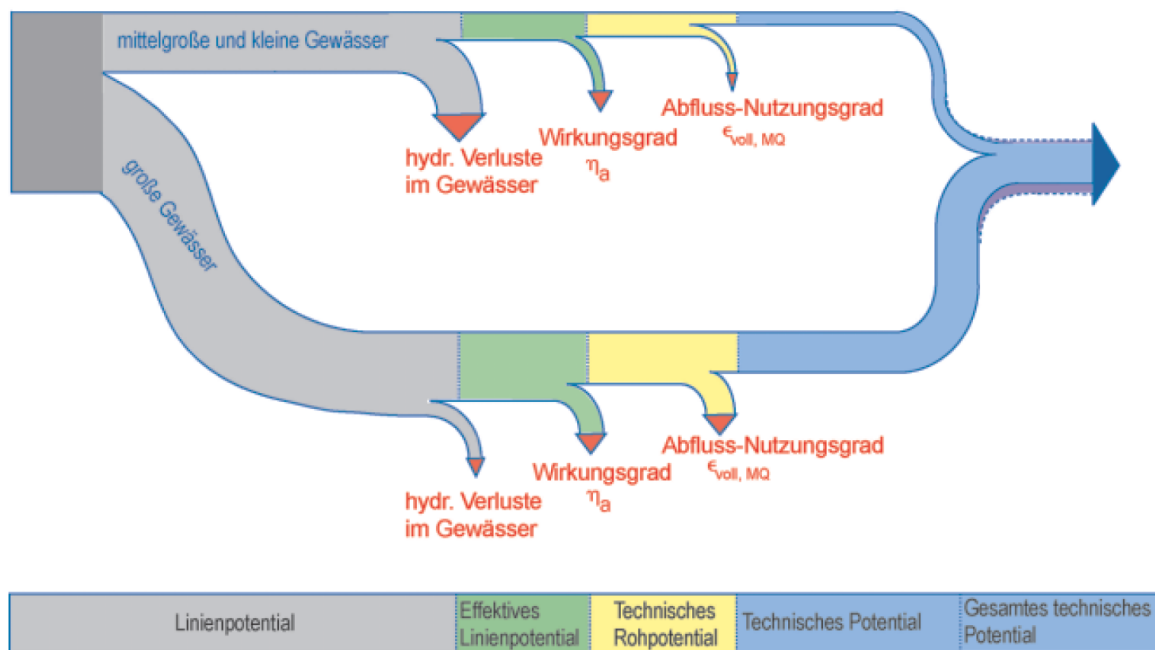


Abbildung 4: Vom Linienpotential zum technischen Potenzial [8]

2.3 Genutztes und ungenutztes Potenzial

Genutztes Potenzial

Daten über die zurzeit bestehenden Anlagen in der kreisfreien Stadt Rosenheim und im Landkreis Rosenheim wurden vom Wasserwirtschaftsamt und dem Landratsamt Rosenheim zur Verfügung gestellt. Für die Studie wurden nur Laufwasserkraftwerke berücksichtigt, die sich in den betrachteten Flüssen befinden. Die mittleren Jahresarbeiten aller WKA eines Flusses addiert ergeben dessen momentan genutztes Potenzial, es handelt sich um den Teil des gesamten Abflusslinienpotenzials eines Flusses, der innerhalb eines Jahres durch Wasserkraftanlagen in elektrische Energie umgewandelt wird. Das genutzte technische Potenzial wird zu jedem der in der Studie betrachteten Flüsse separat berechnet, die Formel dafür lautet:

$$E_{\text{genutzt}} = \sum E_{\text{WKA}, i}$$

E_{genutzt} momentan genutztes Potenzial [Wh]

$E_{\text{WKA}, i}$ mittlere Jahresarbeit einer Wasserkraftanlage i [Wh]

Ungenutztes Potenzial

Subtrahiert man das momentan genutzte Potenzial eines Flusses von dessen technischem Wasserkraftpotenzial, so erhält man das derzeit ungenutzte Potenzial des betrachteten Gewässers:

$$E_{\text{ungenutzt}} = E_{\text{techn}} - E_{\text{genutzt}}$$

$E_{\text{ungenutzt}}$ derzeit ungenutztes technisches Wasserkraftpotenzial [Wh]

Berücksichtigt man bei dieser Berechnung, dass das wirkliche technische Potenzial kein bestimmter Wert ist, sondern ein Bereich, der vom minimalen technischen Potenzial bis zum maximalen technischen Potenzial reicht, so erhält man auch einen Bereich für das ungenutzte Potenzial eines Gewässers:

$$E_{\text{ungenutzt, min}} = E_{\text{techn, min}} - E_{\text{genutzt}} \quad \text{bzw.} \quad E_{\text{ungenutzt, max}} = E_{\text{techn, max}} - E_{\text{genutzt}}$$

Das minimale ungenutzte Potenzial kann, falls vorhanden, relativ sicher nutzbar gemacht werden, wenn keine konkurrierenden Nutzungen wie Hochwasserschutz, Besiedelung, etc. vorliegen. Im besten Fall ist das genutzte Potenzial gleich dem maximalen technischen Potenzial oder sogar größer, dann verfügt das betrachtete Gewässer über kein ungenutztes Potenzial mehr.

3 Betrachtung der einzelnen Flüsse

3.1 Inn

Übersicht



Abbildung 5: Übersicht Inn, erstellt mit FIN-View 3

Der Inn ist ein Fluss I. Ordnung [1], der auf seinem Weg von seinem Quellgebiet in der Schweiz über Österreich bis zur Mündung in die Donau bei Passau knapp 520 km zurücklegt. Über eine Länge von 13,5 km bildet der Inn die Grenze zwischen Österreich und Deutschland, genauer gesagt dem Landkreis Rosenheim. Bei Flusskilometer 217,5 tritt der Inn im Süden in den Landkreis

ein und verlässt diesen im Norden bei Kilometer 147,2 wieder. Insgesamt legt der Inn so im Landkreis Rosenheim eine Strecke von 70,3 km zurück, wobei zahlreiche kleinere Flüsse und Bäche in den Inn münden. Unter ihnen befinden sich Kieferbach, Auerbach, Euzenauer Bach, Steinbach, Sims, Mangfall, Murn, Hammerbach und Attel. Einen Überblick über den Verlauf des Flusses durch den Landkreis Rosenheim gibt Abbildung 5.

Grundlagendaten

Für den Inn wurde wie in Kapitel 2.2 beschrieben mit Google Earth und FIN-View 3 ein Höhenprofil (Abbildung 26) erstellt und der mittlere Abfluss über den Verlauf des Flusses (Abbildung 27) ermittelt. Die Höhendifferenz, die der Fluss auf seinem Weg durch den Landkreis Rosenheim überwindet, beträgt 56 Meter, der mittlere Abfluss liegt zwischen 300 und 360 m³/s.

Für die Berechnung des minimalen technischen Potenzials wurde das Naturschutzgebiet Vogelfreistätte Innstausee bei Attel und Freiham, das der Inn auf einer Länge von 7,6 km durchfließt (Abbildung 6), als Null-Potenzial-Flächen betrachtet. Weitere FFH- und SPA-Gebiete betreffen nur die Innufer und wurden deshalb bei der Berechnung nicht näher berücksichtigt.

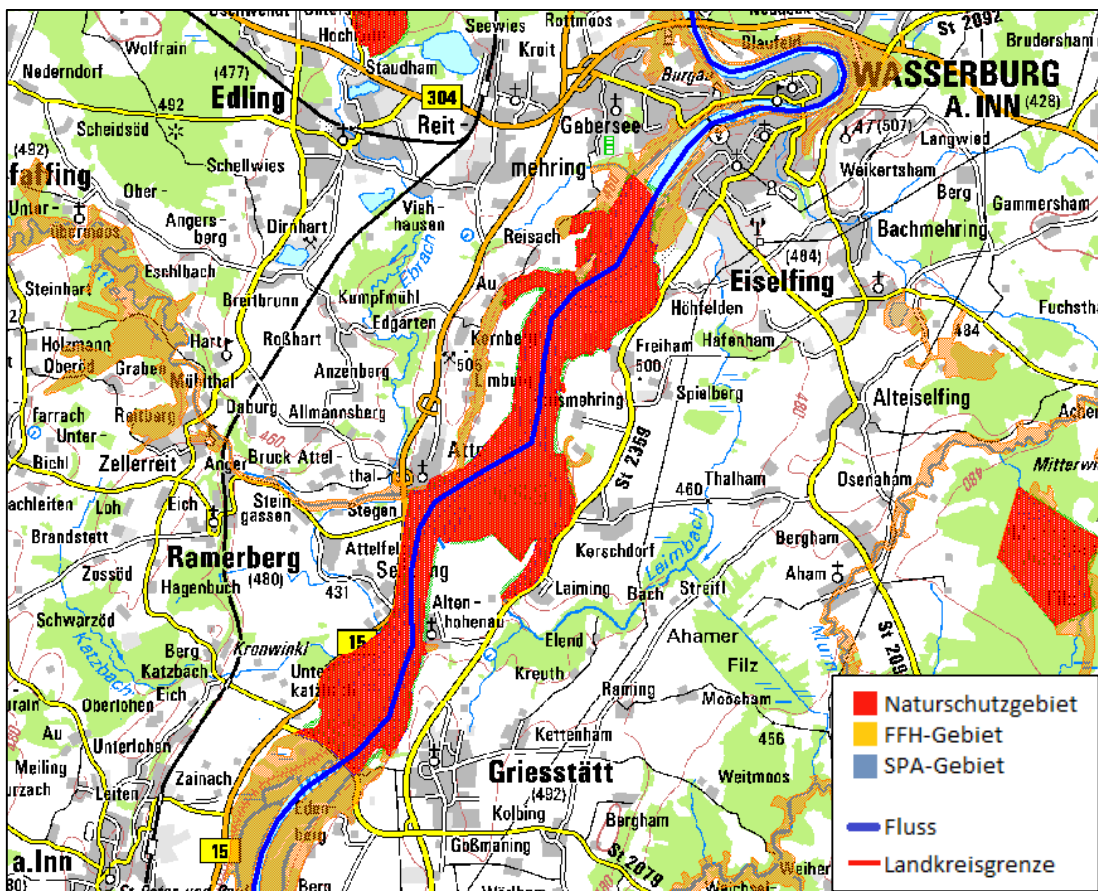


Abbildung 6: Schutzgebiete Inn, erstellt mit FIN-View 3

Wasserkraftpotenzial

Der Inn verfügt im Landkreis Rosenheim über ein theoretisches Linienpotenzial von 1576 GWh pro Jahr, dies entspricht 87 % des in dieser Studie untersuchten theoretischen Gesamtpotenzials. Berücksichtigt man die Natura 2000-Gebiete und verwendet die Wirkungs- und Nutzungsgrade großer Flüsse bzw. Anlagen erhält man nach der in Kapitel 2.2 gezeigten Berechnung einen Minimalwert für das technische Potenzial des Flusses in Höhe von 635 GWh pro Jahr und ein Maximales Potenzial von 965 GWh pro Jahr.

Am Inn gibt es sechs Standorte, an denen große Wasserkraftanlagen Energie erzeugen, siehe dazu Abbildung 5. Das dadurch momentan genutzte Potenzial des Inns beträgt im Mittel etwa 1035 GWh pro Jahr und übersteigt somit sogar den berechneten Wert des maximalen technischen Potenzials. Das zeigt, dass der Inn bessere Wirkungs- oder Nutzungsgrade aufweist, als dies für einen stark ausgebauten, staugeregelten Fluss dieser Größe normalerweise der Fall ist. Ungenutztes Potenzial gibt es also im Inn nicht, somit bleibt zur Steigerung der Energiegewinnung nur noch die Verbesserung bestehender Anlagen, welche in einer Studie [12] aus dem Jahr 2011 genauer untersucht wurde.

3.2 Mangfall

Übersicht

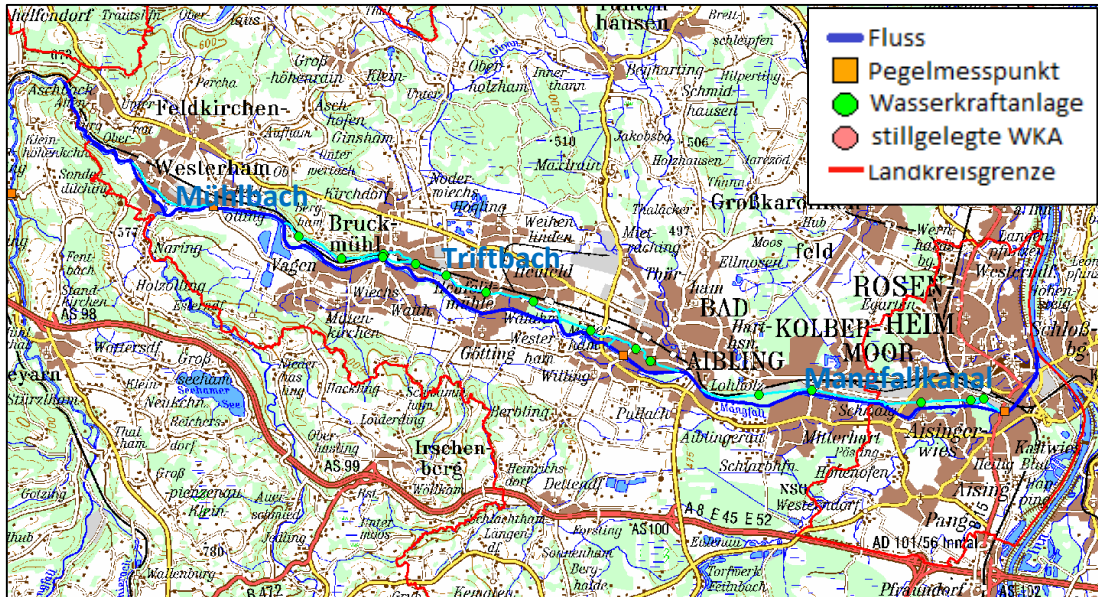


Abbildung 7: Übersicht Mangfall und Ausleitungen, erstellt mit FIN-View 3

Die Mangfall ist der zweitgrößte Fluss im Landkreis Rosenheim, sie ist der Abfluss des Tegernsees im Landkreis Miesbach und mündet von Westen her kommend bei Rosenheim in den Inn, sie zählt zu den Gewässern I. Ordnung [1]. Die Gesamtlänge der Mangfall beträgt 58 km, davon legt sie 31,3 km im Landkreis Rosenheim zurück. Die größten Zuflüsse auf ihrem Weg durch den Landkreis sind die Leitzach, Kaltenbrunnbach, Glonn und Kaltenbach (Kalten), außerdem wird das Wasser des Leitzach-Staubeckens in die Mangfall geleitet. Der Mangfall verfügt über zahlreiche Ausleitungen, diese dienen dazu das Wasser der Mangfall nutzbar zu machen um damit Mühlen zu betreiben oder die Holztrift zu erleichtern. Zu diesen Ausleitungen gehören unter anderem der Mühlbach, der Triftbach, der Mangfallkanal sowie der Hammerbach. Diese Maßnahmen haben zur Folge, dass der Pegel der Mangfall stark verringert wurde, was wiederum ökologische Probleme aufwirft. Um die Ökologie des Flusses zu verbessern wird seit geraumer Zeit versucht durch verschärfte Genehmigungsverfahren die Restwassermenge der Mangfall zu erhöhen. In dieser Arbeit sind die Ausleitungen, welche wieder in den Fluss zurückgeleitet werden, also Mühlbach, Triftbach und Mangfallkanal mitberücksichtigt. Eine Übersicht über den Flussverlauf der Mangfall und ihrer Ausleitungen ist in Abbildung 7 dargestellt.

Grundlagendaten

Das Höhenprofil der Mangfall für den Landkreis Rosenheim (Abbildung 28) zeigt eine Höhendifferenz zwischen dem Eintritt des Flusses in den Landkreis und der Mündung in den Inn von 118 Meter. Die Strecke, die der Fluss im Landkreis zurücklegt, beträgt 31,3 km, der mittlere Abfluss inklusive der Ausleitungen Mühlbach, Triftbach und Mangfallkanal variiert dabei zwischen 6 und 23 m³/s (siehe Abbildung 29).

Die Mangfall durchquert im Landkreis Rosenheim zwei FFH-Gebiete. Insgesamt befindet sich eine Flusstrecke von 3,2 km in Schutzgebieten, diese in Abbildung 8 dargestellten Bereiche wurden für die Berechnung des minimalen Potenzials als nicht nutzbar angesehen.

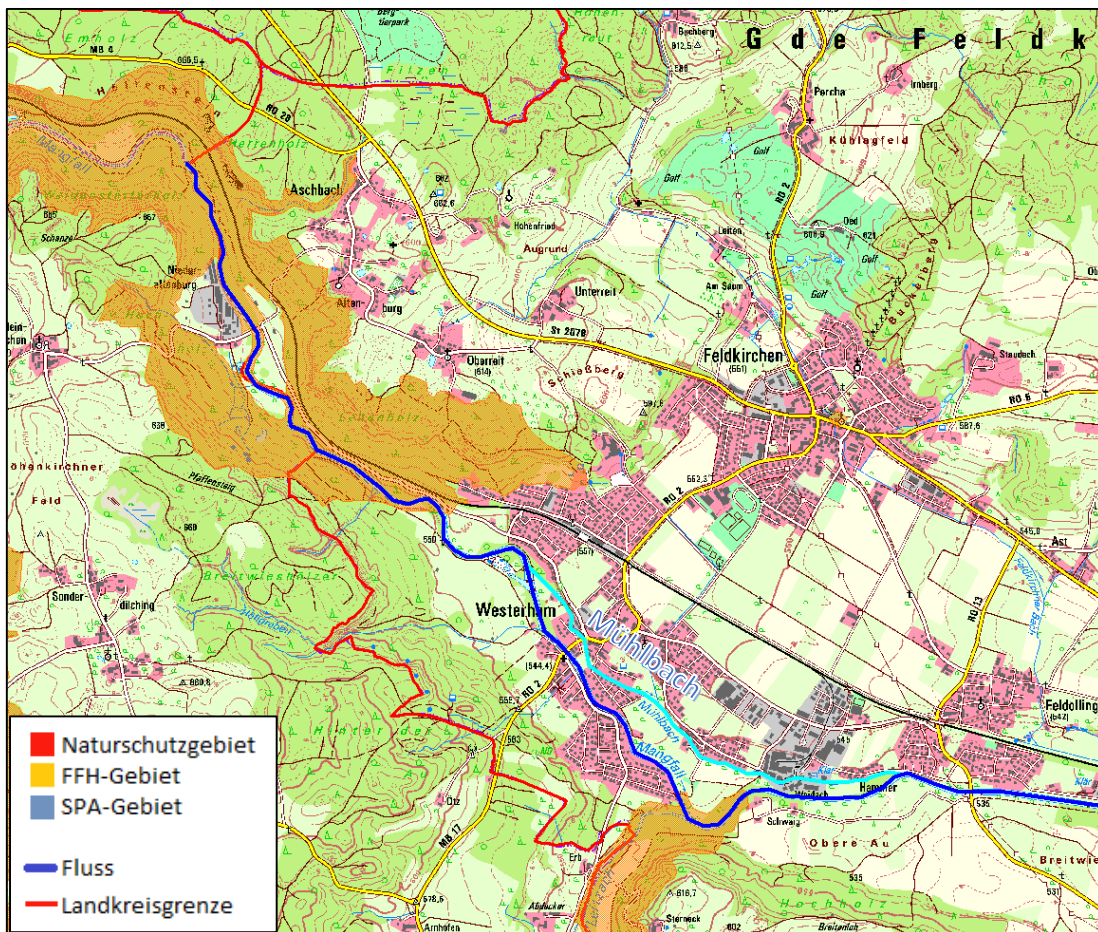


Abbildung 8: Schutzgebiete Mangfall, erstellt mit FIN-View 3

Wasserkraftpotenzial

Mitsamt ihren Nebenflüssen Mühlbach, Triftbach und Mangfallkanal verfügt die Mangfall im Landkreis Rosenheim über ein theoretisches Linienpotenzial von 164,2 GWh pro Jahr. Dies entspricht 9 % des in der Studie ermittelten theoretischen Gesamtlinienpotenzials. Mit den Nutzungsgraden wie sie an großen, staugeregelten Flüssen erreicht werden ergibt sich ein technisch nutzbares Potenzial zwischen 70,1 und 94,6 GWh pro Jahr (siehe dazu Kapitel 2.2).

Momentan befinden sich 18 Wasserkraftanlagen an der Mangfall und ihren Ausleitungen im Betrieb. Zusammengenommen erzeugen sie eine Jahresarbeit von 53,8 GWh pro Jahr. Damit liegen technisch gesehen mindestens 16,3 GWh pro Jahr an ungenutztem Potenzial in der Mangfall. Die vorhandenen WKA befinden sich alle in den Ausleitungen Triftbach und Mangfallkanal, siehe dazu auch Abbildung 7, das im Fluss verbliebene Restwasser wird nicht zur Energieerzeugung genutzt. Außerdem wird der Mühlbach nicht zur Energieerzeugung genutzt. Durch verstärkte Nutzung am Oberlauf (Abbildung 8), oberhalb von Feldolling befinden sich knapp 10 GWh ungenutztes Potenzial pro Jahr, und den Ausbau bzw. die Modernisierung bestehender Anlagen ließe sich die Energieerzeugung an der Mangfall noch steigern.

Die Leitzachwerke, deren Abfluss bei Vagen (Flusskilometer 23) in die Mangfall geleitet wird, wurden in diesen Berechnungen nicht berücksichtigt, da diese

3.3 Prien

Übersicht

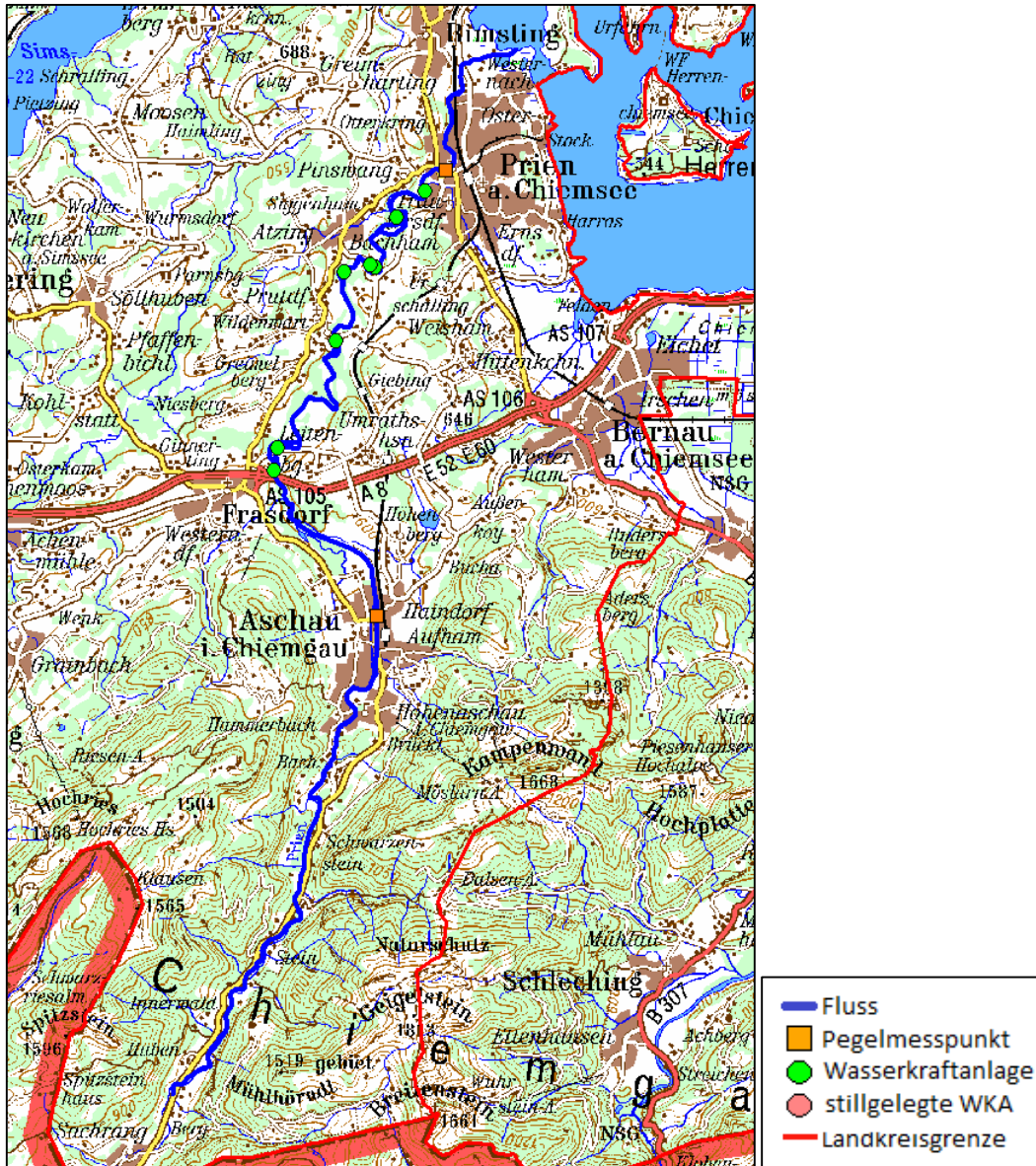


Abbildung 9: Übersicht Prien, erstellt mit FIN-View 3

Die Prien ist ein Gebirgsfluss III. Ordnung, der von Süden her kommend über Sachrang und Aschau nach Prien fließt und dort in den Chiemsee mündet. In dieser Studie wurde die Prien auf einer Strecke von 29,7 km untersucht, hier besitzt sie zahlreiche kleine Zuflüsse. 4,1 km im Flussverlauf von ihrer Mündung entfernt zweigt der Mühlbach von der Prien ab, welcher an anderer Stelle ebenfalls in den Chiemsee mündet. Abbildung 9 zeigt den Verlauf der Prien.

Grundlagendaten

Die Höhendifferenz, die die Prien auf den betrachteten fast 30 km zurücklegt beträgt insgesamt 228 Meter, siehe dazu das Höhenprofil der Prien in Abbildung 30. Der mittlere Abfluss liegt im Verlauf des Flusses zwischen 0,5 und 3,5 m³/s, dargestellt ist dieser in Abbildung 31. Der Abfluss von Gebirgsflüssen ist oft hohen Schwankungen unterworfen, dies ist bei der Prien der Fall. Bei Hochwasser steigt der Abfluss an der Messstation Aschau regelmäßig auf über 25 m³/s, während er dort in Trockenzeiten auf unter 0,3 m³/s fallen kann.

Der Mündungsbereich der Prien ist sowohl FFH- als auch SPA-Bereich, ein weiteres FFH-Gebiet das die Prien durchquert befindet sich vor Aschau. Insgesamt liegt so fast 1 km der Prien in Schutzgebieten. Abbildung 10 zeigt links die FFH- und SPA-Gebiete an der Prienmündung und rechts das FFH-Gebiet südlich von Aschau.

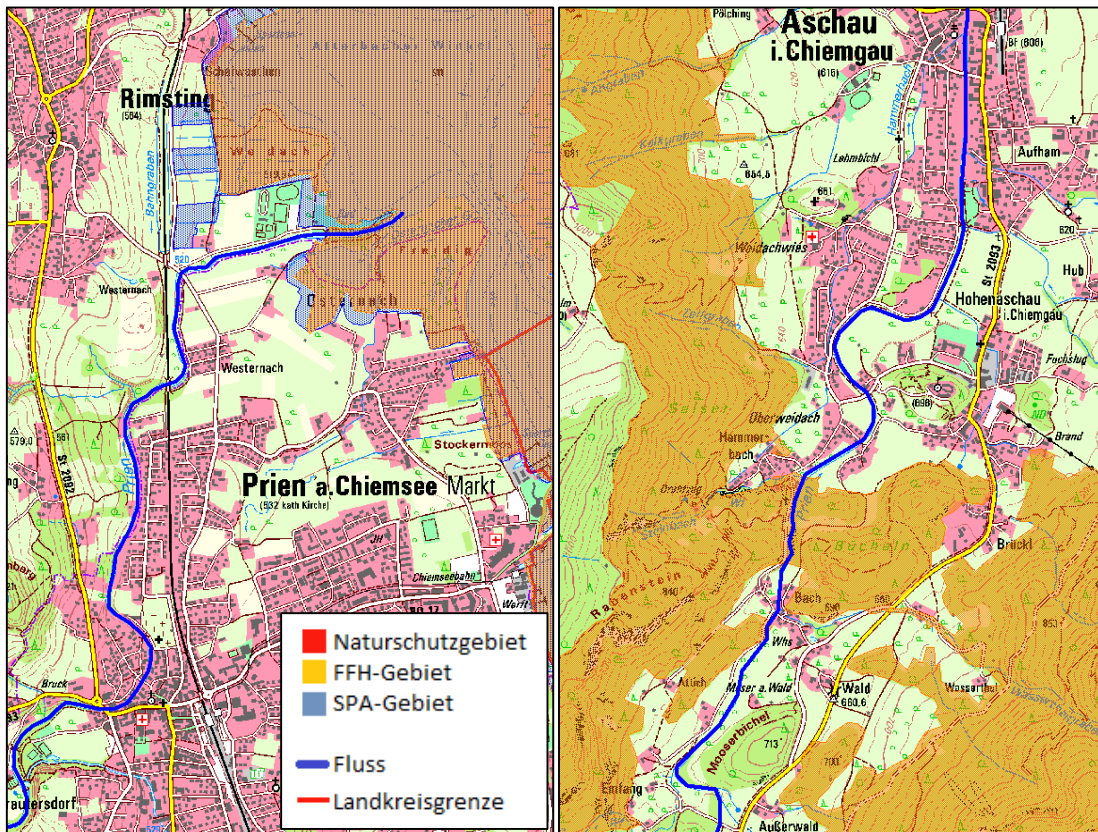


Abbildung 10: Schutzgebiete an der Prien, erstellt mit FIN-View 3

Wasserkraftpotenzial

Die Prien verfügt über ein theoretisches jährliches Linienpotenzial von 31,9 GWh pro Jahr, sie zählt aufgrund des geringen mittleren Abflusses zu den kleinen bis mittelgroßen Flüssen, mit den hierfür vorgesehenen Wirkungs- und Nutzungsgraden ergibt sich so ein technisches Potenzial von maximal 12,3 GWh pro Jahr. Betrachtet man die Schutzgebiete als Null-Potenzial-Flächen und verwendet die in Kapitel 2.2 angegebenen Nutzungsgrade, erhält man ein minimales technisches Potenzial von 4,4 GWh pro Jahr.

Das Wasser der Prien treibt derzeit acht Wasserkraftanlagen an, die zusammen eine Jahresarbeit von 1,7 GWh erzeugen. Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, befinden sich all diese Kraftwerke im Unterlauf (bis km 16) der Prien, der Oberlauf wird energetisch nicht genutzt. Dies liegt am Abflussverhalten der Prien, aufgrund der zuvor beschriebenen Schwankungen ist es bislang aufgrund der sehr geringen Abflüsse zu Trockenzeiten [13] nicht wirtschaftlich, den Oberlauf der Prien zur Stromerzeugung heranzuziehen. Doch auch der Unterlauf zwischen Frasdorf und der Prienmündung bietet noch ungenutzte Potenziale. Insgesamt bleibt von der Prien ein technisches Potenzial zwischen 2,6 und 10,6 GWh pro Jahr ungenutzt, im Unterlauf beträgt das ungenutzte Potenzial immerhin noch zwischen 0,7 und 4,4 GWh pro Jahr.

3.4 Attel

Überblick

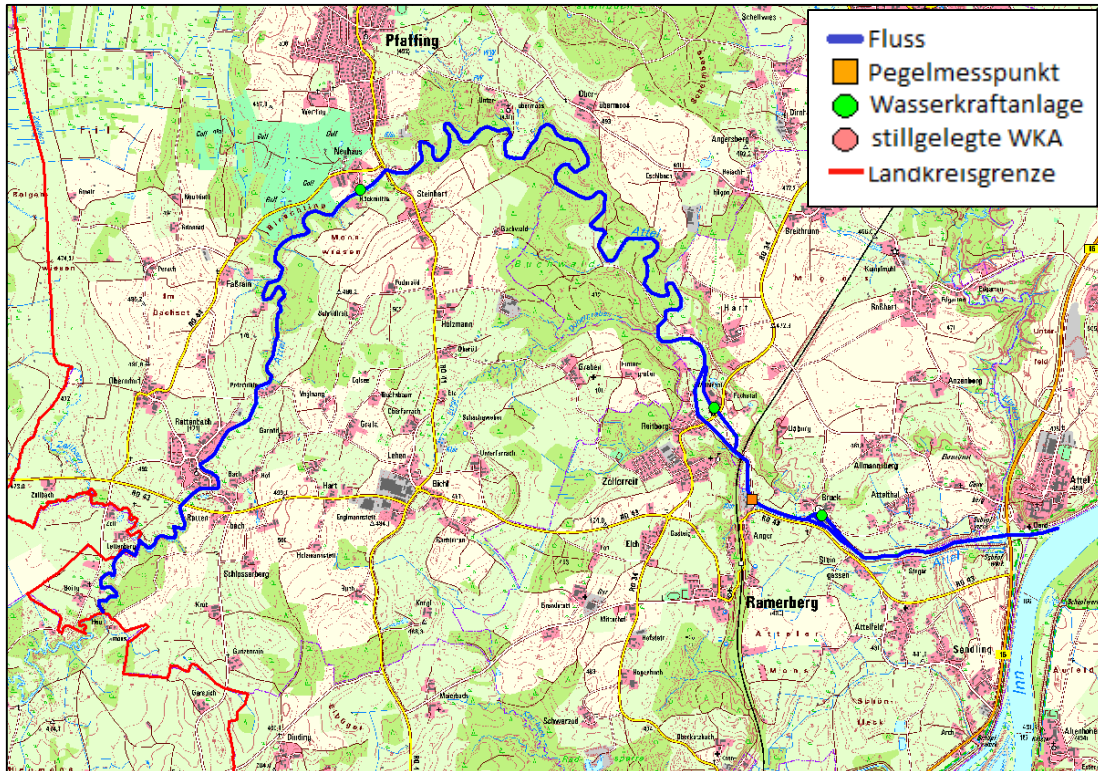


Abbildung 11: Übersicht Attel, erstellt mit FIN-View 3

Die Attel ist ein Gewässer II. Ordnung [2], sie mündet, vom Landkreis Ebersberg her kommend nach 15,6 km im Landkreis Rosenheim in den Inn. Auf ihrem Weg passiert sie dabei die Orte Rettenbach, Pfaffing, Ramerberg und Attl. Neben einer Vielzahl an kleinen Bächen nimmt die Attel ca. 400 Meter vor ihrer Mündung in den Inn das Wasser der Ebrach auf. Die Abbildung 11 zeigt den Verlauf der Attel im Landkreis Rosenheim, außerdem sind die vorhandenen Pegelmesspunkte und Wasserkraftanlagen dargestellt. Neben den beschriebenen 15,6 km ist die Attel zwischenzeitlich auf einer Länge von knapp 3 km Grenzfluss zwischen den Landkreisen Ebersberg und Rosenheim, dieser Bereich wurde in der Studie nicht berücksichtigt.

Grundlegendaten

Das Höhenprofil der Attel wurde mit Hilfe von Daten erstellt, die vom Wasserwirtschaftsamt Rosenheim zur Verfügung gestellt wurden. Die Höhendifferenz im Landkreis Rosenheim beträgt demnach 35 Meter und ist in Abbildung 32 dargestellt. Der mittlere Abfluss beträgt zwischen 2,4 beim Eintritt in den Landkreis und 4,1 m³/s an der Mündung (Abbildung 33).

Betrachtung der einzelnen Flüsse

Der gesamte Verlauf der Attel im Landkreis Rosenheim wurde zu einem FFH-Gebiet erklärt, die Mündung befindet sich außerdem im Naturschutzgebiet Altenhoher Au. Die Abbildung 12 zeigt das FFH-Gebiet um die Attel.

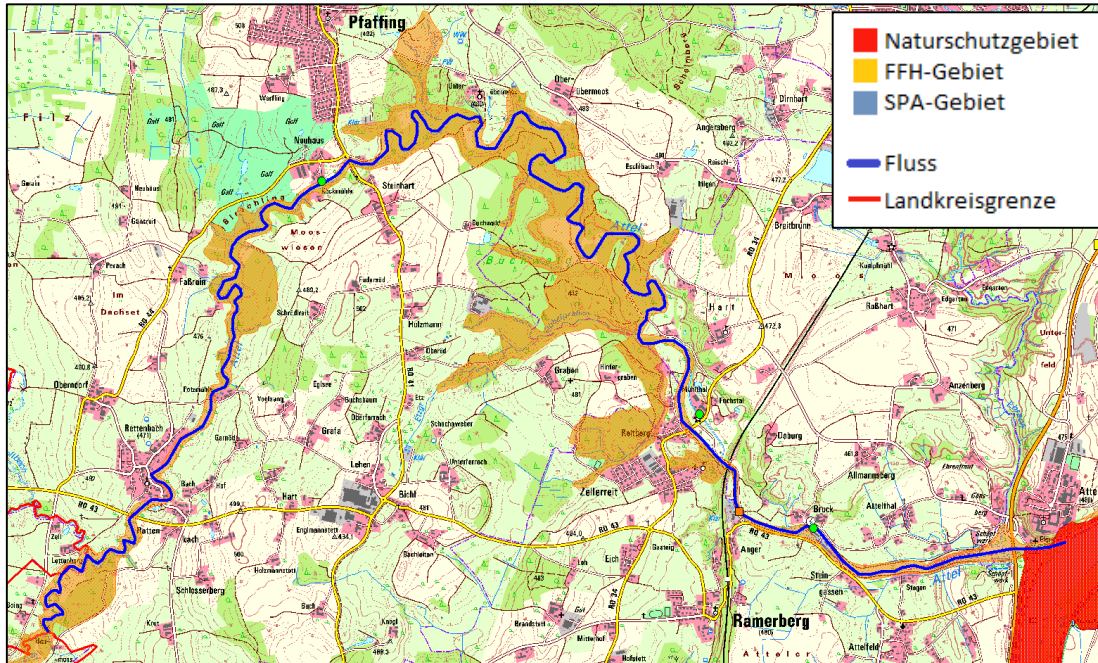


Abbildung 12: Schutzgebiete Attel, erstellt mit FIN-View 3

Wasserkraftpotenzial

Das theoretische Linienpotenzial der Attel im Landkreis Rosenheim beträgt knapp 10 GWh pro Jahr, aufgrund des sehr geringen Abflusses zählt sie zu den kleinen Flüssen. Da der komplette Fluss im FFH-Gebiet liegt, beträgt das minimale Potenzial 0 GWh, das maximale Potenzial beläuft sich auf 3,8 GWh pro Jahr.

Momentan gibt es drei Wasserkraftanlagen in der Attel, die zusammen eine jährliche Arbeit von 1,8 GWh pro Jahr erzeugen. Es besteht also technisch gesehen noch Verbesserungspotenzial, wobei abzuklären wäre, inwieweit der Bau von weiteren Wasserkraftanlagen an der Attel trotz der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinien möglich ist.

3.5 Murn

Überblick

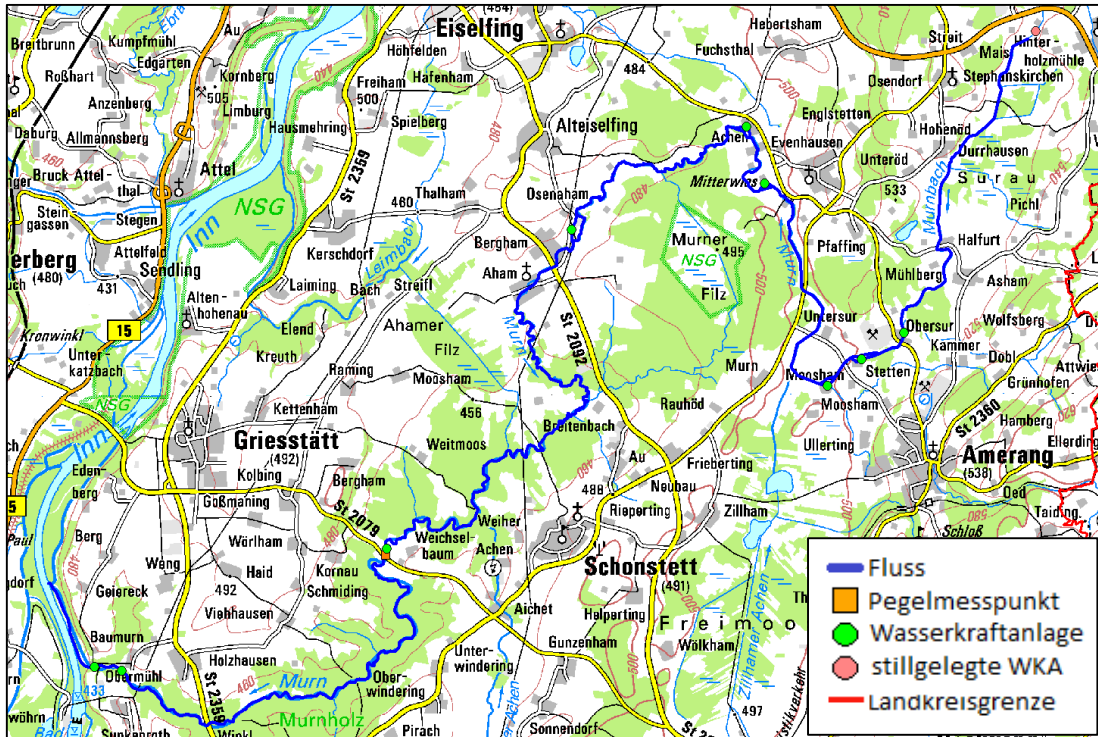


Abbildung 13: Übersicht Murn, erstellt mit FIN-View 3

Die Murn entsteht im Nordosten des Landkreises im Gemeindegebiet von Amerang aus dem Zusammenfluss mehrerer kleiner Bäche bzw. Gräben, von dort fließt sie in südwestlicher Richtung zum Inn. Zu den Zuflüssen gehören unter anderem die Bäche Zillhamer Achen und Gunzenhamer Achen. Die Länge der Murn beträgt 33,6 km, sie gehört bis Kilometer 26,8 zu den Gewässern II. Ordnung [2], danach zu den Flüssen III. Ordnung. Abbildung 13 gibt einen Überblick über den Verlauf der Murn.

Grundlegendaten

Die Höhendifferenz der Murn im betrachteten Abschnitt beträgt 74 Meter, das Höhenprofil ist in Abbildung 34 graphisch dargestellt. Der mittlere Abfluss steigt von $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ am Entstehungsbereich auf $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$ an der Mündung an, MQ ist in Abbildung 35 über den Flussverlauf dargestellt.

Von der Mündung der Murn aus bis Flusskilometer 24,2 besteht Naturschutz gemäß den FFH-Richtlinien, die Abbildung 14 zeigt den betroffenen Teil des Flusses und das FFH-Gebiet.

Betrachtung der einzelnen Flüsse

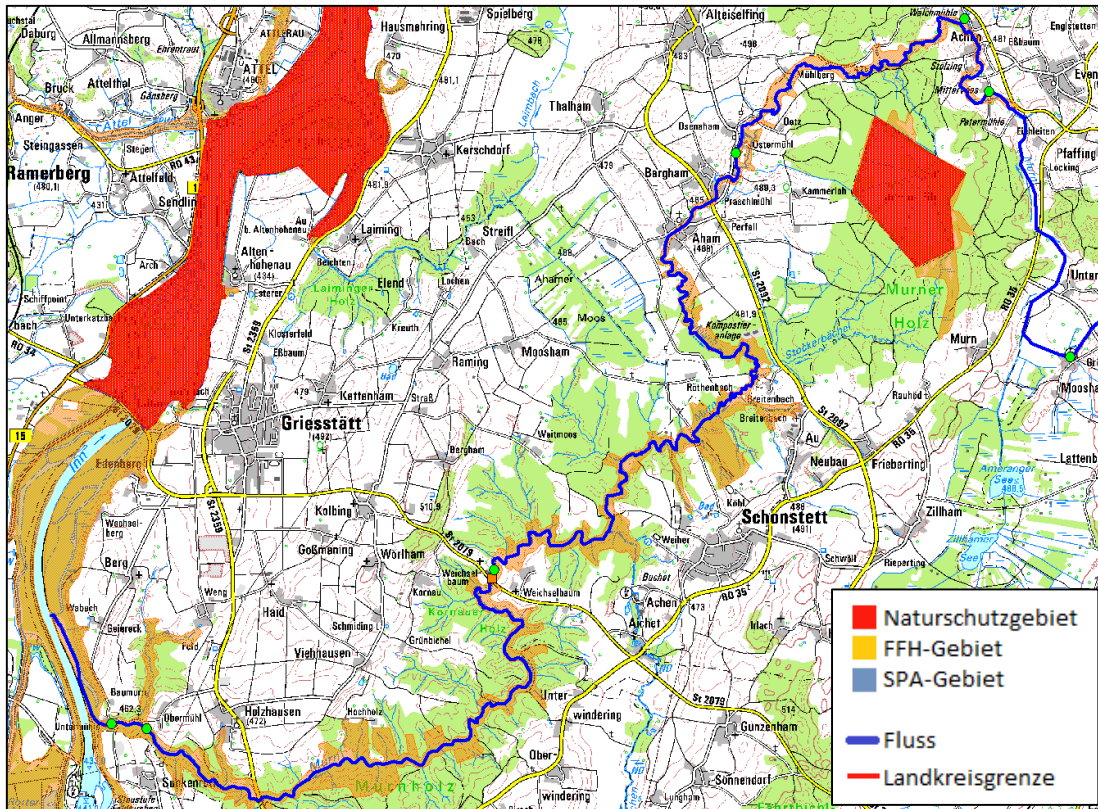


Abbildung 14: Schutzgebiete Murn, erstellt mit FIN-View 3

Wasserkraftpotenzial

Das theoretische Potenzial der Murn beträgt insgesamt 8,6 GWh pro Jahr, daraus ergibt sich unter Berücksichtigung der Nutzungsgrade für kleine Flüsse wie in Kapitel 2.2 beschrieben ein maximales technisches Wasserkraftpotenzial von 3,3 GWh pro Jahr. Betrachtet man die FFH-Gebiete als Null-Potenzial-Flächen, so erhält man ein minimales technisches Potenzial von 0,14 GWh pro Jahr.

Die Murn verfügt derzeit über neun Wasserkraftwerke, die zusammen eine Jahresarbeit von etwa 0,74 GWh pro Jahr leisten. Verglichen mit dem maximalen technischen Potenzial liegt also noch ungenutztes Potenzial im Fluss. Aufgrund der FFH-Richtlinien kann es jedoch durchaus sein, dass dieses freie Potenzial nicht wirtschaftlich nutzbar gemacht werden kann.

3.6 Glonn

Überblick



Abbildung 15: Übersicht Glonn, erstellt mit FIN-View 3

Die Glonn entspringt im Landkreis Ebersberg, von dort fließt sie vorbei an Beyharting (Gemeinde Tuntenhausen) in Richtung Südosten und mündet schließlich bei Bad Aibling in die Mangfall. Anfangs bildet die Glonn auf einer Strecke von 3,5 km die Grenze zwischen den Landkreisen Ebersberg und Rosenheim, danach fließt sie weitere 18,5 km durch den Rosenheimer Landkreis bis zu ihrer Mündung. In Abbildung 15 ist der Flussverlauf der Glonn, die zu den Gewässern II. Ordnung zählt [2], durch den Landkreis Rosenheim dargestellt.

Grundlagendaten

Der Höhenunterschied, den der Fluss auf dieser 22 km langen Strecke zurücklegt beträgt 46 Meter, das Höhenprofil der Glonn zeigt Abbildung 36. Der mittlere Abfluss steigt mit dem Verlauf des Flusses von 0,9 m³/s beim Eintritt in den Lkr. Rosenheim auf 3,3 m³/s im Bereich der Mündung an, dargestellt ist der Mittlere Abfluss der Glonn in Abbildung 37.

Die Glonn befindet sich im Landkreis Rosenheim weder innerhalb eines Naturschutzgebietes, noch in NATURA-2000-Gebieten, die eine mögliche Wasserkraftnutzung einschränken könnten.

Wasserkraftpotenzial

Die Glonn verfügt im Landkreis Rosenheim über ein theoretisches Potenzial von 7,3 GWh pro Jahr, sie zählt zu den kleinen Flüssen. Da die Glonn sich an keiner Stelle in Schutzgebieten befindet, wird das minimale Potenzial über die gesamte Flusslänge bestimmt, dieses beträgt 1 GWh pro Jahr, das maximale Potenzial liegt bei 2,8 GWh pro Jahr.

Die acht Wasserkraftanlagen der Glonn leisten zusammen jährlich 2,3 GWh pro Jahr, verglichen mit dem berechneten technischen Potenzial kann der Fluss als gut ausgebaut bewertet werden. Der ungenutzte Abschnitt zwischen Beyharting und Bad Aibling weist keinerlei Querverbauungen auf, die zur Wasserkraftnutzung herangezogen werden könnten.

3.7 Kaltenbach

Überblick

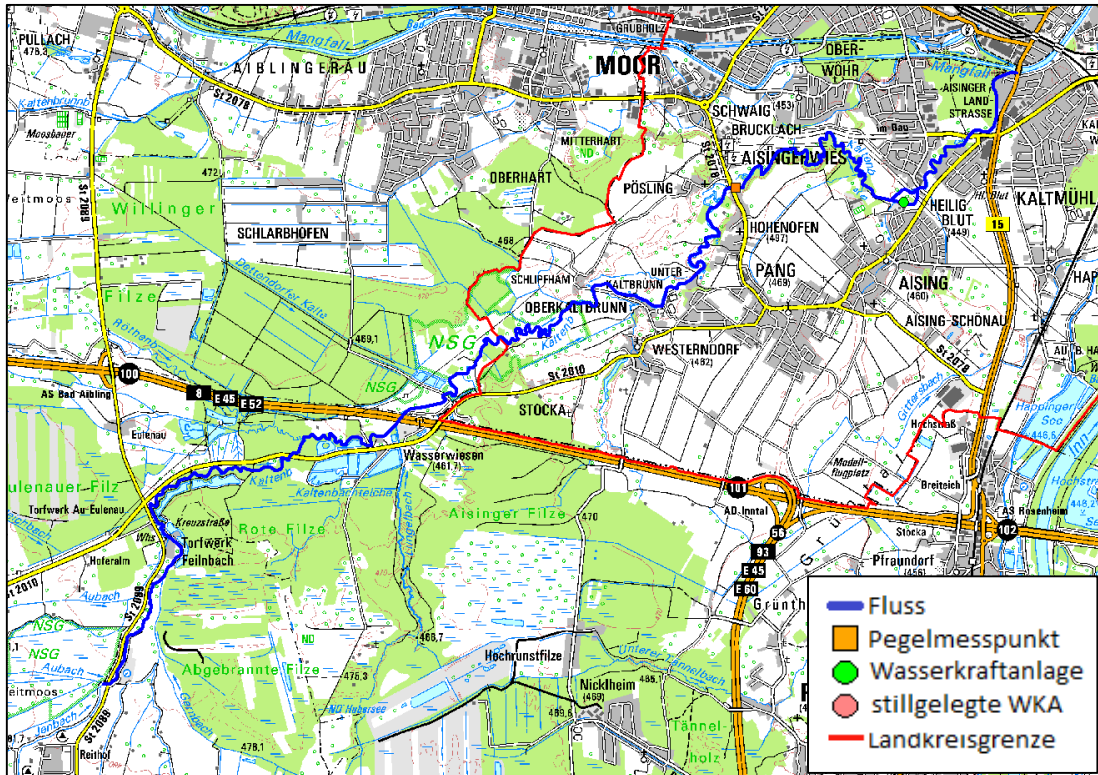


Abbildung 16: Verlauf Kaltenbach, erstellt mit FIN-View 3

Der Kaltenbach entsteht bei Bad Feilnbach aus dem Zusammenfluss von Jenbach und Aubach und ist ein Gewässer II. Ordnung [2]. Während er in nordöstlicher Richtung zur Stadt Rosenheim fließt, wird er unter anderem von der Dettendorfer Kalte und dem Lungelbach gespeist. Bis zu seiner Mündung in die Mangfall mäandert der Kaltenbach, auch Kalten genannt, sehr stark. Insgesamt legt der Fluss so eine Strecke von 16,7 km zurück, der Verlauf ist in Abbildung 16 graphisch dargestellt.

Grundlegenden

Die Höhendifferenz, die der Kalten auf dem betrachteten Weg zurücklegt, beträgt 30 Meter, das Höhenprofil in Abbildung 38 zeigt das Gefälle des Kaltenbachs. Der mittlere Abfluss steigt dabei von ca. 1 m³/s auf 3,3 m³/s an, dargestellt wird MQ über den Verlauf des Flusses in Abbildung 39.

Lediglich 1,9 km von der Mündung aus liegen nicht in Schutzgebieten. 14,9 km des Flussverlaufs befinden sich in FFH-Gebiet, fast 3 km davon durchfließen außerdem das Naturschutzgebiet Kalten. Diese Bereiche wurden für die Berechnung des minimalen Potenzials des Kaltenbachs als

Betrachtung der einzelnen Flüsse

Null-Potenzial-Flächen gewertet. Die Abbildung 17 gibt einen Überblick über die Schutzgebiete, die der Kaltenbach durchfließt.

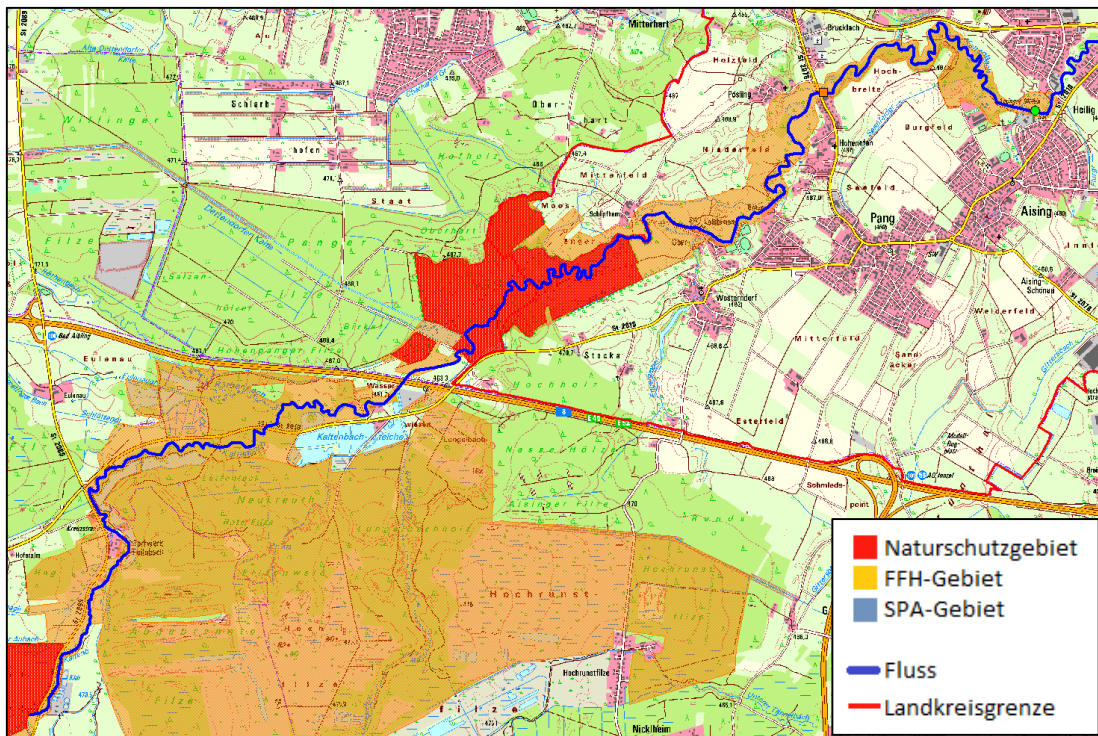


Abbildung 17: Schutzgebiete Kaltenbach, erstellt mit FIN-View 3

Wasserkraftpotenzial

Das theoretische Potenzial des Kaltenbach beträgt 5,5 GWh pro Jahr, aufgrund der Schutzgebiete liegt das daraus errechnete minimale technische Potenzial lediglich bei 0,12 GWh. Das maximale technische Potenzial, für dessen Berechnung die maximalen Nutzungsgrade verwendet wurden und FFH- und Naturchutzgebiete nicht berücksichtigt werden, beträgt 2,1 GWh pro Jahr.

Momentan befindet sich am Kaltenbach lediglich eine Wasserkraftanlage in Betrieb, diese leistet jährlich gut 0,1 GWh. Verglichen mit dem berechneten technischen Potenzial ist erkennbar, dass der Kaltenbach noch über ungenutztes technisches Potenzial verfügt. Ob dieses jedoch genutzt werden kann, muss für mögliche Standorte innerhalb der Schutzgebiete individuell untersucht werden.

3.8 Ebrach

Überblick

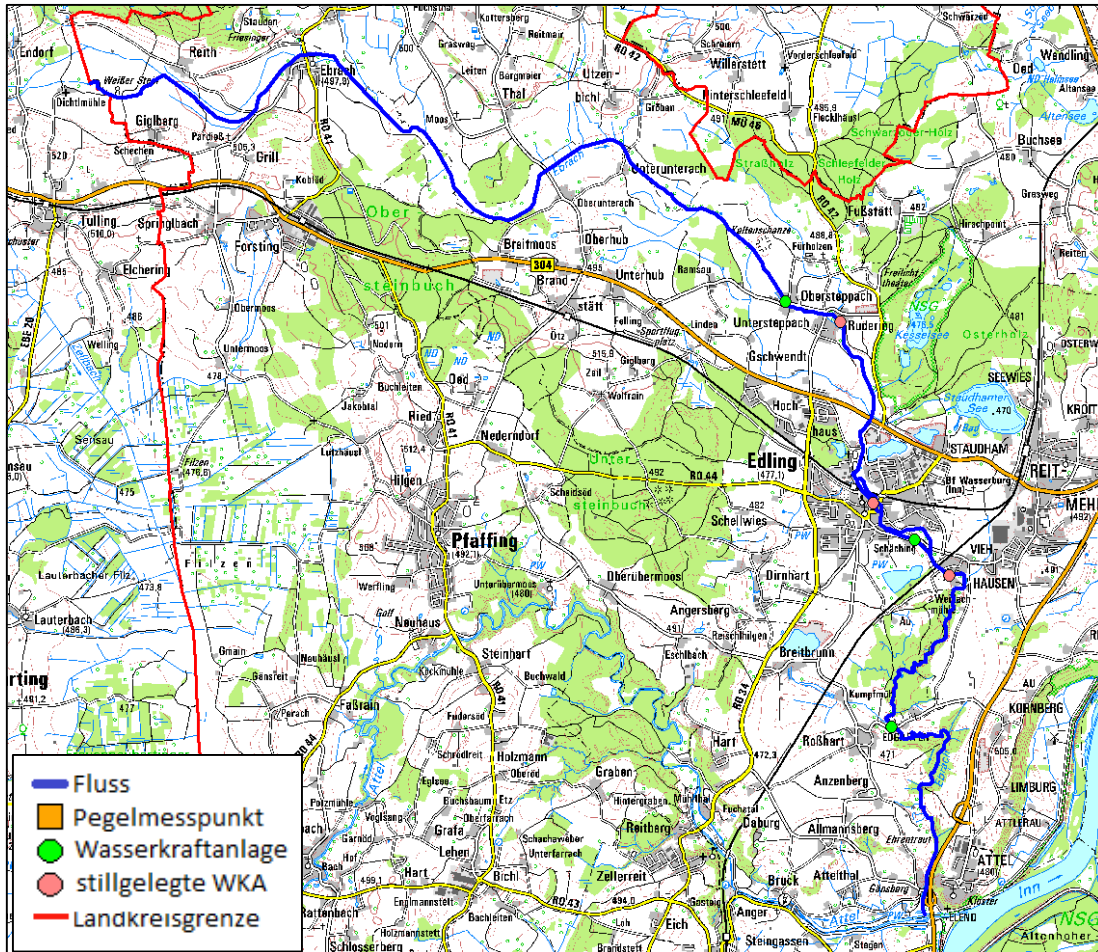


Abbildung 18: Verlauf Ebrach, erstellt mit FIN-View 3

Die Ebrach ist der Abfluss des Egelburger Sees bei Ebersberg, von dort fließt sie durch einige kleinere Weiher hindurch in Richtung Osten. Den Landkreis Rosenheim betritt sie im Gemeindegebiet von Pfaffing, von dort sie fließt unter anderem durch Ebrach, Edling und mündet nach 18 Kilometern bei Attel in die Attel. Der komplette Verlauf der Ebrach im Landkreis Rosenheim ist in Abbildung 18 dargestellt. Der Bereich südlich der B304 bis zur Mündung zählt zu den Gewässern II. Ordnung [2], nördlich der B 304 ist die Ebrach ein Gewässer III. Ordnung.

Grundlegenden Daten

Die Höhendifferenz der Ebrach vom Eintritt in den Landkreis Rosenheim bis zu ihrer Mündung in die Attel beträgt 67 Meter, Das Höhenprofil befindet sich in Abbildung 40. Das Abflussdiagramm der Ebrach (Abbildung 41) zeigt, dass der mittlere Abfluss von $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ steigt.

Betrachtung der einzelnen Flüsse

Lediglich die letzten 200 Meter vor der Mündung befinden sich im selben FFH-Gebiet, in dem sich auch die Mündung der Attel befindet, dieser in Abbildung 19 gezeigt Bereich wird bei der Berechnung des minimalen technischen Potenzials als Null-Potenzial-Fläche behandelt.

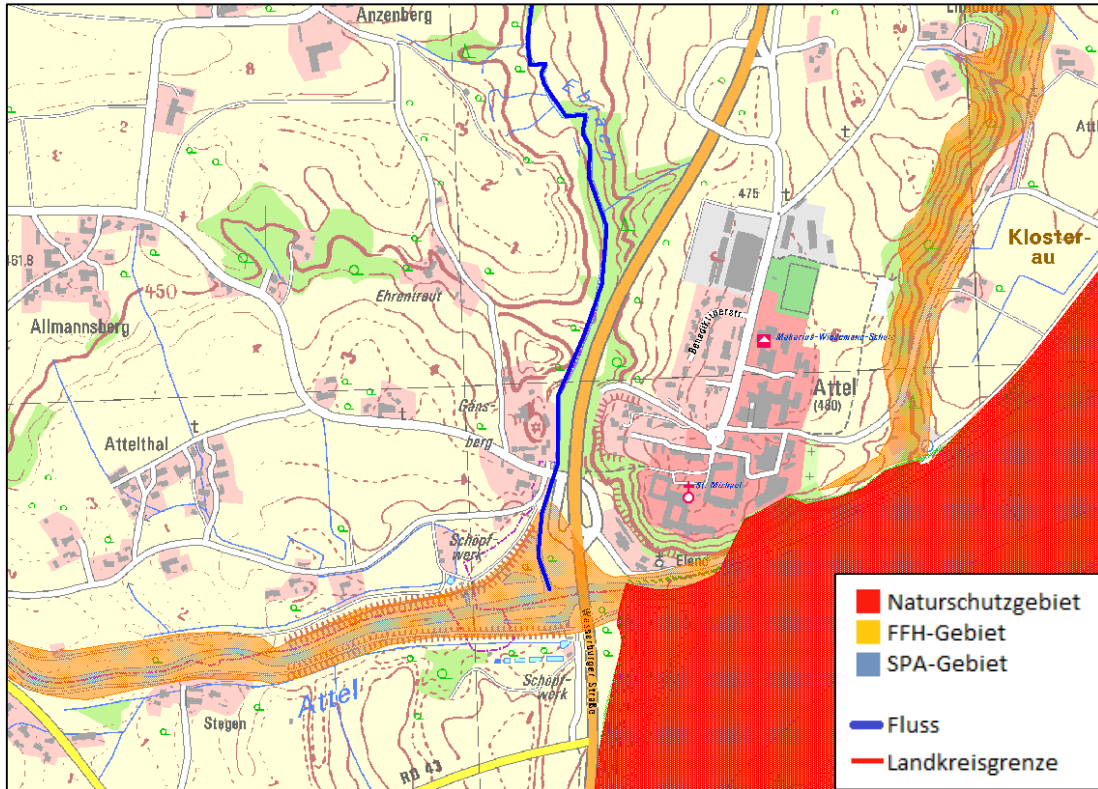


Abbildung 19: Schutzgebiete Ebrach, erstellt mit FIN-View 3

Wasserkraftpotenzial

Das theoretische Potenzial der Ebrach beträgt 5,1 GWh pro Jahr, mit den Nutzungsgraden, die kleine Flüsse erreichen, erhält man ein technisch nutzbares Potenzial zwischen 0,7 und 2 GWh jährlich.

Derzeit leisten drei Wasserkraftanlagen an der Ebrach eine mittlere Jahresarbeit von 0,25 GWh, damit wird das minimal nutzbare Potenzial noch nicht ausgeschöpft. Das verbleibende ungenutzte Potenzial liegt zwischen 0,44 und 1,73 GWh pro Jahr. Durch die Reaktivierung von stillgelegten Anlagen, von denen es drei in der Ebrach gibt (siehe dazu Abbildung 18) und die Modernisierung der vorhandenen Anlagen könnte dieses Potenzial zum Teil genutzt werden.

3.9 Sims

Überblick

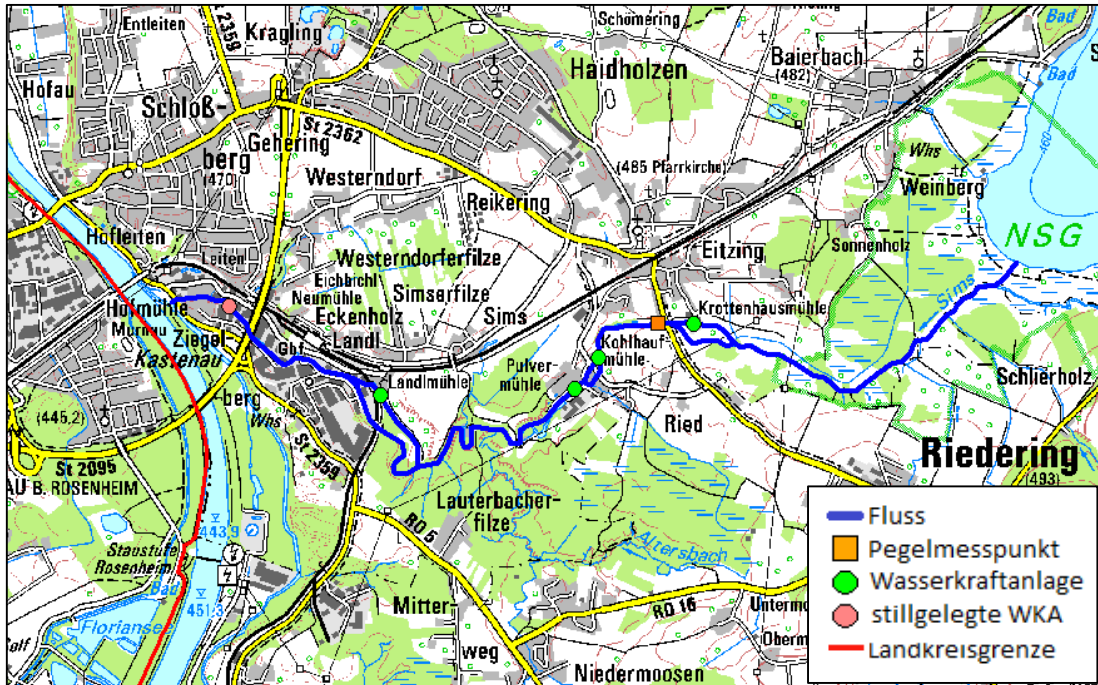


Abbildung 20: Verlauf Sims, erstellt mit FIN-View 3

Die Sims ist der Abfluss des Simssee, der sich östlich von Rosenheim befindet. Von dort fließt sie in westlicher Richtung und mündet schließlich zusammen mit der Rohrdorfer Ache in den Inn. Die dabei zurückgelegte Strecke beträgt 6,8 km und ist in Abbildung 20 dargestellt. Die Sims ist ein Gewässer III. Ordnung.

Grundlagendaten

Die Höhendifferenz zwischen dem Ursprung der Sims aus dem Simssee und ihrer Mündung beträgt 26 Meter, siehe dazu das Höhenprofil der Sims in Abbildung 42. Der mittlere Abfluss bleibt dabei relativ konstant (siehe auch Abbildung 43), dies liegt daran, dass die Sims nur sehr wenige sehr kleine Zuflüsse besitzt. Im Mittel liegt MQ bei knapp $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Der Entstehungsbereich der Sims befindet sich auf einer Länge von 1,2 km sowohl in einem FFH-Gebiet als auch im Naturschutzgebiet Südufer des Simssee. In Abbildung 21 ist das NSG rot dargestellt, man sieht die darin verlaufende Sims.

Betrachtung der einzelnen Flüsse

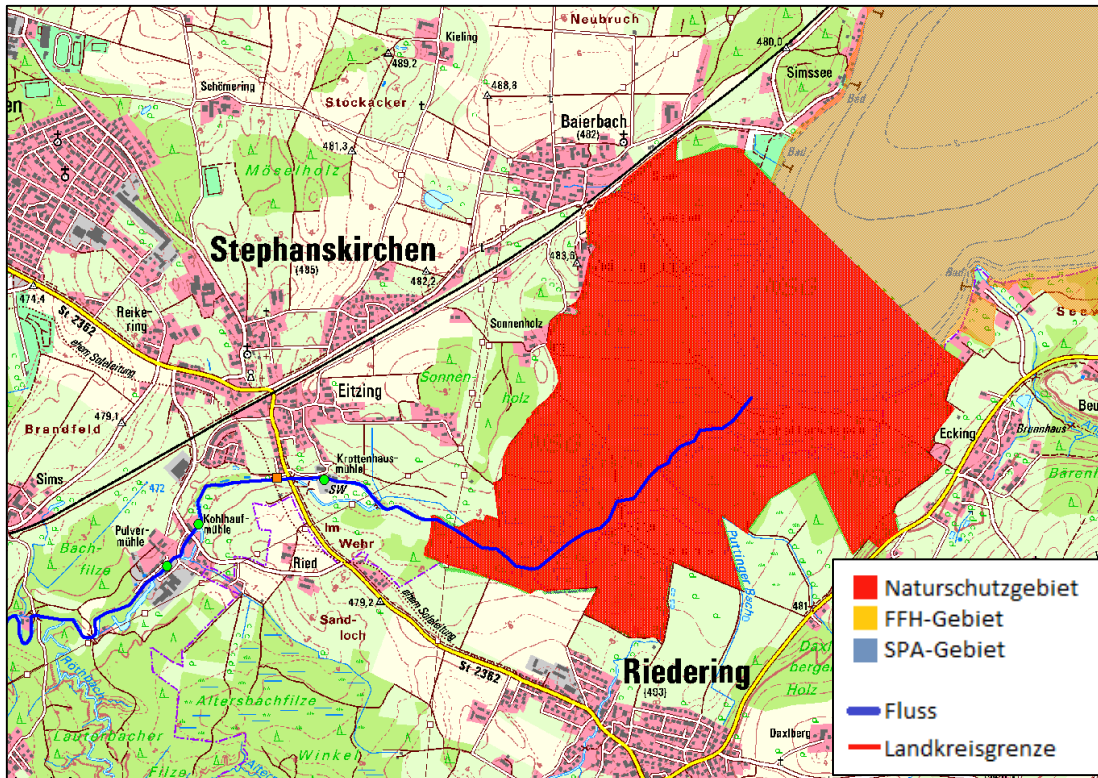


Abbildung 21: Schutzgebiete Sims, erstellt mit FIN-View 3

Wasserkraftpotenzial

Das theoretische Potenzial der Sims beträgt aufgrund der geringen Höhendifferenz und des geringen Abflusses lediglich 4,2 GWh pro Jahr, daraus ergibt sich ein minimales technisches Potenzial von 0,55 GWh, das maximale technische Potenzial beträgt 1,62 GWh jährlich.

Die Jahresarbeit aller fünf WKA in der Sims beträgt momentan circa 1,2 GWh pro Jahr und liegt damit zwischen dem errechneten minimalen und maximalen Potenzial. Die Sims kann somit für einen kleinen Fluss als gut ausgebaut bezeichnet werden, gegen eine Nutzung des derzeit ungenutzten Potenzials sprechen das Schutzgebiet am Flussanfang und die starke Besiedelung nahe der Mündung des Flusses.

3.10 Moosach

Überblick

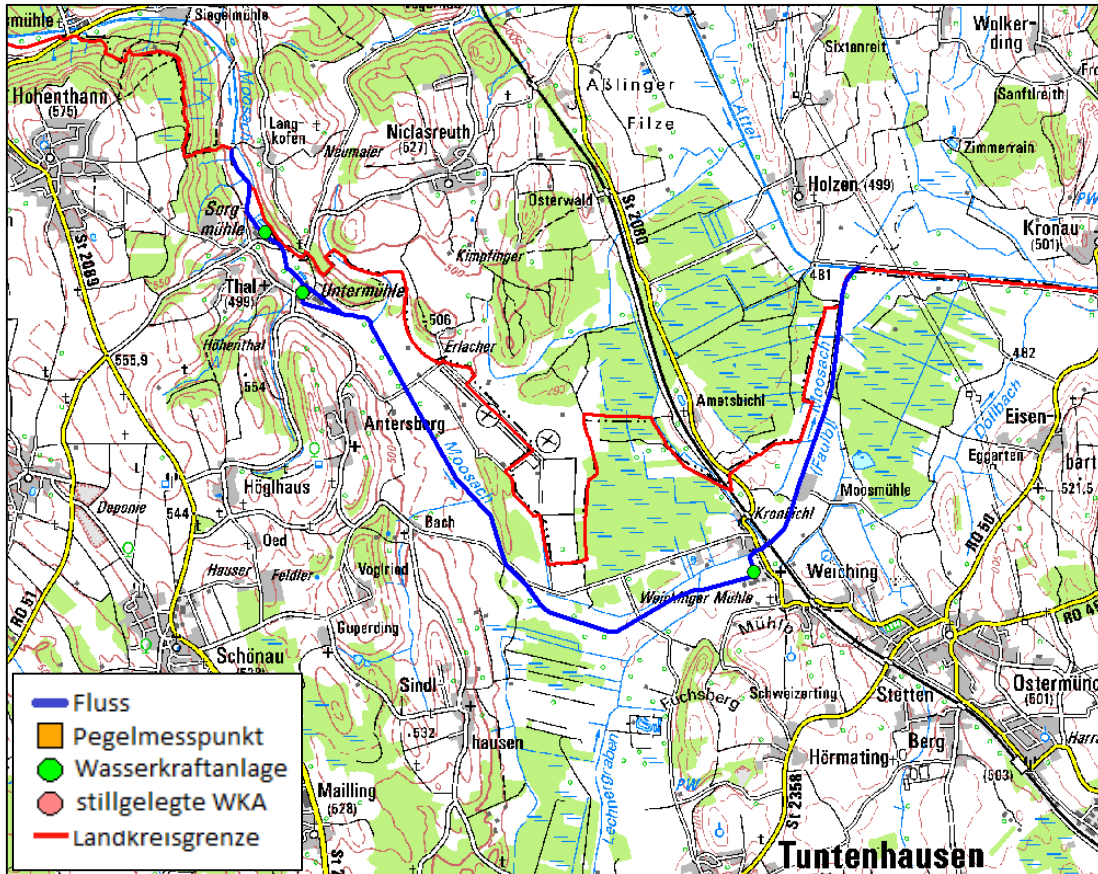


Abbildung 22: Verlauf Moosach, erstellt mit FIN-View 3

Die Moosach betritt den Landkreis Rosenheim von Ebersberg her kommend bei Hohenthann (Gemeinde Tuntenhausen) und mündet nach einer Strecke von 7,4 Kilometer im Grenzgebiet der Beiden Landkreise in die Attel. Die Abbildung 22 zeigt den Flussverlauf der Moosach im Landkreis Rosenheim. Die Moosach zählt laut [2] zu den Flüssen II. Ordnung.

Grundlagendaten

Da die Moosach im Betrachteten Bereich nur über wenige, sehr kleine Zuflüsse verfügt kann der mittlere Abfluss als nahezu konstant angesehen werden (siehe Abbildung 45), er liegt bei circa $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Höhenprofil der Moosach, Abbildung 44, weist auf einer Strecke von 7,4 km mit 17 Metern die kleinste Höhendifferenz aller betrachteten Flüsse auf.

Im betrachteten Flussverlauf der Moosach befinden sich weder Naturschutz- noch Natura 2000-Gebiete, die die Nutzung der Wasserkraft zur Energieerzeugung beeinträchtigen könnten.

Wasserkraftpotenzial

Der Bereich der Moosach, der in dieser Studie betrachtet wurde, weist ein theoretisches Linienpotenzial von lediglich 1,5 GWh pro Jahr auf, dies ist der kleinste Wert aller betrachteten Flüsse. Das aus dem Linienpotenzial berechnete minimale technische Potenzial beträgt 0,21 GWh pro Jahr, das maximale technische Potenzial liegt bei 0,57 GWh jährlich, Schutzgebiete mussten bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden.

Momentan befinden sich drei Wasserkraftanlagen im betrachteten Moosachabschnitt in Betrieb, diese erzeugen zusammen eine mittlere Jahresarbeit von 0,28 GWh pro Jahr. Aufgrund der oben genannten Werte für das technische Potenzial kann der Bereich der Moosach, der sich im Landkreis Rosenheim befindet, als energetisch gut genutzt bezeichnet werden.

4 Gesamtbetrachtung der Potenziale

Aufgrund der Vielzahl an Wasserkraftanlagen im Landkreis Rosenheim konnten diese im Rahmen der Studie nicht einzeln untersucht werden. Es wurden deshalb auf Basis der hydrologischen und topografischen Daten das vorhandene Linienpotenzial und das technisch nutzbare Potenzial aller Flüsse berechnet um damit das derzeit genutzte Potenzial bewerten und das ungenutzte Potenzial ermitteln zu können. Einschränkungen wie Hochwasserschutz wurden dabei pauschal mit Hilfe der Nutzungsgrade miteinbezogen, Schutzgebiete wurden für jeden Fluss separat betrachtet.

4.1 Vorhandenes Potenzial

Das gesamte theoretische Potenzial der in dieser Studie untersuchten acht Flüsse beträgt 1809 GWh pro Jahr, davon entfallen 86,9 % auf den Inn, weitere 9 % auf die Mangfall und 1,8 % auf die Prien. Die Flüsse Attel, Murn, Glonn, Kaltenbach, Ebrach, Sims und Moosach stellen zusammen lediglich 2,3 % des untersuchten theoretischen Potenzials.

Neben den theoretischen Linienpotenzialen sind die technischen Potenziale der Flüsse bzw. ihrer Abschnitte, die sich im Gebiet von Stadt und Landkreis Rosenheim befinden, in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Übersicht über die Potenziale der Flüsse, Angaben bezogen auf die Gebiete von Stadt und Landkreis Rosenheim

Fluss	Länge [km]	Höhendiff. Δh [m]	mittlerer Abfluss MQ [m ³ /s]	Linienpotenzial $P_{L,MQ}$ [GWh]	techn. Potenzial E_{tech} [GWh]
Inn	70,2	56	300 - 360	1577	635 - 965
Mangfall	31,2	118	6 – 24	164	70 - 95
Prien	29,7	228	0,5 – 3,5	31,9	4,4 – 12,3
Attel	15,6	35	2,4 – 4,1	10,0	0 – 3,8
Murn	33,6	74	0,2 – 2,6	8,6	0,1 – 3,3
Glonn	22	46	0,8 – 3,3	7,3	1 – 2,8
Kaltenbach	16,7	30	1 – 3,3	5,5	0,1 – 2,1
Ebrach	18	67	0,5 – 1,2	5,2	0,7 - 2
Sims	6,8	26	1,7 - 2	4,2	0,6 – 1,6
Moosach	7,4	17	1 – 1,1	1,5	0,2 – 0,6
Gesamt:				1816	712 - 1088

4.2 Genutztes Potenzial

Derzeit gibt es im gesamten Landkreis und der Stadt Rosenheim ca. 166 Wasserkraftanlagen, davon befinden sich 65 Laufwasserkraftwerke an den in dieser Studie untersuchten Flüssen. Die Abbildung 23 zeigt eine Übersicht über die bestehenden Anlagen.

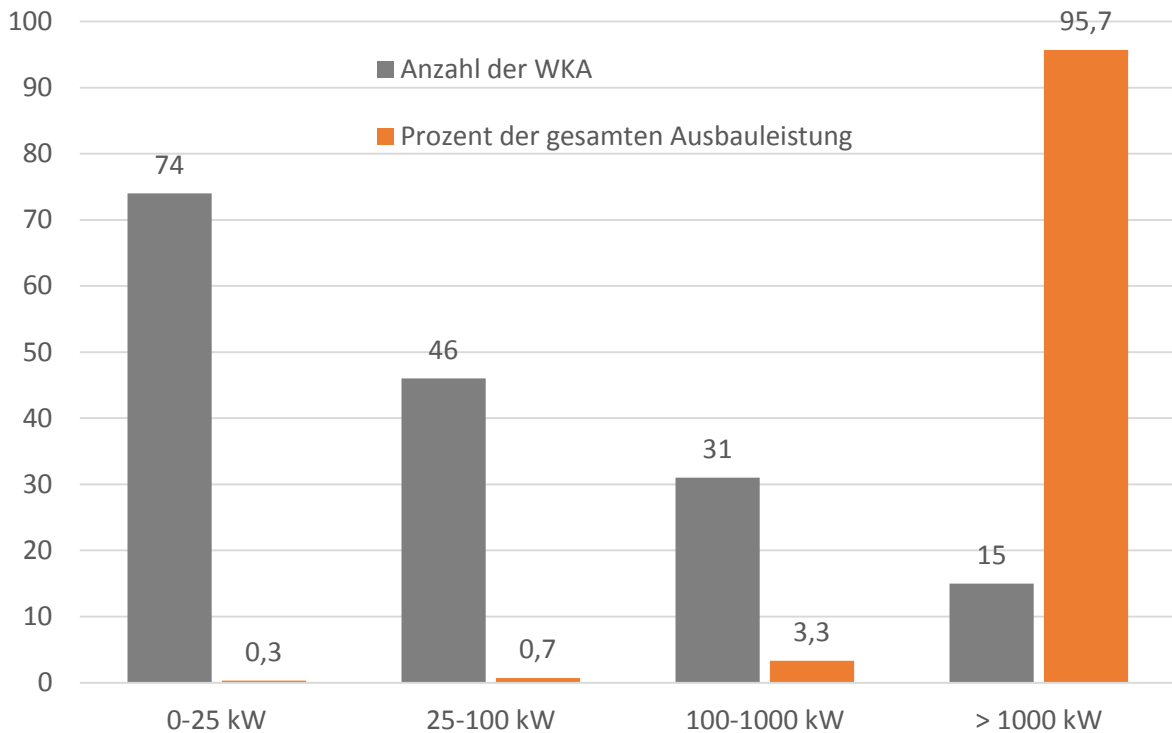


Abbildung 23: Wasserkraftwerke im Landkreis und der Kreisfreien Stadt Rosenheim

Es fällt auf, dass die 15 größten Anlagen über 95 % der gesamten Ausbauleistung im Landkreis zur Verfügung stellen. Von diesen 15 Anlagen wurden elf in dieser Studie berücksichtigt, zwei der übrigen großen Kraftwerke sind Pumpspeicherkraftwerke. Von den 31 Anlagen mit Ausbauleistungen zwischen 100 und 1000 kW befinden sich 18 an den untersuchten Flüssen, weitere 22 der Anlagen an den untersuchten Flüssen besitzen Ausbauleistungen zwischen 25 und 100 kW. Die 59 in dieser Studie betrachteten Laufwasserkraftwerke liefern zusammen eine Jahresarbeit von knapp 1100 GWh, alle WKA des Landkreises und der Stadt kommen zusammen auf ca. 1370 GWh. Damit wurden in dieser Studie 83 % der gesamten Stromerzeugung aus Wasserkraft behandelt. Zu beachten ist, dass ca. 250 GWh der übrigen Erzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken stammen und somit nicht zu den regenerativen Energien zählen. Die Gesamterzeugung aus regenerativer Wasserkraft beträgt damit lediglich 1120 GWh pro Jahr, wovon in dieser Studie mit 1100 GWh über 98 % behandelt wurden.

4.3 Ungenutztes Potenzial

Das ungenutzte Potenzial eines Flusses ergibt sich aus dem Vergleich des vorhandenen technischen Potenzials mit dem momentan genutzten Potenzial. Dieser Vergleich wurde für jeden der acht Flüsse einzeln durchgeführt. Das ungenutzte Potenzial kann dabei mit verschiedenen Methoden nutzbar gemacht werden, dazu zählt der Neubau von WKA, bevorzugt an bestehenden Querbauwerken, der Ausbau bestehender Anlagen und die Reaktivierung von stillgelegten Anlagen. Unter Ausbau versteht man hier die Modernisierung und Nachrüstung, also die Erhöhung von Durchfluss, Fallhöhe oder ggf. Ausbaugrad von Wasserkraftanlagen. Die Abbildung 24 zeigt den Unterschied zwischen dem minimalen bzw. maximalen technischen Potenzial der großen Flüsse Inn und Mangfall mit dem bereits genutzten Wasserkraftpotenzial. Die Potenziale der kleinen Flüsse sind in Abbildung 25 zusammengefasst.

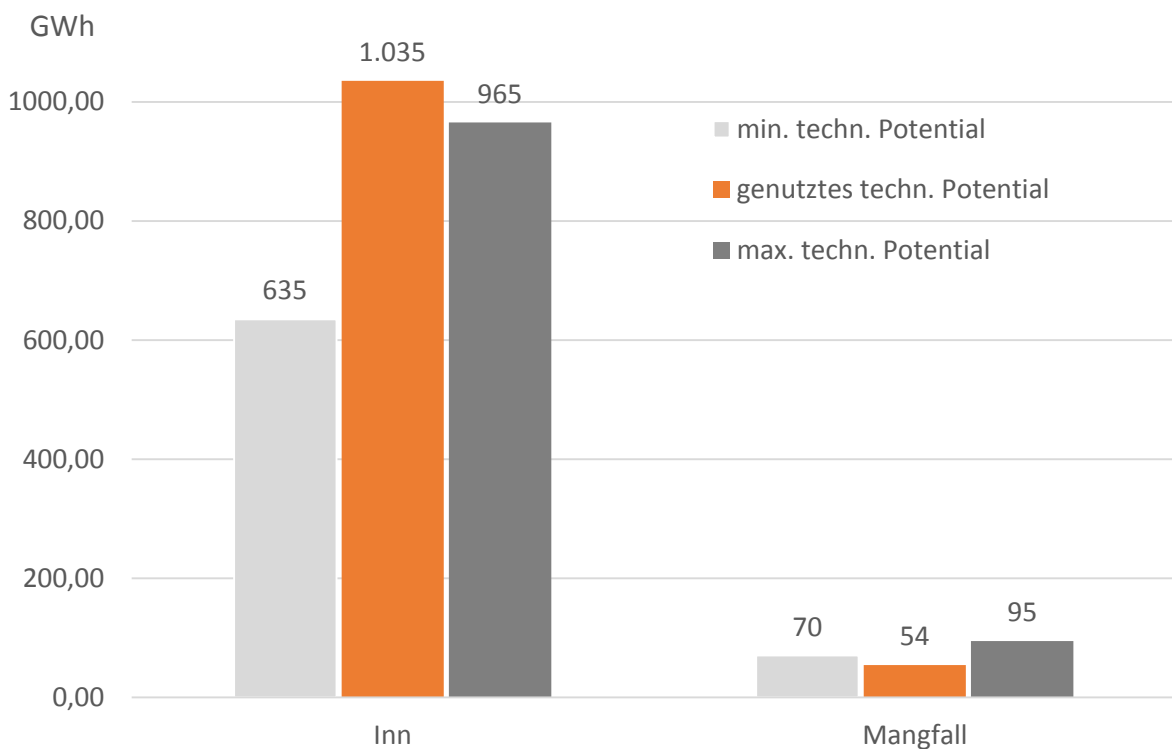


Abbildung 24: Potenzial der großen Flüsse

Inn

Der Inn ist momentan bereits besser genutzt, als dies mit den verwendeten Nutzungsgraden zu erwarten gewesen wäre. Es gibt Studien [12] [14], die sich mit der Ermittlung und Nutzung möglicher Ausbaupotenziale am Inn beschäftigen, eine dieser Studien aus dem Jahr 2011 [12] besagt, dass weitere Neubauten am Inn nicht mehr möglich sind, was sich mit den Ergebnissen dieser Studie deckt. Am Standort Teufelsbruck kann laut [12] durch den Bau zusätzlicher Triebwerksanlagen ein ungenutztes Potenzial von schätzungsweise 14,1 GWh pro Jahr erschlossen werden. Außerdem kann durch Modernisierung und Verbesserung die Jahresarbeit bestehender Anlagen erhöht werden [14]. Inwieweit hier seit 2011 Fortschritte erzielt wurden, ist nicht bekannt.

Mangfall

Die Mangfall verfügt über das größte ungenutzte Potenzial aller betrachteten Flüsse. Bis zu 40,8 GWh pro Jahr scheinen technisch möglich, siehe dazu Abbildung 24. Dieses Potenzial befindet sich hauptsächlich in der eigentlichen Mangfall, welche aber einen stark schwankenden Abfluss aufweist, da deren Ausleitungen zur Energieerzeugung herangezogen werden. Die Abbildung 7 zeigt, dass sich dort und im Mühlbach keine Wasserkraftanlagen befinden, weiteres Potenzial kann durch die Modernisierung und Verbesserung bestehender Anlagen genutzt werden.

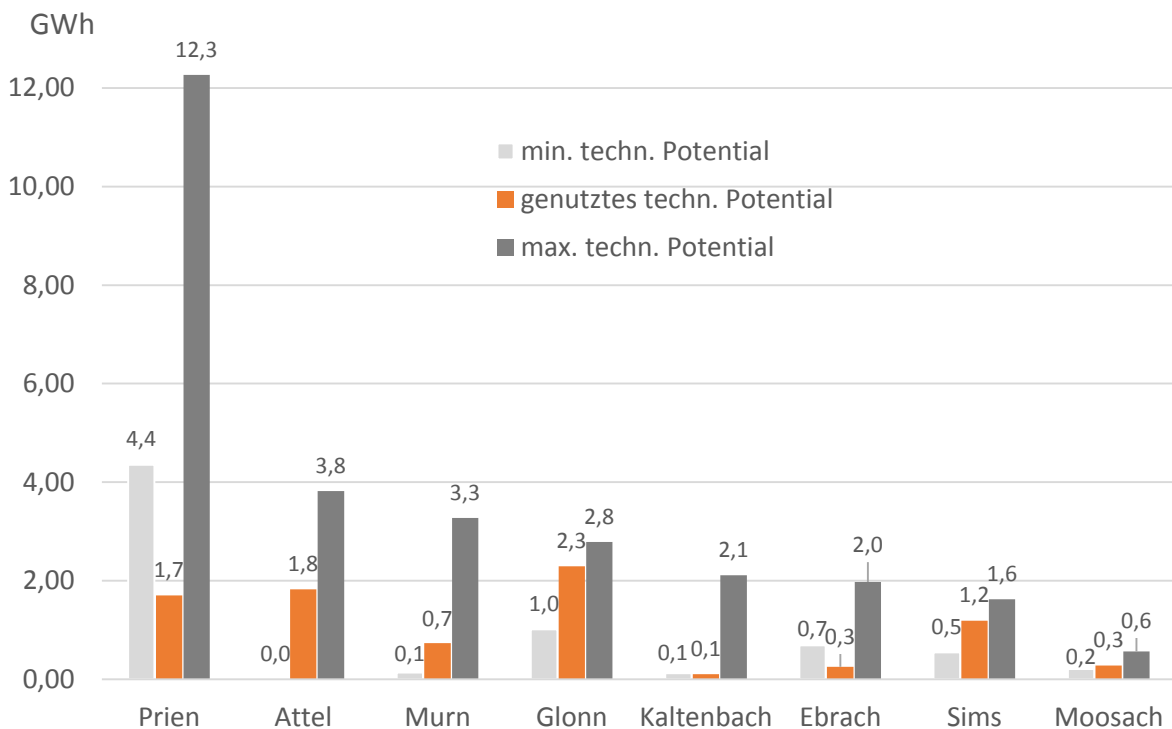


Abbildung 25: Potenzial der kleinen Flüsse

Prien

Die Prien verfügt von den kleinen Flüssen über das größte ungenutzte Potenzial, es beläuft sich auf 2,6 bis 10,6 GWh pro Jahr. Wasserkraftanlagen befinden sich nur im Unterlauf der Prien bis Flusskilometer 16, also dem Bereich nördlich der Autobahn A8. Hier könnte ein Teil des ungenutzten Potenzials von 0,7 bis 4,4 GWh jährlich durch Modernisierung und Verbesserung bestehender Anlagen oder den Neubau weiterer Anlagen gehoben werden. Der Abfluss im Oberlauf der Prien, insbesondere im Flussverlauf oberhalb von Aschau schwankt stark und ist somit nicht gut geeignet für die Energieerzeugung. Des Weiteren spielt auch der Hochwasserschutz an der Prien eine große Rolle.

Attel

Die derzeitige Wasserkraftnutzung an der Attel kann mit den verwendeten Nutzungsgraden zur Berechnung des technischen Potenzials als gut bewertet werden. Ob das noch ungenutzte Potenzial von bis zu 2 GWh pro Jahr noch erschlossen werden kann ist ungewiss, da sich der komplette Flusslauf in FFH-Gebiet befindet. Ein Teil dieses Potenzials könnte unabhängig vom Naturschutz durch den Ausbau der bestehenden Anlagen genutzt werden.

Murn

Das ungenutzte Potenzial der Murn beträgt bis zu 2,56 GWh jährlich, genutzt werden lediglich 0,74 GWh pro Jahr. Da der Flussverlauf, ähnlich wie der der Attel, zum FFH-Gebiet erklärt wurde, ist der Neubau von Wasserkraftanlagen unter Umständen nicht möglich. Durch den Ausbau und die Modernisierung bestehender Anlagen kann ein Teil des momentan noch nicht genutzten Potenzials erschlossen werden, außerdem befindet sich eine stillgelegte WKA an der Murn, diese ist jedoch selbst für Kleinkraftanlagen sehr klein.

Glonn

Die Glonn ist von den in der Studie betrachteten kleinen Flüssen am besten ausgebaut. Ein Grund hierfür ist vermutlich, dass der Flussverlauf im Landkreis an keiner Stelle Teil eines Schutzgebietes ist. Das ungenutzte Potenzial der Glonn liegt bei maximal 0,5 GWh pro Jahr, wobei sicherlich ein Teil davon durch den Ausbau bestehender Anlagen genutzt werden könnte. Bestehende Querverbauungen für den Neubau einer Anlage gibt es in der Glonn nicht.

Kaltenbach

Der Kaltenbach ist stark naturbelassen, er ist Teil des Naturschutzgebiets Kalten und wurde zu einem großen Teil zum FFH-Gebiet erklärt. Es befindet sich lediglich eine WKA zur Stromerzeugung am Kaltenbach, lässt man die Schutzgebiete unberücksichtigt ergeben sich ungenutzte Potenziale in Höhe von 2 GWh pro Jahr. Aufgrund des Naturschutzes und nicht vorhandener Querverbauungen ist der Neubau weiterer Anlagen schwierig, eventuell könnte die vorhandene Anlage ausgebaut oder die Anlage eines Sägewerks, das sich am Kaltenbach befindet, zur Stromerzeugung umfunktioniert werden.

Ebrach

Die Ebrach verfügt noch über ungenutztes Potenzial zwischen 0,44 und 1,74 GWh pro Jahr, ein Teil dieses Potenzials könnte durch die Reaktivierung von stillgelegten Anlagen erfolgen. Ein weiterer Teil könnte durch den Ausbau bzw. die Modernisierung der bestehenden Wasserkraftanlagen nutzbar gemacht werden. Der Oberlauf der Ebrach, oberhalb von Flusskilometer 9 wird derzeit nicht zur Energieerzeugung herangezogen, dort könnte vorhandenes Potenzial genutzt werden.

Sims

Die Sims zählt unter den kleinen Flüssen zu den am besten ausgebauten, im besten Fall verfügt sie noch über 0,4 GWh ungenutztes Potenzial pro Jahr. Durch die Optimierung bestehender und die Reaktivierung stillgelegter Anlagen könnte ein Teil dieses Potenzials genutzt werden. Querverbauungen im Fluss, die für den Neubau von Anlagen genutzt werden könnten gibt es in der Sims nicht.

Moosach

Das Wasser der Moosach wird bereits zur Energieerzeugung genutzt, nur noch wenig ungenutztes Potenzial verbleibt im Fluss. Im besten Fall könnte noch Potenzial in Höhe von 0,29 GWh pro Jahr zusätzlich genutzt werden, ein Teil davon durch die Verbesserung der bestehenden Anlagen. Vorhandene Querverbauungen, die für den Neubau von Wasserkraftanlagen genutzt werden könnten gibt es in der Moosach nicht.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel für ein Höhenprofil (Murn).....	3
Abbildung 2: Beispiel für ein Abflussdiagramm (Murn).....	4
Abbildung 3: Definition der Potenzialbegriffe [8]	6
Abbildung 4: Vom Linienpotenzial zum technischen Potenzial [8]	8
Abbildung 5: Übersicht Inn, erstellt mit FIN-View 3	10
Abbildung 6: Schutzgebiete Inn, erstellt mit FIN-View 3	11
Abbildung 7: Übersicht Mangfall und Ausleitungen, erstellt mit FIN-View 3	13
Abbildung 8: Schutzgebiete Mangfall, erstellt mit FIN-View 3	14
Abbildung 9: Übersicht Prien, erstellt mit FIN-View 3	16
Abbildung 10: Schutzgebiete an der Prien, erstellt mit FIN-View 3.....	17
Abbildung 11: Übersicht Attel, erstellt mit FIN-View 3.....	19
Abbildung 12: Schutzgebiete Attel, erstellt mit FIN-View 3.....	20
Abbildung 13: Übersicht Murn, erstellt mit FIN-View 3.....	21
Abbildung 14: Schutzgebiete Murn, erstellt mit FIN-View 3.....	22
Abbildung 15: Übersicht Glonn, erstellt mit FIN-View 3.....	23
Abbildung 16: Verlauf Kaltenbach, erstellt mit FIN-View 3	25
Abbildung 17: Schutzgebiete Kaltenbach, erstellt mit FIN-View 3	26
Abbildung 18: Verlauf Ebrach, erstellt mit FIN-View 3	27
Abbildung 19: Schutzgebiete Ebrach, erstellt mit FIN-View 3	28
Abbildung 20: Verlauf Sims, erstellt mit FIN-View 3	29
Abbildung 21: Schutzgebiete Sims, erstellt mit FIN-View 3	30
Abbildung 22: Verlauf Moosach, erstellt mit FIN-View 3.....	31
Abbildung 23: Wasserkraftwerke im Landkreis und der Kreisfreien Stadt Rosenheim	34
Abbildung 24: Potenzial der großen Flüsse.....	35
Abbildung 25: Potenzial der kleinen Flüsse.....	36
Abbildung 26: Höhenprofi Inn, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3	41
Abbildung 27: Abflussdiagramm Inn	41
Abbildung 28: Höhenprofil Mangfall, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3	42
Abbildung 29: Abflussdiagramm Mangfall inklusive Ausleitungen.....	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 30: Höhenprofil Prien, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3	43
Abbildung 31: Abflussdiagramm Prien.....	43
Abbildung 32: Höhenprofil Attel, erstellt mit Daten des Wasserwirtschaftsamt	44
Abbildung 33: Abflussdiagramm Attel	44
Abbildung 34: Höhenprofil Murn, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3.....	45
Abbildung 35: Abflussdiagramm Murn	45
Abbildung 36: Höhenprofil Glonn, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3	46
Abbildung 37: Abflussdiagramm Glonn	46
Abbildung 38: Höhenprofil Kaltenbach, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3.....	47
Abbildung 39: Abflussdiagramm Kaltenbach	47
Abbildung 40: Höhenprofil Ebrach, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3.....	48
Abbildung 41: Abflussdiagramm Ebrach	48
Abbildung 42: Höhenprofil Sims, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3	49
Abbildung 43: Abflussdiagramm Sims.....	49
Abbildung 44: Höhenprofil Moosach, erstellt mit FIN-View 3	50
Abbildung 45: Abflussdiagramm Moosach	50

Anhang

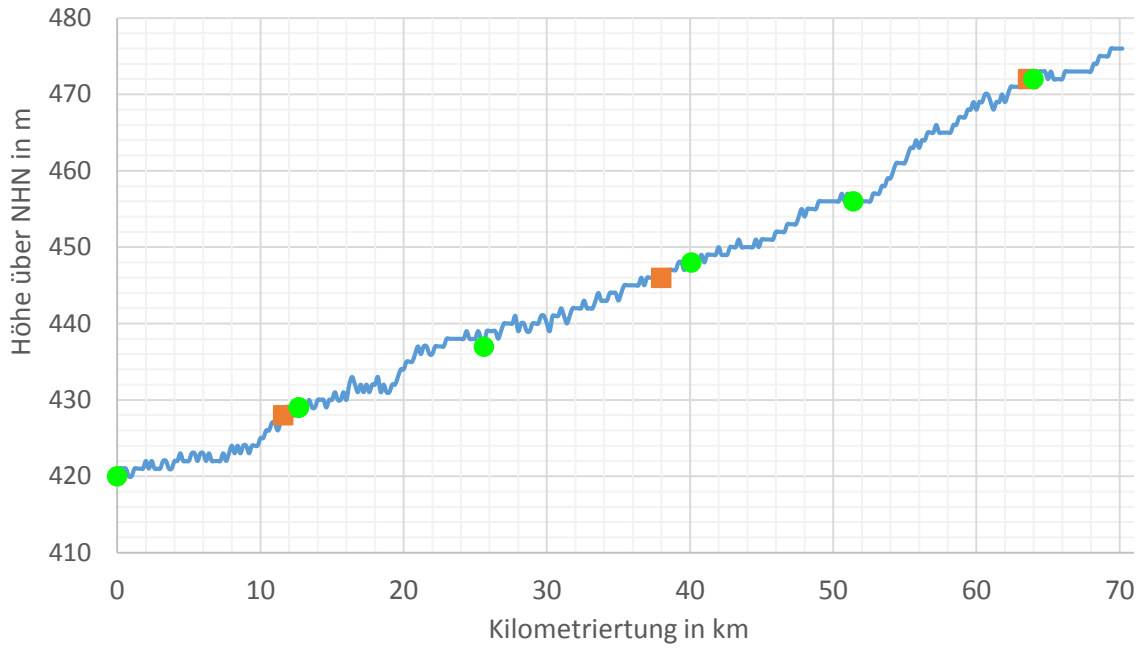


Abbildung 26: Höhenprofi Inn, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3

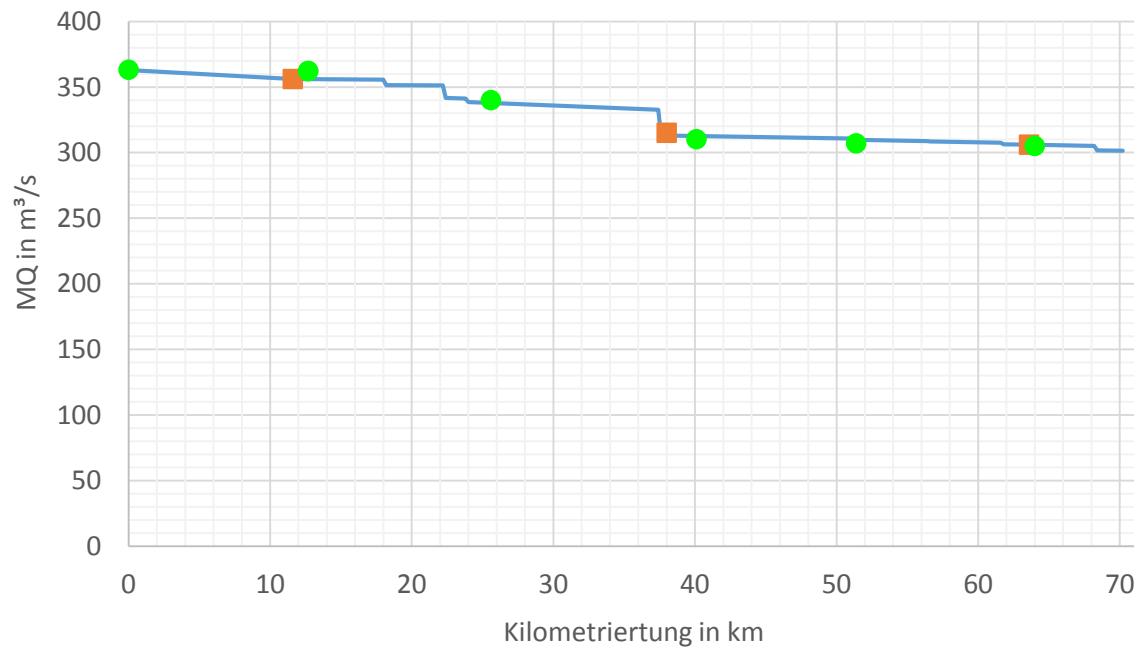


Abbildung 27: Abflussdiagramm Inn

Anhang

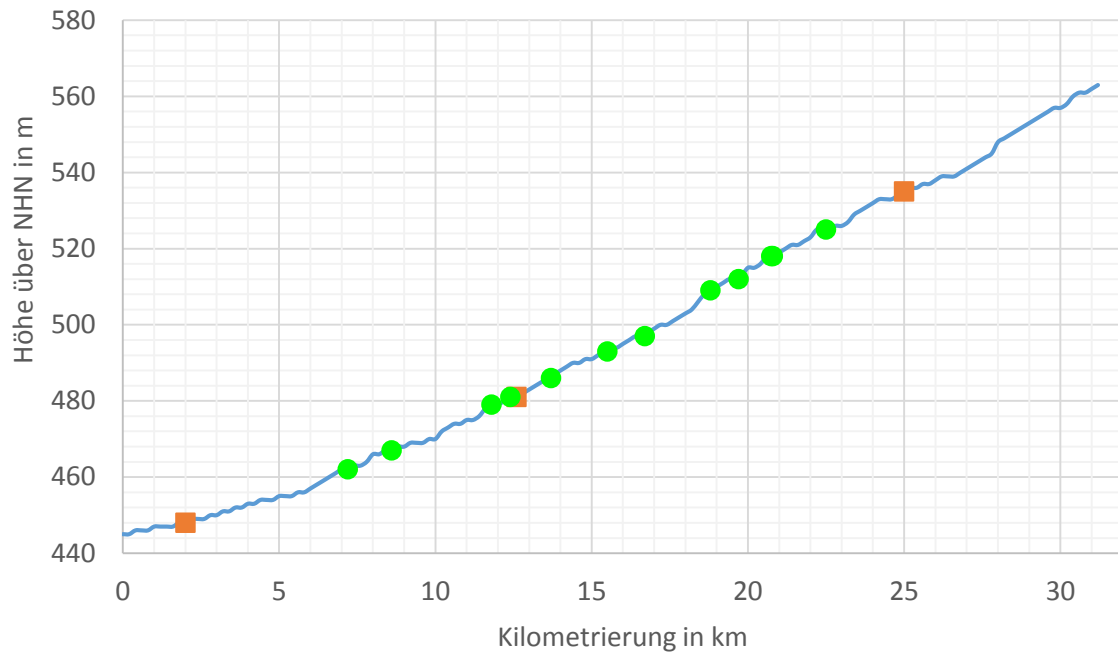


Abbildung 28: Höhenprofil Mangfall, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3

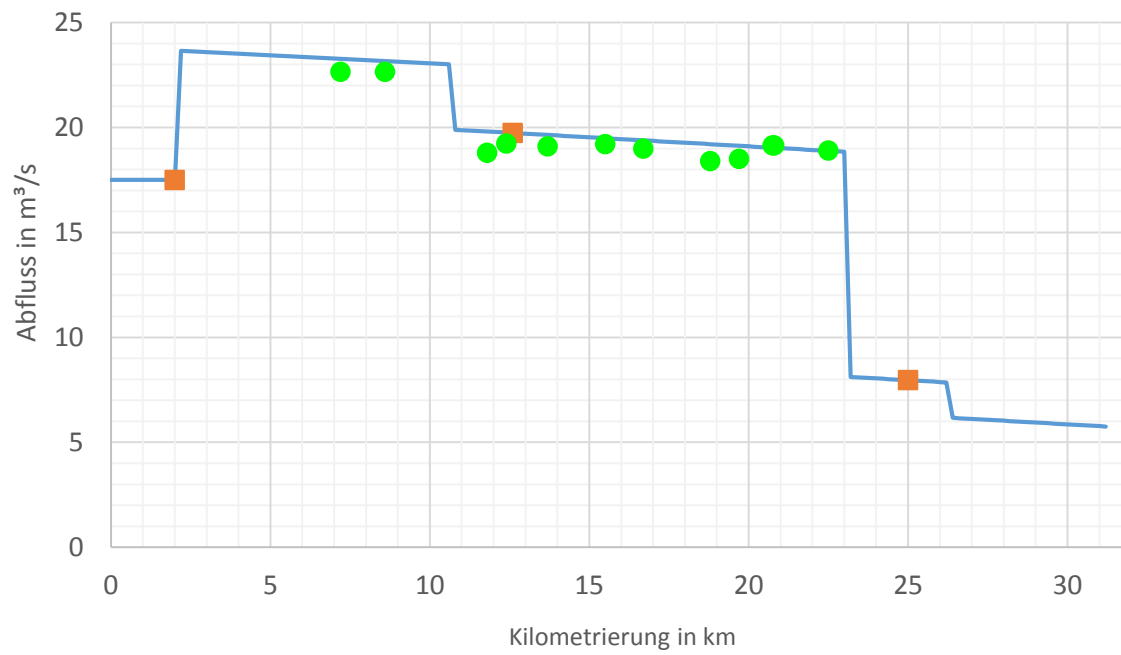


Abbildung 29: Abflussdiagramm Mangfall inklusive Ausleitungen

Anhang

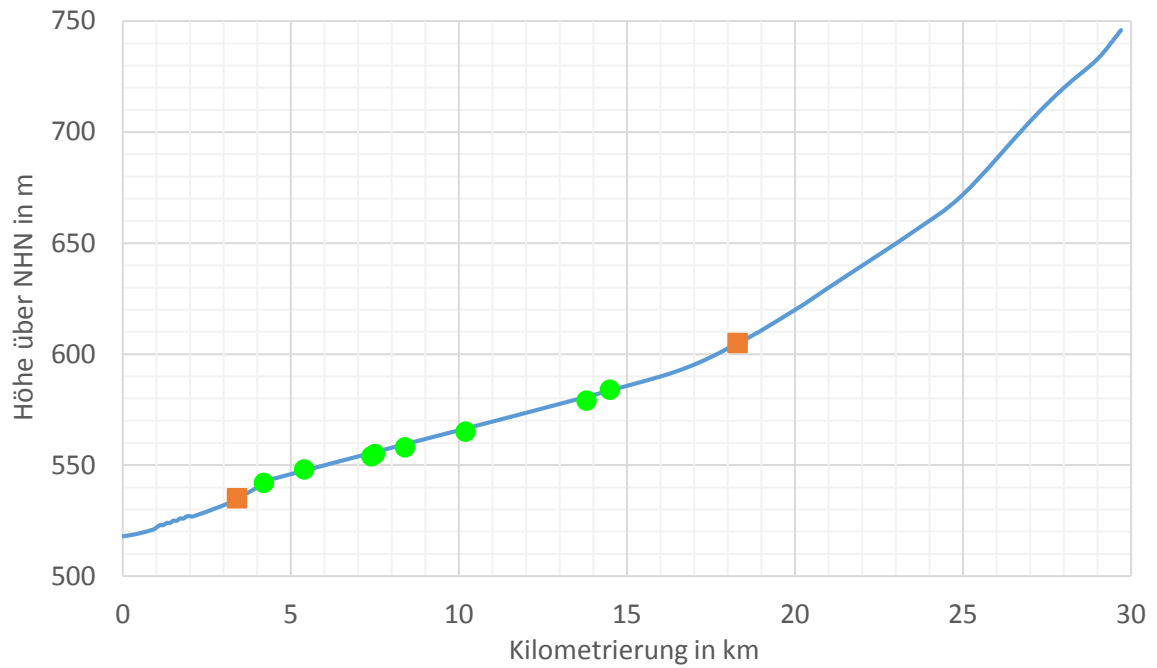


Abbildung 30: Höhenprofil Prien, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3

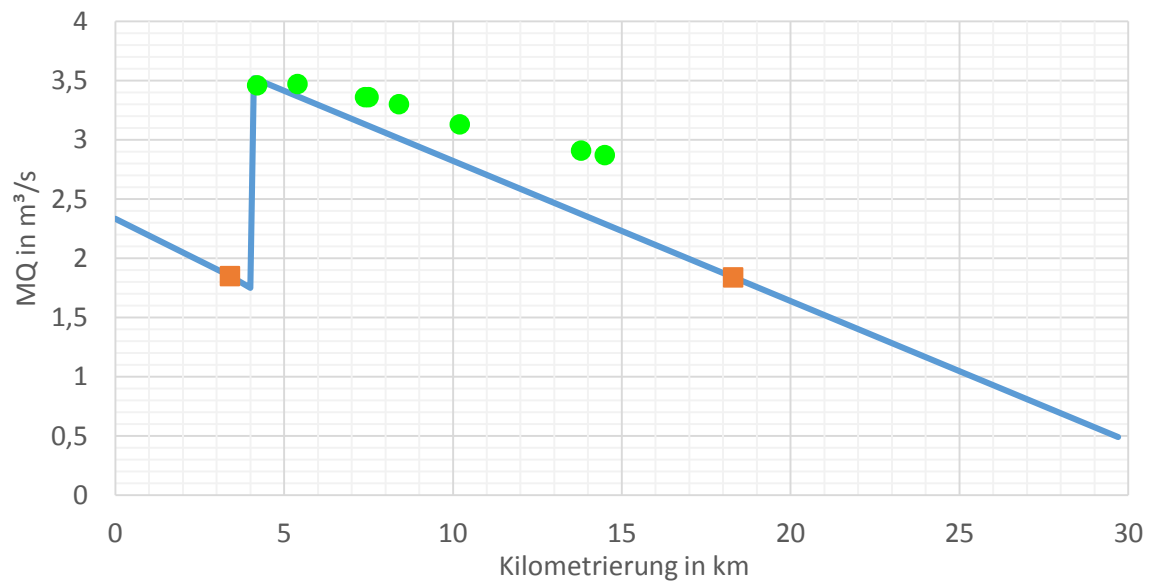


Abbildung 31: Abflussdiagramm Prien

Anhang

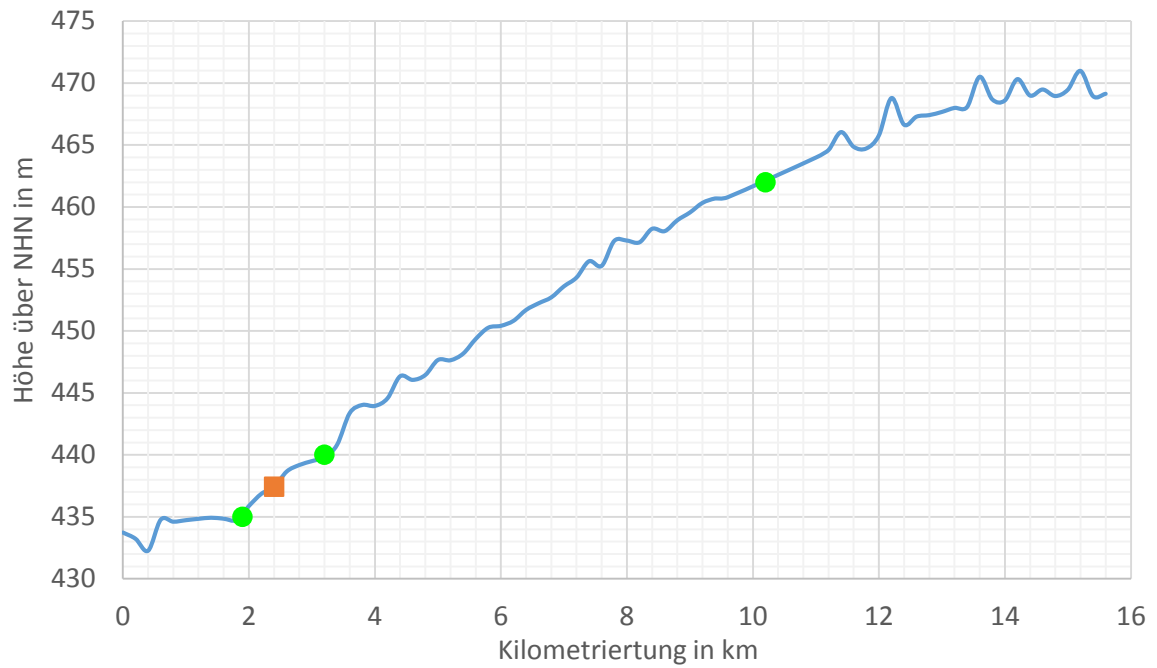


Abbildung 32: Höhenprofil Attel, erstellt mit Daten des Wasserwirtschaftsamt

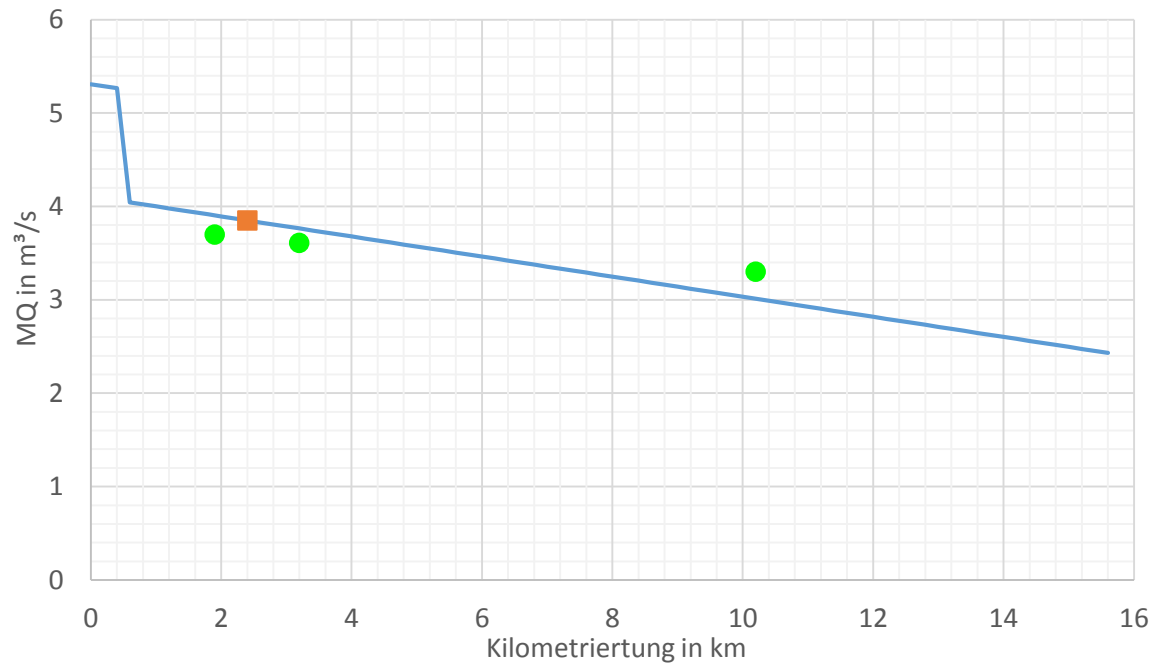


Abbildung 33: Abflussdiagramm Attel

Anhang

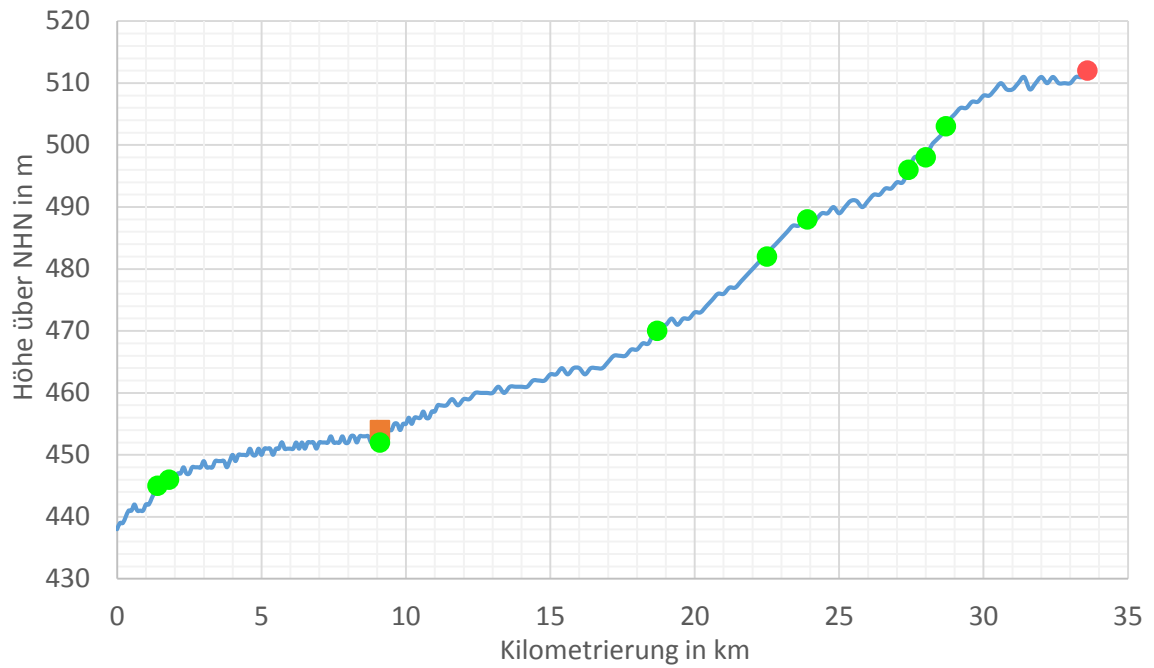


Abbildung 34: Höhenprofil Murn, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3

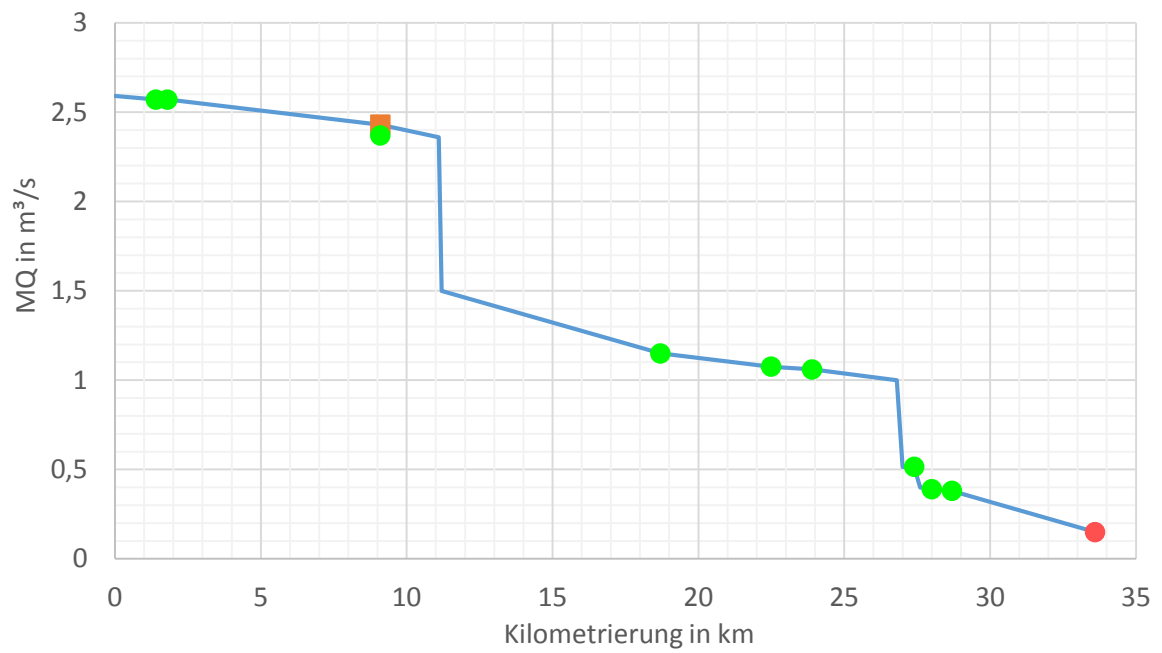


Abbildung 35: Abflussdiagramm Murn

Anhang

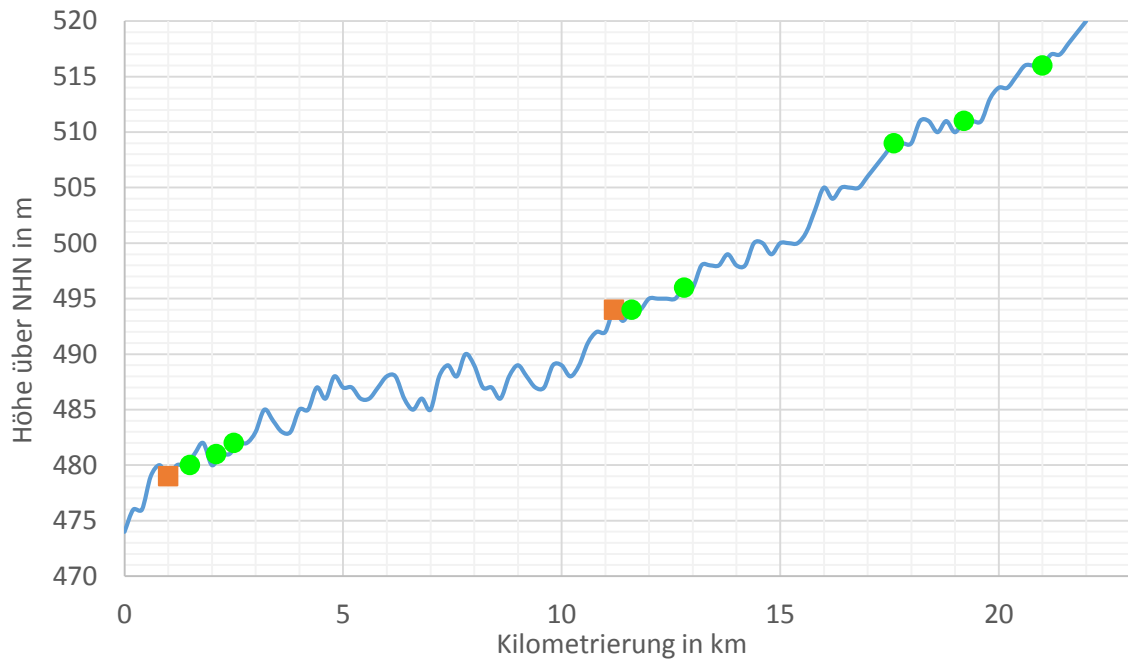


Abbildung 36: Höhenprofil Glonn, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3

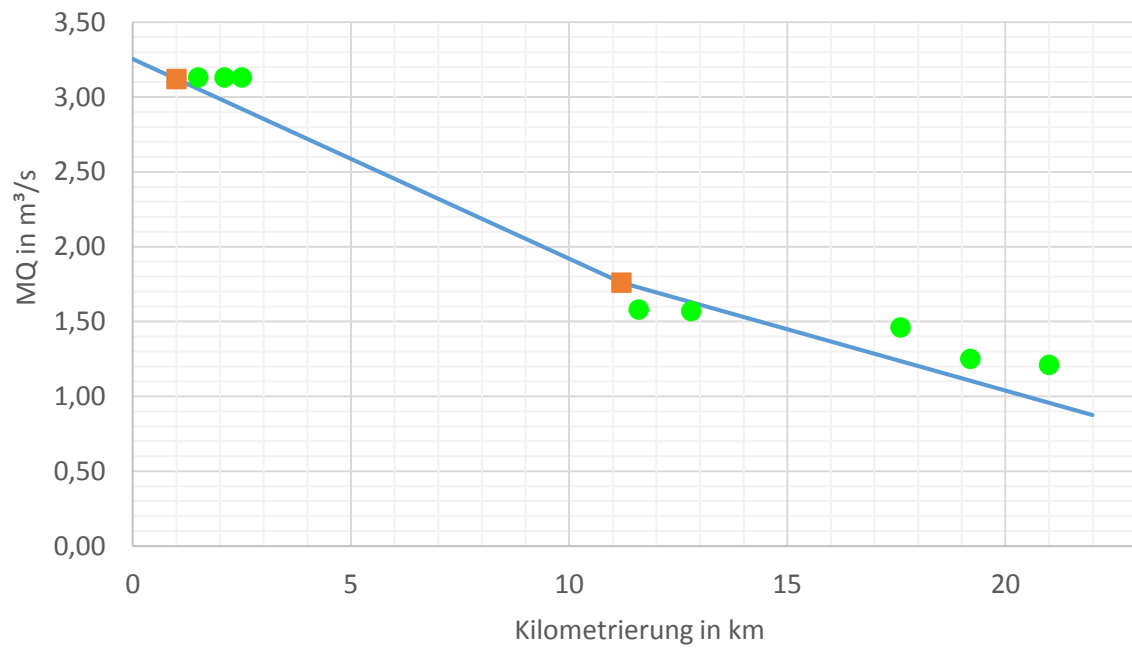


Abbildung 37: Abflussdiagramm Glonn

Anhang

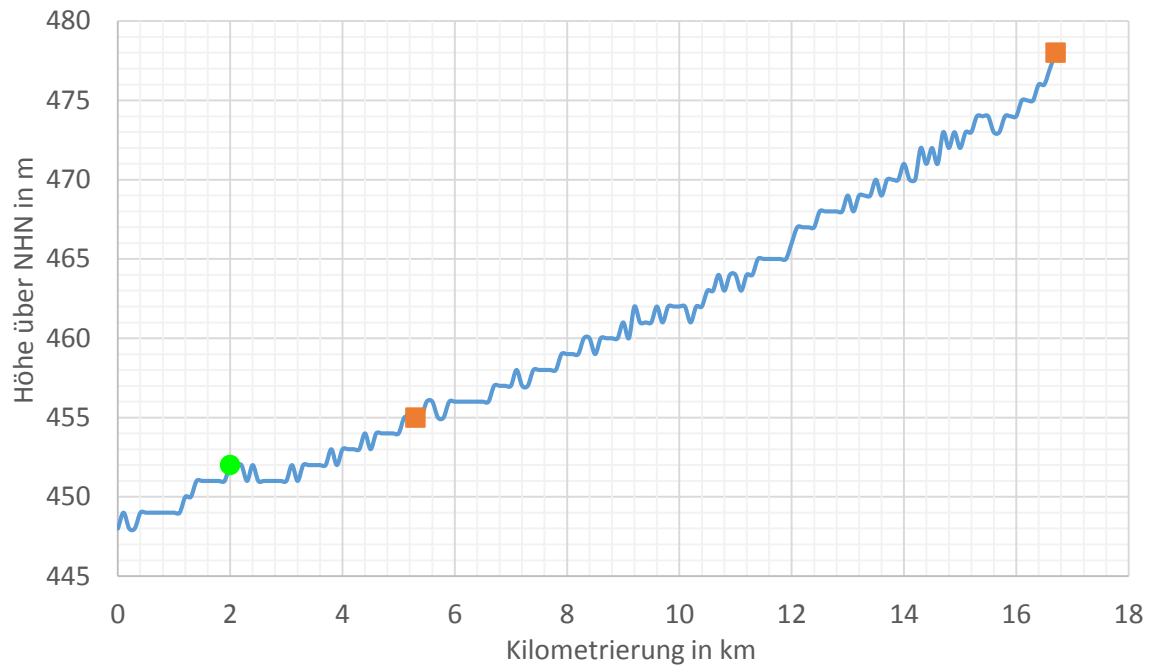


Abbildung 38: Höhenprofil Kaltenbach, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3

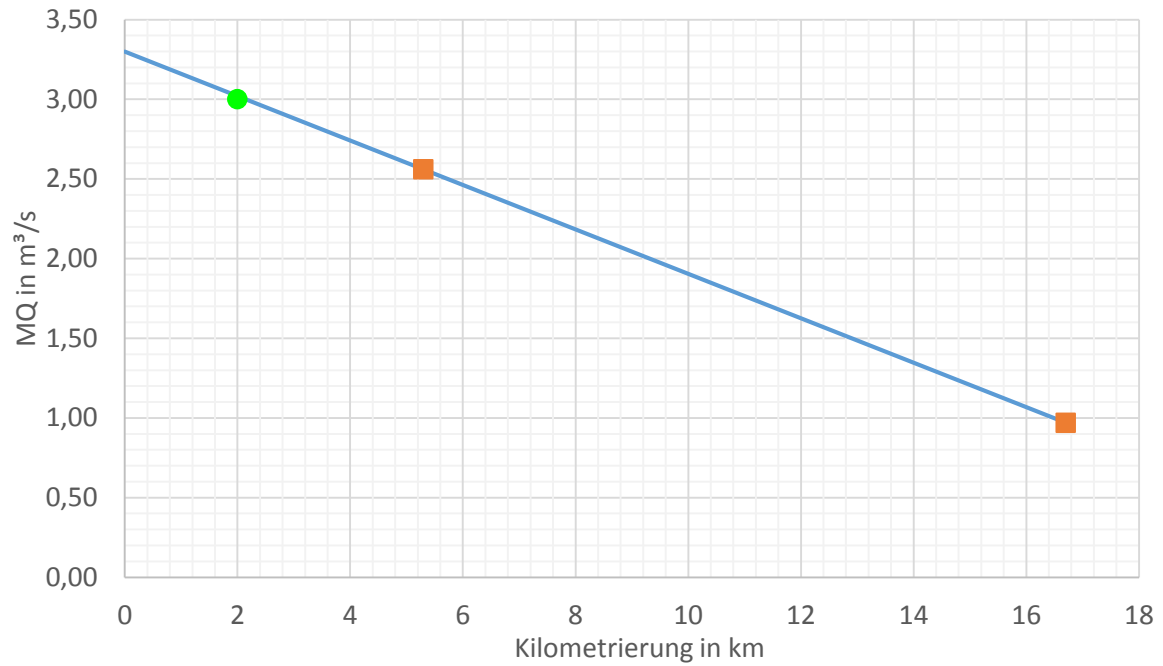


Abbildung 39: Abflussdiagramm Kaltenbach

Anhang

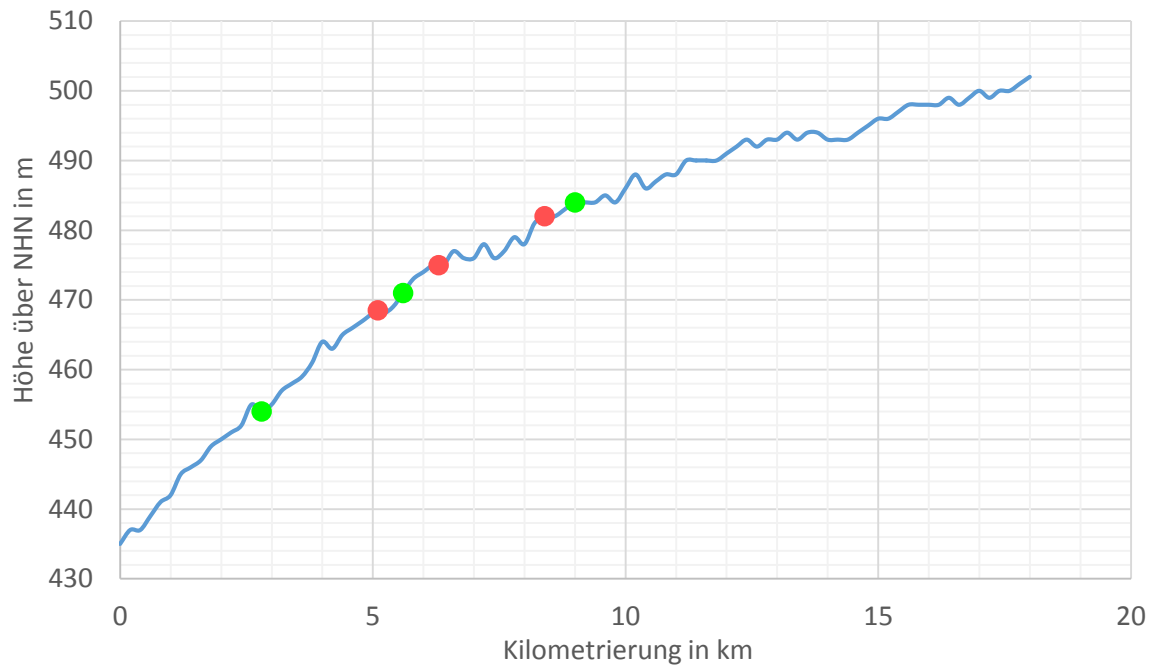


Abbildung 40: Höhenprofil Ebrach, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3

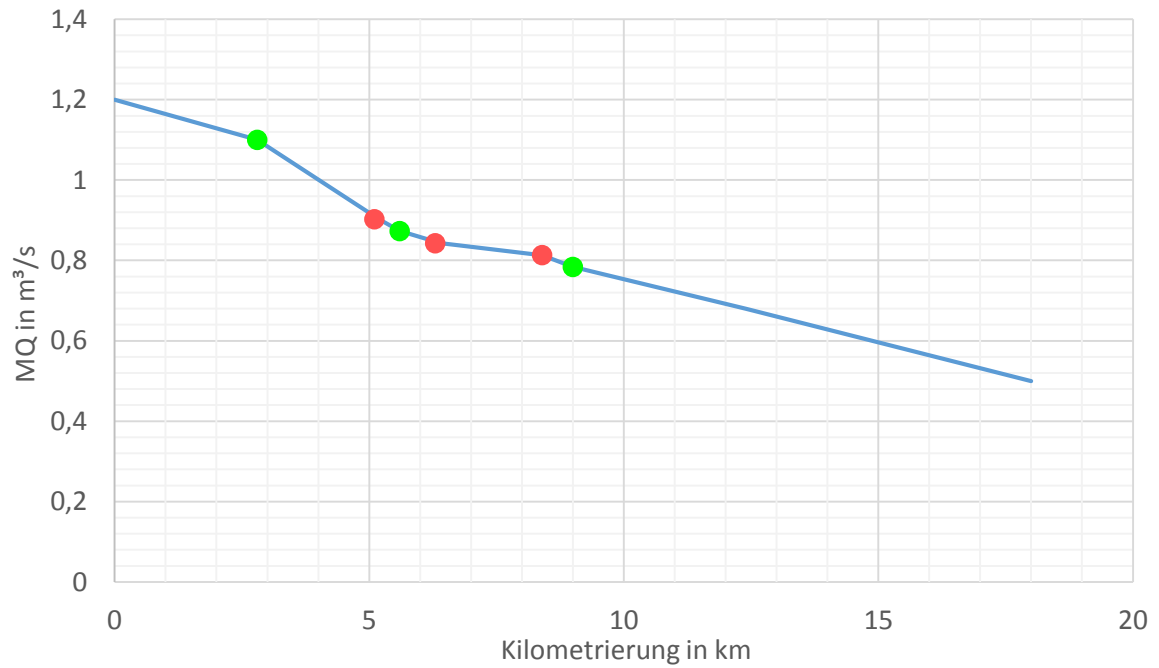


Abbildung 41: Abflussdiagramm Ebrach

Anhang

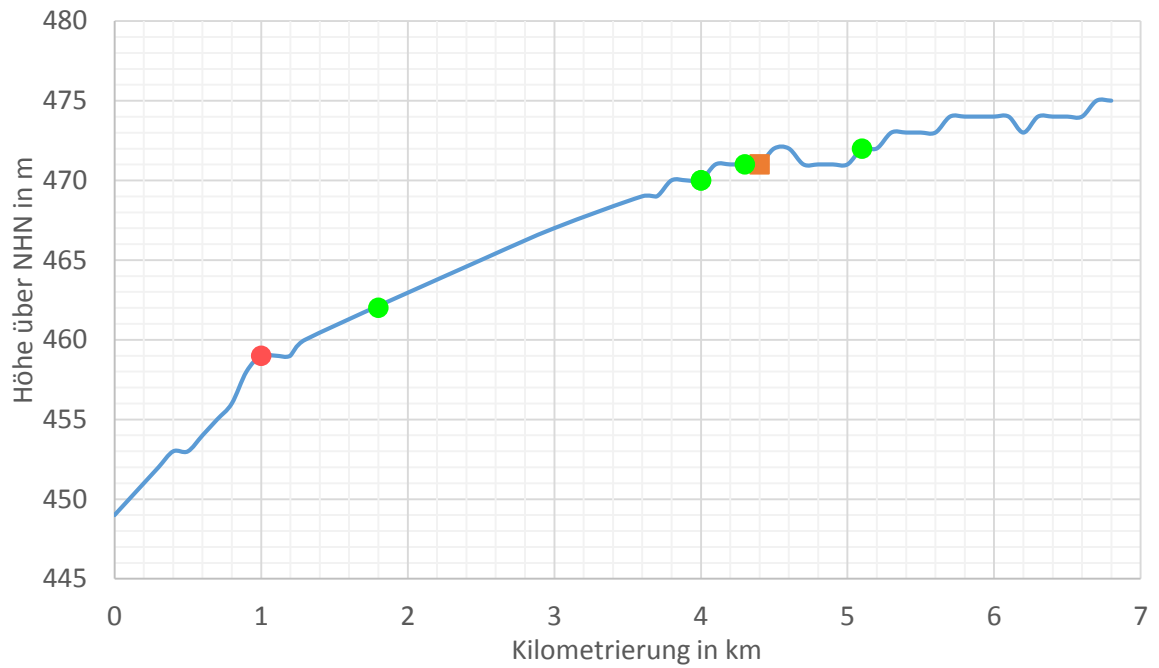


Abbildung 42: Höhenprofil Sims, erstellt mit Google Earth und FIN-View 3

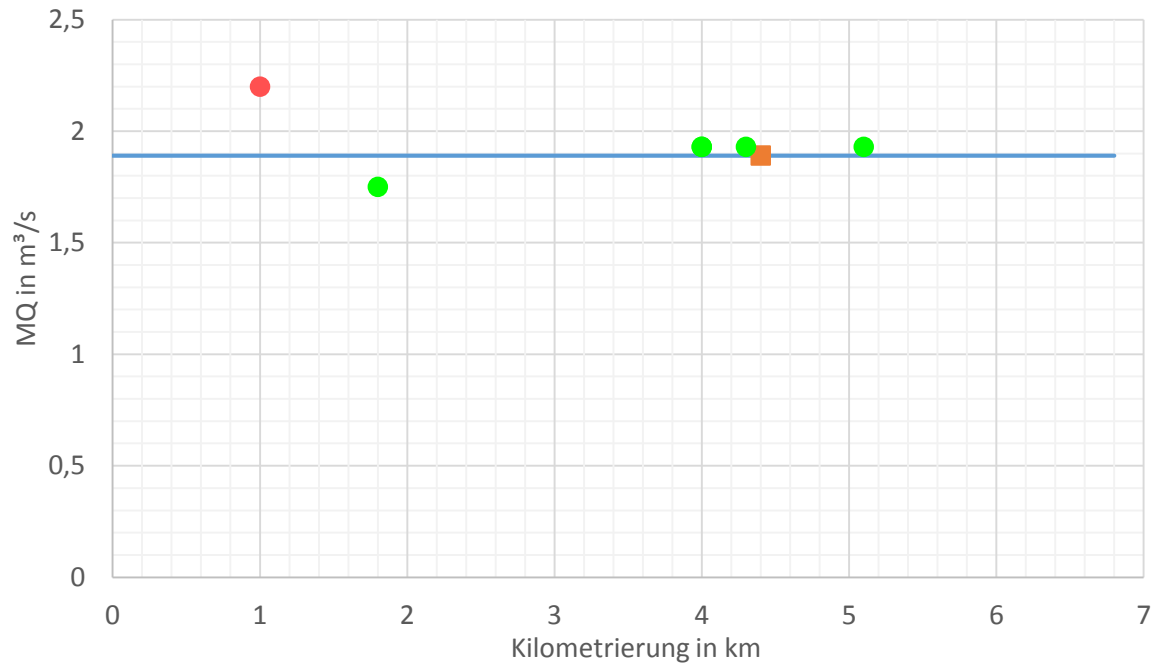


Abbildung 43: Abflussdiagramm Sims

Anhang

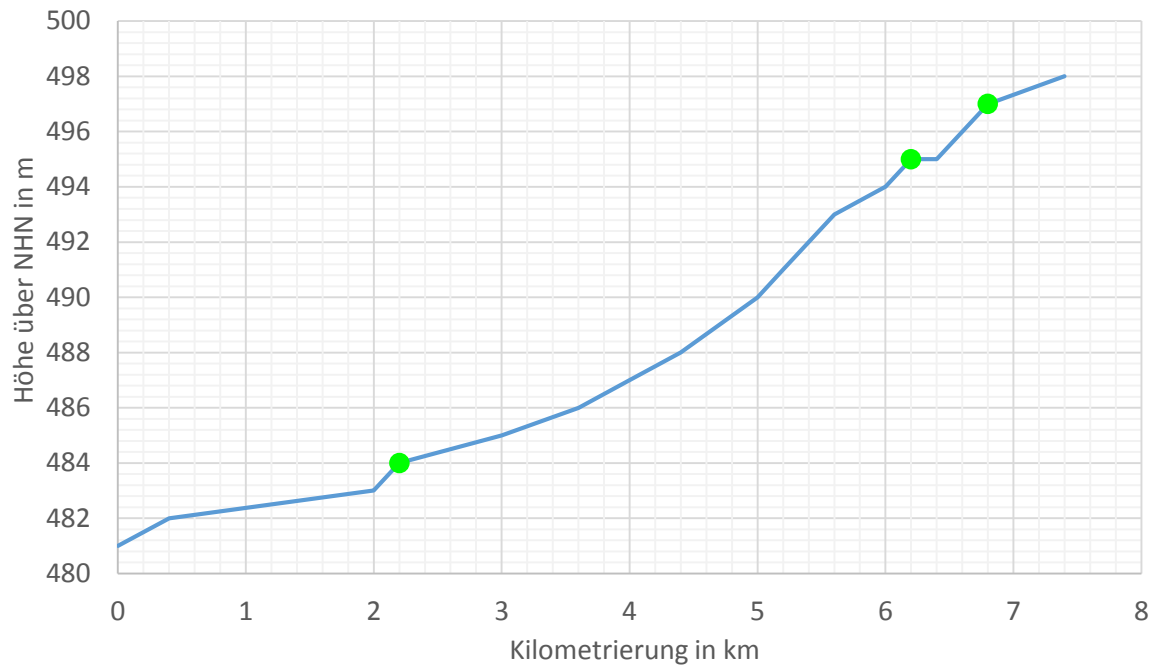


Abbildung 44: Höhenprofil Moosach, erstellt mit FIN-View 3

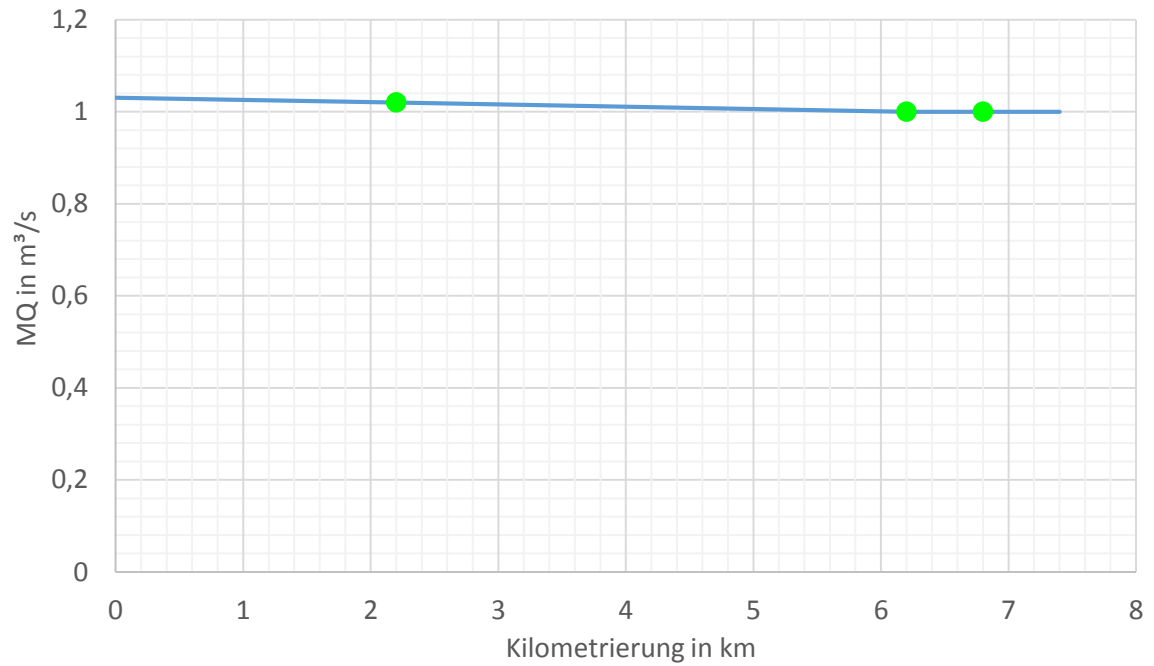


Abbildung 45: Abflussdiagramm Moosach

Literaturverzeichnis

- [1] Bayerische Staatsregierung: Bayerisches Wassergesetz (BayWG), <http://www.gesetze-bayern.de/jportal/portal/page/bsbayprod.psml?showdoccase=1&doc.id=jlr-WasGBY2010rahmen&doc.part=X&doc.origin=bs>, aufgerufen am 28.01.2014
- [2] Bayerische Staatsregierung: Verordnung über die Gewässer zweiter Ordnung (GewZweiV), <http://www.gesetze-bayern.de/jportal/portal/page/bsbayprod.psml?showdoccase=1&doc.id=jlr-GEWZWEIVBY2002rahmen&doc.part=X>, aufgerufen am 28.01.2014
- [3] Bayerische Staatsregierung: Daten und Fakten, http://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/daten.html, aufgerufen am 28.01.2014
- [4] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit: Wasserland Bayern – Nachhaltige Wasserwirtschaft in Bayern (6. Auflage), München, Februar 2013
- [5] Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen – Planung Bau und Betrieb (5. Auflage), Springer, Heidelberg Dordrecht London New York, 2009
- [6] Bayerische Staatsregierung: Energi-Atlas Bayern 2.0, <http://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?0>, aufgerufen am 24.01.2014
- [7] Energiezukunft Rosenheim: Ziele der Initiative, <http://www.ezro.de/Energiezukunft-Rosenheim/Ziele-der-Initiative/3/de>, aufgerufen am 28.01.2014
- [8] Anderer et al.: Vom Linienpotenzial zum technischen Wasserkraftpotenzial – Methode, Wasserwirtschaft 9/2010
- [9] Hochwassernachrichtendienst Bayern: Hochwassernachrichtendienst, <http://www.hnd.bayern.de/>, aufgerufen am 23.01.2014
- [10] Gewässerkundlicher Dienst Bayern: Abfluss Inn, <http://www.gkd.bayern.de/fluesse/abfluss/karten/index.php?gknr=6&thema=gkd&rubrik=fluesse&produkt=abfluss&tab=>, aufgerufen am 23.01.2014
- [11] Landratsamt Traunstein, Institut für Energietechnik (IfE): Energienutzungsplan für den Ausbau erneuerbarer Energien zur Stromgewinnung im Landkreis Traunstein, April 2013

Literaturverzeichnis

- [12] Verbund-Innkraftwerke GmbH, RMD-Consult GmbH, Dr. Haselbauer: Masterplan Wasserkraft – Ermittlung möglicher Ausbaupotentiale an Kraftwerken der VERBUND-Innkraftwerke GmbH, 07.03.2011
- [13] E-Mail von Dr. Roch, Hadumar: Wasserkraftanlagen Prien [E-Mail], 10.01.2014
- [14] E.ON Wasserkraft GmbH, Bayerische Elektrizitätswerke GmbH: Ausbaupotentiale Wasserkraft in Bayern, September 2009

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Projektarbeit „Stand und Ausbaupotenzial der Wasserkraftnutzung im Landkreis Rosenheim“ selbstständig angefertigt habe, sie nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt und alle benutzten Quellen angegeben habe.

Staudach-Egerndach, den 31.01.2014

Stefan Schützing