

Wasserkraftpotential bestehender Kontinuumsunterbrechungen im Land Salzburg

Renexpo Interhydro 2023
5. Betreibertag Wasserkraft

30. März 2023
Messezentrum Salzburg



Helmut Mader (BOKU, KÖR), Werner Fritsch (BOKU), Siegfried Jank (Jank GmbH)



UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

150 JAHRE
NACHHALTIG
VORAUSSCHAUEN
1872 - 2022



LAND
SALZBURG

Wasser

*Gesellschaft für
Kulturtechnik, Ökologie
& Rechtsgutachten mbH*
www.fischaufstieg.at



Inhalt

- **Background**
- **Datengrundlage**
- **Methodik**
 - Filterkriterien
 - Software
 - Hydrologie / Q_A
 - Volllaststunden
 - Hochrechnung
- **Ergebnisse**

Background

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

**Nationaler
Gewässerbewirtschaftungsplan 2021**
(GZ. 2022-0.270.788)

> 9.000 Querbauwerke

**>9.000
Fallhöhenkonzentrationspunkte**

WK: + 220 GWh/a (5%)

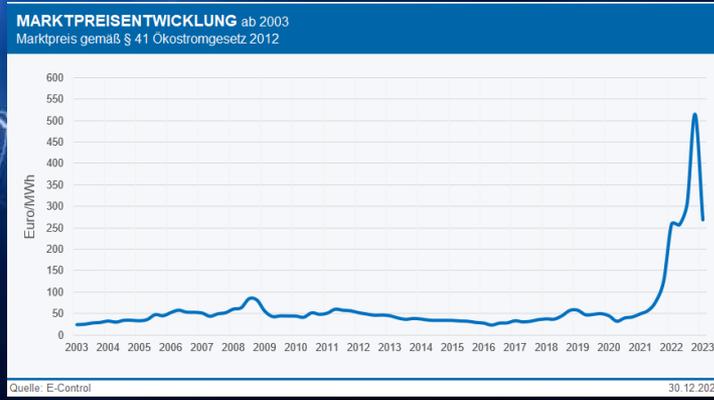
2020 2030 2040 2050

**Masterplan
Klima+Energie 2030**

Bericht
Oktober 2021

KLIMA + ENERGIE
2050

LAND
SALZBURG

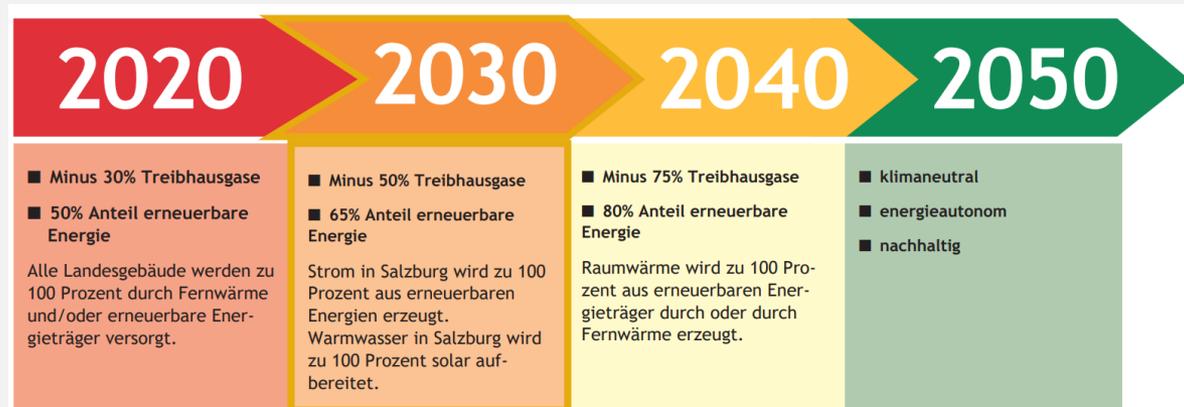


Background

• EU-WRR & NGP 2021

- Erreichung und Erhaltung eines guten Gewässerzustandes
- Durchgängigkeit für aquatische Organismen → Beseitigung von Wanderhindernissen

• Masterplan Energie Salzburg



• Synergien

→ Wasserkraftnutzung an Fallhöhenkonzentrationspunkten

- Ökologische Verbesserung
- Steigerung Stromproduktion aus „Erneuerbaren“
- Kostenersparnis für öffentliche Hand

Aufgabenstellung

- 9.228 Querelemente (QE)
(passierbare & nicht passierbare)
- in 873 Detailwasserkörpern

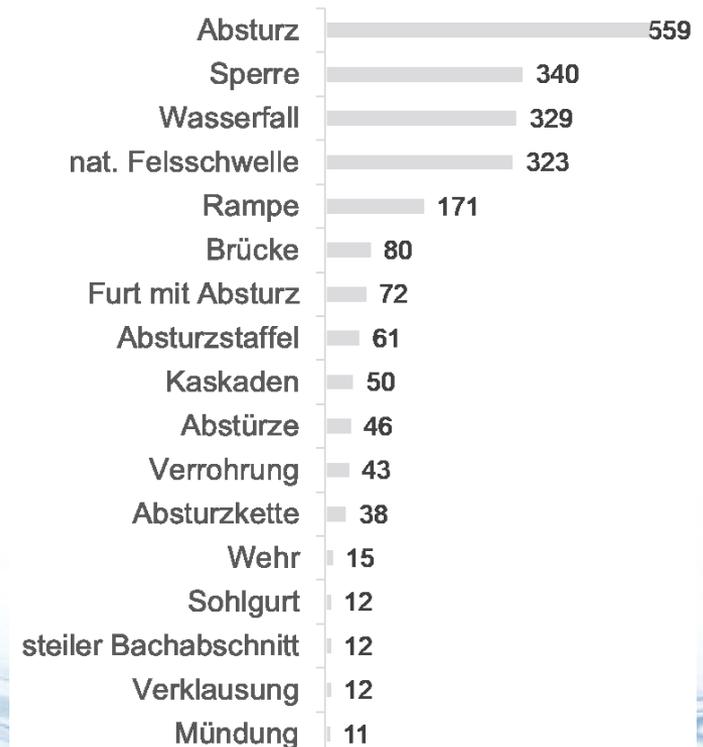
→ **Kosten** der Wiederherstellung
der **Durchgängigkeit** an nicht
passierbaren QE ??



→ **Potential** der Nutzung an
nicht genutzten ??



QE > 1,0 m Höhe & Verursacher



Methodik

9.228 QE
Σ Attribute



Potential?

$$P_a = \rho \cdot g \cdot \eta_T \cdot Q_a \cdot H_a$$

1. Verschneidung Datenbanken QE & DWK (>470.000 Zellen)
2. Filterkriterien
3. Abflussregime & MQ
4. Q_A
5. Volllaststunden
6. Hochrechnung

Software

- Excel + Q_{GIS} (inkl. KI-BOKU)
- eHYD, Hydrografisches JB
- SAGIS, WIS

Methodik

Filterung

9.228 QE

Hierarchische

Filterung

122 QE

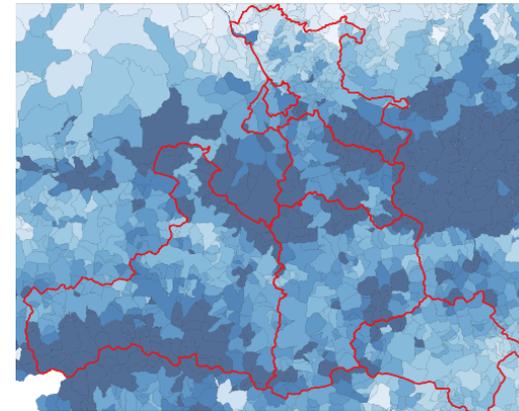
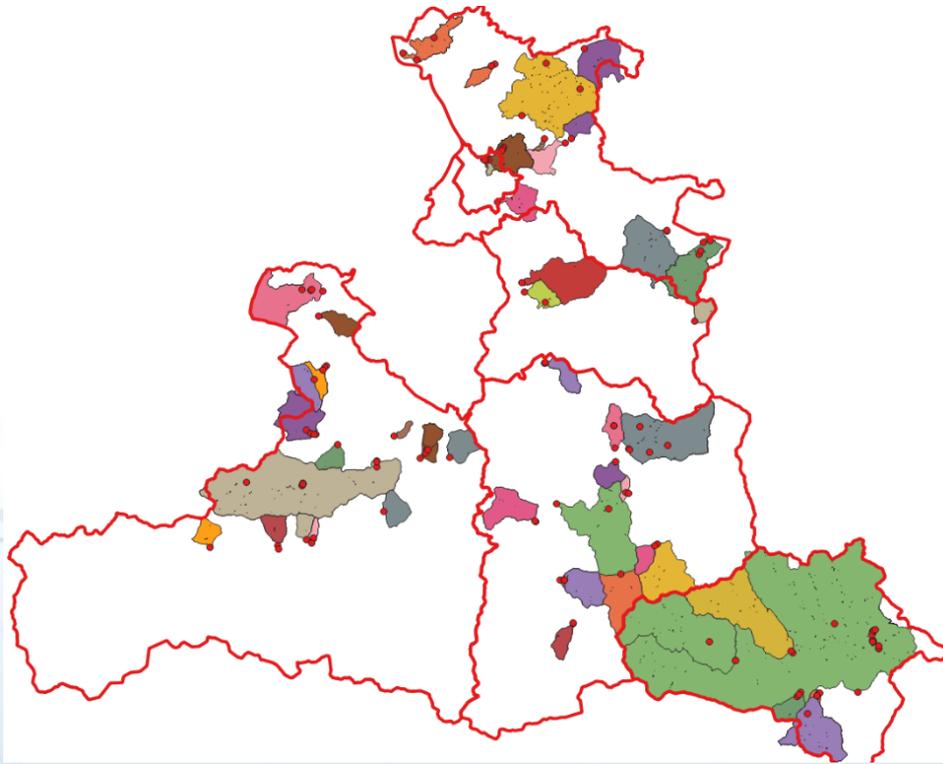
- > 1,0 m Fallhöhe
- ohne „WK Nutzung“
- Ökologischer Zustand: ohne „Sehr gut“
- DWK zugewiesen (=NGP relevant, EZ > 10 km²)
- Keine Entnahmestrecke
- Kein Europaschutzgebiet
- natürlicher Fischlebensraum (DB: QE + DWK)
- Kein „natürliches Wanderhindernis“
- Fischpassierbarkeit nicht gegeben
- Status „gelöscht“ inklusive

Methodik

122 nutzbare QE

EG, MQ ??

(Einzugsgebiete unbeobachtet)



KI – Programm BOKU

„Vorhersage von hydrologischen Abflusskennwerten in unbeobachteten Einzugsgebieten mit Machine Learning“
(Klingler et al., 2022)

- Alle topograf. EZ für OWK inkl. ausländische hydrolog. Oberlieger-Regionen

- Abflusskennwerte

MJHQ	MQ
MJNQ	MJNQ ₇
Q _{95%}	Q _{98%}

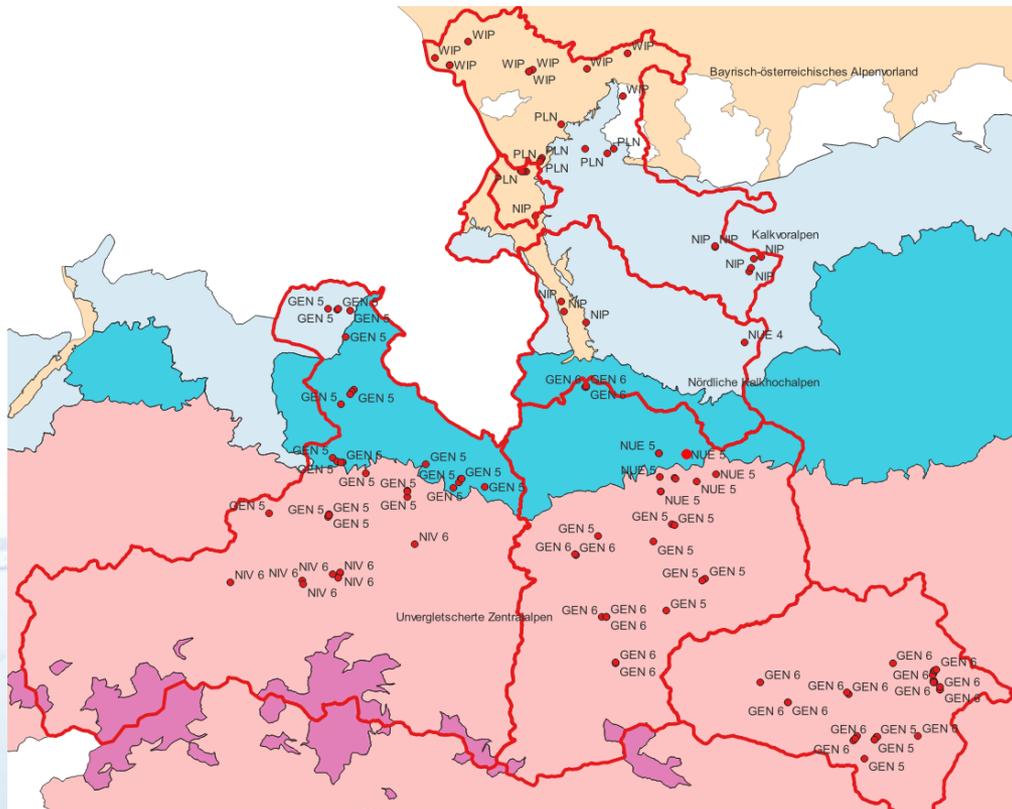
- Machine Learning Modell: „XGBoost“
- Abweichung rund 5 – 10% (20% inkl. stark anthropogen beeinflusste Gebiete)

- online kostenlos als .shp

Methodik

122 nutzbare QE

MQ → $Q_A (Q_{90})$ → Volllaststunden



Abflussregime vs. Bioregion

BAY-AUT Alpenvorland **Z3**

Kalkvoralpen **Z2**

Nördliche Kalkhochalpen

Unvergletscherte Zentralalpen **Z1**

Vergletscherten Zentralalpen

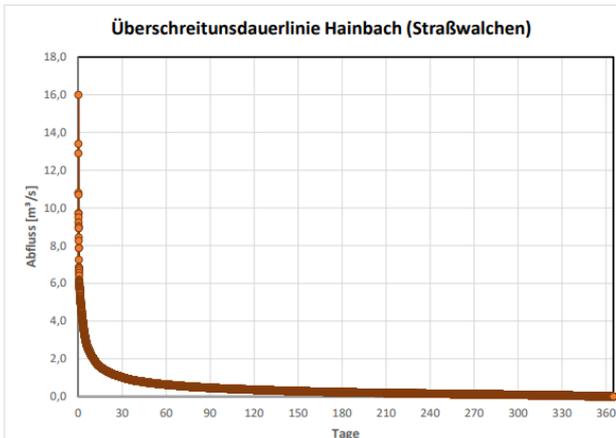
Methodik

122 nutzbare QE
 MQ → $Q_A (Q_{90})$ → Volllaststunden

Gewässer: Hainbach
Messstelle: Straßwalchen
HZB-Nummer: 203638
DBMS-Nummer: 5001058
Sachgebiet: OWF
Dienststelle: HD-Salzburg
Messstellenbetreiber: Hydrographischer Dienst
ogr.Einzugsgebiet [km²]: 40,6
Einheit: [m³/s]
Exportzeitraum: [01.01.1976 00:00,01.01.2019 00:00]

Datenumfang Jahre	15 706	43	
	Q	Rang	Rang/Jahre
	[m³/s]	[-]	[-]
Q₉₀	0,46	3873	90,01
MQ	0,42		
Faktor k	1,09		

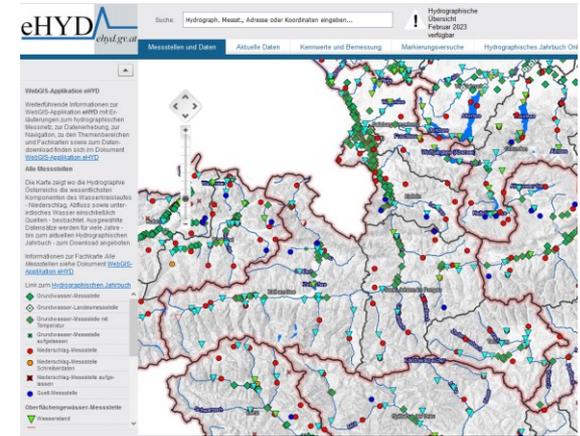
MQ * k = Q₉₀



$MQ \times k = Q_{90}$

Referenzpegelanalyse Korrekturfaktor k

Gewässer	Messstelle	EZG [km²]	PUE		NUE Z2	NIV + GEN		
			Z3	Z3 _{See}		Z1 _{groß}	Z1 _{mittel}	Z1 _{klein}
Hainbach	Straßwalchen	40,6	1,09					
Oichten	Mußdorf	40,5	0,98					
Aiterbach	Itzling	29,7	1,12					
Berndorfer Bach	Elexlochen	12,0	1,09					
Fischach	Lengfelden	159,4		1,19				
Fischach	Seekirchen, Kläranl.	119,4		1,20				
Leoganger Ache	Uttenhofen	112,3			1,30			
Mitterweißenbach	Mitterweißenbach	35,1			1,19			
Mur	Kendbruck	955,0				1,29		
Mur	Mörtelsdorf	367,0					1,31	
Stubache	Uttendorf	127,9					1,29	
Urslau	Saalfelden	119,5					1,28	
Taurach	Mauterndorf	102,1					1,33	
Thomataler Bach	Madling	86,1					1,28	
Lessachbach	Lessach	70,2						1,41
Göriach Bach	St. Andrä	48,4						1,35
Schwarzbach	Abtenau Au	26,9						1,49
Grundache	Steinberg a. Rofan	15,0						1,35
Stuhlfeldner Bach	Stuhlfelden	11,4						1,26
k-Faktor			1,10	1,20	1,25	1,30	1,30	1,35



Methodik

122 nutzbare QE

MQ → $Q_A (Q_{90})$ → **Volllaststunden**

1. Abflussgemittelte Dauerlinien je Regime
2. Referenzkraftwerke an Pegelstandorten
3. Volllaststunden je Zone (EG abhängig)

Ermittlung der Volllaststunden im Abflussregime
ZONE 1 - Nivales & gemäßigt nivales Regime
EZ → klein

Gewässer	Messstelle	EZ [km ²]	Pegel-Zeitreihe von	bis
Lessachbach	Lessach	70,2	01.01.1993	01.01.2019
Göriach Bach	St. Andrä	48,4	01.01.1993	01.01.2019
Schwarzbach	Abtenau Au	26,9	01.01.1988	01.01.2019
Grundache	Steinberg a. Rofan	15,0	01.01.1981	01.01.2019
Stuhlfeldener Bach	Stuhlfelden	11,4	01.01.1994*	01.01.2019

*maßgebend

Datenumfang gem. Zeitreihe

9 131 Jahre

t_{90} : 25

	Abflussspende Q [m ³ /s/km ²]	Rang [-]	Rang/Jahre [d]	restl. Jahre $t_{X,Rest}$ [d]
$Q_{X,90}$	0,0660	2 308	92,26	
$\Sigma Q_{X,Rest}$	181,8567			18,693

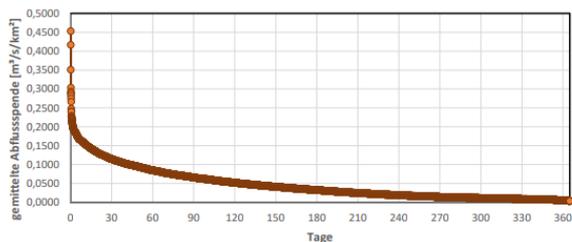
$t_{90} = 90 \cdot 24 = 2 160$ [h]

$t_{Rest} = \Sigma Q_{X,Rest} / Q_{X,90} / t_{90} \cdot 24 = 2 643$ [h]

Volllaststunden für Zone 1 klein [h] **4 803**

Volllaststunden für Zone 1 klein gerundet [h] **4 800**

synthetische Überschreitungsdauerlinie
gemittelter Abflusspenden für ZONE 1 klein



Zone	Abflussregime	Gewässer	Messstelle	EZ [km ²]	Pegel-Zeitreihe von	bis	Volllaststunden [h]
Z1 klein	NIV + GEN	Lessachbach	Lessach	70,2	01.01.1993	01.01.2019	4 800
		Göriach Bach	St. Andrä	48,4	01.01.1993	01.01.2019	
		Schwarzbach	Abtenau Au	26,9	01.01.1988	01.01.2019	
		Grundache	Steinberg a. Rofan	15,0	01.01.1981	01.01.2019	
		Stuhlfeldener Bach	Stuhlfelden	11,4	01.01.1994	01.01.2019	
Z1 mittel	NIV + GEN	Ursiau	Saalfelden	119,5	01.01.1951	01.01.2019	5 350
		Taurach	Mauterndorf	102,1	01.01.1961	01.01.2019	
		Thomataler Bach	Madling	86,1	01.01.1981	01.01.2019	
Z1 groß	NIV + GEN	Mur	Kendlbruck	955,0	01.01.1992	01.01.2019	5 675
Z2	NUE	Leoganger Ache	Uttenhofen	112,3	01.01.1982	01.01.2019	5 275
		Mitterweißenbach	Mitterweißenbach	35,1	01.01.1982	01.01.2019	4 700
nach EZ interpolieren							
Z3	PUE	Hainbach	Straßwalchen	40,6	01.01.1976	01.01.2019	5 400
		Oichten	Nußdorf	40,5	01.01.1983	01.01.2019	
		Alterbach	Itzling	29,7	01.01.1990	01.01.2019	
		Berndorfer Bach	Elexlochen	12,0	01.01.1985	01.01.2019	
Z3 _{See}	PUE	Fischach	Seekirchen, Kläranl.	119,4	01.01.1998	01.01.2019	5 850

Methodik

122 nutzbare QE → Hochrechnung Potential

$$P_a = \rho \cdot g \cdot \eta_T \cdot Q_a \cdot H_a$$

P_a = Leistungsabgabe der Turbine in W

ρ = Dichte des Wassers

g = Gravitationskonstante

η_T = Turbinenwirkungsgrad

Q_a = Ausbaudurchfluss in m³/s

H_a = Ausbaufallhöhe in m

- Engpassleistung
 $P = Q * H * 7,8$
[kW]

- Regelarbeitsvermögen
 $RAV = P * h_{\text{Volllast}}$
[kWh/a]

- + erhöhtes Potential
 $(H_1 + 1m, P_1, RAV_1)$

- Export Q_{GIS}

Ergebnis

122 nutzbare QE → Hochrechnung Potential

$H_1 \rightarrow + 1m$



ID	Gewässer	Name	km von H ₀	Regime	ZONE	EZG	MQ	Q ₉₈ %	k	Q ₉₀	η _{ges} *ρ*g	Voillast	P ₀	RAV ₀	H ₁	P ₁	RAV ₁	FAH	
			[km]	[m]	[-]	[-]	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[-]	[m ³ /s]	[kg/m ² s ²]	[h]	[kW]	[MWh/a]	[m]	[kW]	[MWh/a]	[Tsd.€]
A354652	Mur, Mura	Rampe	410,968	1,5	GEN 6	Z1 _{groß}	817,46	22,03	6,24	1,30	28,633	7,80	5 675	335,0	1901,126	2,5	558,3	3168,544	120 000
A315488	Saalach	Sohlgurt Haid	70,735	1,5	GEN 5	Z1 _{mittel}	203,84	7,00	1,88	1,30	9,100	7,80	5 350	106,5	569,615	2,5	177,5	949,358	120 000
A315489	Saalach	Sohlgurt Bsusch	70,940	1,5	GEN 5	Z1 _{mittel}	200,15	6,87	1,85	1,30	8,935	7,80	5 350	104,5	559,280	2,5	174,2	932,133	120 000
A402556	Kleinarlerache	Rampe	0,016	2,0	GEN 5	Z1 _{mittel}	133,30	5,56	1,36	1,30	7,224	7,80	5 350	112,7	602,923	3,0	169,0	904,385	160 000
A354756	Taurach-Lungau	Absturz, Überfall	13,117	3,0	GEN 6	Z1 _{mittel}	102,27	3,69	1,17	1,30	4,801	7,80	5 350	112,3	601,025	4,0	149,8	801,366	240 000
A385078	Zederhausbach	Rampe	5,754	2,0	GEN 6	Z1 _{mittel}	129,11	4,39	0,93	1,30	5,710	7,80	5 350	89,1	476,523	3,0	133,6	714,785	160 000
A128834	Zederhausbach	Absturz	5,784	1,5	GEN 6	Z1 _{mittel}	128,98	4,39	0,93	1,30	5,704	7,80	5 350	66,7	357,067	2,5	111,2	595,112	120 000

P ₁	0 - 5	kW	11 QE
P ₁	5 - 50	kW	84 QE
P ₁	50 - 100	kW	20 QE
P ₁	> 100	kW	7 QE

Σ P₁ 4.800 kW (P₀ = 3,1 MW)
 Σ RAV₁ 24.000 MWh/a (RAV₀ = 15,4 GWh/a)
 rd. 5.500 Haushalte (4.400 kWh/a/4P_HH)

Sbg Klima+Energie 2030
 → + 220 GWh/a ↔ 24 GWh/a KWK (~ 11%)

Ergebnis

122 nutzbare QE → Synergie



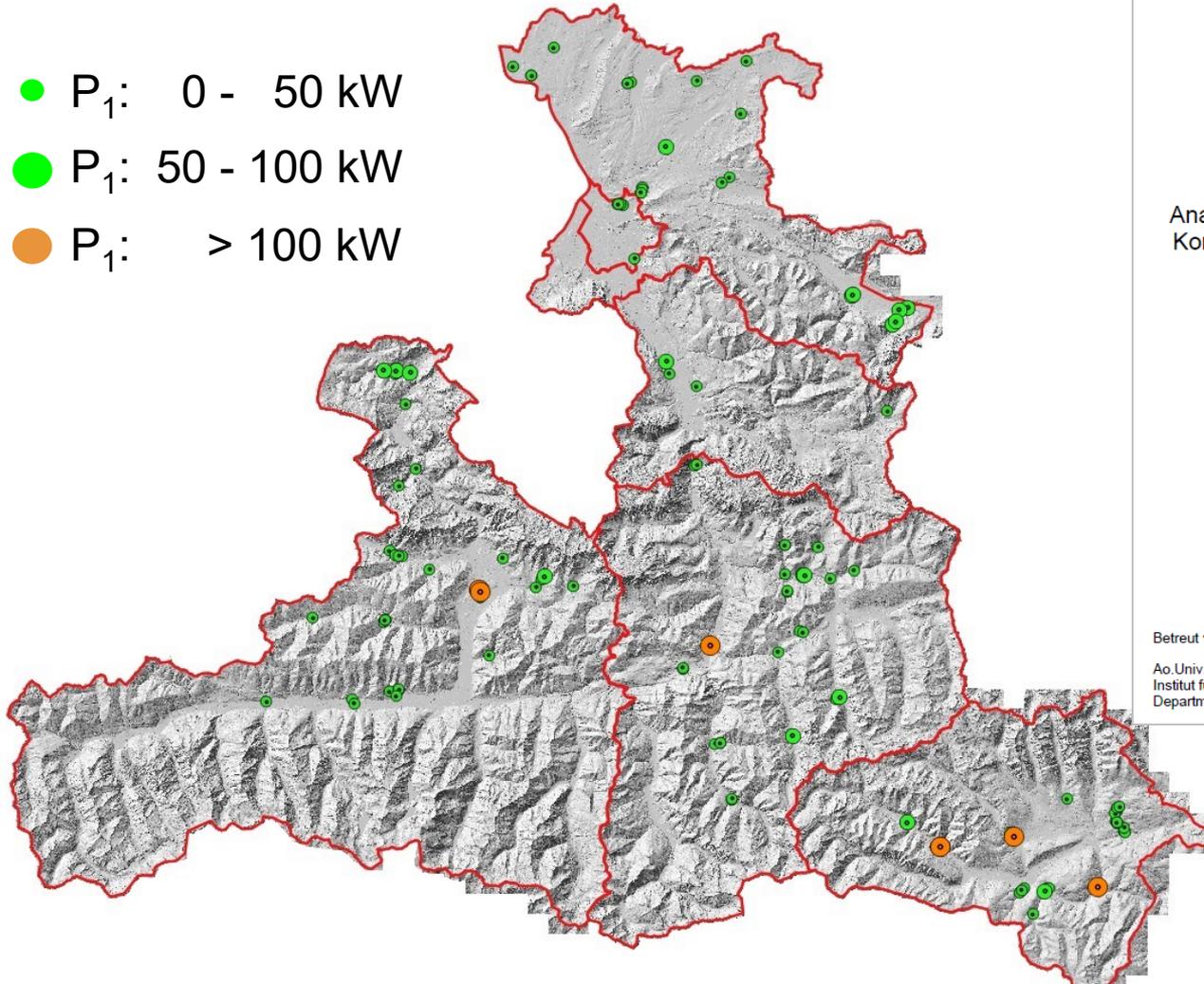
Σ 122 dzt. nicht passierbare QE
 Σ 21,2 Mio € (€ 80.000,--/hm)

Ergebnis

<https://boku.ac.at/bib/services/abschlussarbeiten>

122 nutzbare QE → Details Volltext

- P_1 : 0 - 50 kW
- P_1 : 50 - 100 kW
- P_1 : > 100 kW



Masterarbeit

Analyse des Wasserkraftpotentials bestehender
Kontinuumsunterbrechungen im Land Salzburg

verfasst von

Ing. Werner FRITSCH, B.Sc.

im Rahmen des Masterstudiums
Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieur

Wien, Februar 2023

Betreut von:

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Helmut Mader
Institut für Wasserbau, Hydraulik und Fließgewässerforschung (IWA)
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt (WAU)



... danke für ihre Aufmerksamkeit ...

Fragen ???