

# ALTERNATIVE ENERGIEGEWINNUNG IN SKI- UND GANZJAHRESGEBIETEN

DI Kofler

## VORTRAGSINHALT

- **Bergbahnen und Energie**
  
- **Alternative Energiegewinnung**
  - **PV-Anlagen**
  - **Wasserkraft**
  - **Windenergie**
  
- **Energiespeicherung**

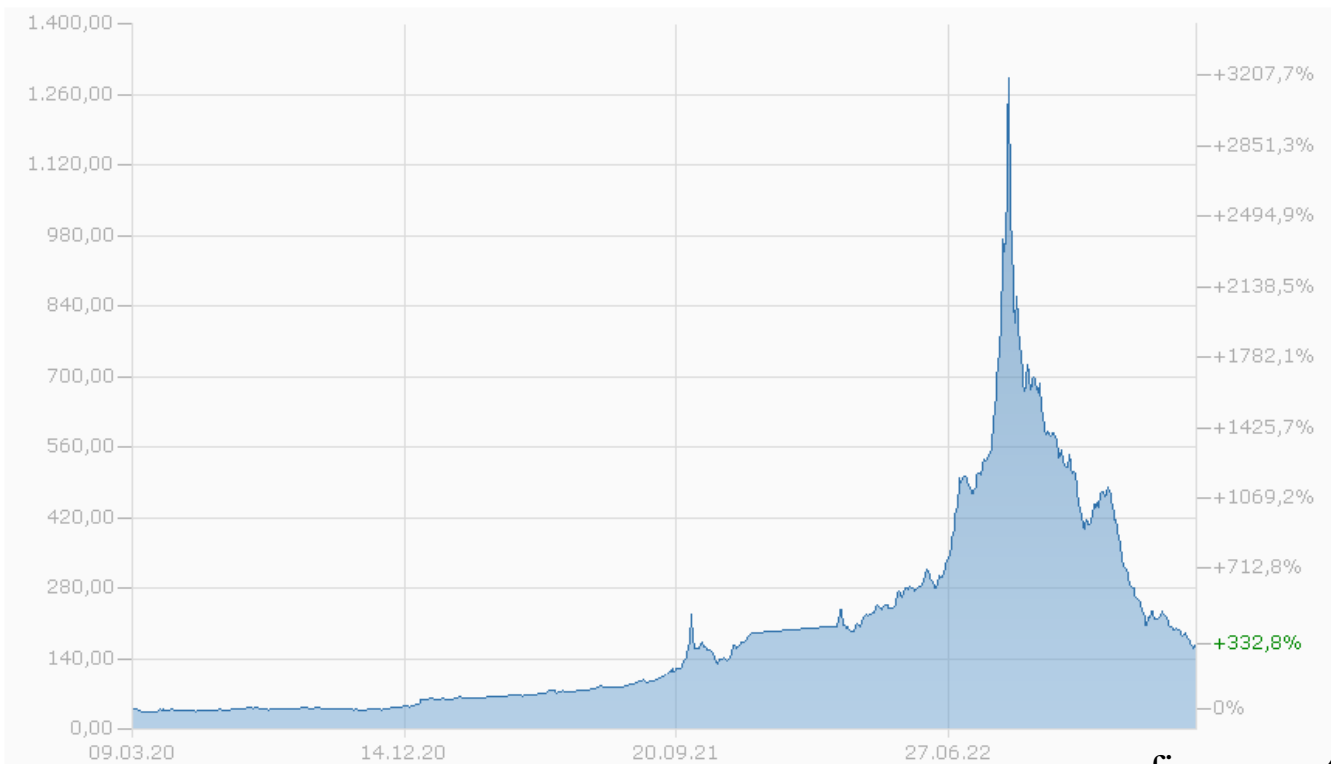
# Bergbahnen und Energie – Elektrischer Energiebedarf



# Bergbahnen und Energie - Energiekostenentwicklung Strom

## EEX STROM PHELIX DE PEAK YEAR CHART IN EUR

Intraday 1 Woche 1 Monat 3 Monate YTD 1 Jahr **3 Jahre** 5 Jahre Max



www.finanzen.at

## Bergbahnen und Energie - Energiekostenentwicklung

- **Stromkosten für Bergbahn mit 1,0 GWh Verbrauch 2020:**  
(Mittel € 40,- / MWh) = € 40.000,- bzw. € 140.000,- mit  
Netzentgelt
- **Stromkosten für Bergbahn mit 1,0 GWh Verbrauch 2022**  
(Mittel € 250,- / MWh) = € 250.000,- bzw. € 350.000,- mit  
Netzentgelt

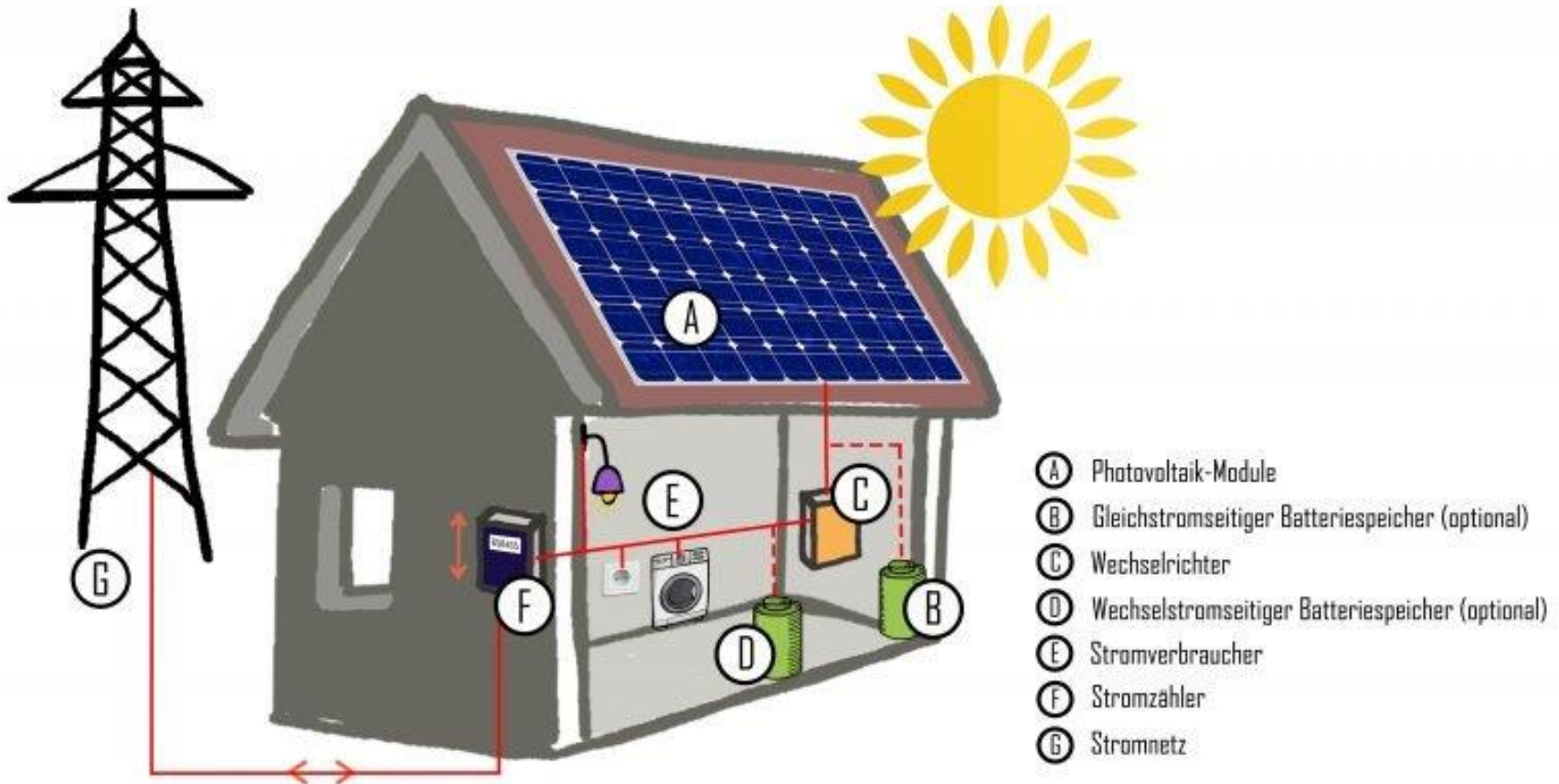
→ **Es ist auch aus wirtschaftlicher Sicht Zeit das  
vorhandene Potential zu nutzen!**



# Alternative Energiegewinnung PV-Anlagen



# PV-Anlagen - Funktionsprinzip



[www.pvaustria.at](http://www.pvaustria.at)



# PV-Anlagen - Globalstrahlung



<https://maps.tirol.gv.at>



## PV-Anlagen – Bewertung Standort

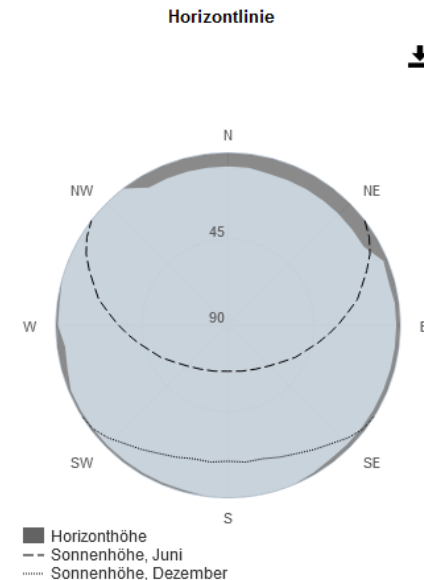
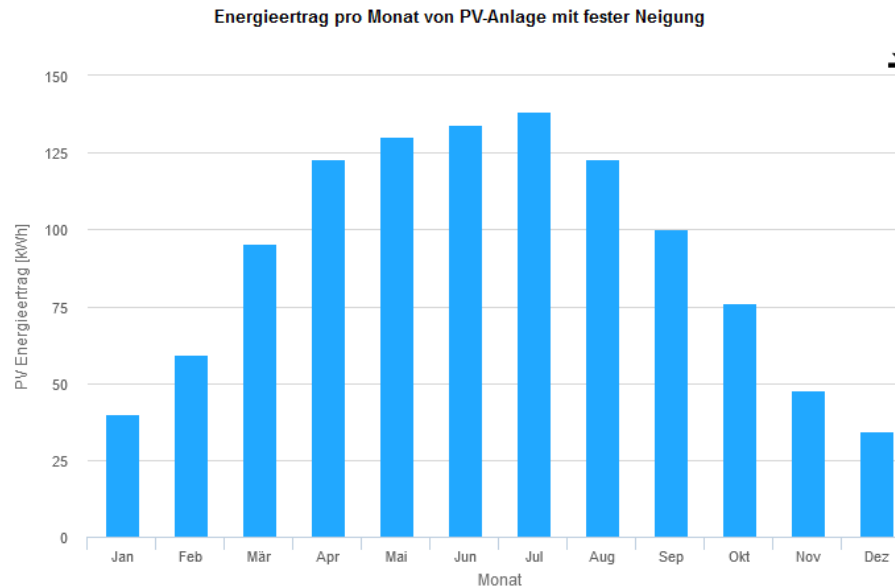
- **Wesentliche Einflussgrößen**
  - *Abschattung*
  - *Ausrichtung*
  - *Neigung der Montagefläche*
  
- **Kenngröße:**
  - *Jahresenergieerzeugung pro installierter Peakleistung in %*  
→ *Jahresertrag (kWh) / potentiellen Jahresertrag (kWh)*
  
- **Guter Standort:                    bis 13%**
- **Schlechter Standort:            ca. 9%**

## PV-Anlagen – Bewertung Standort

- Überschlägig kann die Eignung eines Standorts über ein frei verfügbares Online-Tool der Europäischen Kommission ermittelt werden

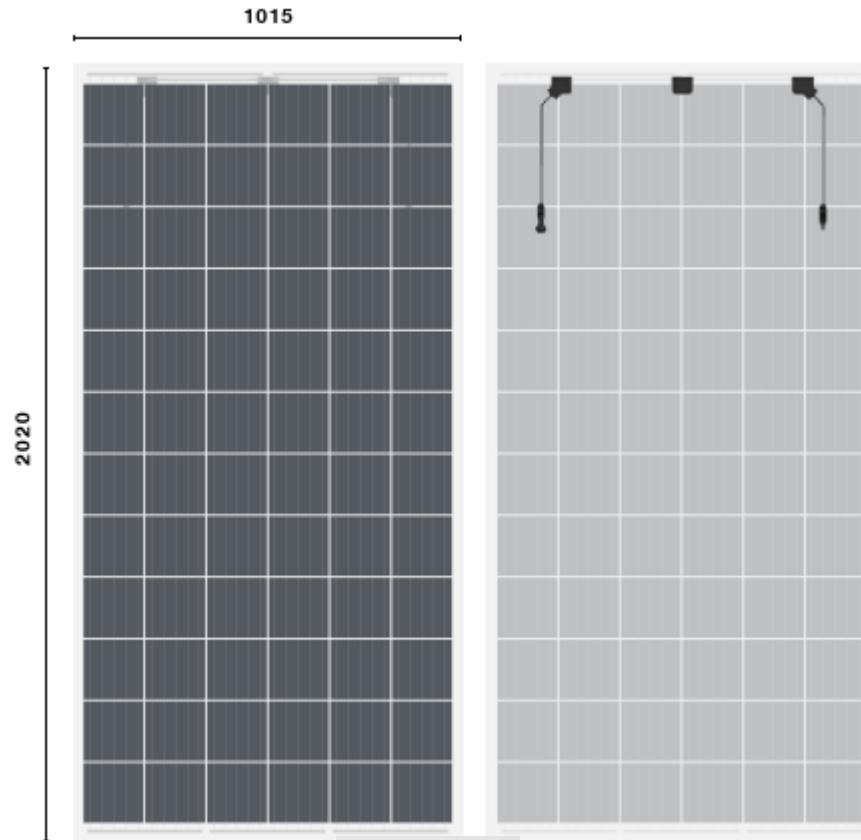
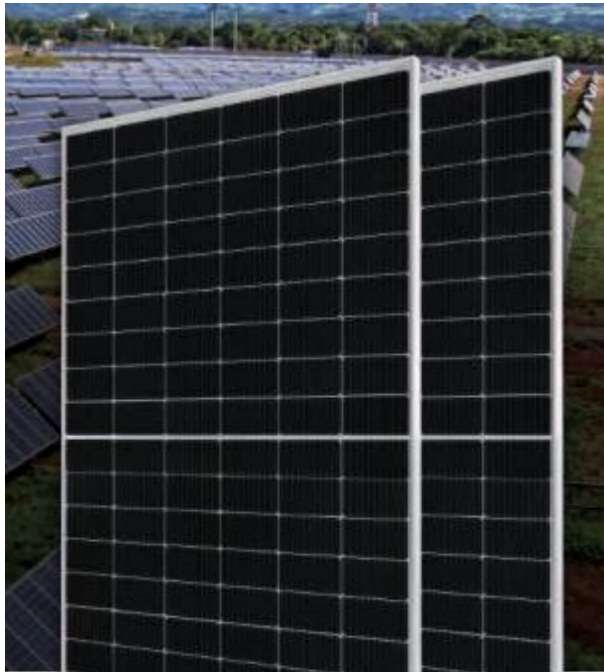
### Zusammenfassung

Gemachte Eingaben:	
Ort [Breite/Länge]:	47.316,11.398
Horizont:	Berechnet
Verw. Datenbank:	PVGIS-SARAH2
PV Technologie:	Kristallines Silizium
Installierte PV [kWp]:	1
Systemverlust [%]:	14
Ergebnisse der Simulation:	
Neigungswinkel [°]:	10
Azimet-Winkel [°]:	0
PV Energieerzeugung pro Jahr [kWh]:	1101.8
Einstrahlung/Jahr auf Modulebene [kWh/m <sup>2</sup> ]:	1381.74
Jährliche Schwankungen [kWh]:	43.45
Veränderung der Ergebnisse aufgrund von:	
Einfallswinkel [%]:	-3.63
Spektraleffekte [%]:	1.26
Temp + niedrige Bestrahlungsst [%]:	-4.99
Gesamtverlust [%]:	-20.26



- Bei konkreter Inangriffnahme eines Projekts führt an einer Bewertung durch einen Fachmann kein Weg vorbei

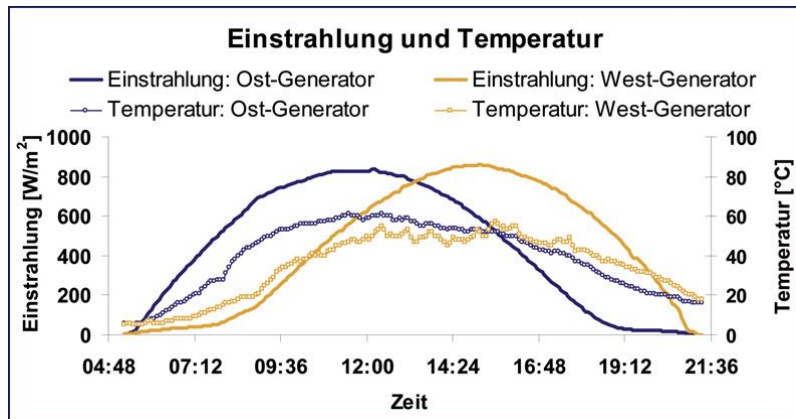
# PV-Anlagen – Module





## PV-Anlagen – Gebäude PV

- **Kein / vereinfachtes Bewilligungsverfahren**
  - *Großteils keine Bewilligung erforderlich*
  - *Für den Bau auf Seilbahnanlagen ist ein Verfahren über die Sachverständigenstelle erforderlich*
  - *In Deutschland ab 130 kW Peak Zertifizierung erforderlich*
- **Empfehlungen für Anordnung auf Dachflächen**
  - *Besser Ost-West als Süd*



[www.ikz.de](http://www.ikz.de)



[www.photovoltaikeforum.com](http://www.photovoltaikeforum.com)

## PV-Anlagen – Freiflächen PV

- **Wesentlich komplexer in der Bewilligung**
  - *In Deutschland prinzipiell Widmung durch Gemeinde erforderlich*
- **Generelles Problem – Einspeisung ins Netz**
  - *Einspeisen ins Netz bei Anlagen mit über 20 kW Engpassleistung immer mit EVU abstimmen*
  - *Nutzung von Bestandsanlagen (Trafos etc.) möglich, ab 30 kW Engpassleistung NA-Schutz erforderlich, der Stromnetz vor Spannungsschwankungen schützt*



## PV-Anlagen

- **Floating-PV**



© BayWa r.e.



© [www.rechargenews.com](http://www.rechargenews.com)



## PV - Wirtschaftlichkeitsüberlegung

- **Kosten PV Kleinanlagen bis 10 kW Peak:  
€ 2.000,- pro kWp**
- **Kosten PV auf Gewerbebauten mit 100 kW Peak:  
€ 1.100,- pro kWp**
- **Kosten Freiflächen-PV mit 1,0 MW Peak:  
€ 900,- pro kWp**
- **Kosten Freiflächen-PV mit 1,0 MW Peak im steilen Gelände:  
€ 1.700,- pro kWp**

**Anlage mit 500 kW Peak kostet ca. € 500.000,- und produziert etwa 500 MWh pro Jahr. Das sind bei 15 ct/kWh € 75.000,-.**

# PV-Anlagen – Beispiel Gebäude PV





# PV-Anlagen – Beispiel Freiflächen PV





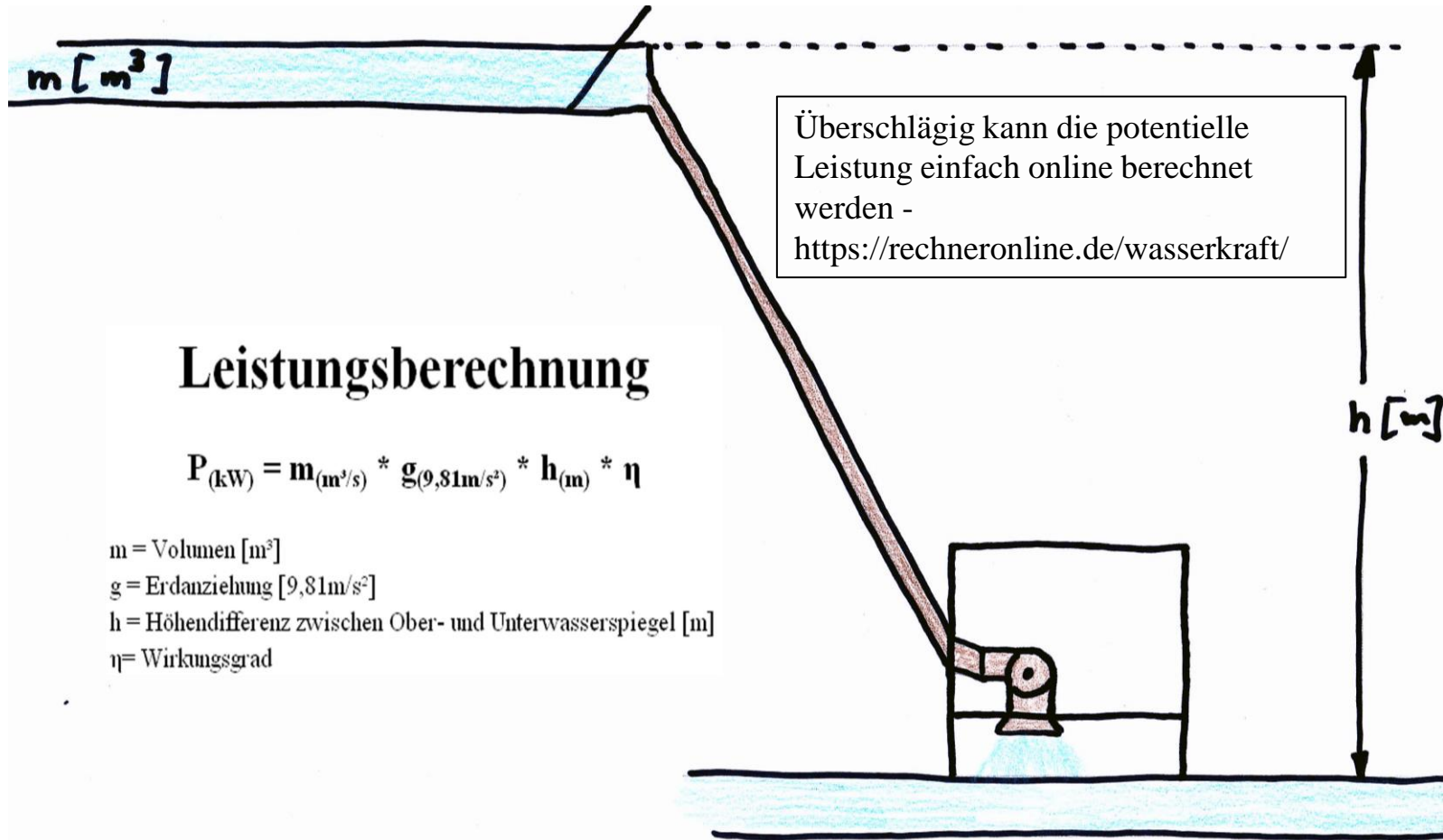
## PV-Anlagen: Von der Idee zum Ziel

- **Machbarkeitsstudie**
- **Vorabstimmung Grundeigentümer / Behörden / EVU?**
- **Abklärung Fördermöglichkeiten**
- **Behördliche Einreichung / Behördenverfahren**
- **Bau und Inbetriebnahme**
- **Zeitraumen: Bei Großanlagen insbesondere auf Freiflächen mindestens 2 Jahre!**

# Alternative Energiegewinnung - Wasserkraft



# Wasserkraft - Funktionsprinzip



## Leistungsberechnung

$$P_{(kW)} = m_{(m^3/s)} * g_{(9,81m/s^2)} * h_{(m)} * \eta$$

$m$  = Volumen [ $m^3$ ]

$g$  = Erdbeschleunigung [ $9,81m/s^2$ ]

$h$  = Höhendifferenz zwischen Ober- und Unterwasserspiegel [m]

$\eta$  = Wirkungsgrad

lvbw-wasserkraft.de

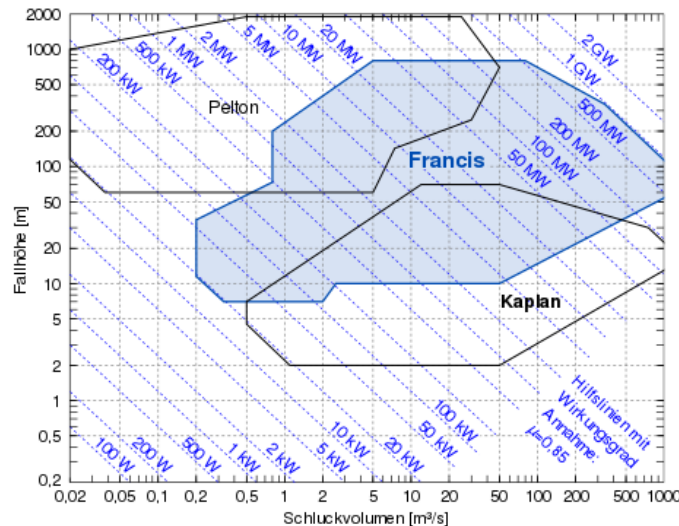


## Wasserkraft - Arten

- **Häufigste Form bei Kleinkraftwerken: Laufwasserkraftwerke**  
Diese arbeiten direkt das an der Fassung entnommene Wasser ab
- **Speicherkraftwerke: Kraftwerke mit angeschlossenen Speicher**
  - *Jahresspeicher*
  - *Stundenspeicher*
- **Pumpspeicherkraftwerk: Sonderform, zwei Speicher auf unterschiedlichen Höhenniveau erforderlich**

# Wasserkraft - Turbinentypen

- **Eingesetzter Turbinentyp abhängig von Volumenstrom und Fallhöhe**
  - Pelton
  - Francis
  - Kaplan
- **→ Im alpinen Bereich fast immer Pelton**



[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



[www.geppert.at](http://www.geppert.at)

## Wasserkraft - Planungsgrundsätze

- **Wesentliche Eingangskenngrößen**
  - Fallhöhe: Relativ einfach zu erheben, Höhendifferenz zwischen Fassung und Auslauf
  - Zur Verfügung stehende Wassermenge über das Jahr: Schwierig zu erheben – Wassermessungen erforderlich!
    - Basis für Festlegung Ausbaudurchfluss
    - Basis für Restwasservorschreibung
    - Zu berücksichtigen: Fremde Wasserrechte
  
- **Sonstiges**
  - Geländeverhältnisse
  - Erschließung, bestehende Infrastruktur
  - Möglichkeit der Stromnutz / Einspeisung in das Netz

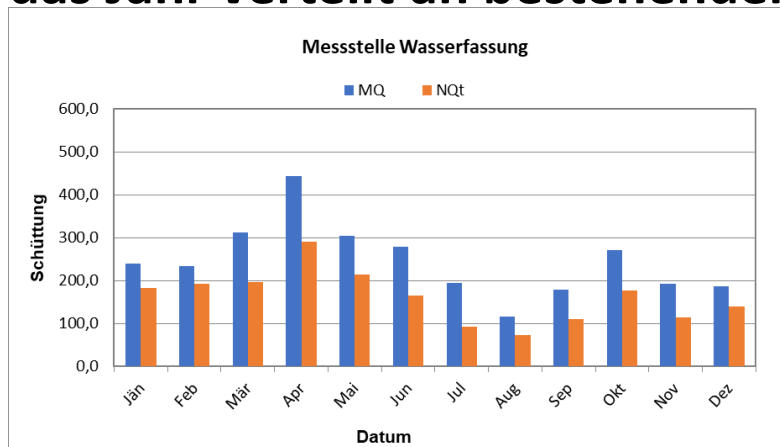
# Wasserkraft für Bergbahnen - Nutzung bestehender Infrastruktur

- Die für Beschneizwecke / die Trinkwasserversorgung vorhandene Infrastruktur kann auch für die Energiegewinnung verwendet werden
- Durch die Nutzung bestehender Infrastruktur werden Projekte wirtschaftlich, die sonst nicht wirtschaftlich wären
- Häufig sind auch bereits eigene Wasserrechte vorhanden, was zusätzlich den Bewilligungsweg erleichtert



# Wasserkraft für Bergbahnen - Beispiel Nutzung Beschneiungsleitung

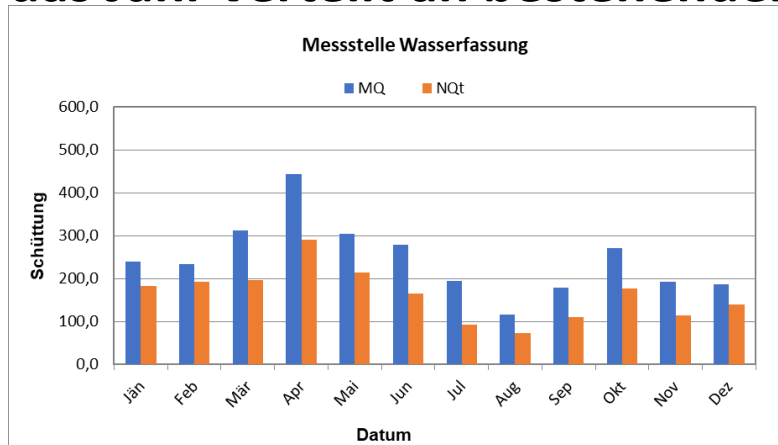
- Wasserdargebot von im Mittel 200 l/s, relativ gleichmäßig über das Jahr verteilt an bestehender Wasserfassung



- Angestrebter Ausbaudurchfluss ca. 70 l/s, Fallhöhe 100 m
- Leistung =  $0,07 \text{ m}^3/\text{s} \times 100 \text{ m} \times 9,81 \times 0,8 = 55 \text{ kW}$   
→  $55 \text{ kW} \times 300 \text{ d} = 396.000 \text{ kWh/Jahr}$
- Bei einem Strompreis von 15 ct/kWh Jahreseinsparung von etwa € 60.000,- bei geringen Investitionskosten

# Wasserkraft für Bergbahnen - Beispiel Nutzung Beschneiungsleitung

- **Wasserdargebot von im Mittel 200 l/s, relativ gleichmäßig über das Jahr verteilt an bestehender Wasserfassung**



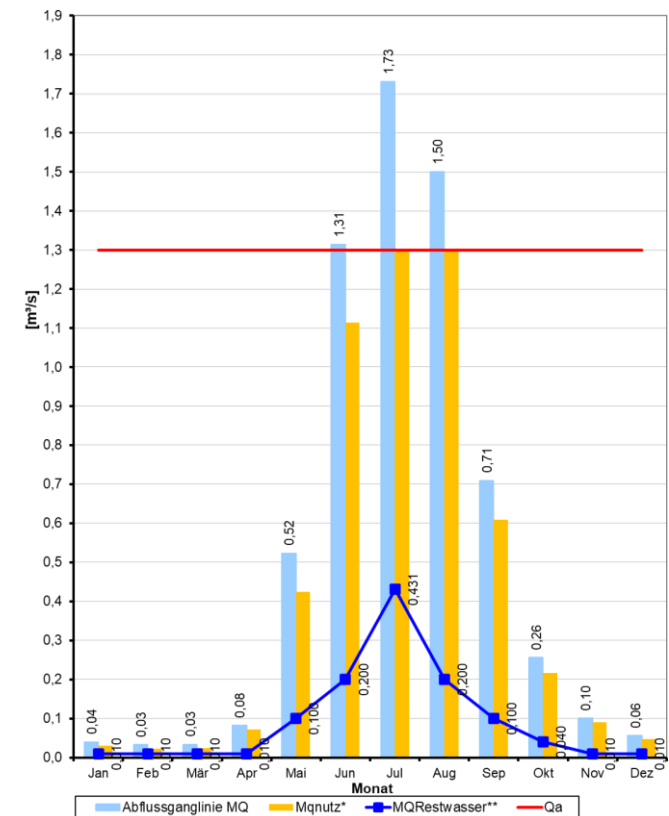
- **Angestrebter Ausbaudurchfluss ca. 70 l/s, Fallhöhe 100 m**
- **Leistung =  $0,07 \text{ m}^3/\text{s} \times 100 \text{ m} \times 9,81 \times 0,8 = 55 \text{ kW}$**   
**→  $55 \text{ kW} \times 300 \text{ d} = 396.000 \text{ kWh/Jahr}$**
- **Bei einem Strompreis von 15 ct/kWh Jahreseinsparung von etwa € 60.000,- bei geringen Investitionskosten**

# Wasserkraft für Bergbahnen - Eigenes Wasserkraftwerk

- Bei größeren Bächen, die durch das erschlossene Areal führen, denkbar
- Die in Skigebieten vorhandene Erschließung ist Vorteil gegenüber klassischen Wasserkraftprojekten
- Wirtschaftlich schwieriger darstellbar, zur Verfügung stehende Wassermenge und Längsprofil des Gerinnes muss passen
- Aufgrund der Leistung ist fast immer eine Einspeisung in das Netz geplant, Abstimmung mit EVU im Vorfeld zwingend notwendig

# Wasserkraft für Bergbahnen - Beispiel eigenes Wasserkraftwerk

- **Großes Wasserdargebot im Sommer auf ca. 2.230 mSH, Mittelwasser im Juli 1,73 m<sup>3</sup>/s**
- **Fallhöhe ca. 350 hm, Abstand Fassung-Krafthaus ca. 2,2 km**
- **Bei Ausbaudurchfluss von 1,3 m<sup>3</sup>/s ca. 3,5 MW Nennleistung → Bei angenommenen 100 Betriebstagen 8,2 GWh Energieerzeugung**
- **Hohe Baukosten und entsprechend hohes Risiko**





## Spezialfall Pumpspeicherkraftwerk

- **Voraussetzung: Zwei Speicherteiche in unterschiedlicher Höhenlage mit entsprechender Verbindung**
- **Mögliche Nutzungsformen:**
  - *Als Pufferspeicher des Stromnetzes, Spitzenstromerzeugung*
  - *Als interner Speicher für durch sonstige erneuerbare Techniken gewonnene Energie*
- **Nachteil → Spiegelschwankungen**



# Spezialfall Pumpspeicherkraftwerk



▪ Nachteil → Spiegelschwankungen



## Wasserkraft - Wirtschaftlichkeit

- **Die Kosten und damit die Wirtschaftlichkeit variieren pro KW Leistung sehr stark – wesentlich sind folgende Einflussgrößen:**
  - *Kann Bestand verwendet werden?*
  - *Laufmeter Leitungslänge pro m Fallhöhe*
  - *Gelände, Zugänglichkeit*
  - *Nähe zu elektrischer Infrastruktur*
  - *Größe der Anlage, je größer desto günstiger:*

*Bei kleinen Kraftwerken mit 150 kW betragen die Kosten für die Anlagentechnik pro kW bis zu € 1.500,-. Bei größeren Anlagen im MW-Bereich sinken diese auf unter € 500,-/kW*

## Wasserkraft: Von der Idee zum Ziel

- **Machbarkeitsstudie**
- **Vorabstimmung Grundeigentümer / Behörden / EVU?**
- **Wassermessungen / Gewässerökologische Untersuchungen**
- **Vorprojekt, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Berücksichtigung der Fördermöglichkeiten**
- **Behördliche Einreichung / Behördenverfahren**
- **Bau und Inbetriebnahme**
- **Zeitraumen: Abhängig davon, ob Wassermessungen vorliegen, mindestens 2 Jahre !**



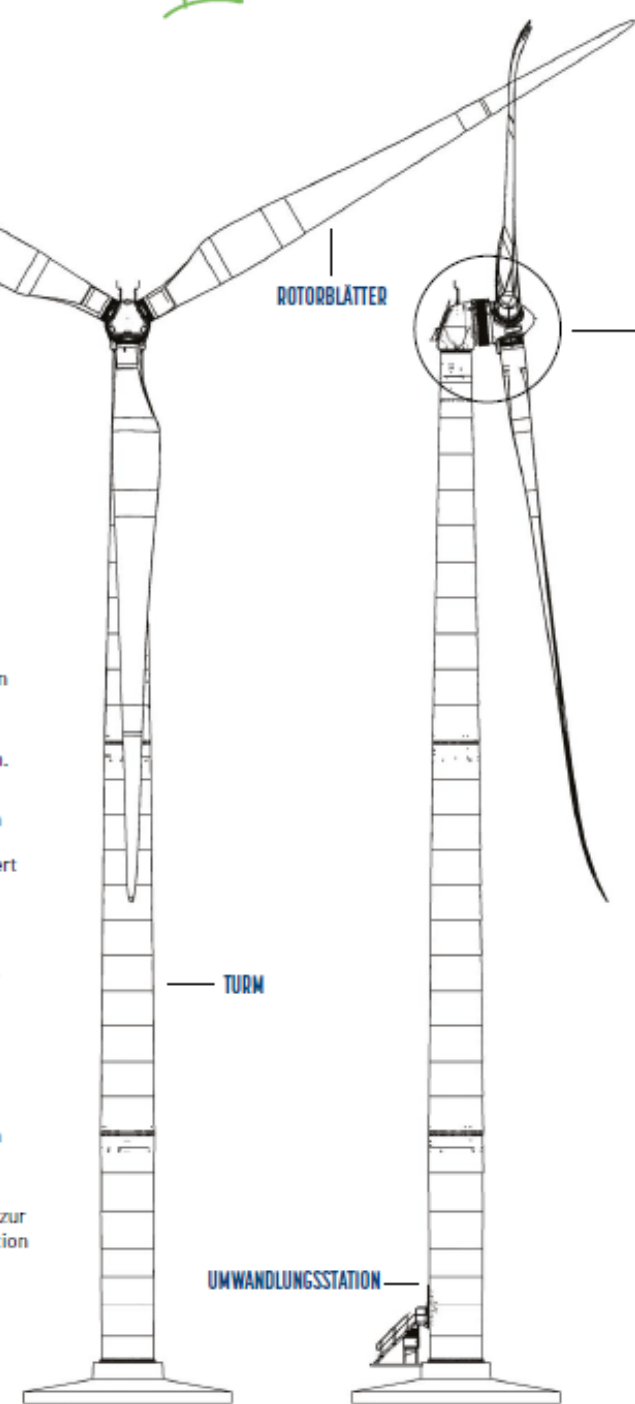
# Alternative Energiegewinnung - Windkraft



© Leitwind

# Windkraft - Funktionsprinzip

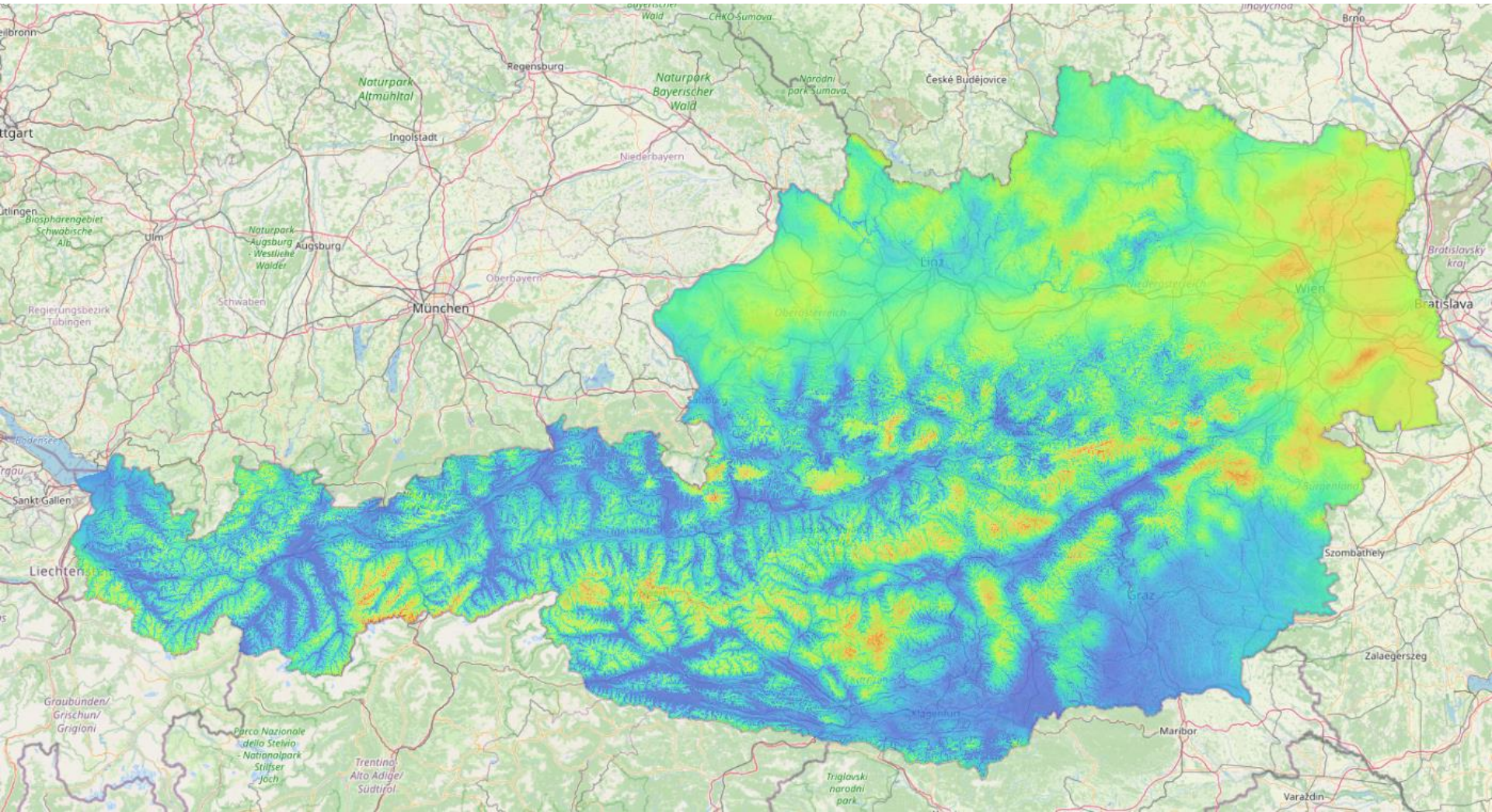
- ✓ Die **Rotorblätter** erfassen die Windkraft in ihrer Drehbewegung.
- ✓ Die **Nabe** wandelt die Bewegung der Rotorblätter in mechanische Leistung um. Sie trägt auch das Pitch-System.
- ✓ Die **Blattverstellung** reguliert die von den Rotorblättern erfasste Windkraft (durch Veränderung des Anstellwinkels) und agiert als Hauptbremssystem.
- ✓ Der **Generator mit Direktantrieb** ist in der Hauptstruktur integriert und wandelt mechanische in elektrische Leistung um.
- ✓ Der **Maschinenträger** verbindet den Generator mit dem Turm, trägt das Steuersystem und die Windnachführung.
- ✓ Das **Windnachführungssystem** erlaubt es der Gondel, sich im Verhältnis zum Turm zu drehen und hält sie zum Wind hin ausgerichtet.
- ✓ Der **Turm** hebt und stützt den Rest der Struktur in den Wind. Er gewährt Zugang zur Gondel und schützt die Umwandlungsstation an ihrer Basis.
- ✓ Die **Umwandlungsstation** beherbergt die Leistungselektronik und den Mittelspannungstransformator für den Anschluss an das Stromnetz.





# Windkraft – Basiswerte

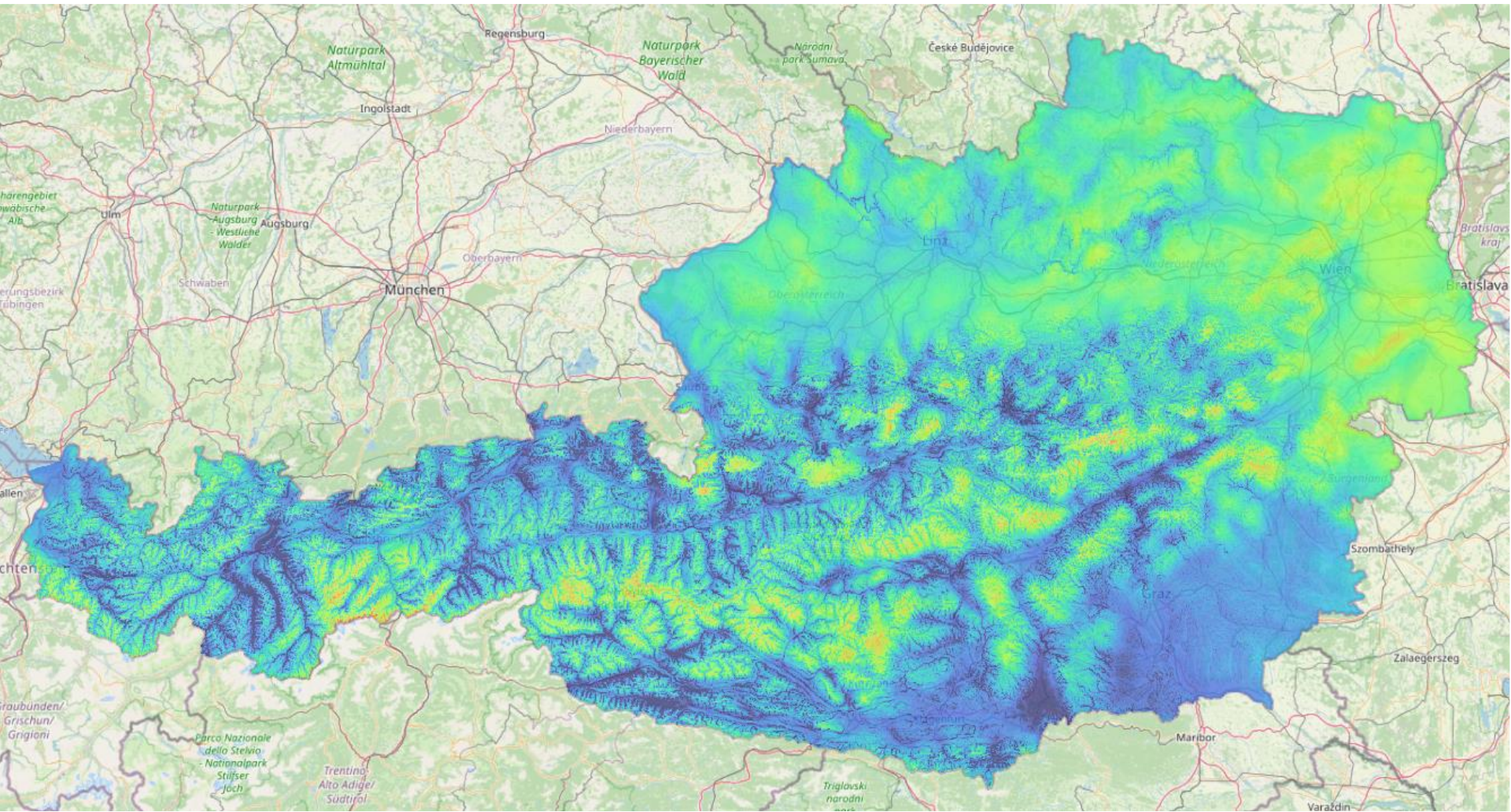
Global Wind Atlas – Mittlere Windgeschwindigkeit in 100m über Grund





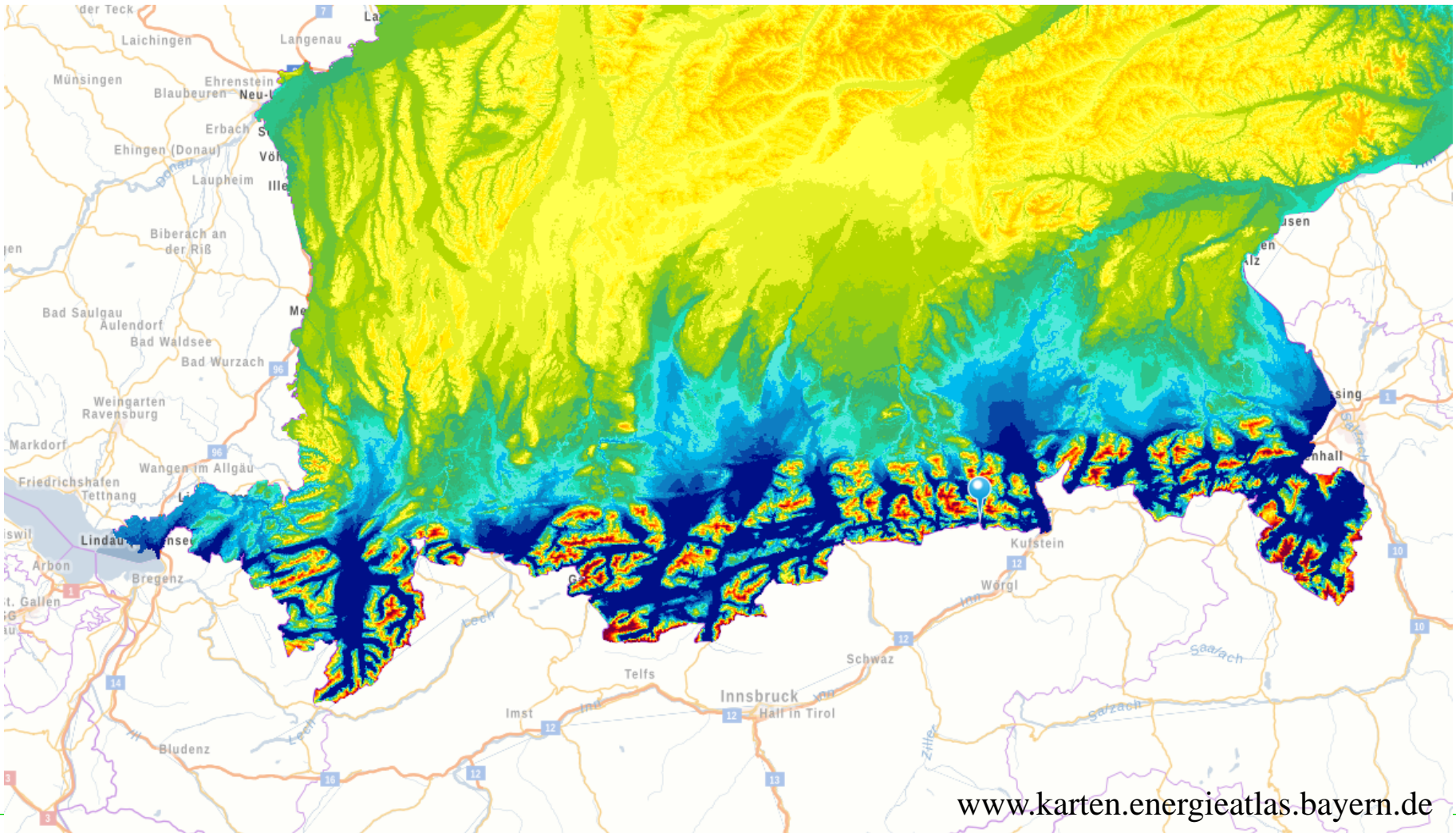
# Windkraft – Basiswerte

Global Wind Atlas – Mittlere Windgeschwindigkeit in 50m über Grund





# Windkraft – Basiswerte



# Windkraft – Standortanalyse

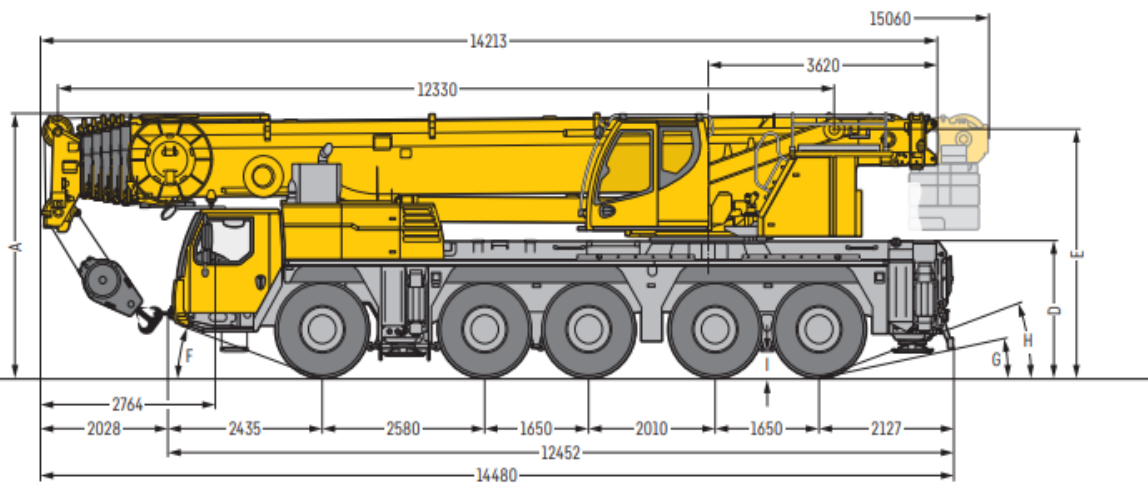


<https://airsystems.ge>

# Windkraft – Montagelimitationen

## Transport (LTW42, h39m, 250 kW):

- Benötigter Kran: ca. 150 t. benötigt  
(Maße ca. 15 m x 2,5 m)
- Einzelteile: max. 21 m (Blätter)
- Aufbaufläche: ca. 28 x 30 m

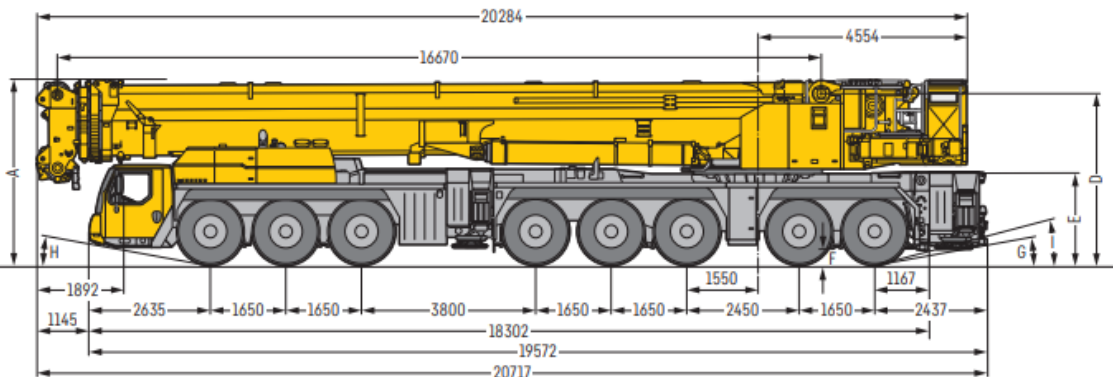


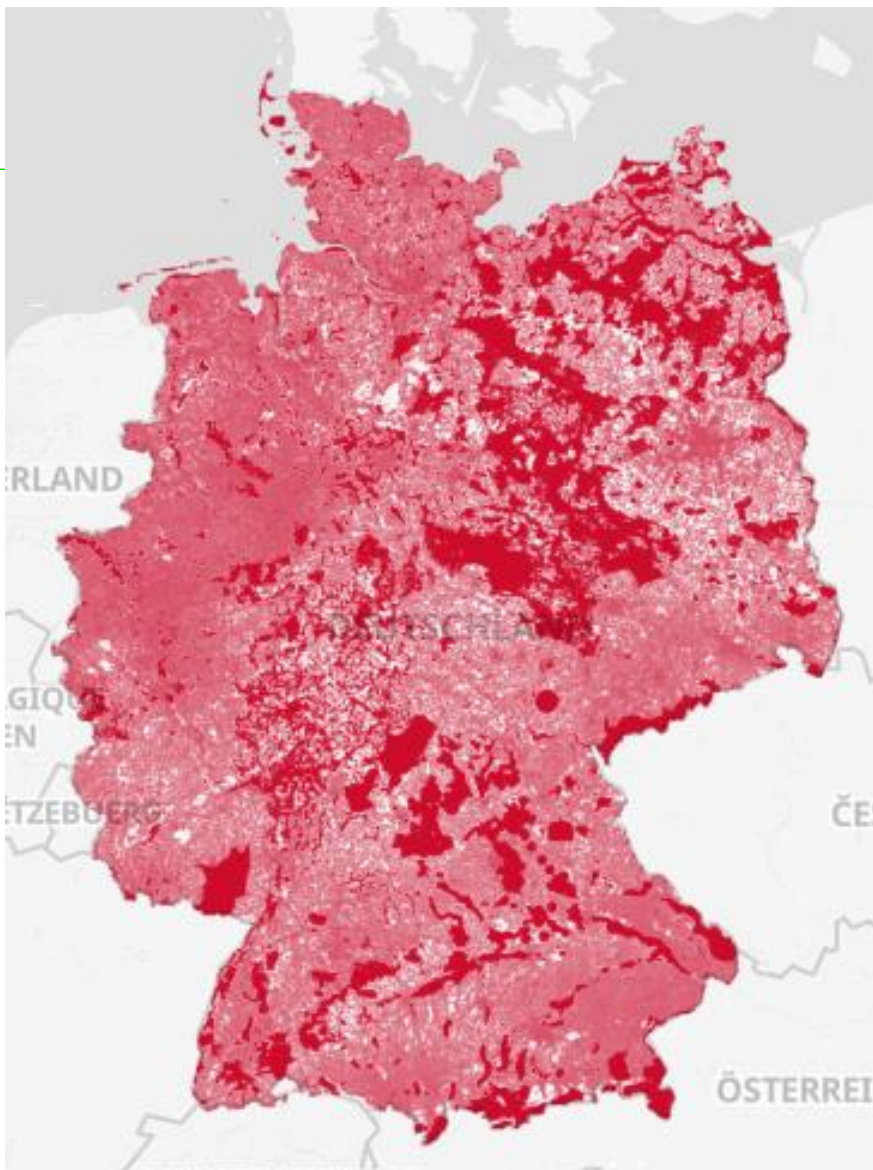


# Windkraft – Montagelimitationen

## Transport (LTW90, h65m, 1 MW):

- Benötigter Kran: ca. 500 t. benötigt  
(Maße ca. 21 m x 3 m)
- Einzelteile: max. 45 m (Blätter)
- Aufbaufläche: ca. 35 x 40 m





**Links: 400 m Niedersachsen, Sachsen Anhalt, Schleswig-Holstein**  
**Rechts: 2.000 m Bayern**

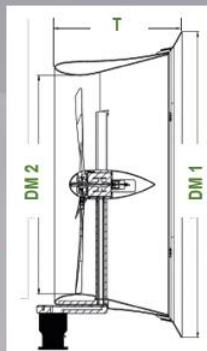
Abstand zu Verkehrswegen und Schipisten: Blattspitzenhöhe (m) x 1,2! mbH

## MELZER & HOPFNER

TECHNISCHE DATEN



Alpha Wind Power



© Melzer & Hopfner



Geringer Lärm  
50,0 dB(A) in 15m  
Entfernung zur Turbine



Kein Vogelschlag da  
Propeller ummantelt



Kein Eisschlag da  
Propeller ummantelt und  
bei Bedarf beheizbar

Alpha Wind Power	awp5	awp10	awp15	awp45
DM1 Diffusor mit Fowler	1,90m	3,10m	4,40m	7,10m
DM2 Diffusor Einströmung	1,30m	2,20m	3,10m	5,0m
Gesamttiefe T	0,70m	1,10m	1,60m	2,60m
Masse ohne Mast	140kg	180kg	240kg	400kg
Anlaufgeschwindigkeit	2,50m/s	2,50m/s	2,50m/s	2,50m/s
Nennleistung ca. 12m/s	1,20kW	3,00kW	6,00kW	15,60kW
max. Leistung ca. 17m/s	5,40kW	8,90kW	16,80kW	44,0kW
Sturmabschaltung max.	30m/s	30m/s	30m/s	30m/s
max. Drehzahl	1.400U/min	800U/min	600U/min	350U/min

# Windkraft – Wirtschaftlichkeit Kleinanlage

## AEP - ESTIMATED ANNUAL ELECTRICAL PRODUCTION

	LTW42 250 kW	LTW42 500 kW
m/s	MWh/y	MWh/y
4,5	492	495
5,0	622	676
5,5	750	872
6,0	872	1.075
6,5	985	1.278
7,0	1.088	1.472
7,5	1.181	1.653

- Investition Gesamt ca. € 1.000.000,-
- Ertrag bei 6,0 m/s pro Jahr 872 MWh  
– bei 15 ct/KWh € 130.000,- pro Jahr



# Windkraft – Wirtschaftlichkeit Mittelgroße Anlage

**AEP - ESTIMATED ANNUAL ELECTRICAL PRODUCTION**

	LTW80 500 kW	LTW80 800 kW	LTW80 1.000 kW
m/s	MWh/y	MWh/y	MWh/y
5,5	1.937	2.946	2.733
6,0	2.192	2.892	3.215
6,5	2.414	3.255	3.666
7,0	2.609	3.581	4.078
7,5	2.777	3.867	4.446
8,0	2.917	4.111	4.765
8,5	3.030	4.313	5.034

- Investition Gesamt ca. € 2.500.000,-
- Ertrag bei 6,0 m/s pro Jahr 3.215 MWh  
– bei 15 ct/KWh € 482.250,- pro Jahr

## Windkraft: Von der Idee zum Ziel

- **Machbarkeitsstudie**
- **Vorabstimmung Grundeigentümer, EVU**
- **Windmessungen, Transportgutachten**
- **Wahl der geeigneten Größe(n) der Windräder**
- **---- Warten auf Gesetzesänderung ----**
- **Behördliche Einreichung / Behördenverfahren**
- **Bau und Inbetriebnahme**
- **Zeitraumen: Aktuell nicht abzuschätzen, in den allermeisten Fällen von Politik abhängig**

## Energiespeicherung

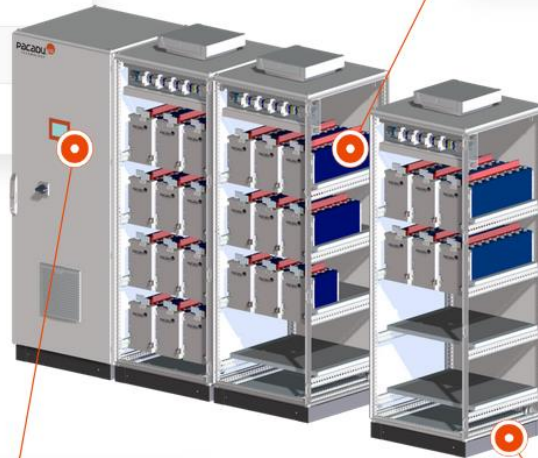
### PACADU PRO

- ✓ Mehr als 300 mögliche Produkt-Konfigurationen
- ✓ Einsatz sowohl indoor als auch outdoor
- ✓ Leistung: 16 kW bis 120 kW
- ✓ Kapazität: 30 kWh bis 1 MWh
- ✓ Projektbezogen sind auch höhere Leistungen und Kapazitäten möglich

↓ Datenblatt PACADU PRO

### PACADU PRO Modul

- ✓ Leistung: 1,0 kW
- ✓ Kapazität: 2,6 kWh bis 7,1 kWh



### PACADU Steuerungssysteme für mehr Sicherheit und Langlebigkeit

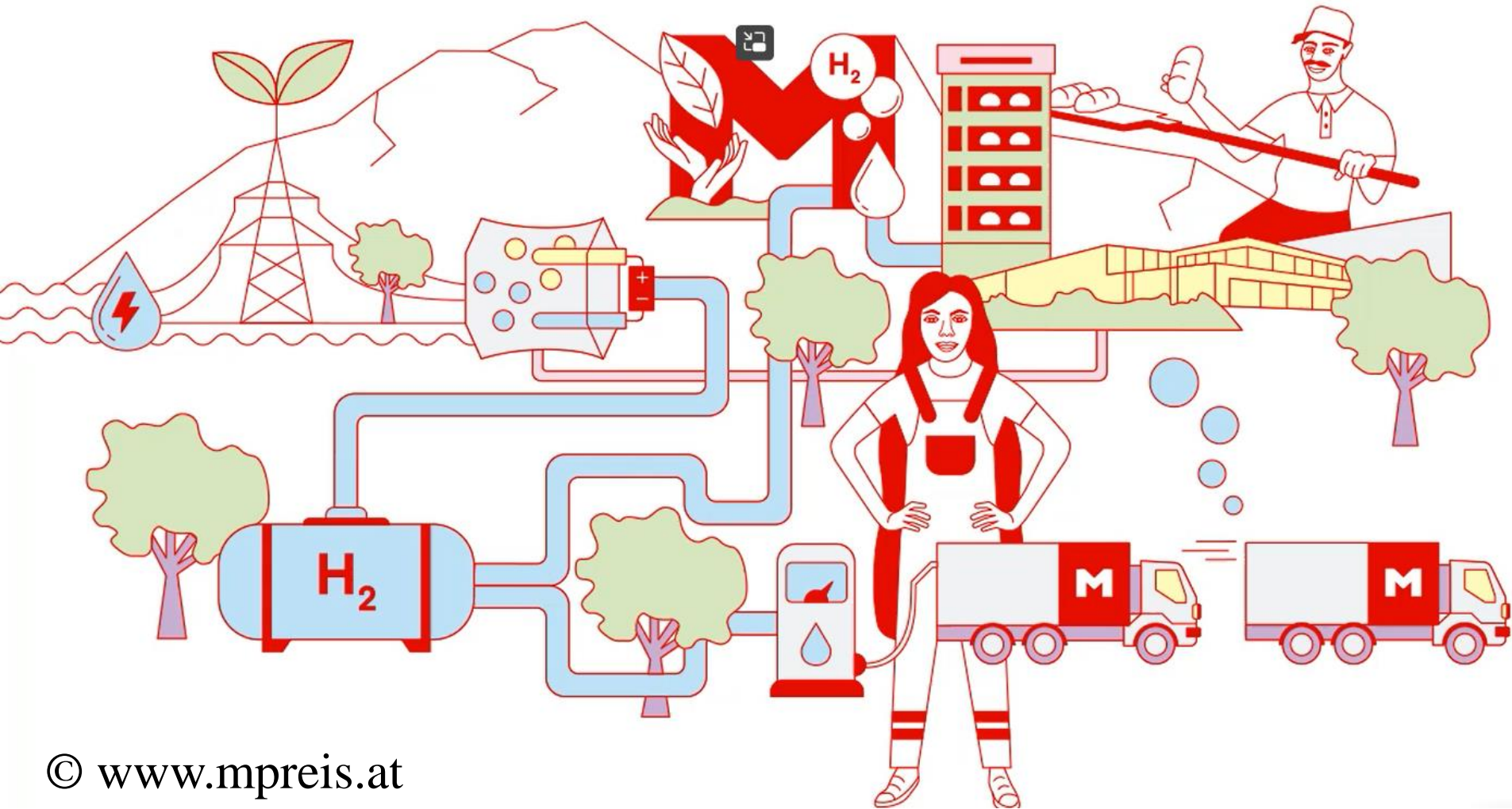
Das PACADU Energiemanagementsystem überwacht nicht nur die Energieflüsse zwischen Erzeuger, Speicher, Netz und Verbraucher, sondern kontrolliert auch permanent die Zustände der einzelnen PACADU Module. Sind einzelne Batteriezellen degradiert, wird dies vom EMS automatisch ausgeglichen. Für einen reibungslosen Betrieb und eine lange Lebensdauer des Systems.

### Maximale Flexibilität durch Ergänzung weiterer Einheiten

Das Verhältnis von Leistung und Kapazität der Batteriezellen ist nahezu unabhängig und kann daher exakt an Ihre individuellen Anforderungen angepasst werden. Eine Erweiterung des Speichersystems auf Basis von Lithium-Eisenphosphat-Batteriezellen ist daher jederzeit – auch noch nach Jahren – möglich. Dazu werden zusätzliche PACADU PRO Schränke einfach angehängt.



# Energiespeicherung: Wasserstoff





# Zusammenfassung

- **Photovoltaik**
  - *Am universellsten einsetzbare Form*
  - *Bei gutem Standort und hohem Anteil Eigenverbrauch sehr wirtschaftlich*
  - *Nachteil: Wetterabhängig, Spitze im Sommer*
  
- **Wasserkraft**
  - *Grundvoraussetzungen müssen gegeben sein*
  - *Durch lange Lebensdauer hohe Wirtschaftlichkeit*
  - *Klassisches Laufkraftwerk produziert permanent Strom, Jahressganglinie abhängig vom Einzugsgebiet*

## Zusammenfassung

- **Windenergie**
  - *Grundvoraussetzungen müssen gegeben sein*
  - *Bei gutem Standort sehr wirtschaftlich*
  - *Vorteil: höherer Ertrag im Winter*
  - *Nachteil: Bewilligungsproblematik*
- **Speichertechnologie**
  - *Kann wertvolle Ergänzung sein*
  - *Wird sich vermutlich technisch stark verbessern*
- **Wichtig: eine KWh ist nicht eine KWh – Wert hängt prinzipiell davon ab wieviel man selbst verwenden kann**

## Conclusio

- **Alpine und Mittelgebirgsregionen bieten meistens hervorragende Rahmenbedingungen für die Nutzung alternativer Energien**
- **Unter bestimmten Grundvoraussetzungen können die Energiekosten deutlich gesenkt werden bzw. sogar ein Überschuss an Energie produziert werden**
- **Nebenbei besteht die Möglichkeit, das Image der Branche massiv zu verbessern**

**VIELEN DANK FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT**

