

Windenergie im Rheintal

18. Mai 2011

Dr. Bruno Dürr, Klimatologe
Sunergy GmbH, Buchs SG



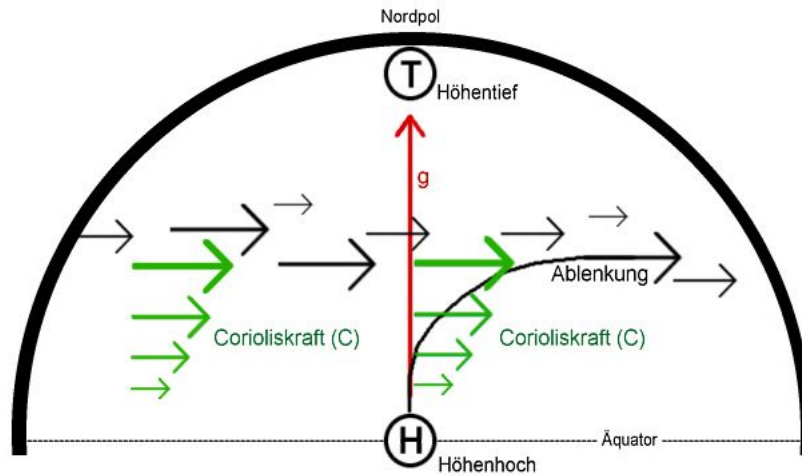
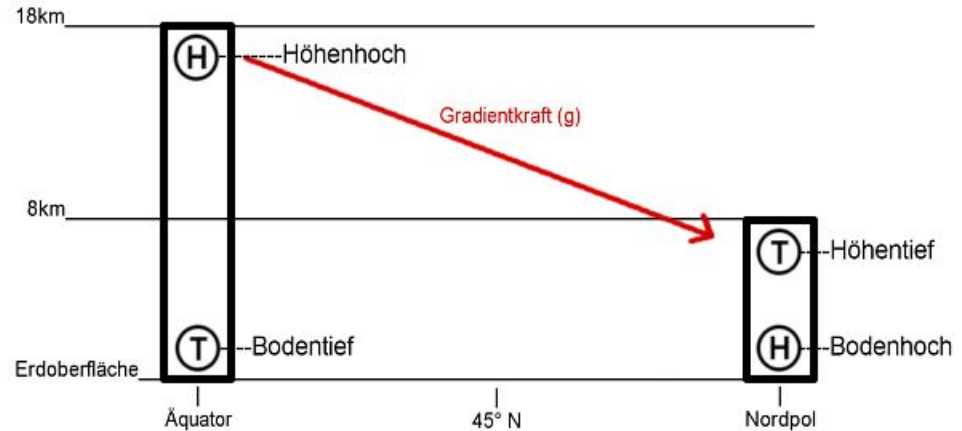
Inhalt:

- Windsysteme
- Wie wird Windstrom erzeugt?
- Windenergiepotential Rheintal
- Beispiele Windkraftanlagen
- Zukunft Windenergie Schweiz



Windsysteme: global

Sonne erwärmt
Erdkugel unter-
schiedlich stark:
Äquator - Pol
Land - Wasser
Gebirge - Flachland



NORDHALBKUGEL
HÖHENKARTE

Erddrehung führt zu
Ablenkung von Wind:
Westwindzone



Windsysteme: Alpenraum

Lotteraner, 2009: VERA-Analyse

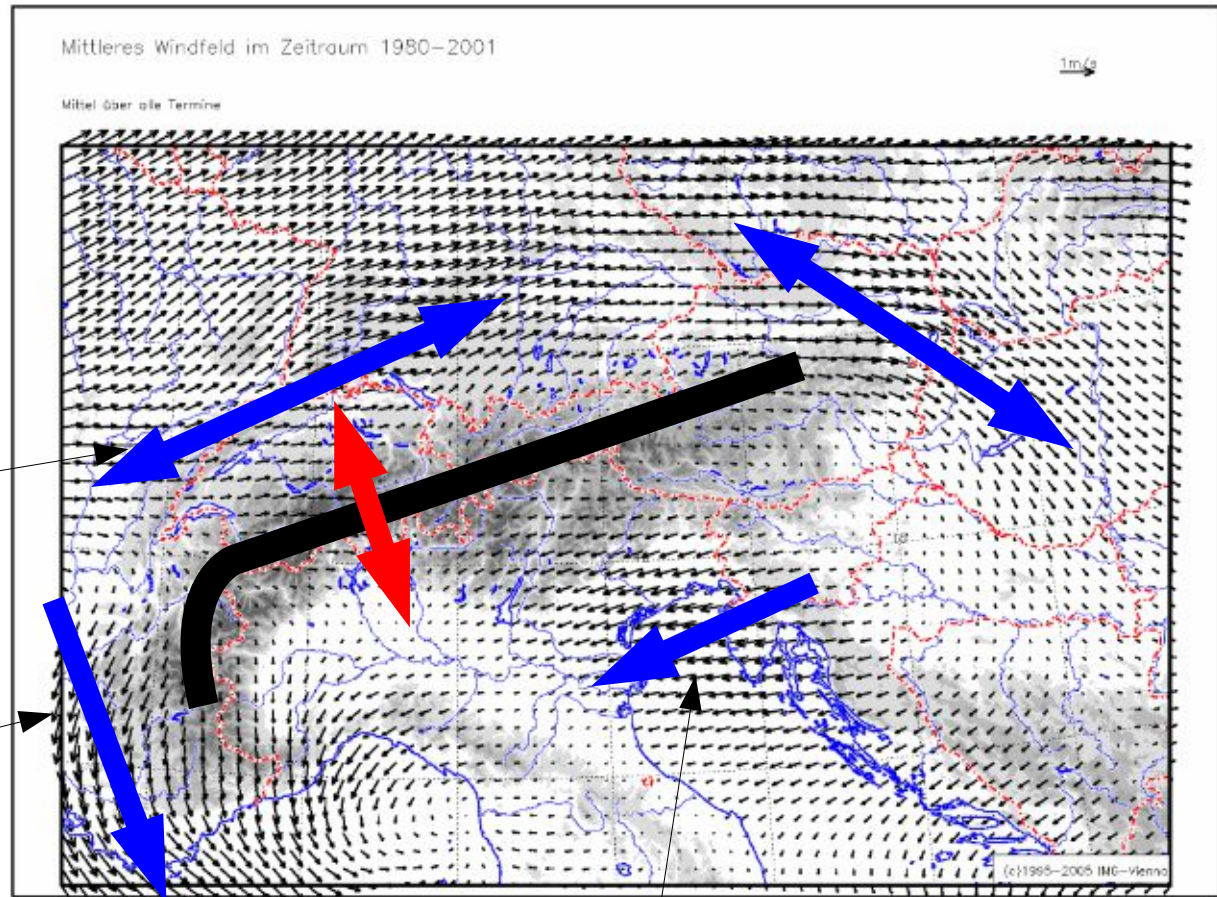
Alpenbogen

Umströmung Alpen

Föhn (Nord/Süd)

Bise - Westwind

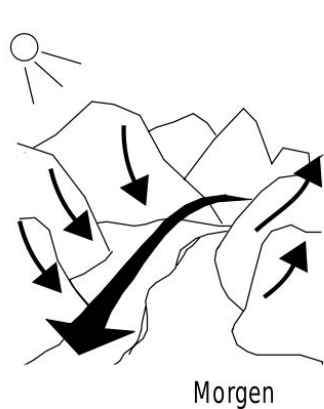
Mistral
(Rhonetal)



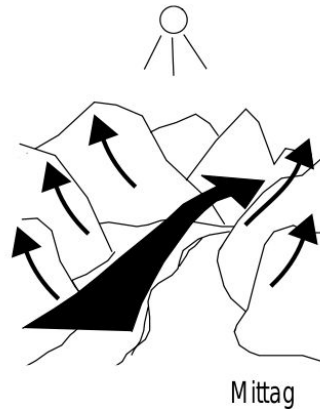
Bora (Adria)



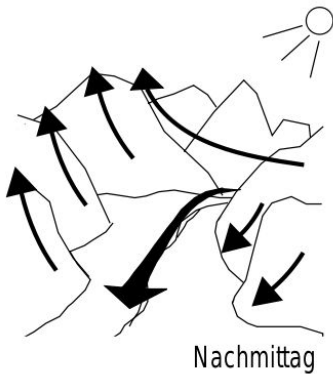
Windsysteme Rheintal: Berg-/Talwind



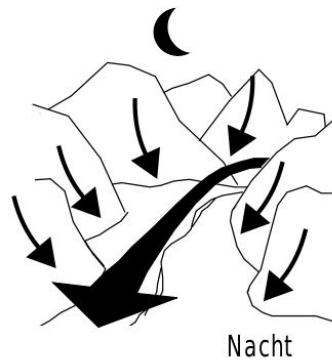
Morgen



Mittag



Nachmittag

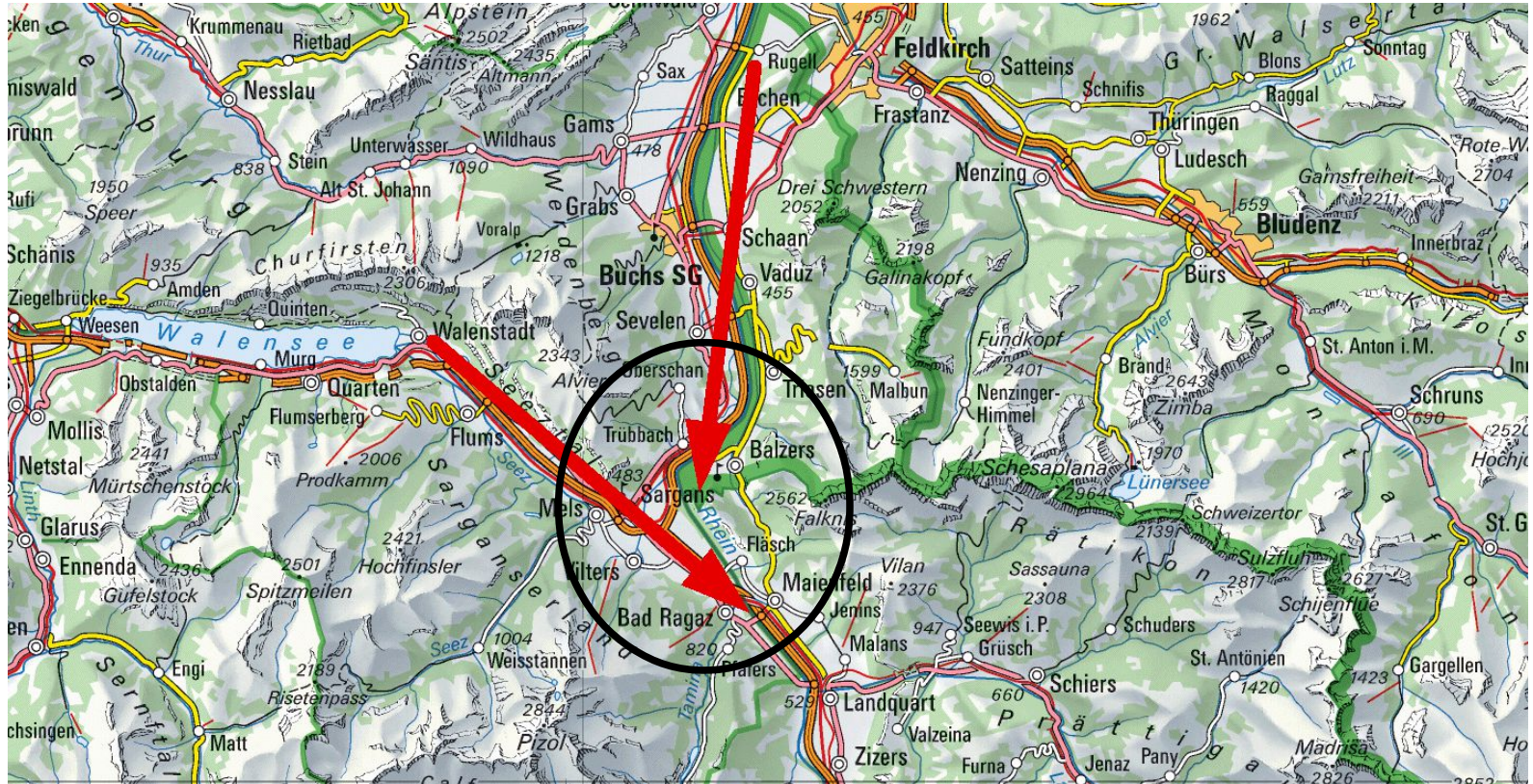


Nacht

- **Morgen:** Hänge werden durch Sonne aufgeheizt
- **Mittag:** Aufheizung und Talwind maximal
- **Nachmittag:** Schattenhänge kühlen schnell ab
- **Nacht:** Auskühlung und Bergwind maximal



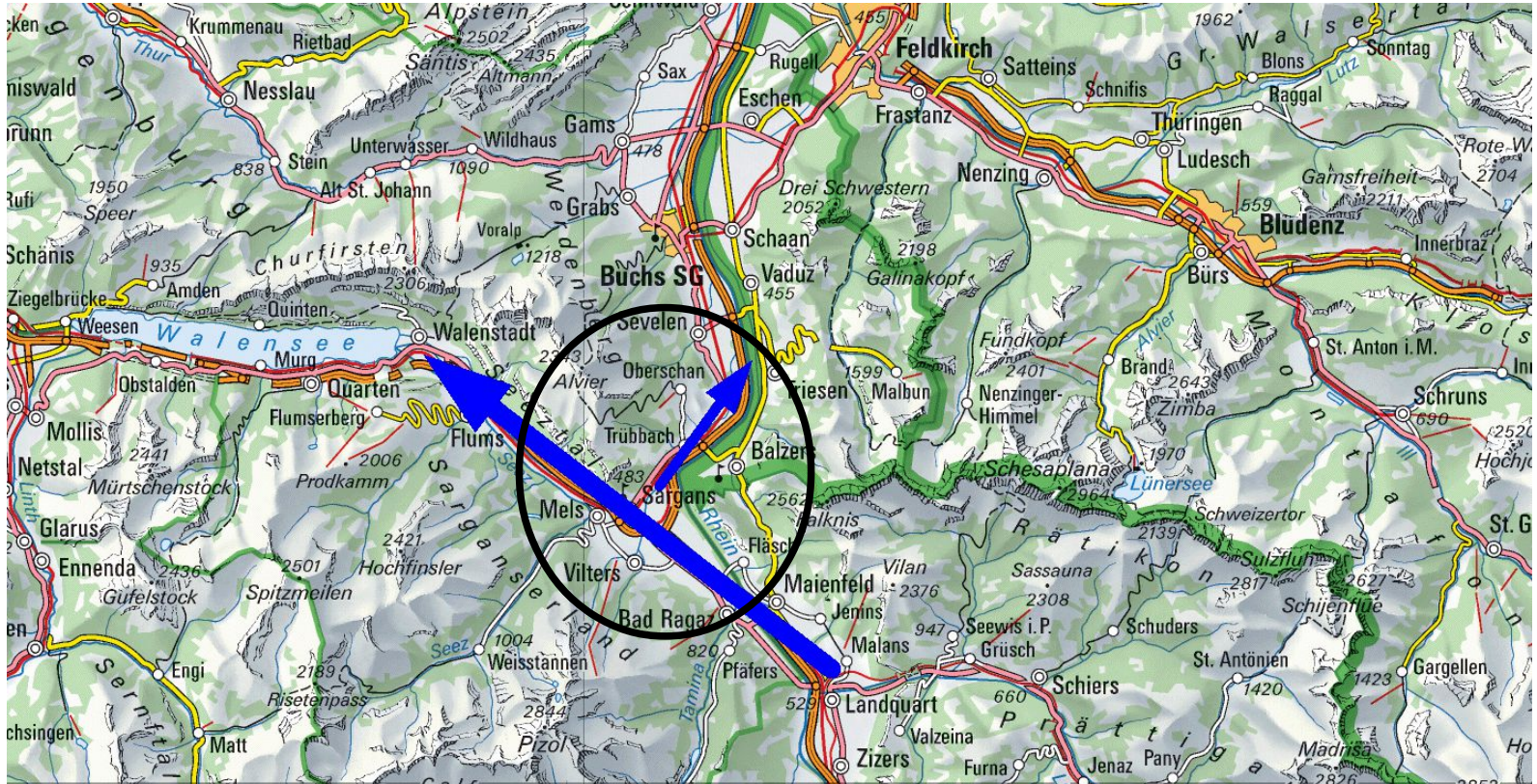
Windsysteme Rheintal: Talwind



Talwinde bremsen sich gegenseitig im Raum Sargans!



Windsysteme Rheintal: Bergwind



Bergwind wird am Gonzen in 2 Teile aufgespalten

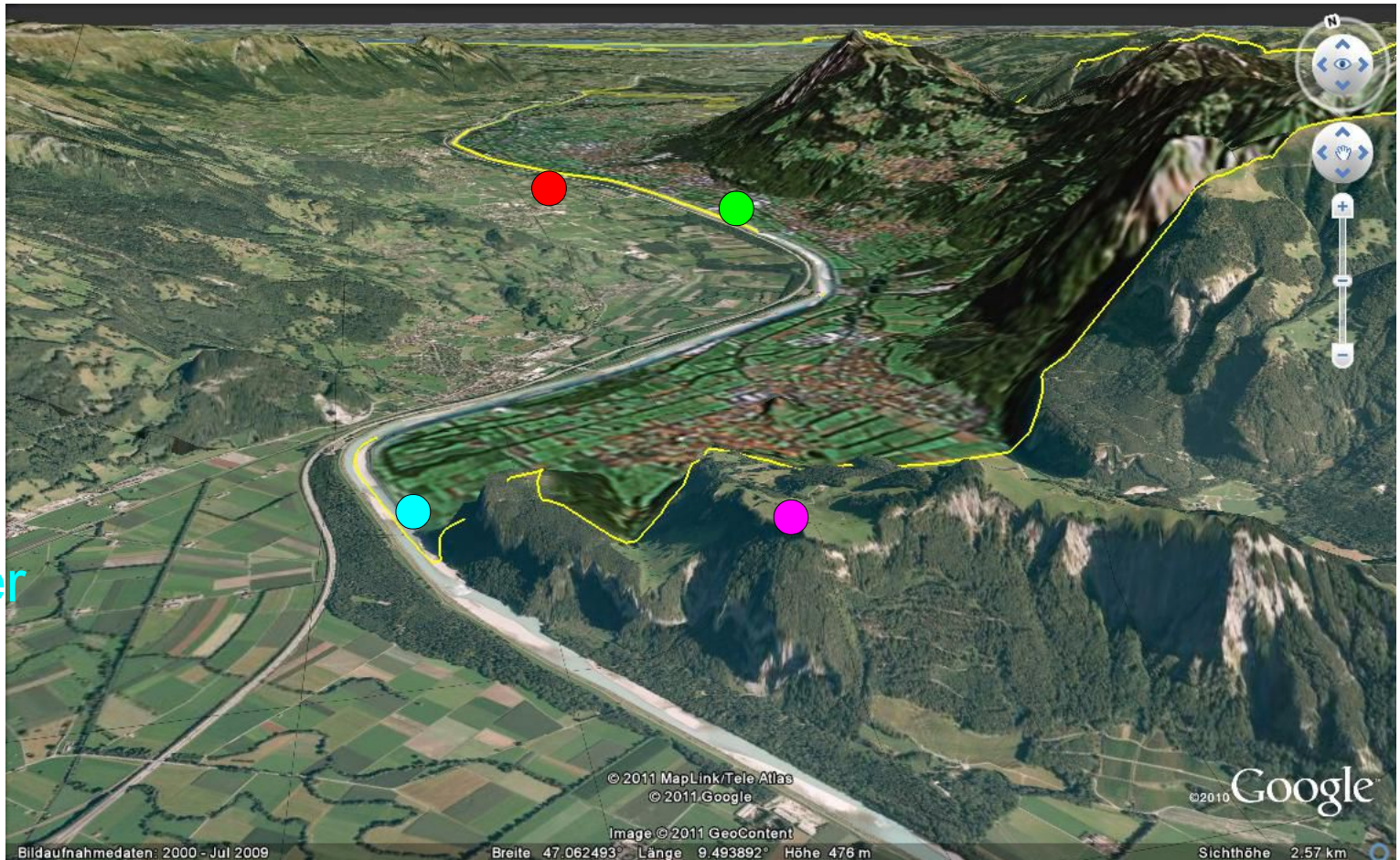


Auswahl Windmessorte im Rheintal

Buchs
Rheinau

Vaduz

Balzers
Neugüeter

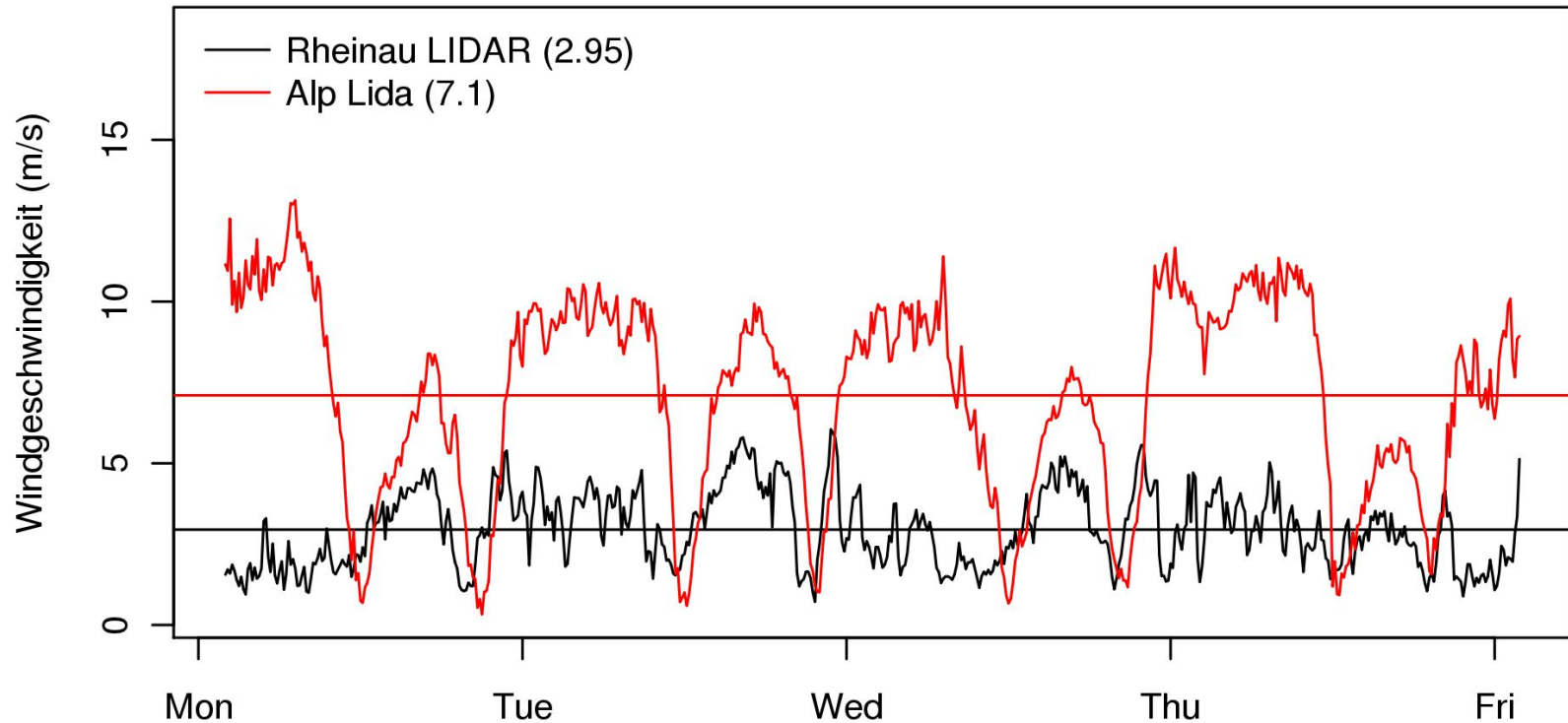


Alp Lida



Berg/Talwind: Region Buchs - Fläscherberg

Zeitreihe 2010-09-20 - 2010-09-23

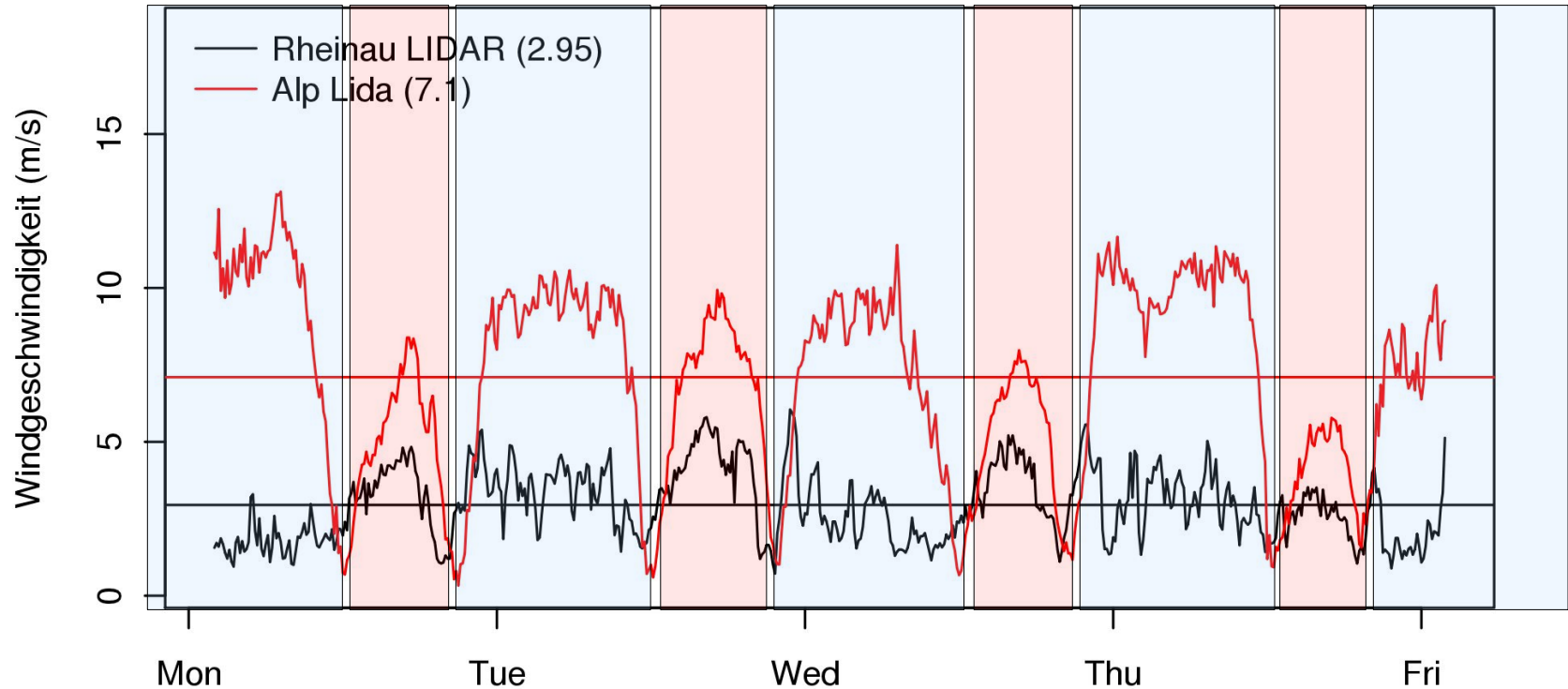


Lokalzeit (MEZ oder MESZ)
Windmesser korrigiert (Faktor: 0.89), Nabenhöhe: 100m



Berg/Talwind: Region Buchs - Fläscherberg

Zeitreihe 2010-09-20 - 2010-09-23



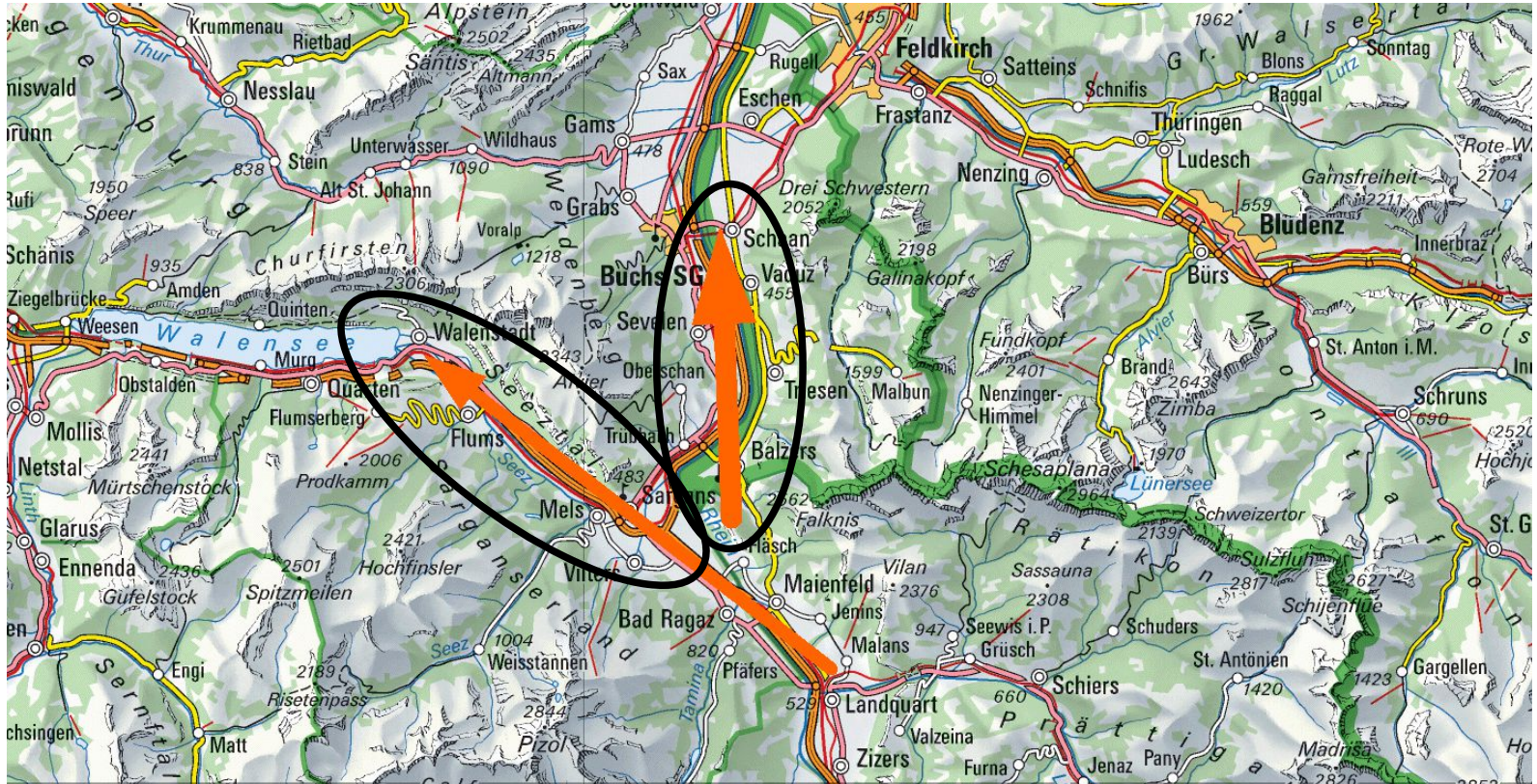
Bergwind

Lokalzeit (MEZ oder MESZ)
Windmesser korrigiert (Faktor: 0.89), Nabenhöhe: 100m

Talwind



Windsysteme Rheintal: Föhn

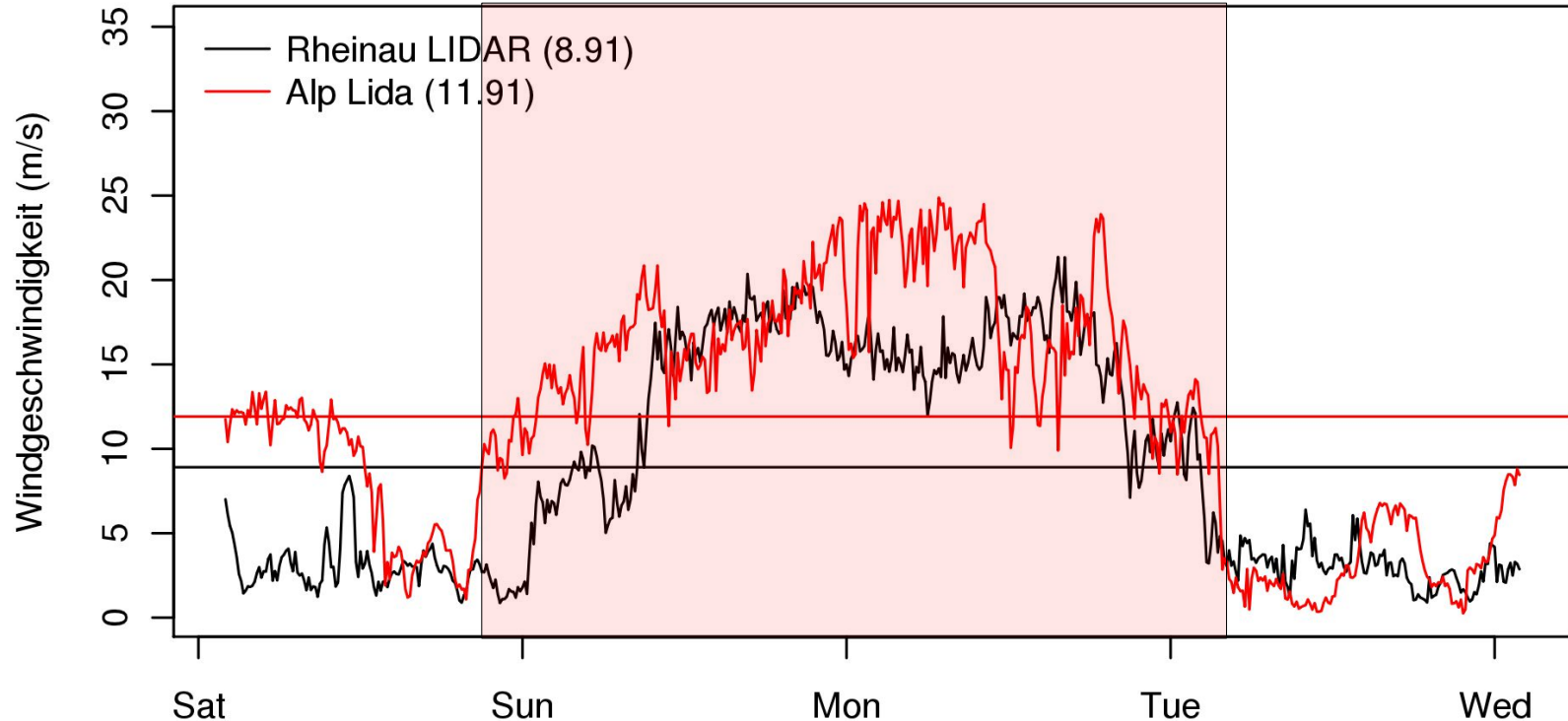


Seetal-Föhn (kälter) und Rheintal-Föhn (wärmer)



Föhn: Region Buchs - Fläscherberg

Zeitreihe 2010-10-02 - 2010-10-05



Lokalzeit (MEZ oder MESZ)

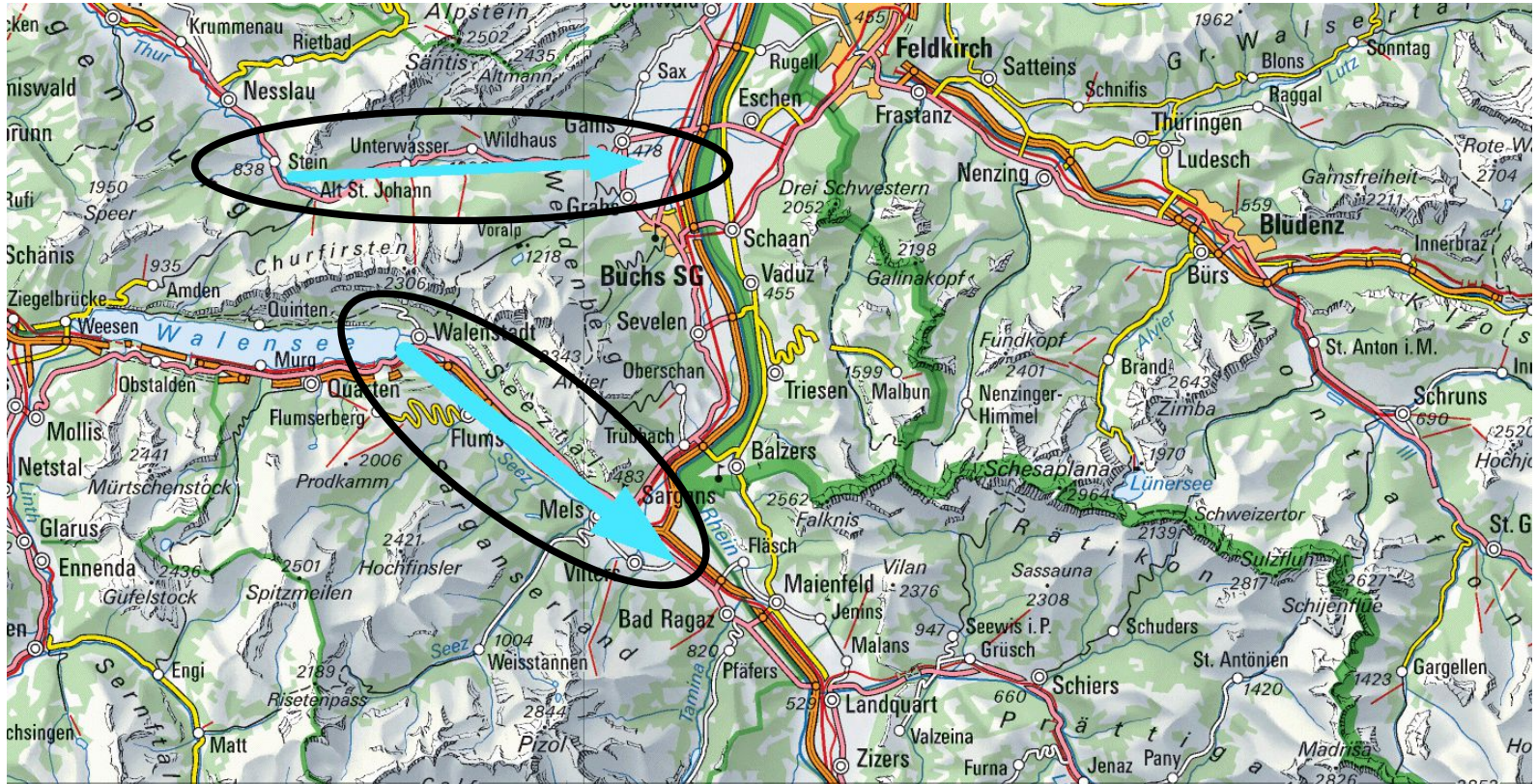
Windmesser korrigiert (Faktor: 0.89), Nabenhöhe: 100m

Föhn

Föhn in der Rheinau ähnlich stark wie auf Alp Lida



Windsysteme Rheintal: Nordwestwind



Einfließen der Kaltfront via Seeztal / Toggenburg



Wie wird Windstrom erzeugt?

Anlagenleistung =

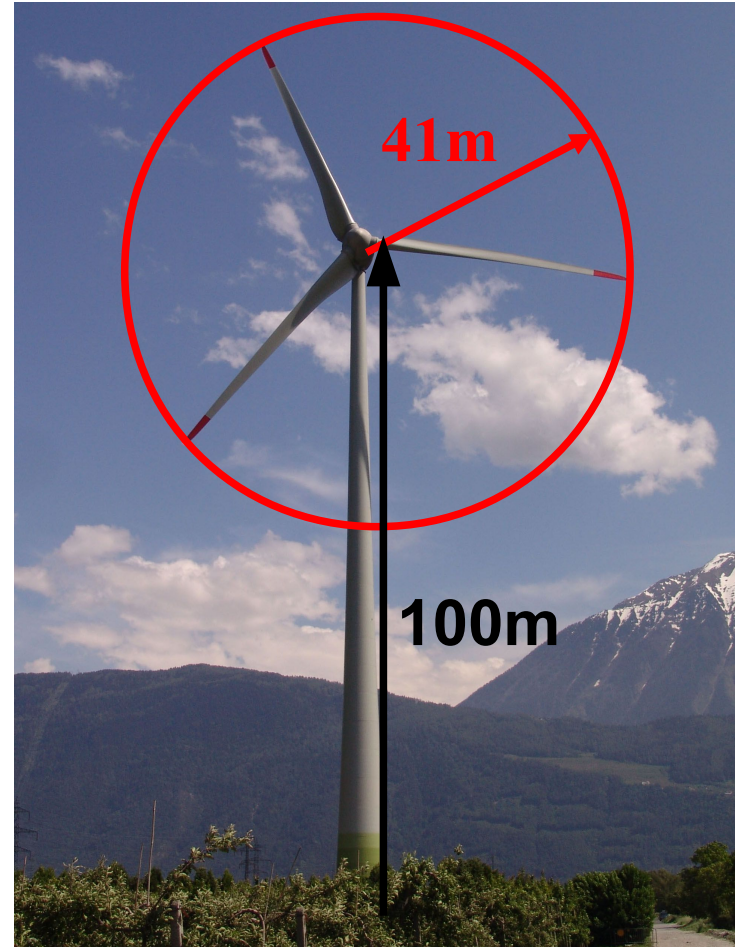
Windgeschwindigkeit hoch 3*

Kreisfläche *

Luftdichte *

Leistungsbeiwert

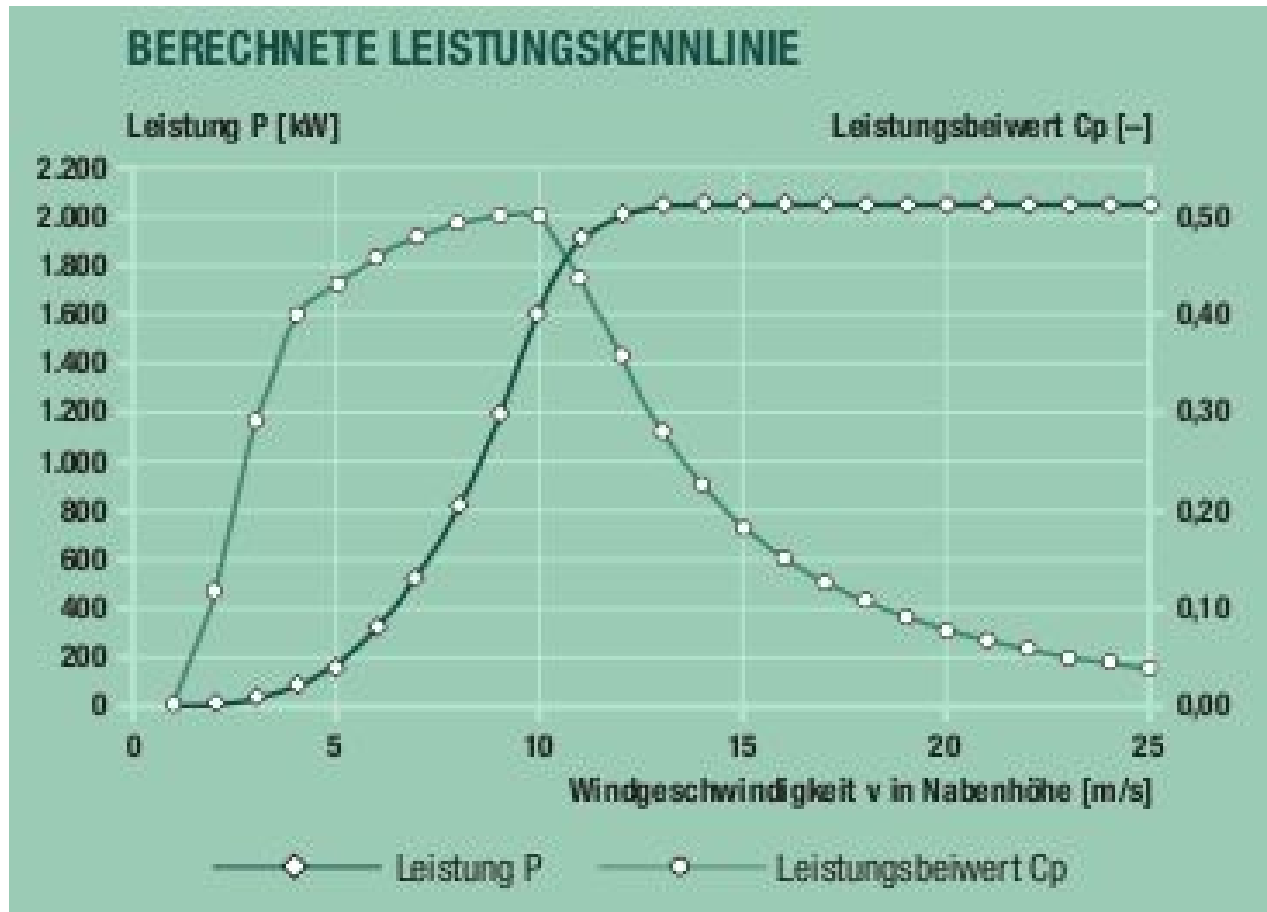
**Doppelte Windgeschwindigkeit =
8 Mal mehr Windstromertrag!**



Vernayaz, Unterwallis



Wie wird Windstrom erzeugt?



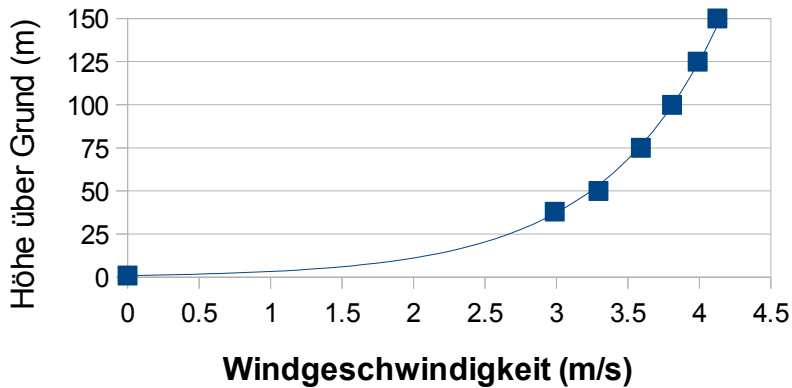
Maximal möglicher Erntegrad: 59% (0,59)



Welche Rolle spielt die Anlagenhöhe?

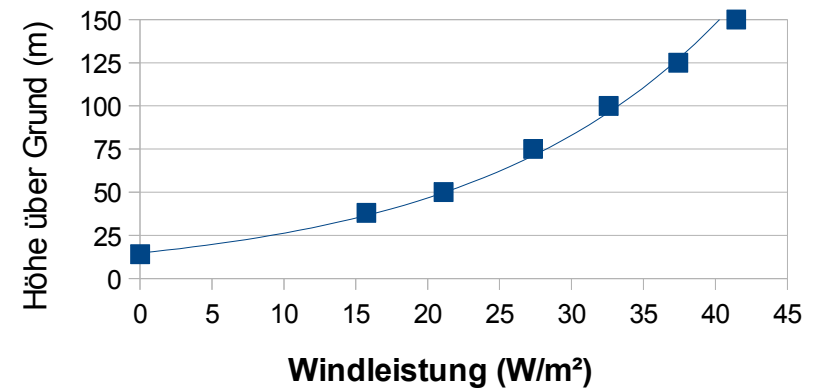
Buchs Rheinau

10. September - 25. Oktober 2010



Buchs Rheinau

10. September - 25. Oktober 2010



- Windgeschwindigkeit wächst mit der Höhe nur langsam
- Windleistung steigt mit der Höhe rasant an!



Was ist sinnvoller: Eine grosse ...

Die Leistung einer 80 Meter hohen Turbine
(800 000 kWh/Jahr) entspricht ...





... oder viele kleine Windturbinen?

... der Leistung von 39 Windturbinen mit einer Höhe von 30 m !



© Suisse Éole



suisse · éole



Referenzanlage Enercon E-82 E2



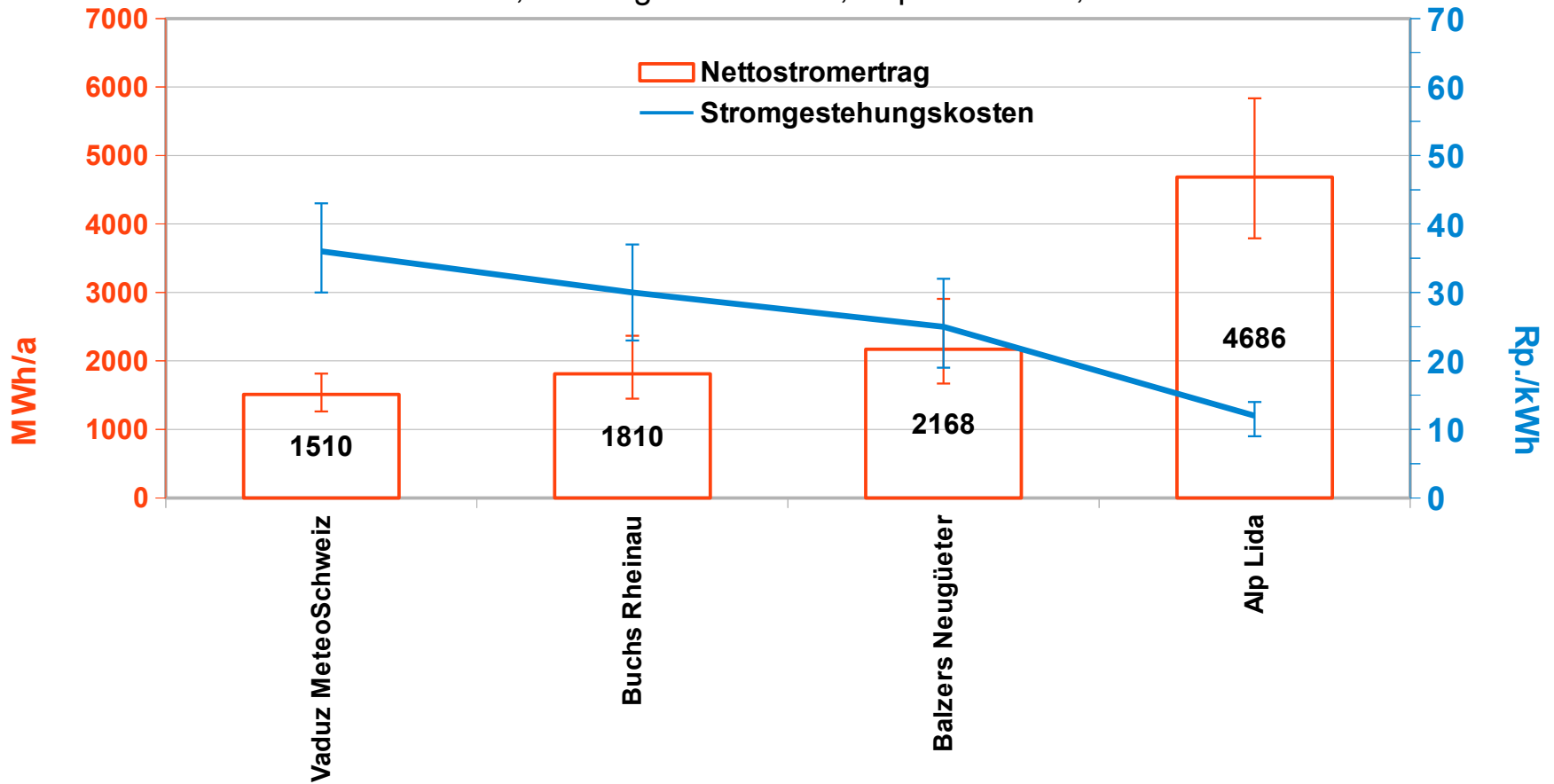
- Nennleistung: 2000 kW
- Nabenhöhe: 113 Meter
- Blattlänge: 41 Meter
- Optimale Windstärke:
8 m/s (29 km/h)
- Kosten:
rund 5.3 Mio. CHF



Kostenschätzung Windstrom Rheintal

Auswertung Enercon E-82 E2 (Pmax: 2000 kW), Anlageverluste: 6%

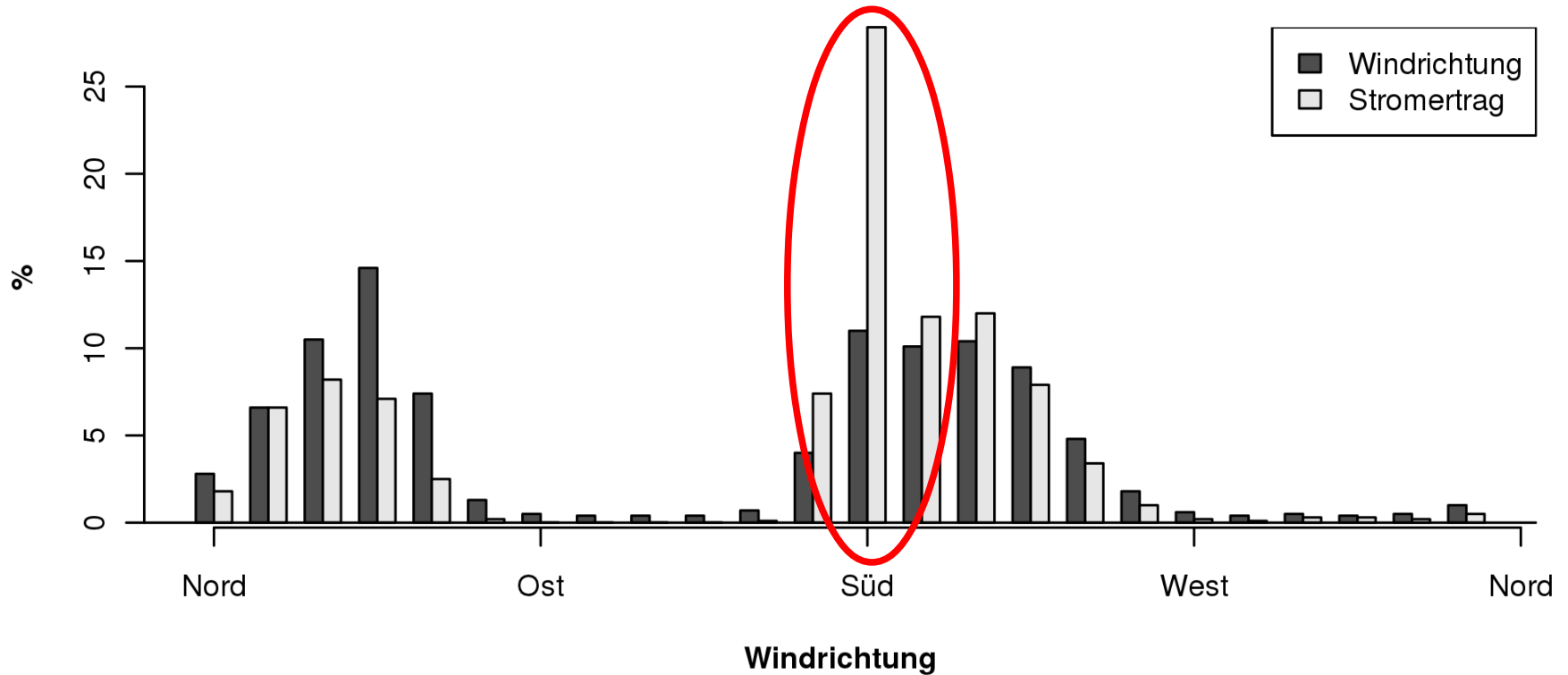
Nabenhöhe 113 Meter, Nutzungsdauer 20 J., Kapitalzins 6%, Kosten 5.3 Mio CHF





Beispiel: Balzers-Neugüeter

Verteilung für Enercon E-82 E2 Balzers Neugüeter 476m ü.M.



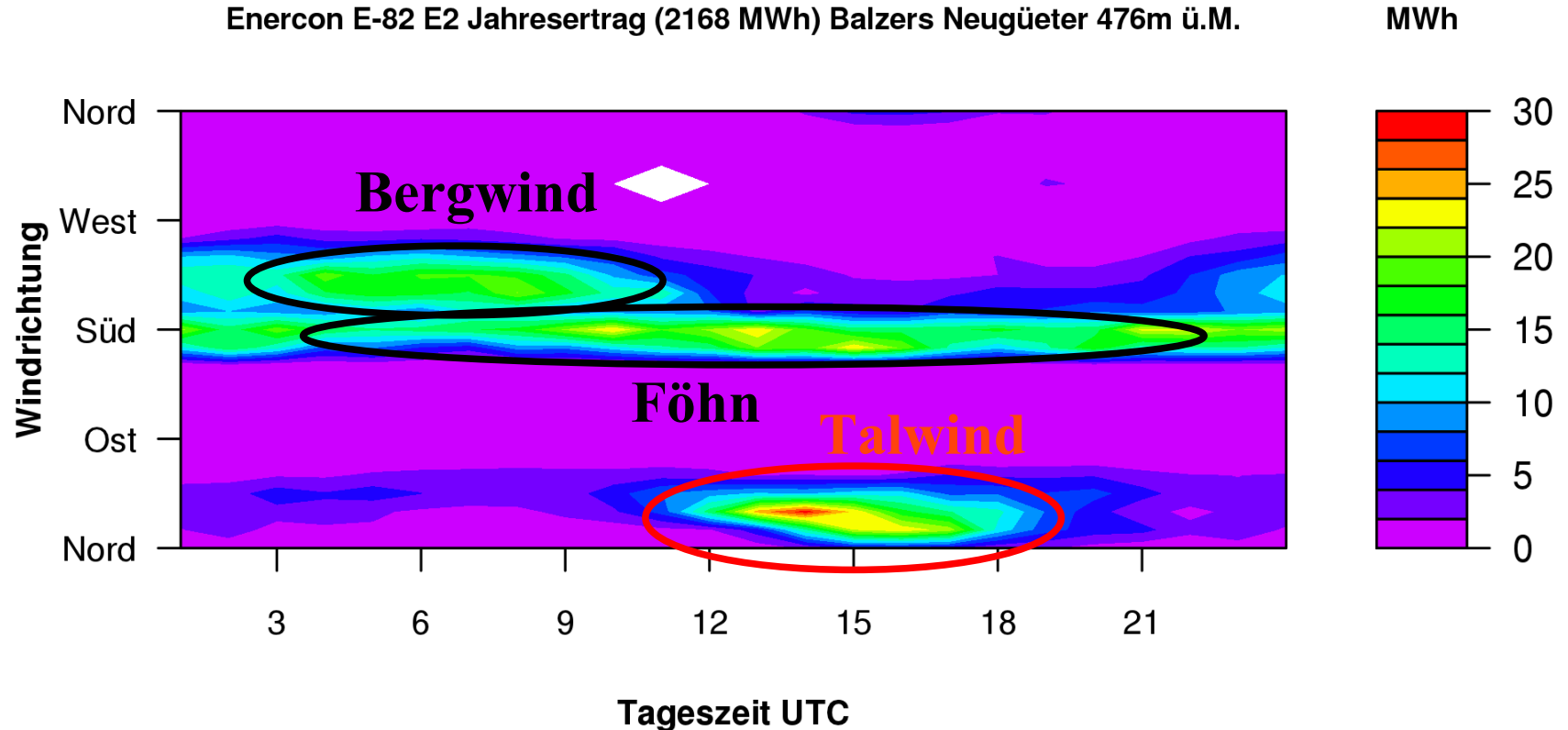
04.2008-03.2009, Windniveaus: 3, Nabe: 113m, Verluste 6%

Föhn liefert in 5% der Zeit rund 25% des Ertrags!



Beispiel: Balzers-Neugüeter

Enercon E-82 E2 Jahresertrag (2168 MWh) Balzers Neugüeter 476m ü.M.



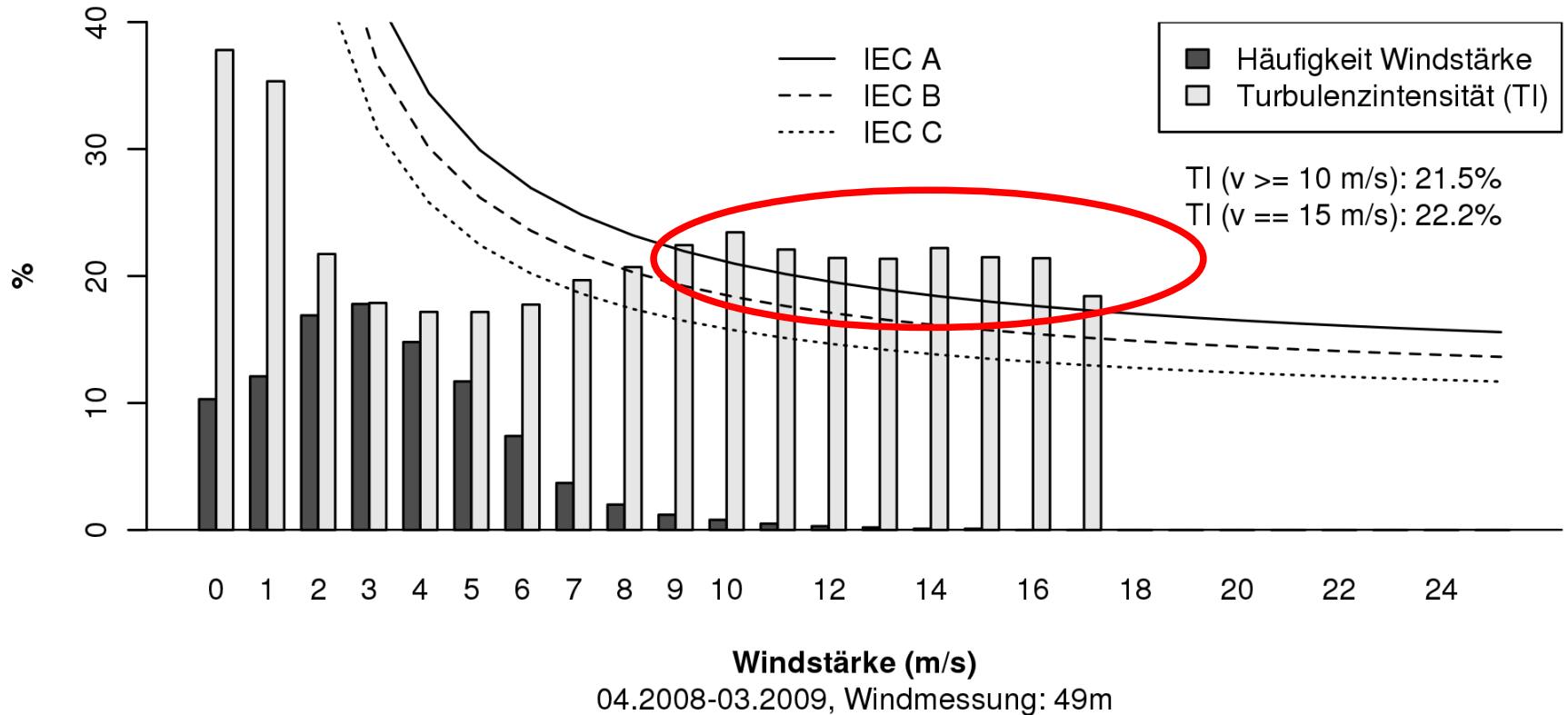
04.2008-03.2009, Windniveaus: 3, Nabe: 113m, Verluste 6%

Im Neugüeter bedeutender Anteil von Bergwind am Morgen



Beispiel: Balzers-Neugüeter

Balzers Neugüeter 476m ü.M.

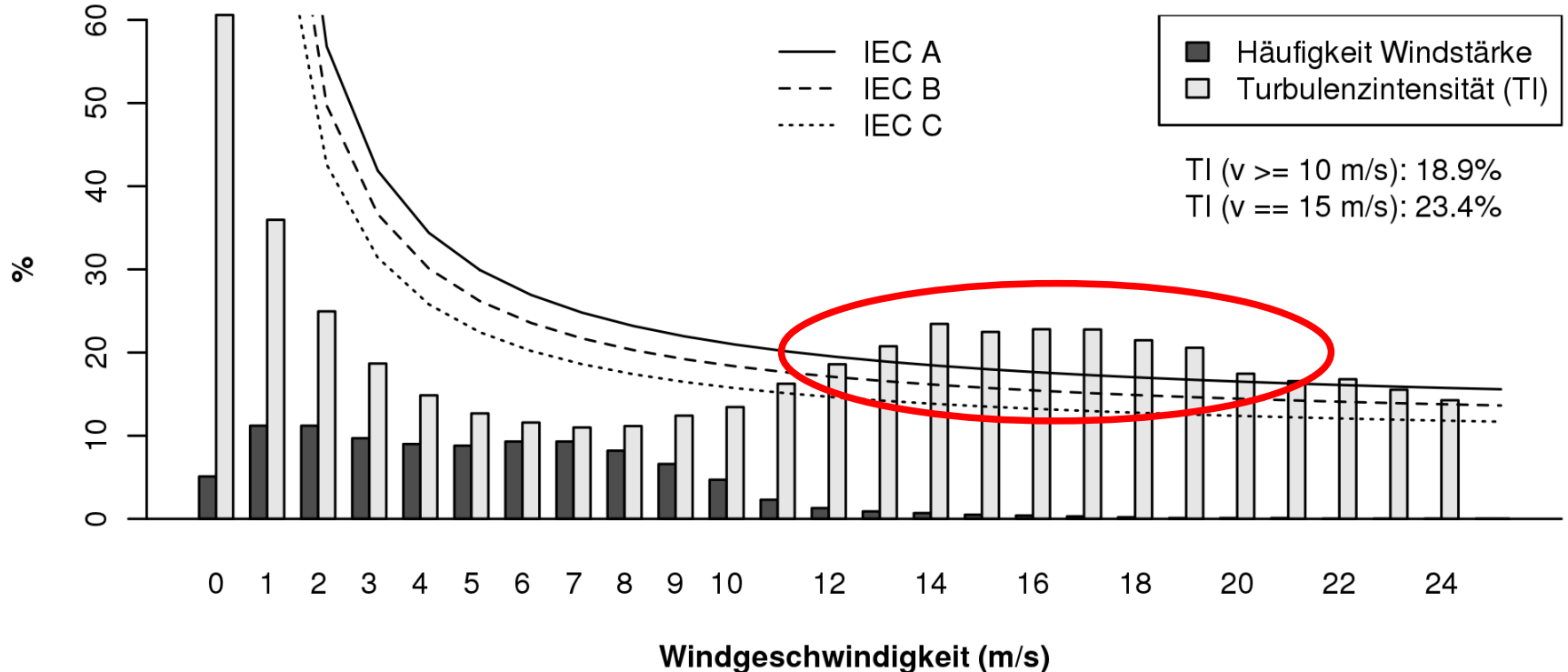


Böigkeit des Windes liegt über den IEC-Normwerten!



Alp Lida: Problem starke Windböen

Alp Lida 944m ü.M.

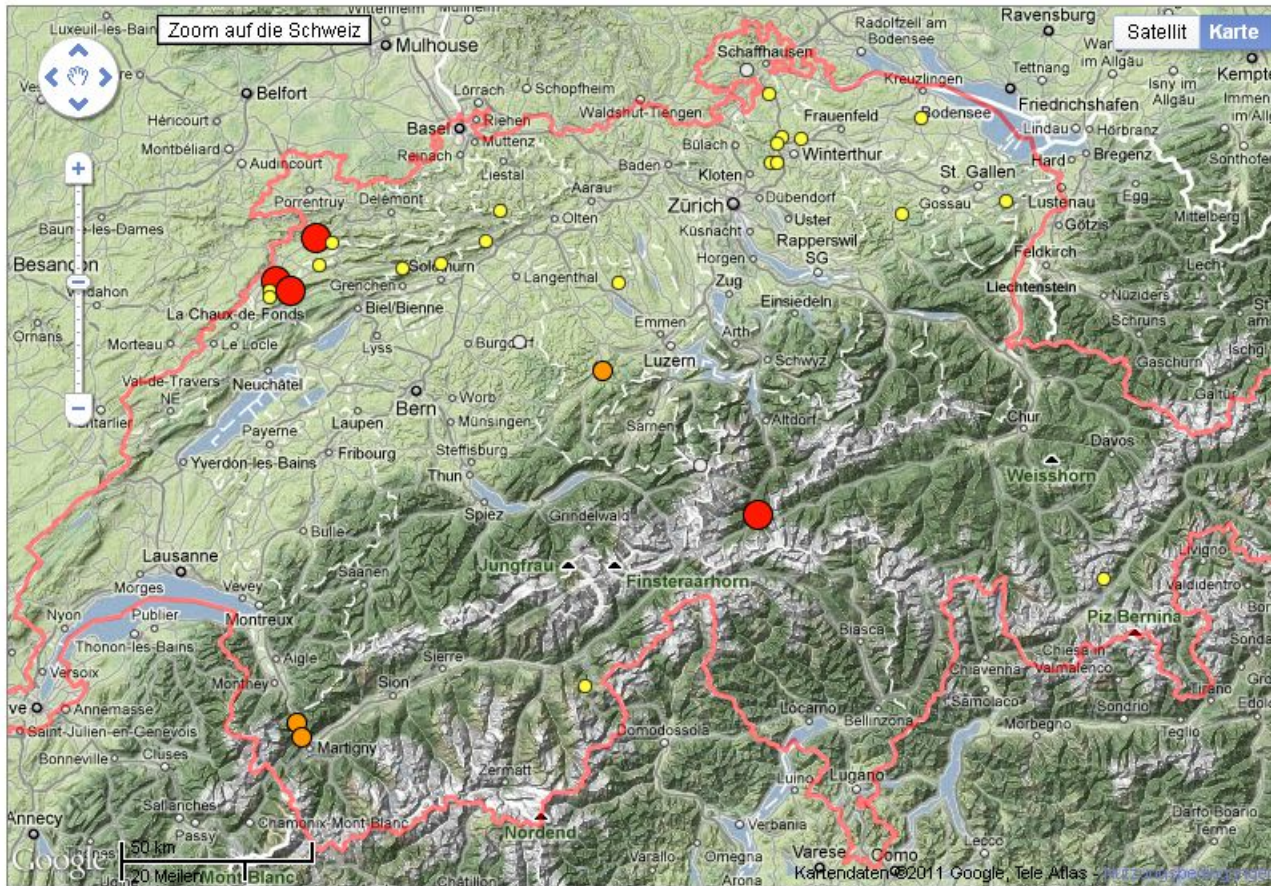


11.2009-10.2010, Windmessung: 27.3m Sunergy GmbH, 03.02.11

- **Abklärungen Standorteignung mit NTB Buchs im Gang**
- **Resultate bis Ende 2011 erwartet**



Stand Windkraftanlagen 2010



Legende: ● kleine Windkraftanlage < 300 kW ● grosse Windkraftanlage > 300 kW ● Windpark ○ ehemalige Anlage

Schwerpunkte: Jura, Gotthard und Unterwaldis

Windenergie im Rheintal

Dr. Bruno Dürr, Sunergy GmbH und Solargenossenschaft Liechtenstein

SUISSE · ENERGIE

Allgemeine
Windenergie-
Informationen

im Auftrag des
Bundesamtes für
Energie



Realisierung





Anlagenbeispiele im Alpenraum



- 2000 kW Anlage (E-70)
seit 2005
- Gemeinde Collonges mit
ca. 480 Einwohnern
- Pro Jahr 4.5 GWh
- Deckt Bedarf von rund
1000 – 1200 Haushalten



Anlagenbeispiele im Alpenraum



- 2000 kW Anlage (E-82)
seit 2008
- Gemeinde Vernayaz mit
rund 1770 Einwohnern
- Pro Jahr 5 GWh
- Deckt Bedarf von rund
1200 – 1400 Haushalten



Energiegemeinde Wildpoldsried (Allgäu)

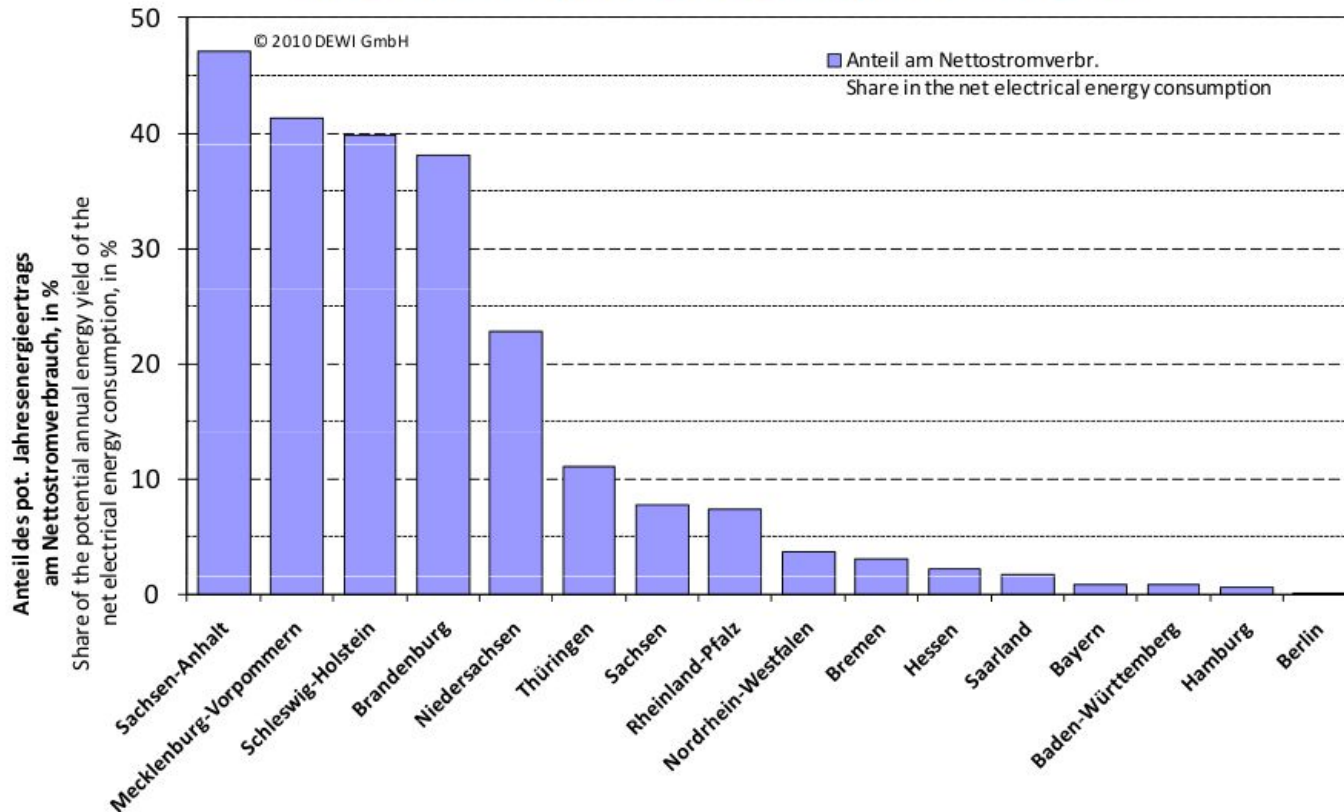


- 2000 kW Anlage (E-82)
- Insgesamt 5 Windanlagen
- Rund 2500 Einwohner
- **Eigenversorgungsgrad über 280% !!!**
- Hauptenergie Windkraft
- Wichtig auch Sonnenenergie und Biomasse



Zukunft Windenergie

Anteil des potentiellen Jahresenergieertrags aus WEA am Nettostromverbrauch



DEWI GmbH . www.dewi.de



Baden-Württemberg / Bayern je ca. 0.8% Anteil Jahresverbrauch



Windenergie Schweiz heute

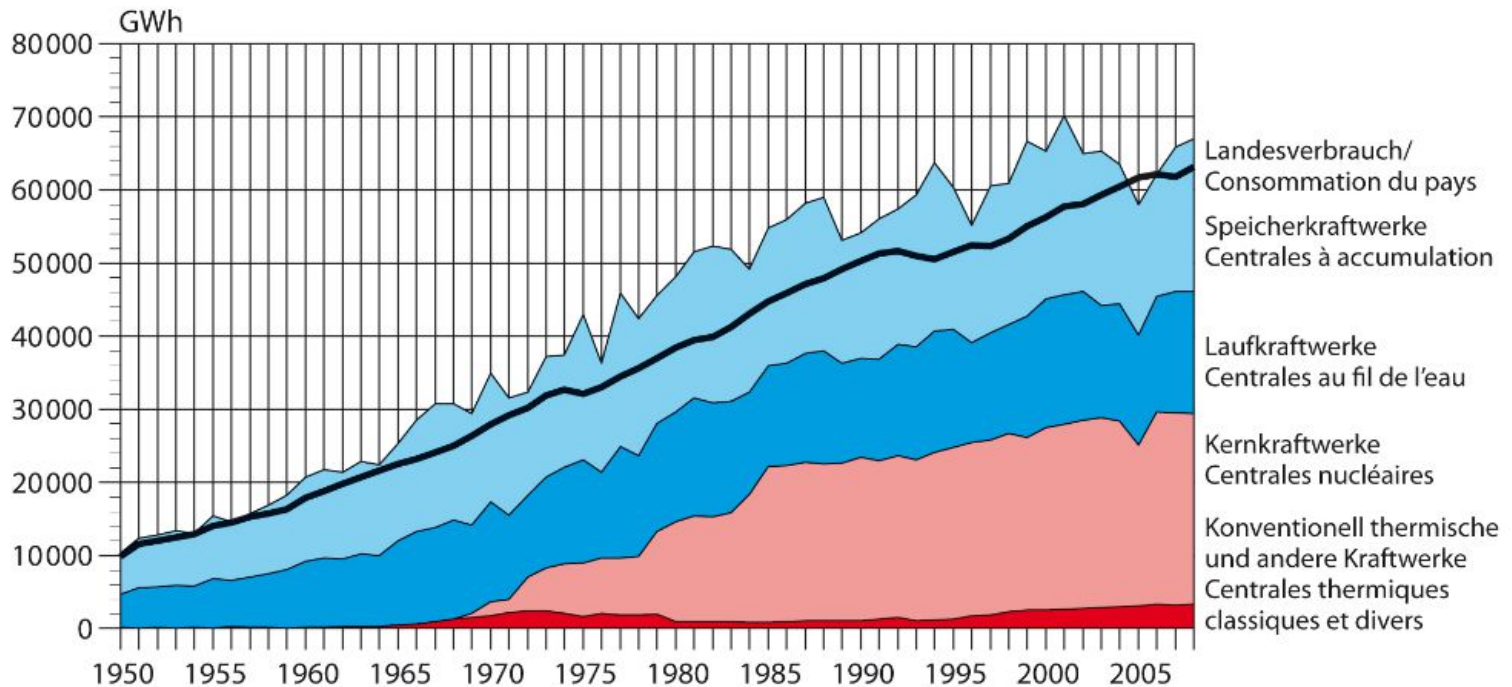
- Total installierte Leistung: 43 MW
- Windstromproduktion 2010: 74 GWh
- **Gesamtstromverbrauch Buchs: 65 GWh**
- Anteil an CH-Stromproduktion: 0.12%
- **Ziel bis Jahr 2035: Anteil Wind 2.5%**
- **Ziel bis Jahr 2050: Anteil Wind 7%**



Stromproduktion und -Verbrauch CH

Stromproduktion der Schweiz nach Erzeugerkategorien seit 1950

Production d'électricité de la Suisse selon les catégories de production, depuis 1950



Quelle: BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2008

Source: OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2008

Anstieg um Faktor 6 seit 1950 (Gams: Faktor 20!)



Freiflächen für Windenergienutzung?

Windgeschwindigkeit

- keine Anzeige
 - 50 m über Grund
 - 70 m über Grund
 - 100 m über Grund
- 0 - 2.4 m/s
 - 2.5-3.4 m/s
 - 3.5-4.4 m/s
 - 4.5-5.4 m/s
 - 5.5-6.4 m/s
 - 6.5-7.4 m/s
 - 7.5-8.4 m/s
 - >= 8.5 m/s

Resultat Windkonzept

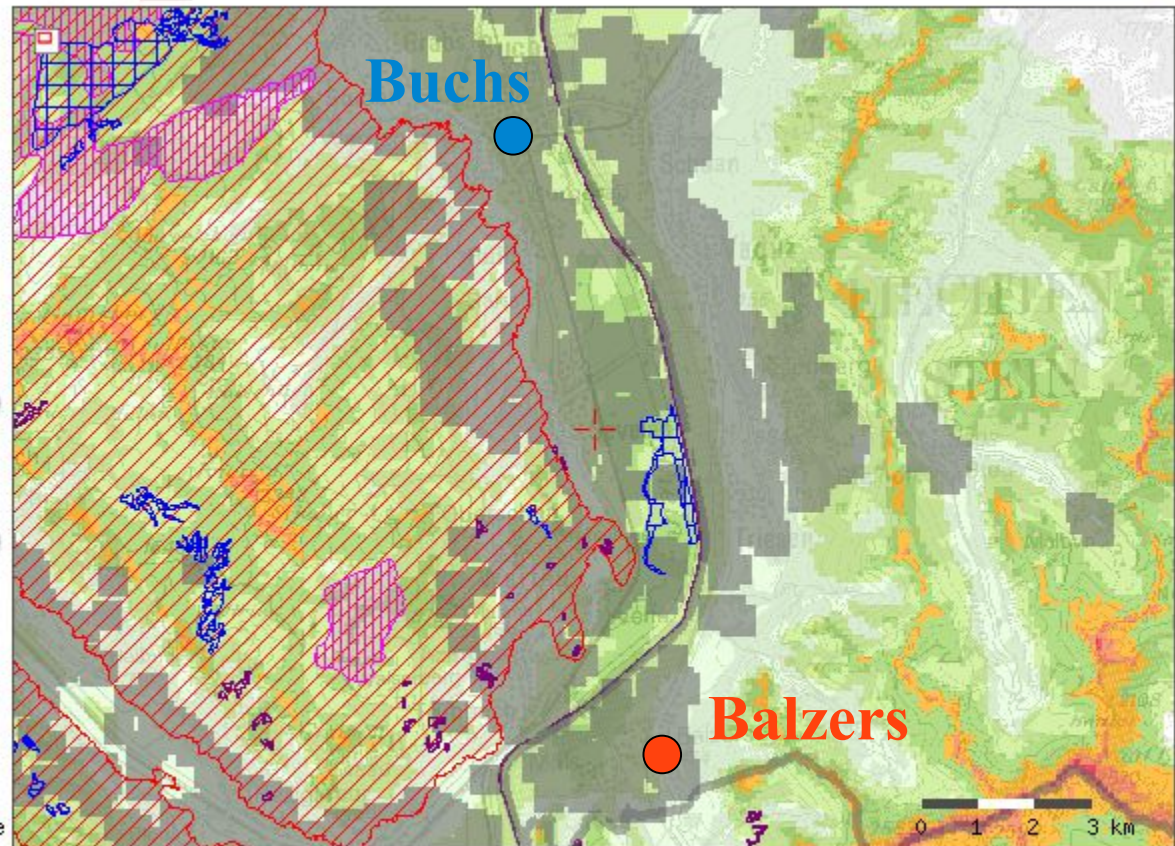
- Potenzialgebiete
- Standorte

Ausschluss-Kriterien

- Hangneigung zu steil
 - Wald
 - Siedlung mit Puffer
 - schützenswerte Ortsbilder
 - Natur- & Landschaftschutz
- Jagdbanngebiete
 - BLN-Gebiete
 - Auerhuhn-Potentialgebiete
 - Vogelschutzgebiete
 - Feuchtgebiete
 - Trockenwiesen
 - Nationalpark/UNESCO
 - VAEW-Gebiete



Massstab: 1:100'000



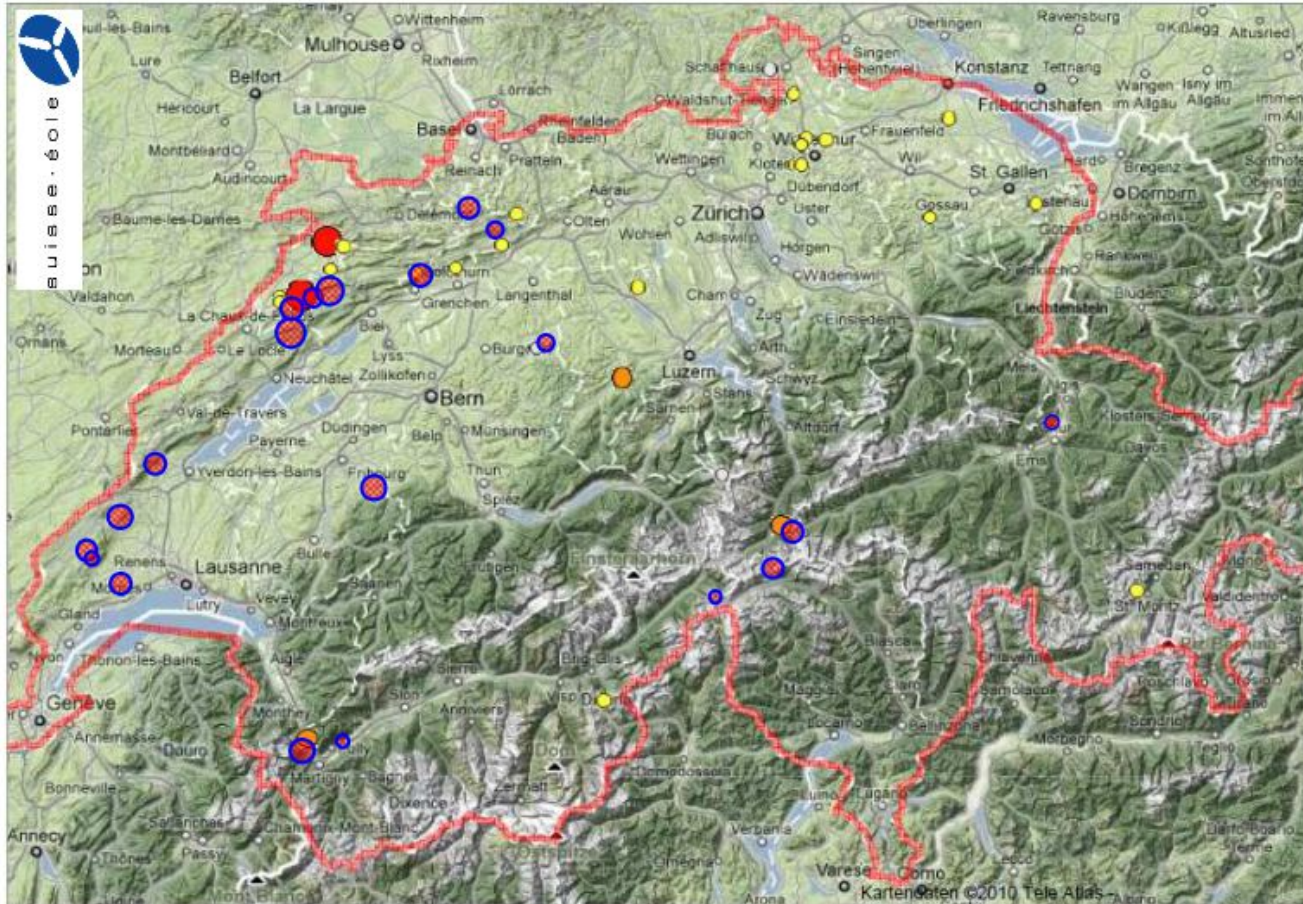
Koordinaten (m): 745876 / 217416

X: Y: Zentrieren



Geplante Projekte in der Schweiz

Geplante Windenergie Anlagen Schweiz (Stand Feb 2010)



- Mont Corsin, BE: 8×2MW
- Eriswil, BE: 2×2MW
- Schwyberg, FR: 10×2MW
- Haldenstein, GR: 1×2MW
- Le Peuchapatte, JU: 11×2MW
- Crêt-Meuron, NE: 7×2MW
- La Joux-du-Plâne, NE: 12×2MW
- Grenchenberg, SO: 8×2MW
- Scheltenpass, SO: 7×2MW
- Schwengimatt, SO: 4×0.8MW
- Gotthardpass, TI: 7×2MW
- Gütsch, UR: 3×0.9MW
- Sainte-Croix, VD: 7×2MW
- Le Brassus, VD: 7×2MW
- Col du Mollendruz, VD: 12×2MW
- Col du Marchairuz, VD: 3×2MW
- Collonges, Martigny, VS: 8×2MW
- Charrat, VS: 1×2.5MW
- Griesspass-Nufenen, VS: 1×2MW

Total: 118 Anlagen, 228 MW,
Jahresproduktion ca 375GWh/Jahr
das 10-fache von heute !

Legende: ● kleine Windkraftanlage < 300 kW ● grosse Windkraftanlage > 300 kW ● Windpark ○ ehemalige Anlage

Windenergie im Rheintal

Dr. Bruno Dürr, Sunergy GmbH und Solargenossenschaft Liechtenstein



Zukunft Windenergie Schweiz

- Es gibt Regionen mit gutem Windpotential (Jura, enge Alpentäler und Pässe am Alpenhauptkamm)
- CH-Stromproduktion: mittelfristig 2.5%, langfristig bis 7% erwartet
- **Vorteil:** Windanlagen sind nach Ablauf ihrer Lebensdauer vollständig rückbaubar!
- **Nachteil:** Konflikte mit Landschafts- und Naturschutz sind in der dicht besiedelten Schweiz praktisch unvermeidlich!



Importierte Landschaftszerstörung!



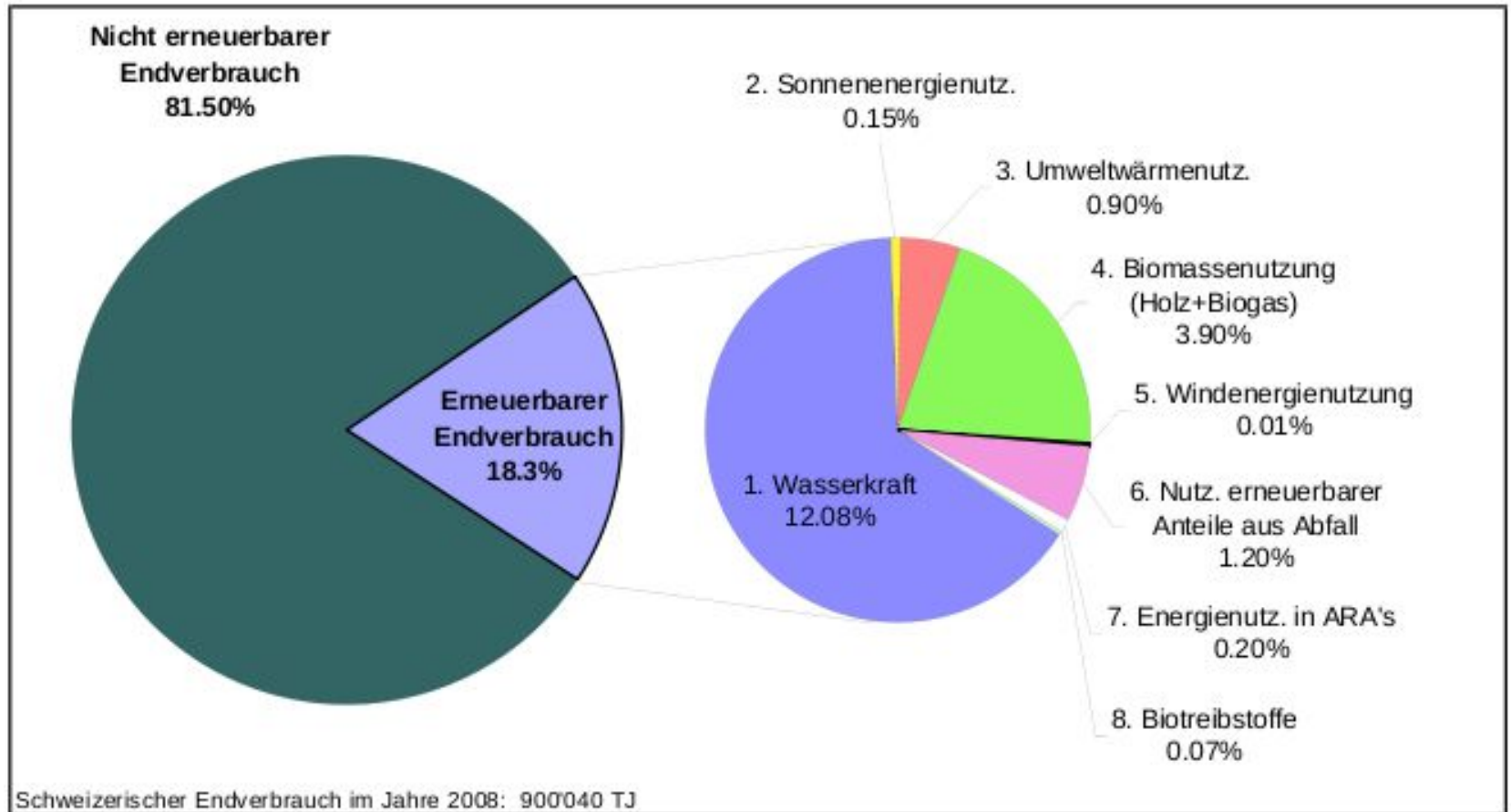
Braunkohle Tagebau, Zwenckau, Ostdeutschland



Weitere Folien



Energieverbrauch und Windanteil

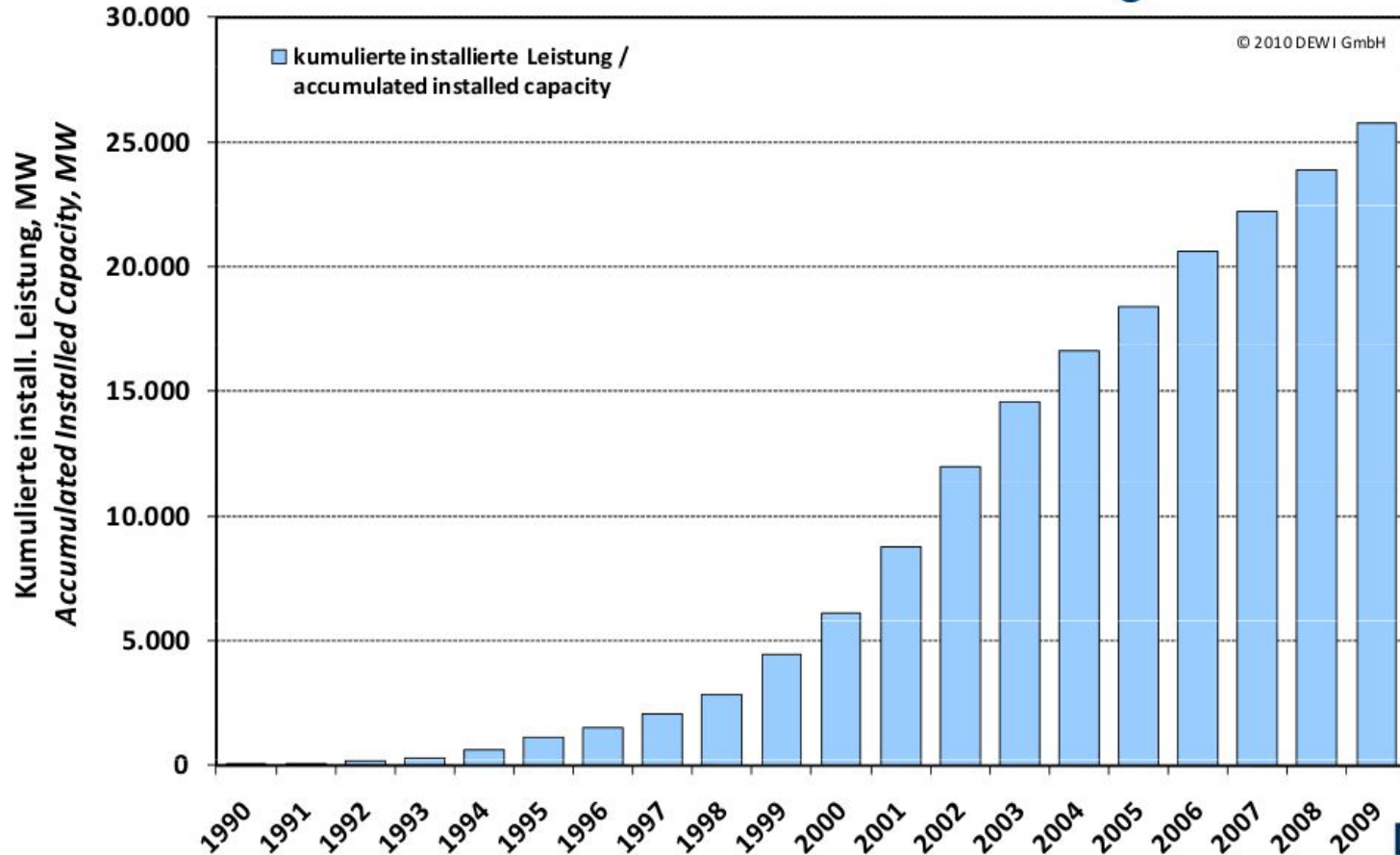


Anteil Wind am Gesamtenergiekonsum Schweiz marginal



Windenergie Deutschland

Kumulierte installierte Leistung



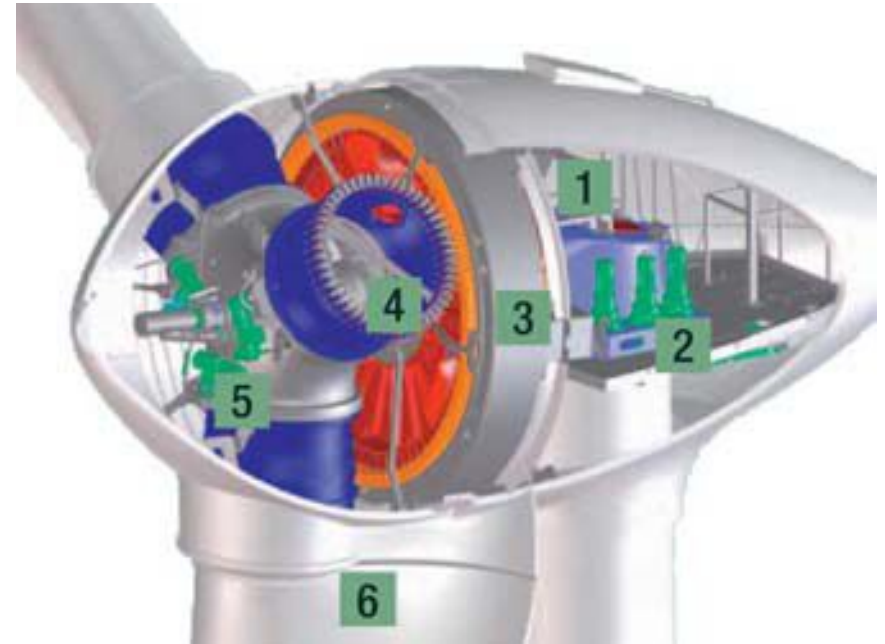
DEWI GmbH . www.dewi.de



1400 Mal mehr installierte Windleistung als in der Schweiz



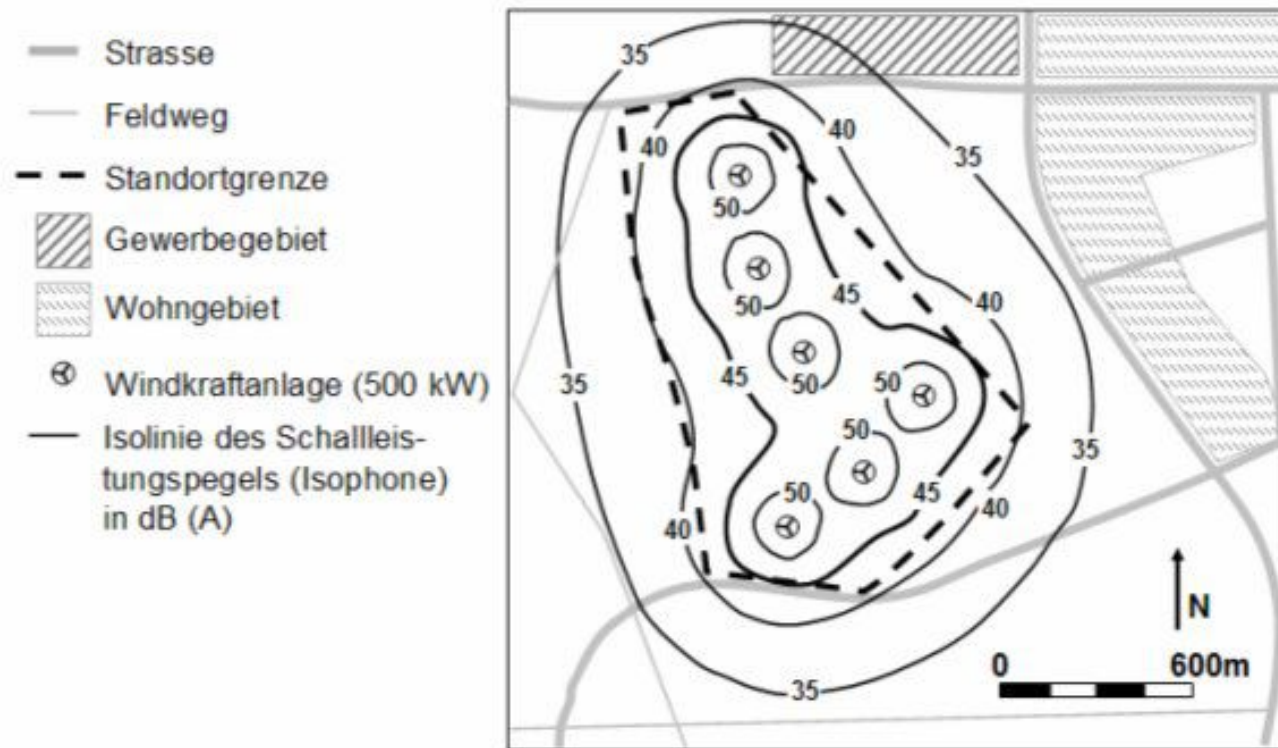
Wie wird Windstrom erzeugt?



Enercon Direktläufer mit Generatorring (3)



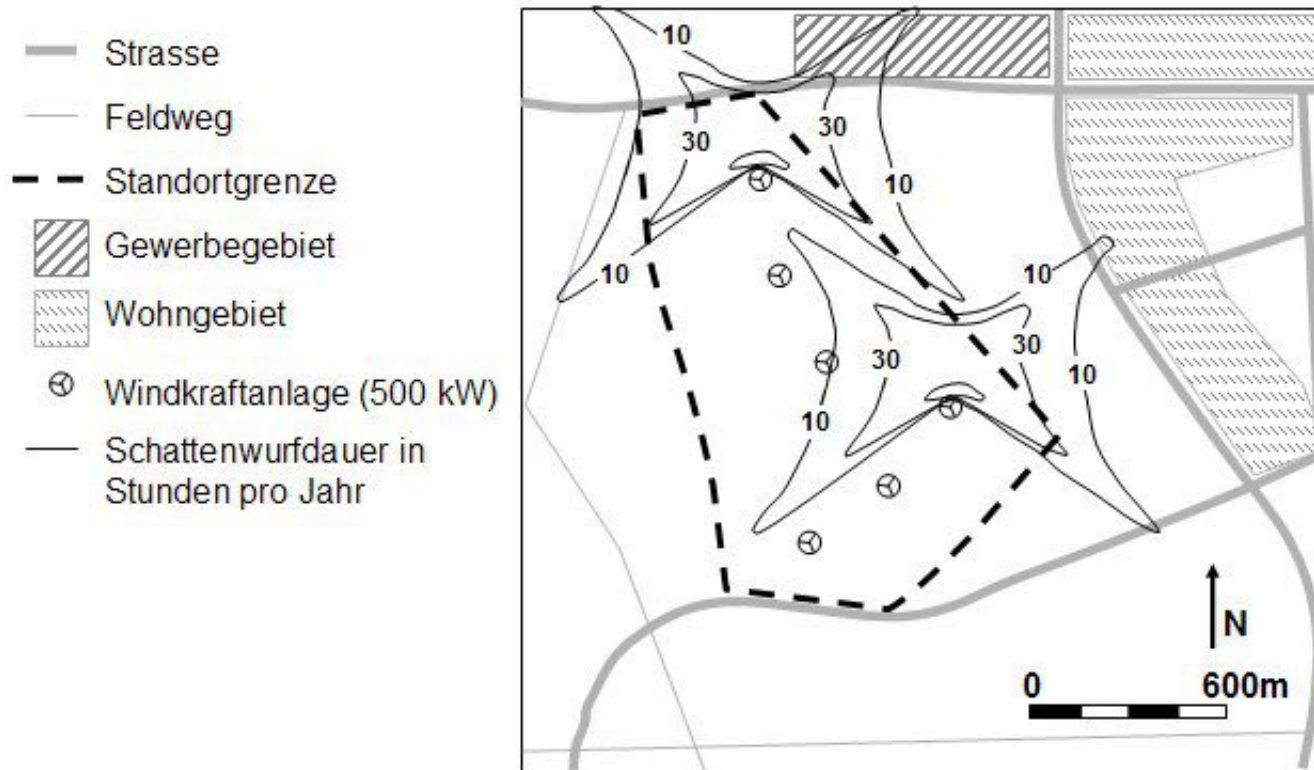
Geräuschemissionen Windkraftanlage



- Berechnung von Ausbreitung der Geräusche für jeden Standort
- LSV-Grenzwert Schweiz: 45 Dezibel (dB) für Erholungsgebiete nachts
- Bei starkem Wind sind die Windgeräusche lauter als die Windturbine



Schlagschatten Windkraftanlage



- Deutschland: maximal 30 Stunden pro Jahr oder maximal 30 Minuten pro Tag Schlagschatten erlaubt



Windenergienutzung und Fauna

Vogelwarte Sempach: Freihalten von

- Gebieten mit Konzentrationen von ziehenden, rastenden oder nächtigenden Vögeln (Zugkorridore, etc.)
- Gesetzliche Schutzgebieten (Naturschutzgebiete, Wasservogelschutzgebiete, Objekte aus dem BLN, etc.)
- Gebieten mit Vorkommen von störungssensiblen Arten

Fledermäuse:

- Einsatz von Fledermausdetektoren in sensiblen Gebieten



Solargenossenschaft Liechtenstein

- Solargenossenschaft 1992 gegründet
- Beteiligt sind Land, Gemeinden und Private
- Bekannt sind die „Solarbrücken“
Haag – Benden und Sevelen – Vaduz
- Auftraggeber für Windenergiemessungen in
Liechtenstein seit Frühling 2008



Windkarte Schweiz

Windgeschwindigkeit

- keine Anzeige
 - 50 m über Grund
 - 70 m über Grund
 - 100 m über Grund
- 0 - 2.4 m/s
 - 2.5-3.4 m/s
 - 3.5-4.4 m/s
 - 4.5-5.4 m/s
 - 5.5-6.4 m/s
 - 6.5-7.4 m/s
 - 7.5-8.4 m/s
 - >= 8.5 m/s

Resultat Windkonzept

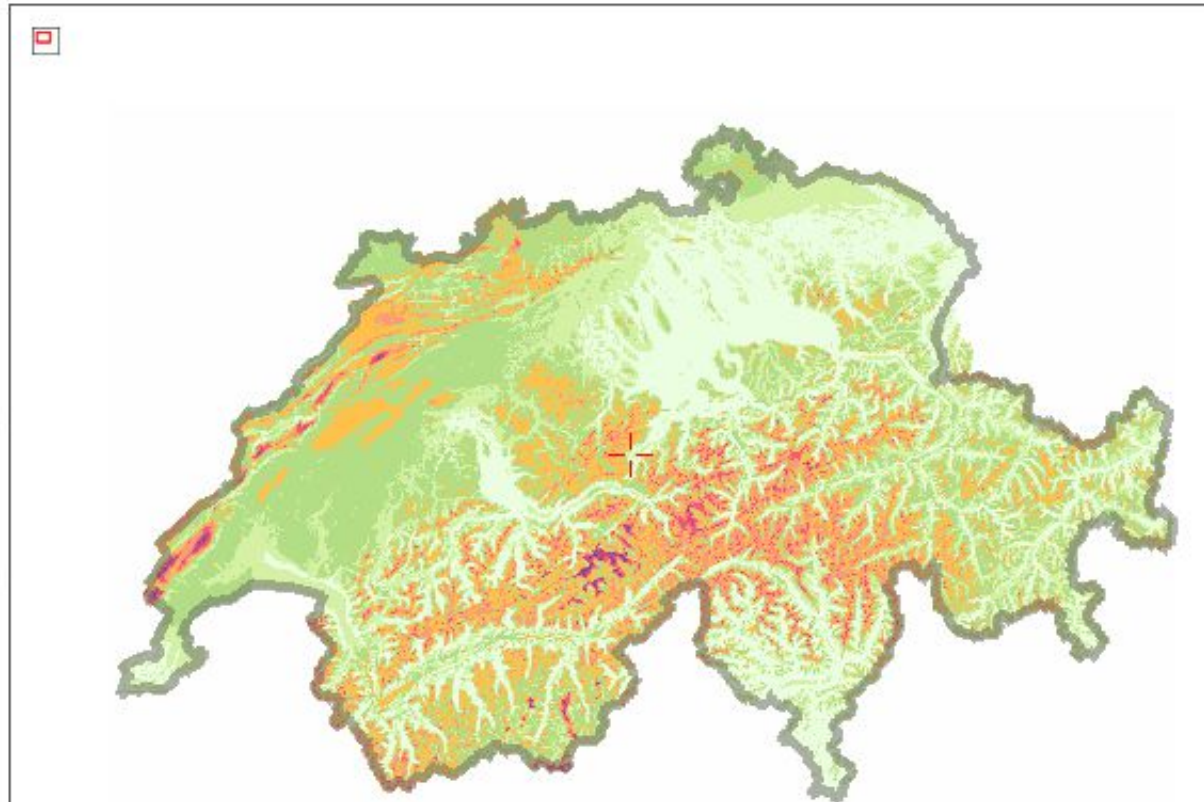
- Potenzialgebiete
- Standorte

Ausschluss-Kriterien

- Hangneigung zu steil
- Wald
- Siedlung mit Puffer
- schützenswerte Ortsbilder
- Natur- & Landschaftschutz



Massstab: 1:2'000'000

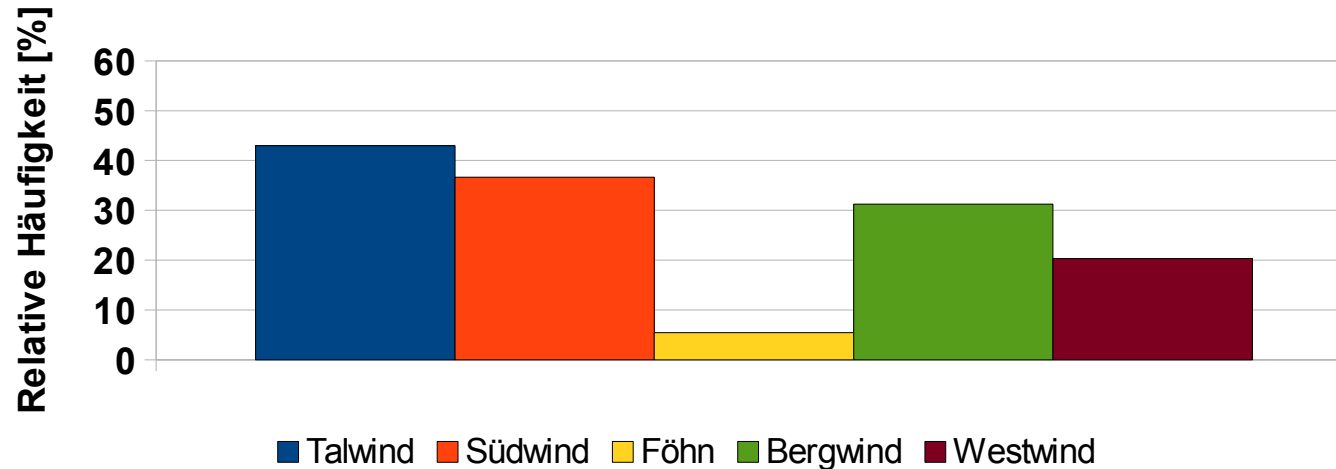


Alpenkamm, Jura, Unterwallis, Napf und Toggenburg windreich

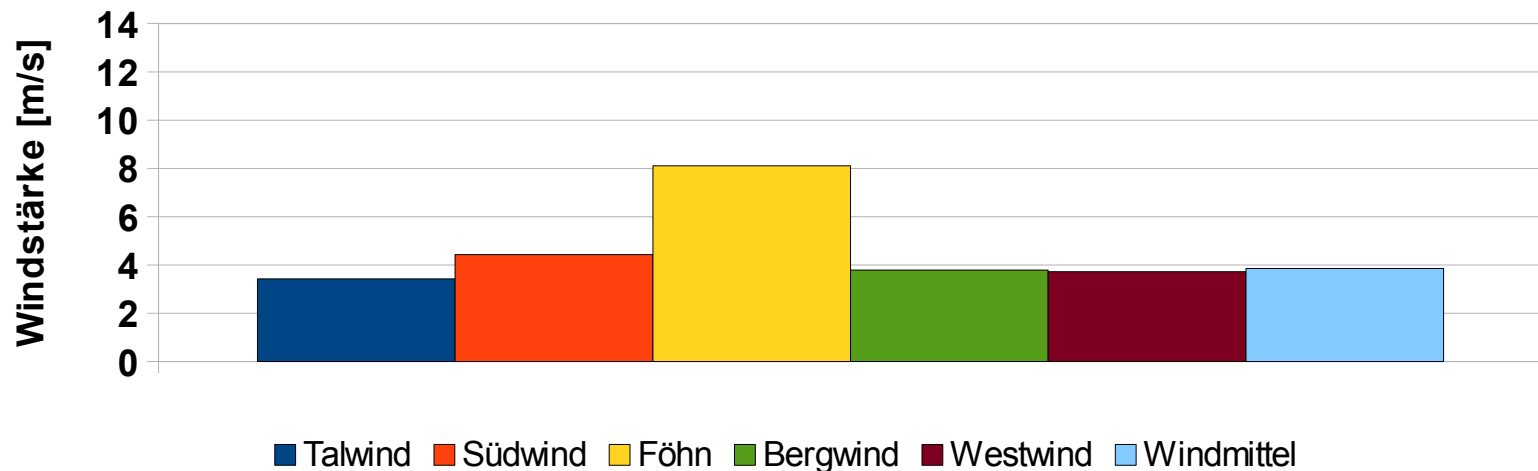


Windarten Balzers Neugüeter

Verteilung der Windsektoren Balzers Neugüeter 30m April 08 - März 09



Mittlere Windstärken Balzers Neugüeter 50m April 08 - März 09

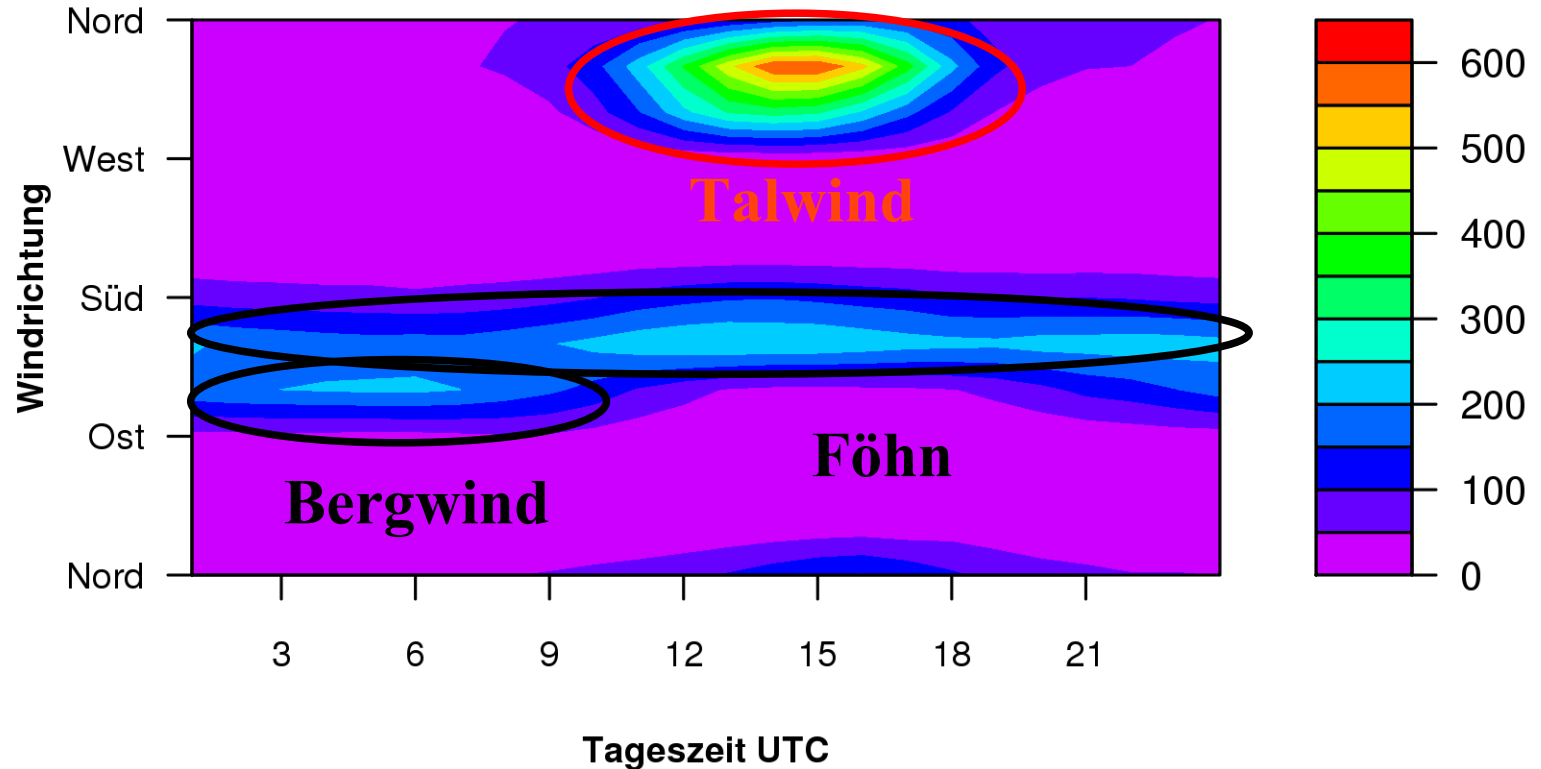




Langjährige Windreihe Vaduz - Au

Enercon E-53 Jahresertrag (719 MWh) Vaduz Au 460m ü.M.

MWh



Zeitraum: 01.1982-12.2009, Windmesser: 13.5m, Nabe: 70m, z0=0.3m, Verluste 3%

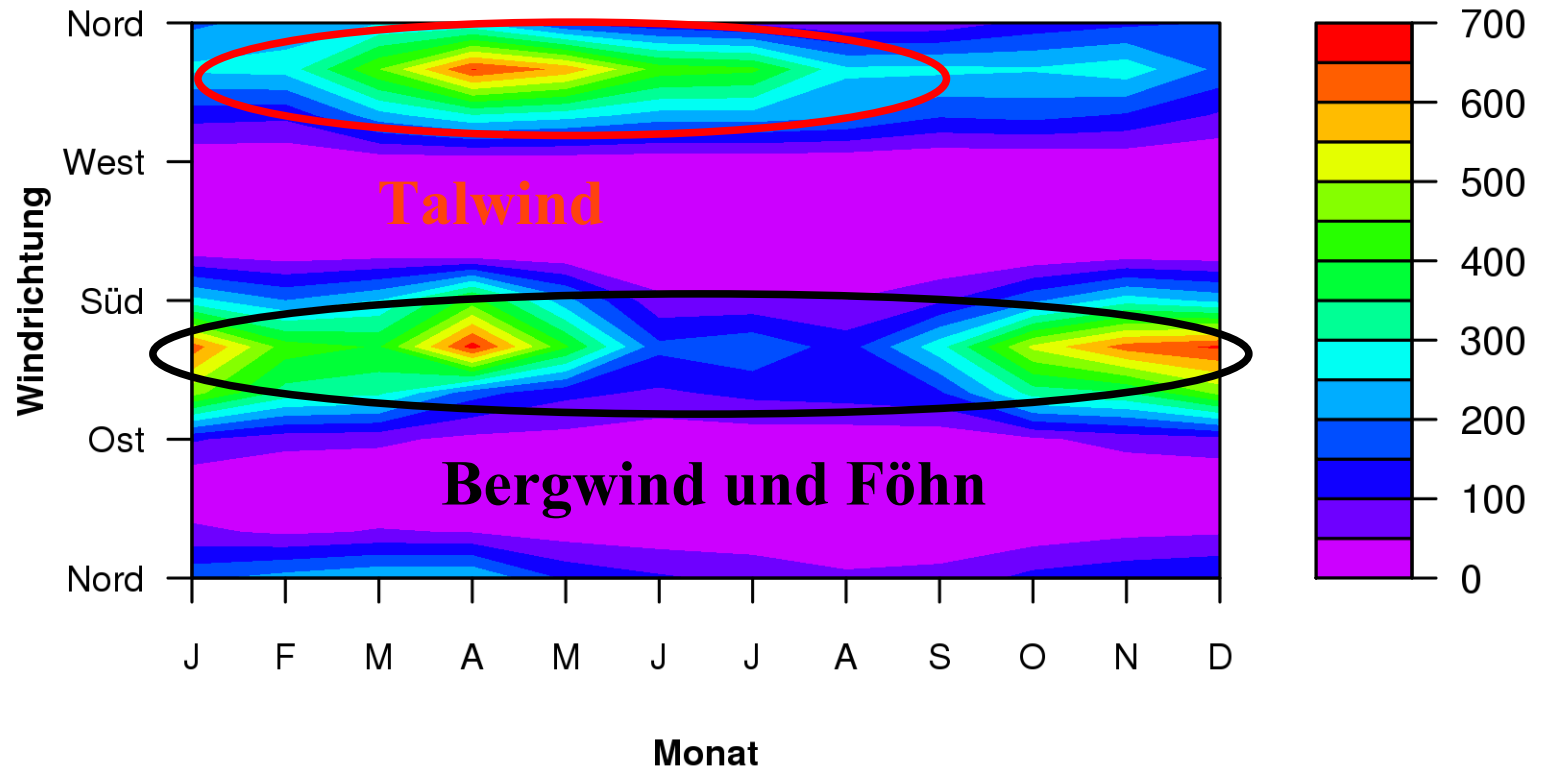
Talwind oft bei Schönwetter am Nachmittag



Langjährige Windreihe Vaduz - Au

Enercon E-53 Jahresertrag (719 MWh) Vaduz Au 460m ü.M.

MWh



Zeitraum: 01.1982-12.2009, Windmesser: 13.5m, Nabe: 70m, z0=0.3m, Verluste 3%

Talwind Maximum April-Mai

Föhn Maximum April/Nov.



Anlagenbeispiele im Alpenraum



- 600 kW-Anlage (E-40) auf dem Gütsch bei Andermatt seit 2004
- Höchstgelegene Windenergieanlage Europas
- Pro Jahr 0.9 Mio. KWh
- Deckt Bedarf von rund 250 Haushalten

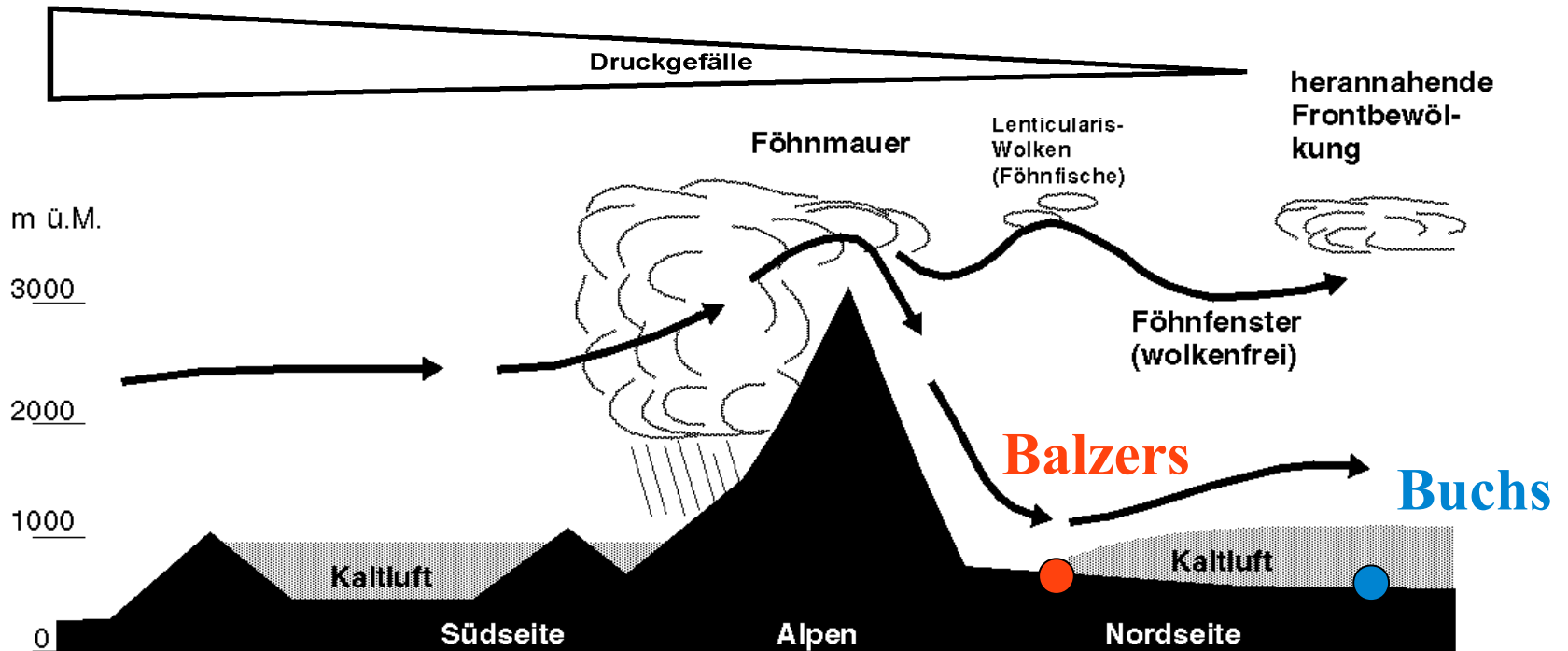


Vergleich Wind- und Sonnenenergie

	Sonnenenergie	Windenergie
Jährliches Bruttenergiepotential in Kilowattstunden pro Quadratmeter (kWh/m ²)	1'180	1'064
Stromerzeugungsanlage	Monokristalline Siliziumzellen	Windkraftanlage Enercon E-82
Landverbrauch der Stromerzeugungsanlage (m ²)	27	700
Maximale Leistung der Stromerzeugungsanlage (kWp)	5	2000
Jährlicher Stromertrag (kWh)	4'600	2'100'000
Anteil Winter (Okt. - Mär.) an Jahresproduktion (%)	37	62
Abdeckung Strombedarf für Anzahl Haushalte	1 – 1.5	400 - 600
Jährlicher Stromertrag pro kW maximale Leistung (kWh) / Vollaststunden (h)	920	1'050
Jährliche Produktionsstunden der Stromerzeugungsanlage (h)	4'340	5'410
Investitionskosten für Anlage pro kW maximale Leistung (Fr.)	4'000.-	2'500.-
Gesamtinvestitionskosten der Stromerzeugungsanlage (Fr.)	20'000.-	5'000'000.-
Stromgestehungskosten (Fr./kWh)	0.35 – 0.40	0.25 – 0.30
Energierücklaufzeit für die Herstellung der Anlage (Jahre)	1.5 – 3.5	0.25 – 0.5



Föhn – der älteste Rheintaler



Quelle: Stephan Bader, MeteoSchweiz

- Region Buchs ca. 4% oder 350 Stunden Föhn
- Region Balzers über 5% oder knapp 500 Stunden Föhn
- Am häufigsten Föhn im April/Mai und November



Windmessung Balzers-Neugüeter



Photo: Hans Frommelt, Solargenossenschaft

Turmmessung durch
Firma Meteotest, Bern
mit Windmessern auf
30 Metern, 40 Metern
und 50 Metern

Messkampagne von
März 2008 bis
März 2009



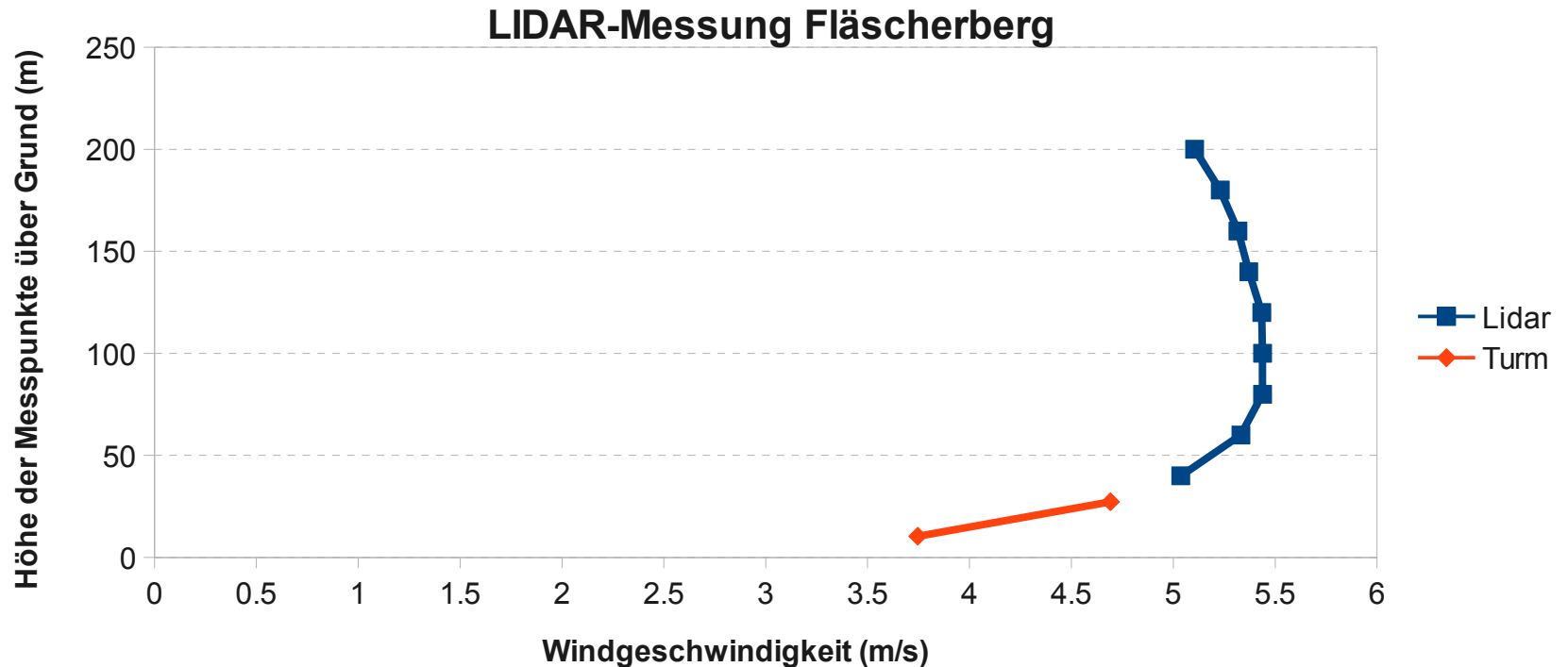
Windmessung mit LIDAR



- LIDAR = Light Detection And Ranging
- Windgeschwindigkeit und Windrichtung von 40m bis 200m über Grund
- Messwerte alle 10 Minuten
- Benötigt Stromanschluss 230V oder Stromgenerator



Kombination LIDAR / Turmmessung



Abstand zum Boden entscheidend für Windertrag!



Windpotential im Rheintal

Windenergie-Karte der Schweiz

Windgeschwindigkeit

- keine Anzeige
 - 50 m über Grund
 - 70 m über Grund
 - 100 m über Grund
- 0 - 2.4 m/s
 - 2.5-3.4 m/s
 - 3.5-4.4 m/s
 - 4.5-5.4 m/s
 - 5.5-6.4 m/s
 - 6.5-7.4 m/s
 - 7.5-8.4 m/s
 - >= 8.5 m/s

Resultat Windkonzept

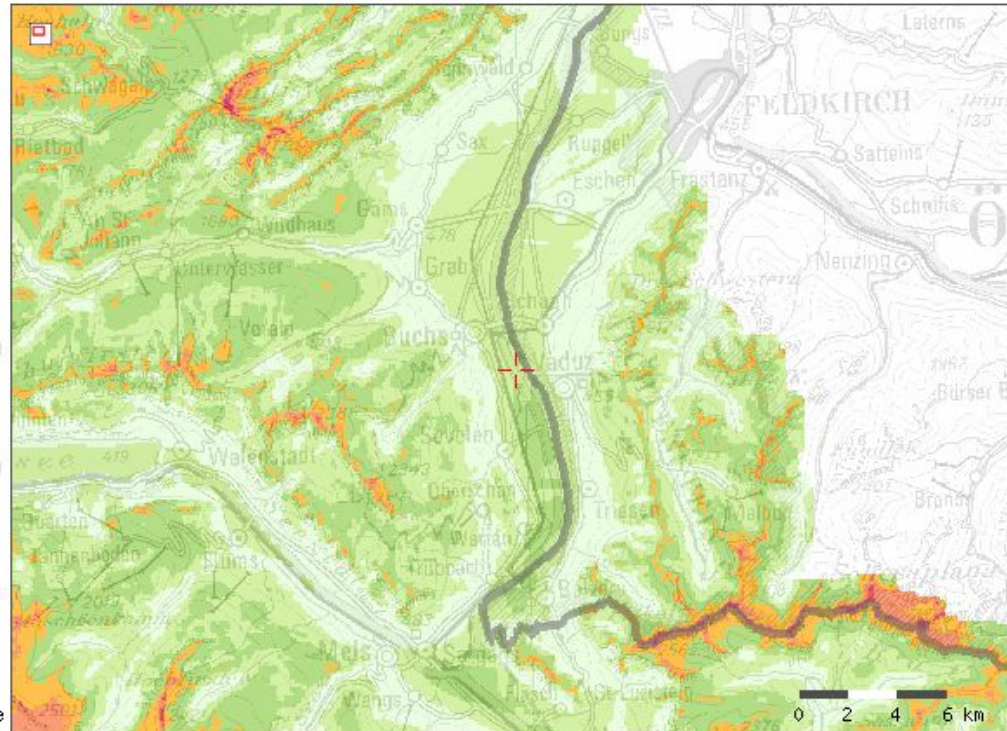
- Potenzialgebiete
- Standorte

Ausschluss-Kriterien

- Hangneigung zu steil
- Wald
- Siedlung mit Puffer
- schützenswerte Ortsbilder
- Natur- & Landschaftschutz
- Jagdbanngebiete
- BLN-Gebiete
- Auerhuhn-Potentialgebiete
- Vogelschutzgebiete
- Feuchtgebiete
- Trockenwiesen
- Nationalpark/UNESCO
- VAEW-Gebiete



Massstab: 1:200'000



Koordinaten (m): 735335 / 230204 X: Y: Zentrieren



suisse-éole

Allgemeine
Windenergie-
Informationen

im Auftrag des
Bundesamtes für
Energie



Realisierung



„Konzept Windenergie Schweiz“ basiert auf dieser Karte

Windenergie im Rheintal

Dr. Bruno Dürr, Sunergy GmbH und Solargenossenschaft Liechtenstein



Windpotential Region Gams

Windenergie-Karte der Schweiz

Windgeschwindigkeit

- keine Anzeige
- 50 m über Grund
- 70 m über Grund
- 100 m über Grund
- 0 - 2.4 m/s
- 2.5-3.4 m/s
- 3.5-4.4 m/s
- 4.5-5.4 m/s
- 5.5-6.4 m/s
- 6.5-7.4 m/s
- 7.5-8.4 m/s
- >= 8.5 m/s

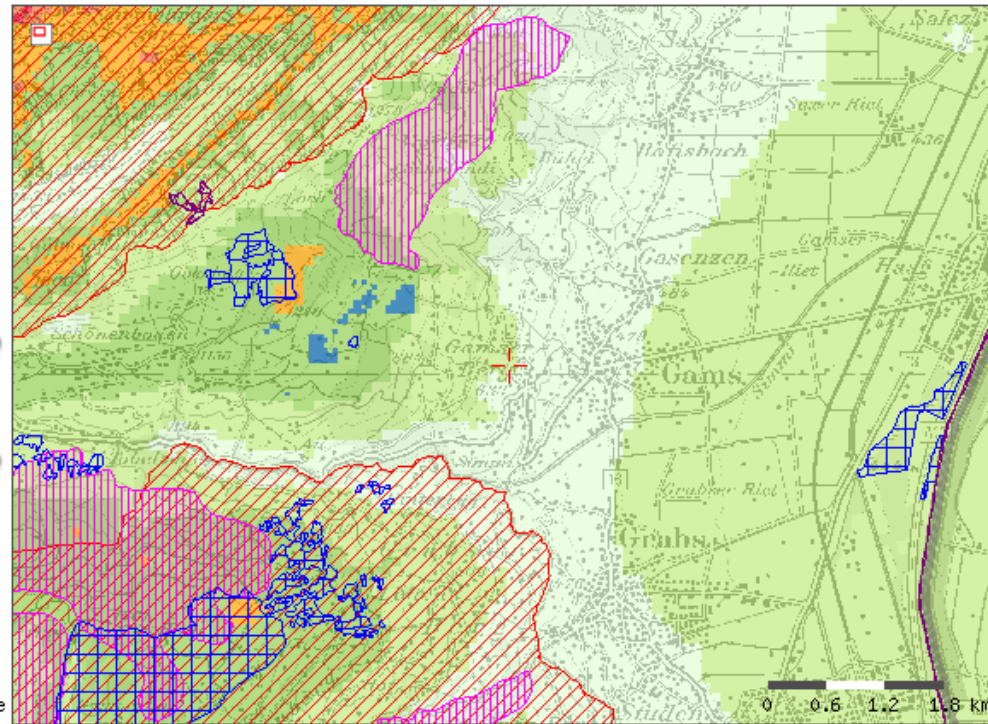
Resultat Windkonzept

- Potenzialgebiete
- Standorte

Ausschluss-Kriterien

- Hangneigung zu steil
- Wald
- Siedlung mit Puffer
- schützenswerte Ortsbilder
- Natur- & Landschaftschutz
 - Jagdbanngebiete
 - BLN-Gebiete
 - Auerhuhn-Potentialgebiete
 - Vogelschutzgebiete
 - Feuchtgebiete
 - Trockenwiesen
 - Nationalpark/UNESCO
 - VAEW-Gebiete

Massstab: 1:50'000



Koordinaten (m): 750481 / 233616 X: Y: Zentrieren



suisse·éole

Allgemeine Windenergie-Informationen

im Auftrag des Bundesamtes für Energie



Realisierung



Potentialgebiet Heeg – Schwendi (blaue Flächen)

Windenergie im Rheintal

Dr. Bruno Dürr, Sunergy GmbH und Solargenossenschaft Liechtenstein