

Windenergie in der Schweiz – eine Herausforderung für die Zukunft

16. November 2011

Dr. Bruno Dürr, Klimatologe
Sunergy GmbH, Buchs SG



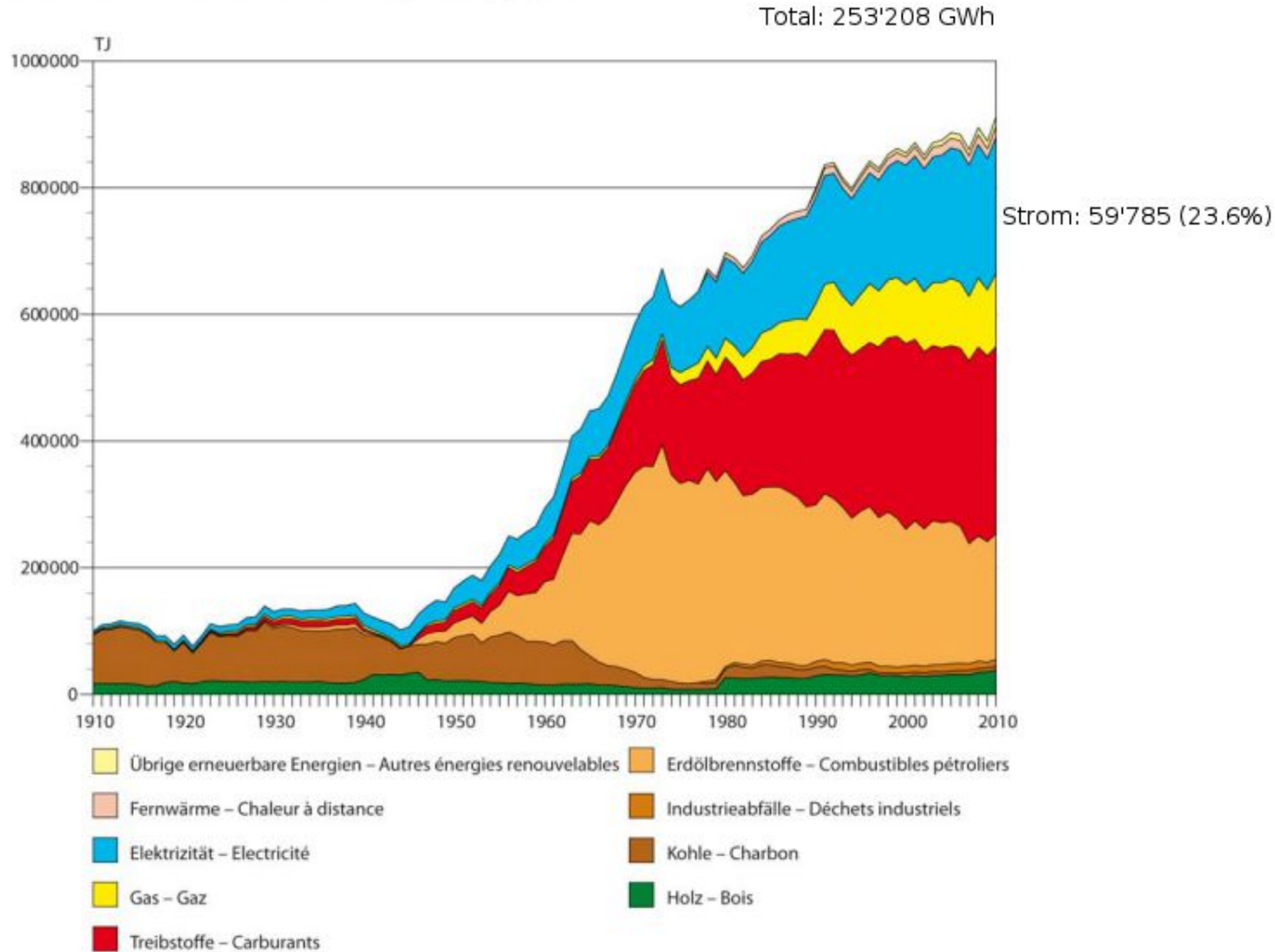
Inhalt:

- **1. Teil: Nutzung der Windkraft heute**
 - **Energie- und Stromverbrauch Schweiz**
 - **Windkraftnutzung Europa / Alpenraum**
 - **Beispiele bestehender Windanlagen**
- **2. Teil: Nutzung der Windkraft morgen**
 - **Ausbauziele für die Schweiz**
 - **Planungsgrundlagen**
 - **Standortevaluation: Beispiel Rheintal**



Entwicklung Energieverbrauch CH

Endenergieverbrauch 1910–2010 nach Energieträgern
Consommation finale 1910–2010 selon les agents énergétiques

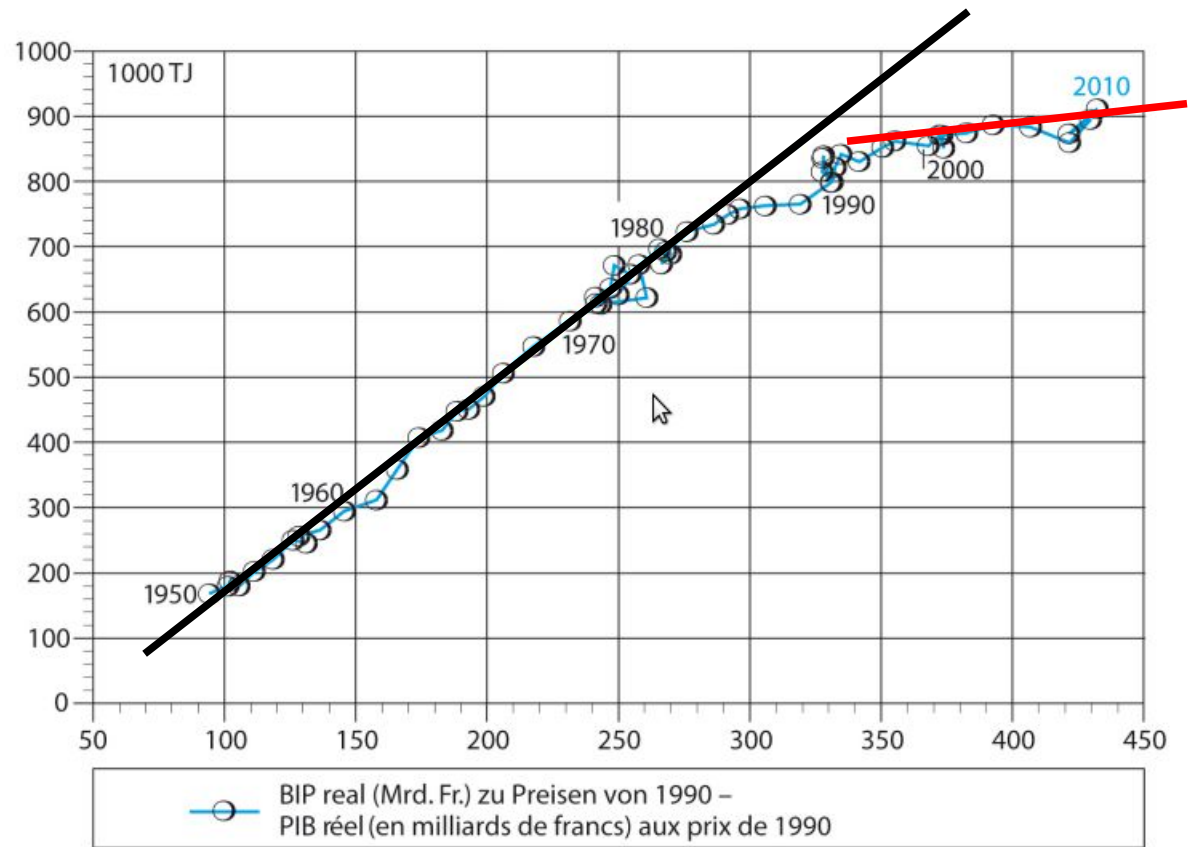




Energie und Wirtschaftsleistung CH

Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und wirtschaftlicher Entwicklung (1950-2010)
Relation entre la consommation finale et l'évolution économique (1950-2010)

Seit ca. 1995 ist das Wachstum der Wirtschaft vom Wachstum des Energieverbrauchs beinahe entkoppelt!

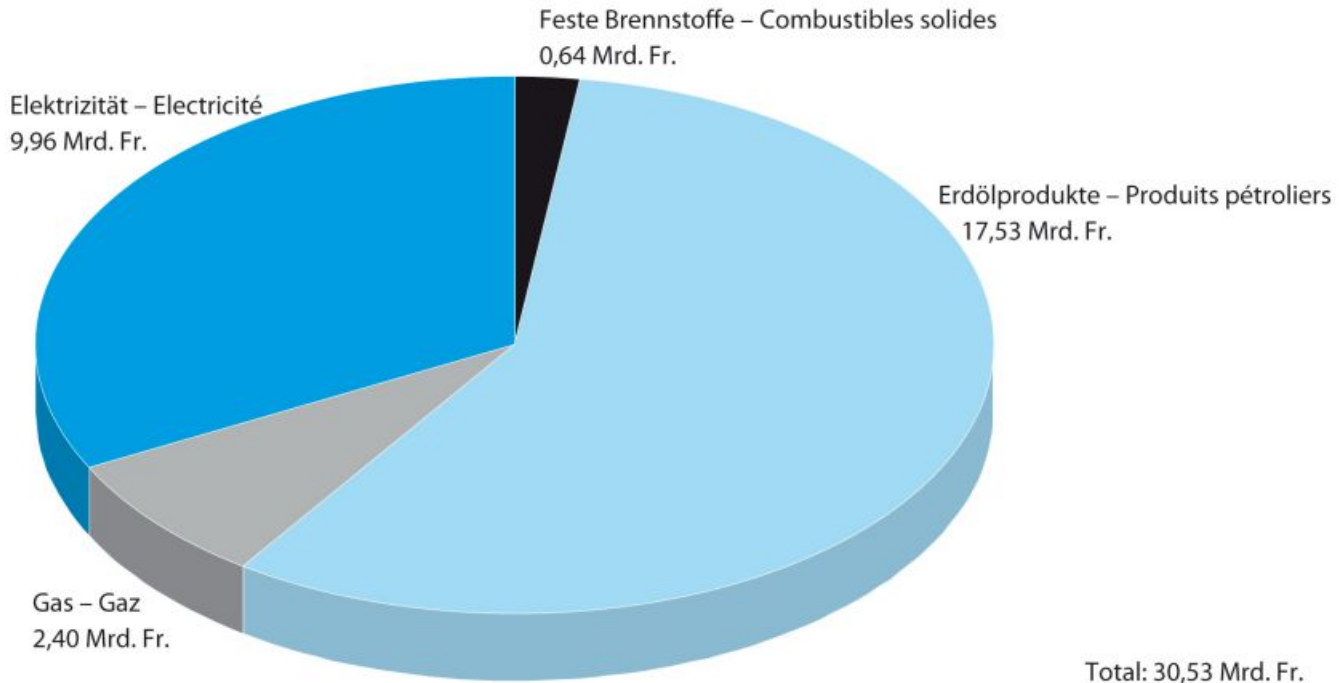


Quelle: BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2010
Source: OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2010



Energiekosten für Endverbraucher CH

Endverbraucher-Ausgaben für Energie 2010
Dépenses des consommateurs finaux d'énergie 2010



Quelle: BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2010
Source: OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2010

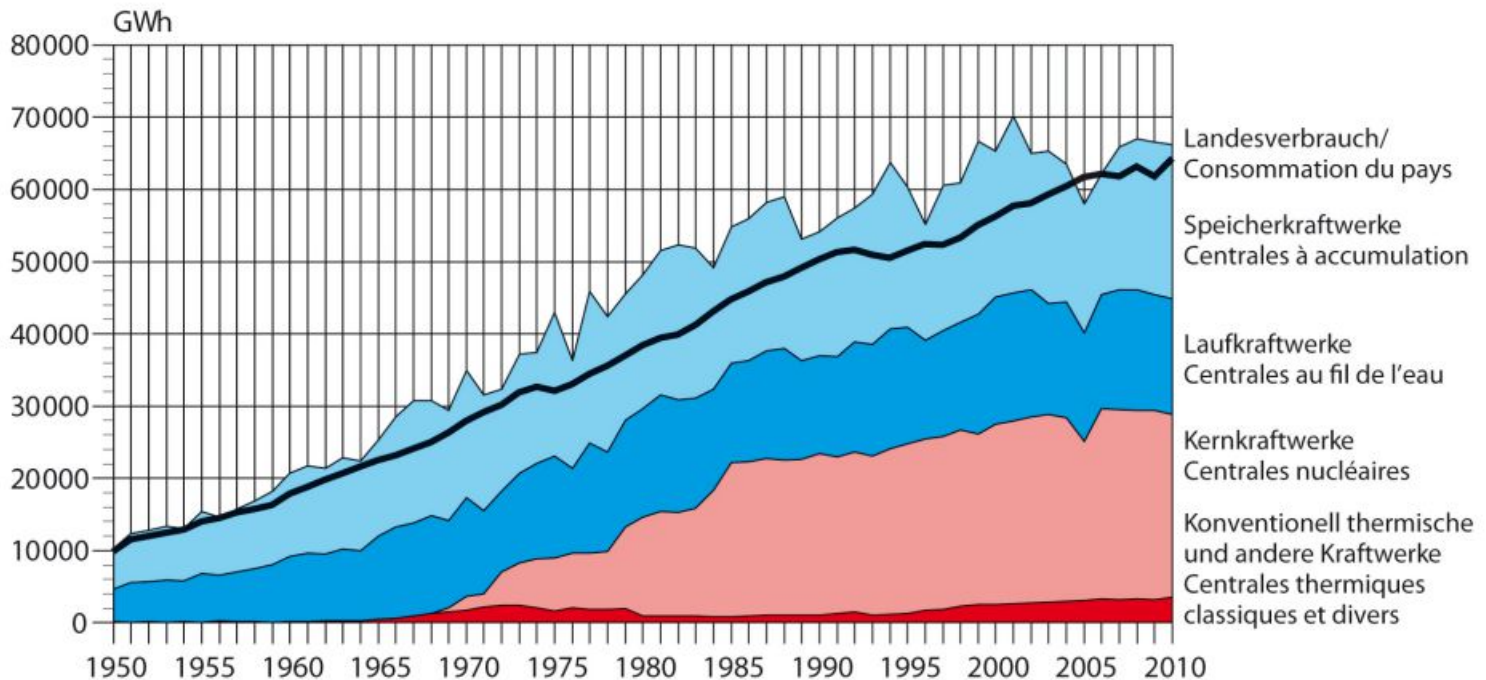
Über 15 Mia Franken fließen jährlich ins Ausland!



Stromproduktion und -Verbrauch CH

Stromproduktion der Schweiz nach Erzeugerkategorien seit 1950

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



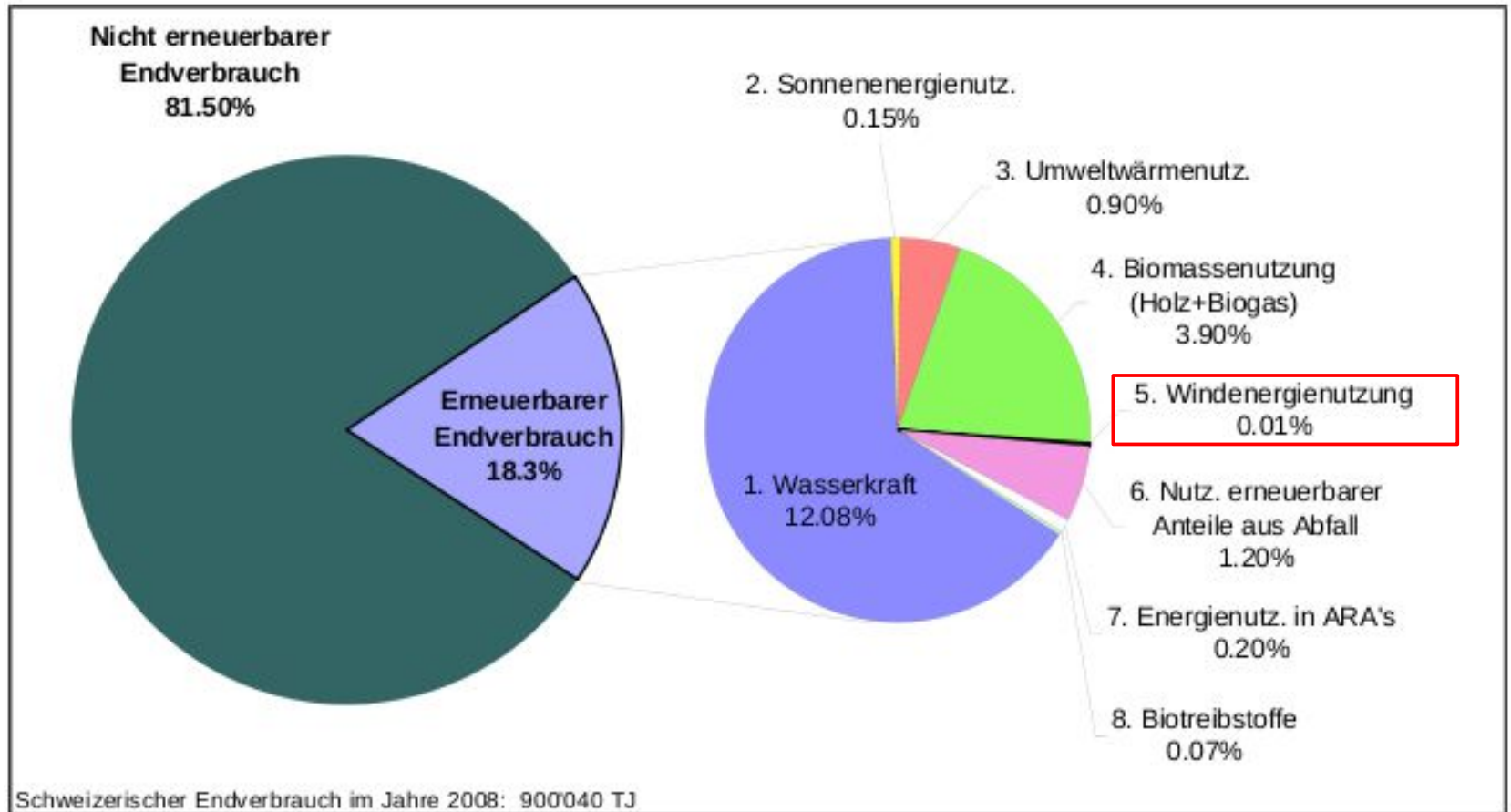
Quelle: BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2010

Source: OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2010

Heute 6 Mal höherer Verbrauch als 1950!



Energieverbrauch und Windanteil

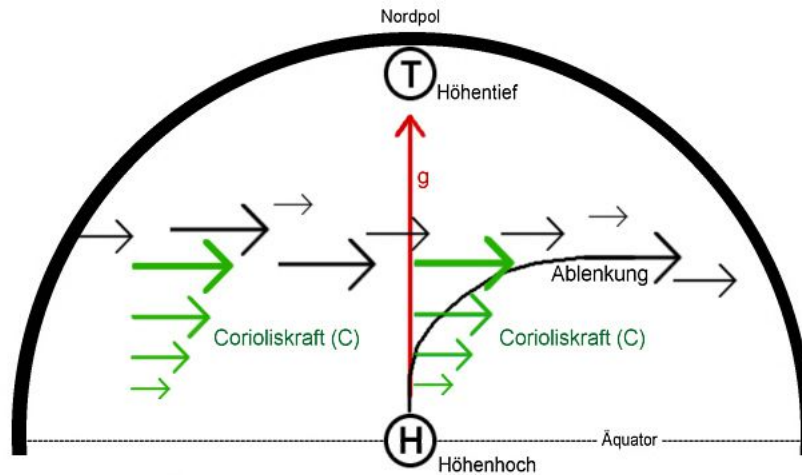
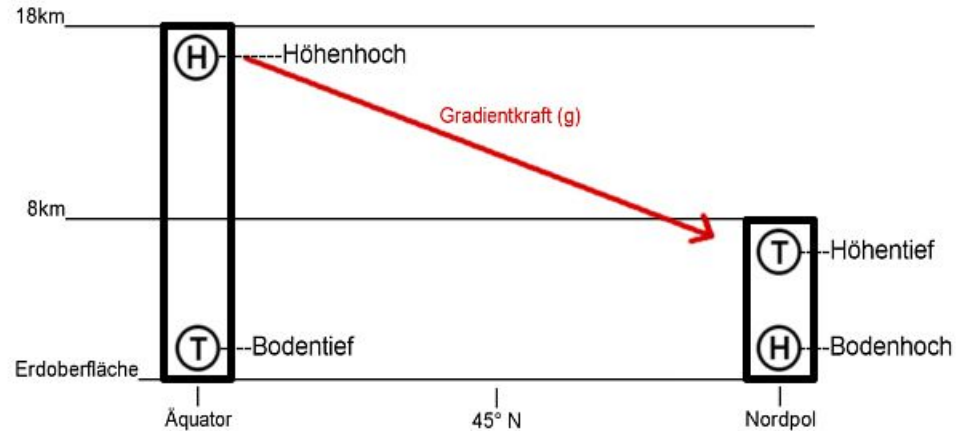


Windanteil marginal – grosse geopolitische Abhängigkeit!



Windsysteme: global

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



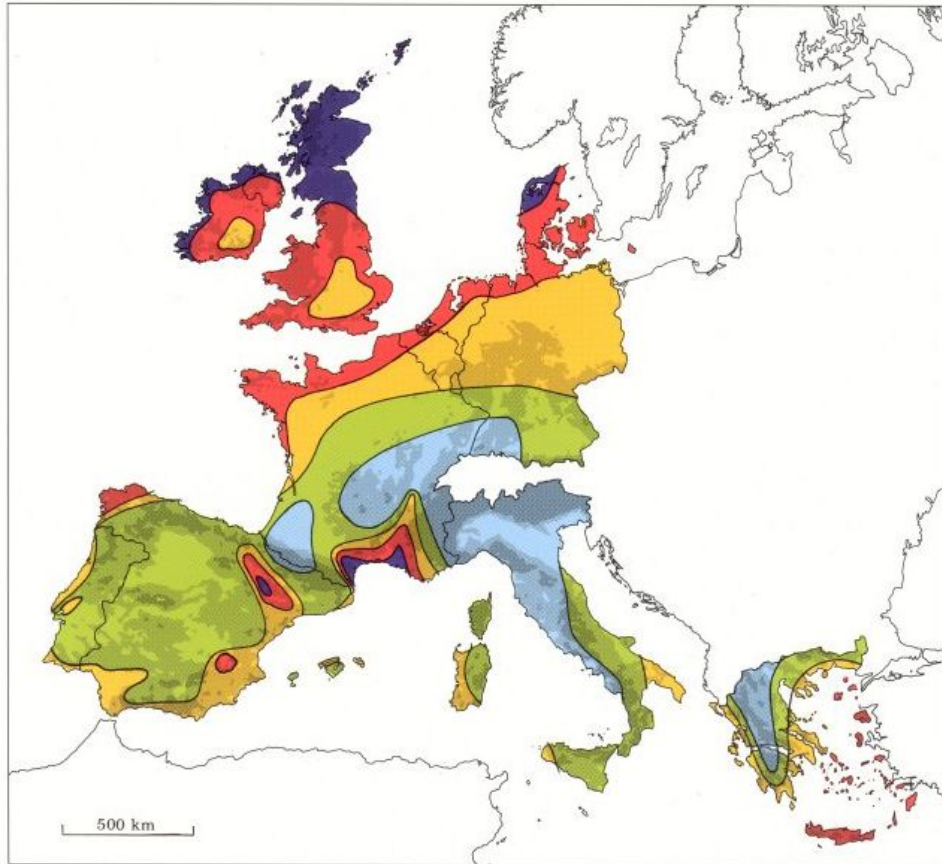
NORDHALBKUGEL
HÖHENKARTE

Erddrehung führt zu
Ablenkung von Wind:
Westwindzone



Windsysteme: Europa

European wind resources at 50 metres a.g.l.



Stark vereinfachte Karte (Jahr: 1989):

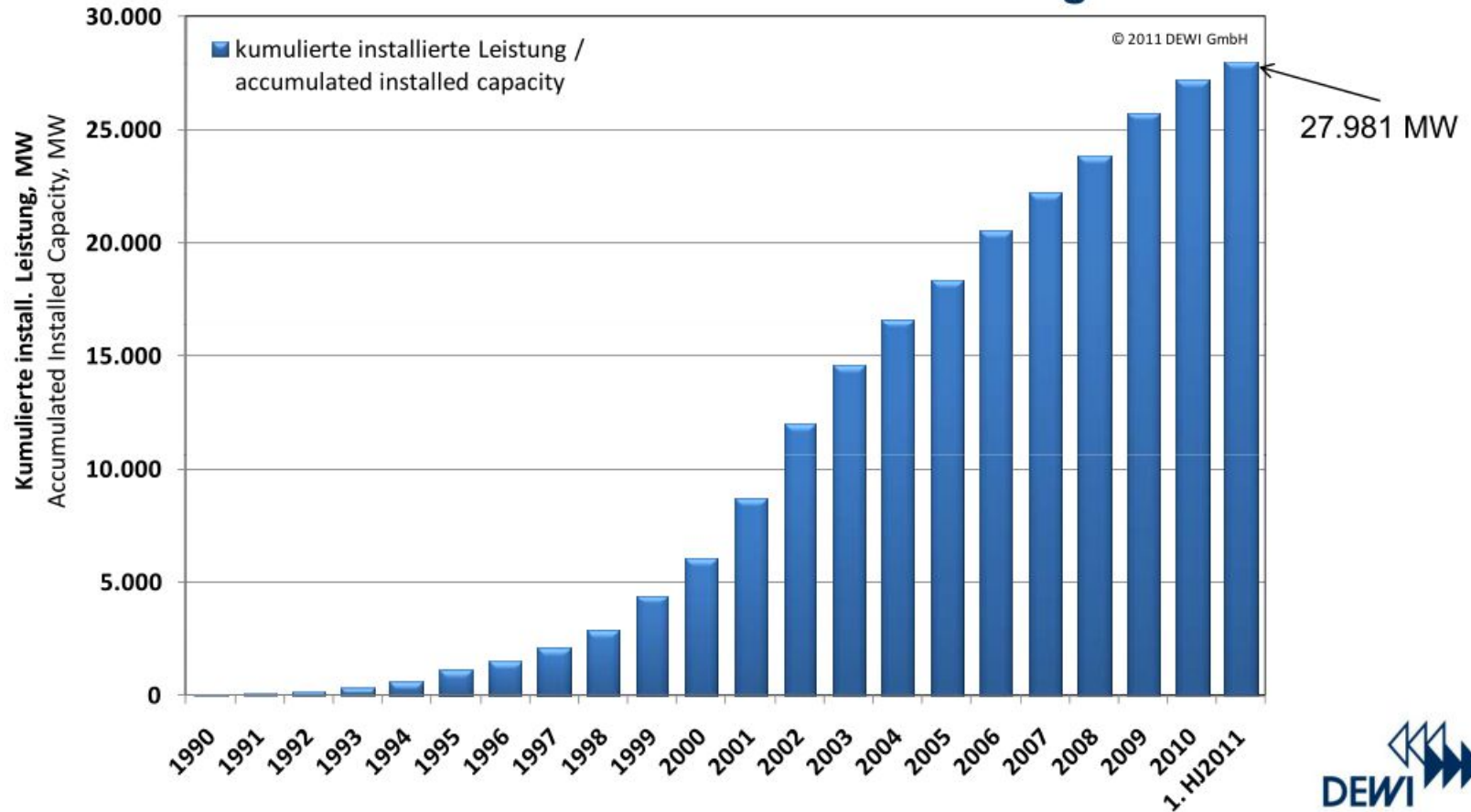
- Britische Inseln und Nordseeküste in der Westwindzone
- Mitteleuropa schwache Winde oder sogar unbekannt

Wind resources ¹ at 50 metres above ground level for five different topographic conditions									
Sheltered terrain ²		Open plain ³		At a sea coast ⁴		Open sea ⁵		Hills and ridges ⁶	
$m s^{-1}$	Wm^{-2}	$m s^{-1}$	Wm^{-2}	$m s^{-1}$	Wm^{-2}	$m s^{-1}$	Wm^{-2}	$m s^{-1}$	Wm^{-2}
> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0- 8.5	400- 700
< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400



Windkraftnutzung Deutschland

Kumulierte installierte Leistung



www.dewi.de

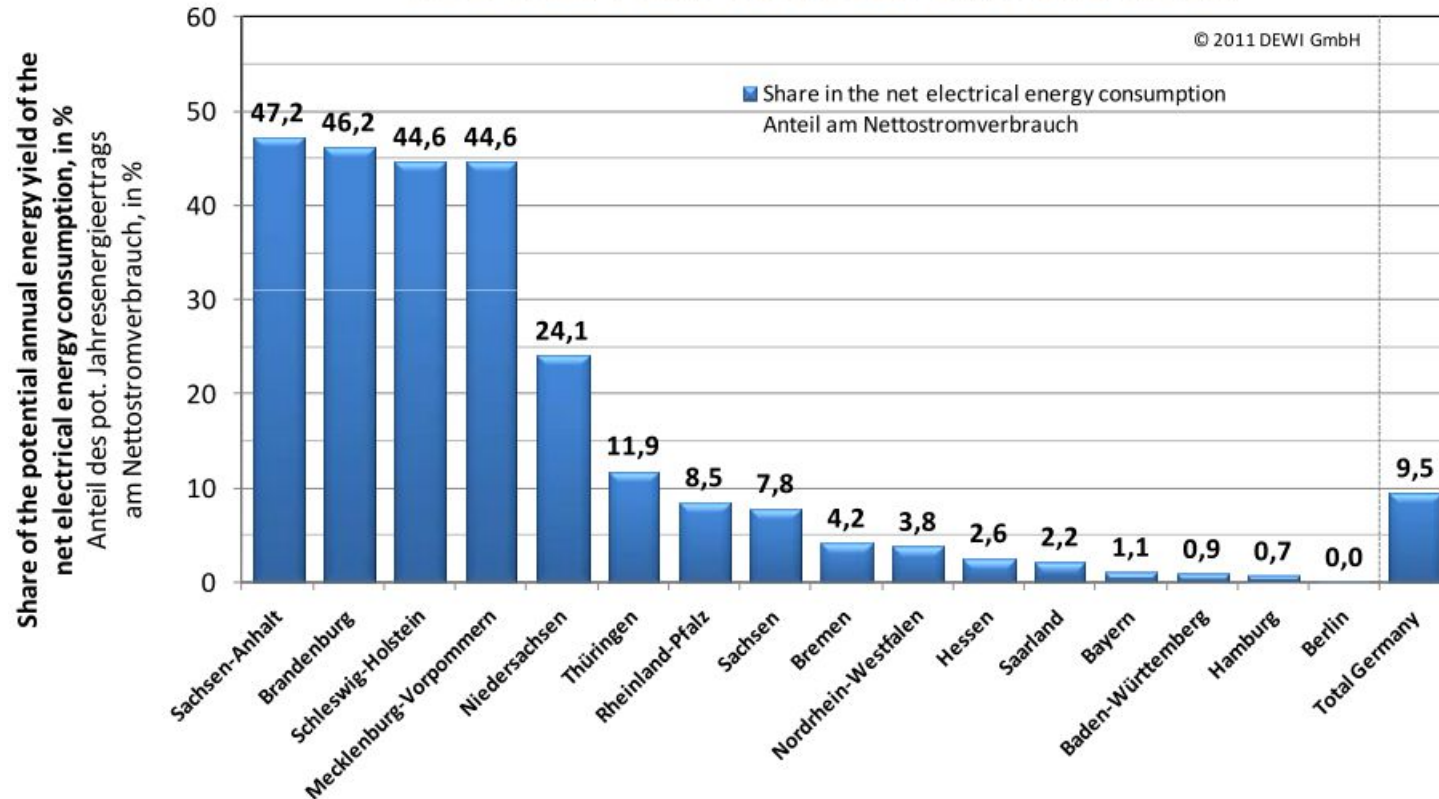


600 Mal mehr installierte Windleistung als in der Schweiz



Windkraftnutzung Deutschland

Anteil des potentiellen Jahresenergieertrags aus WEA am Nettostromverbrauch



www.dewi.de

* Grundlage ist der aktuell gültige Windindex (IWET) als Mittelwert der Jahre 2003-2010, Nettostromverbrauch für 2010 lt. BDEW (Bundesländer hochgerechnet)



Baden-Württemberg / Bayern ca. 1% Anteil am Jahresverbrauch



Windsysteme: Alpenraum

Lotteraner, 2009: VERA-Analyse

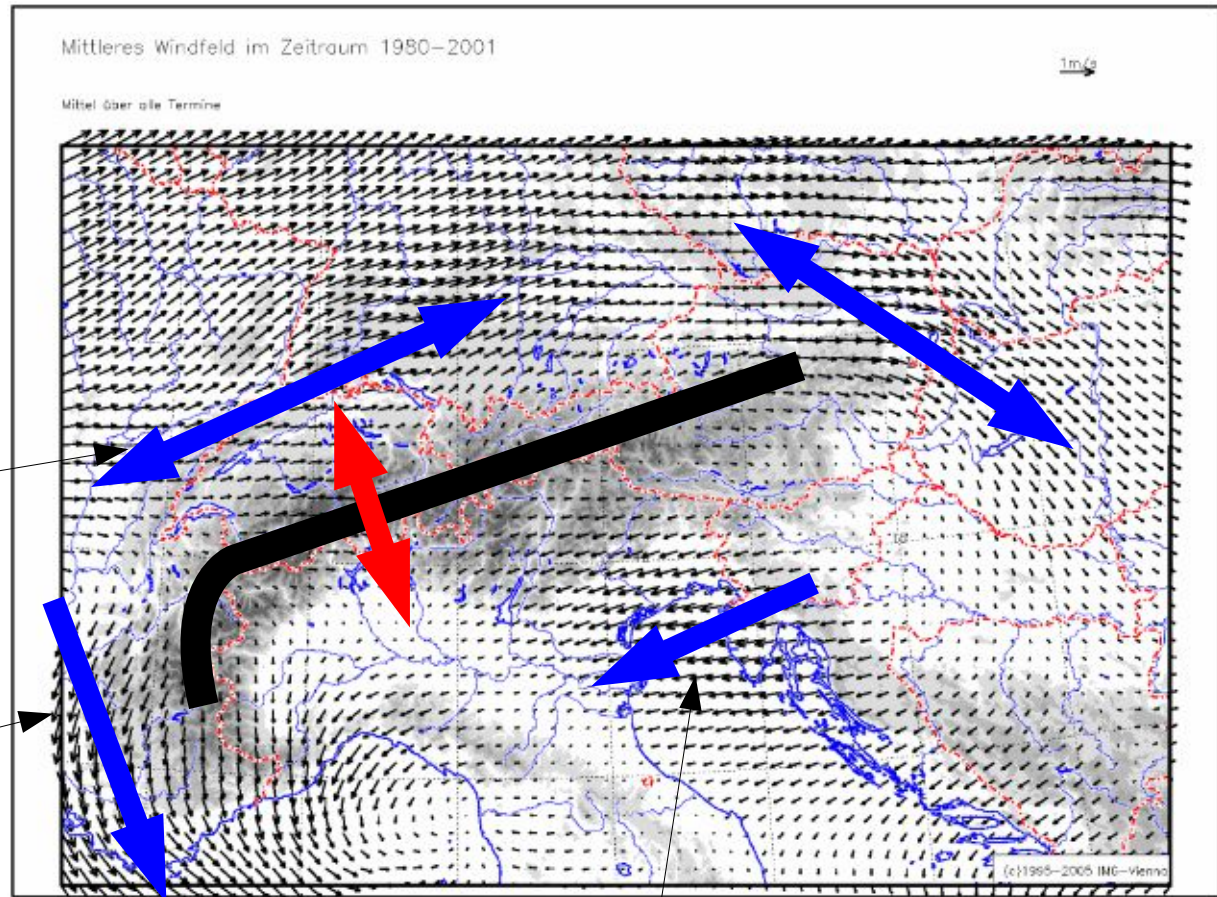
Alpenbogen

Umströmung Alpen

Föhn (Nord/Süd)

Bise - Westwind

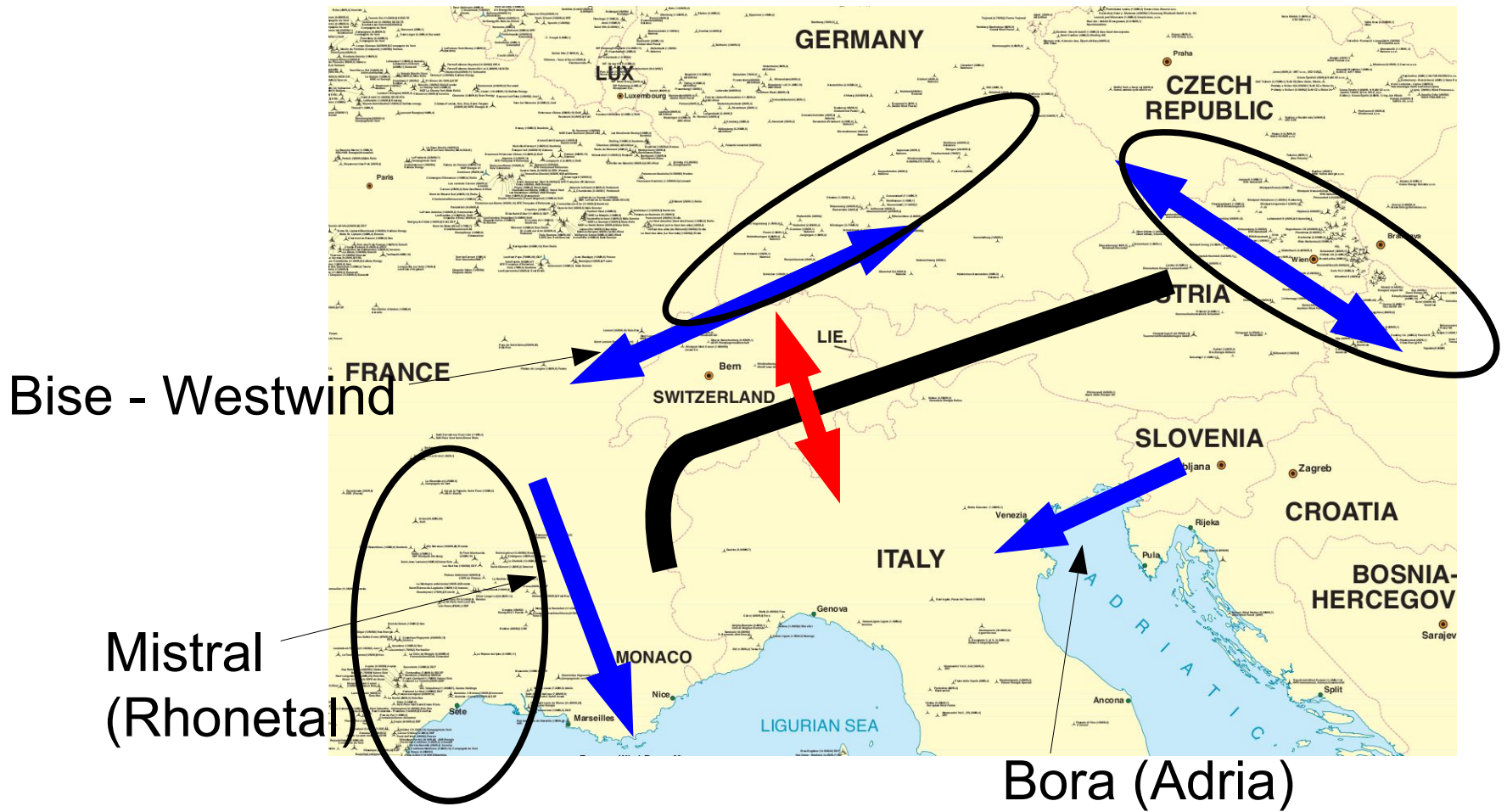
Mistral
(Rhonetal)



Bora (Adria)

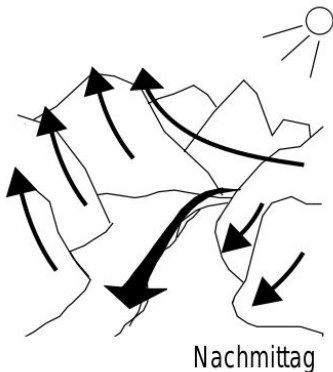
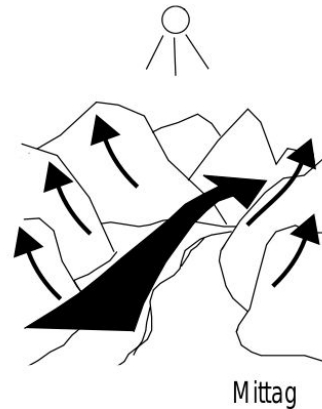
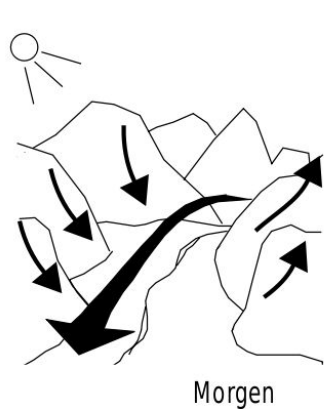


Windkraftanlagen im Alpenraum





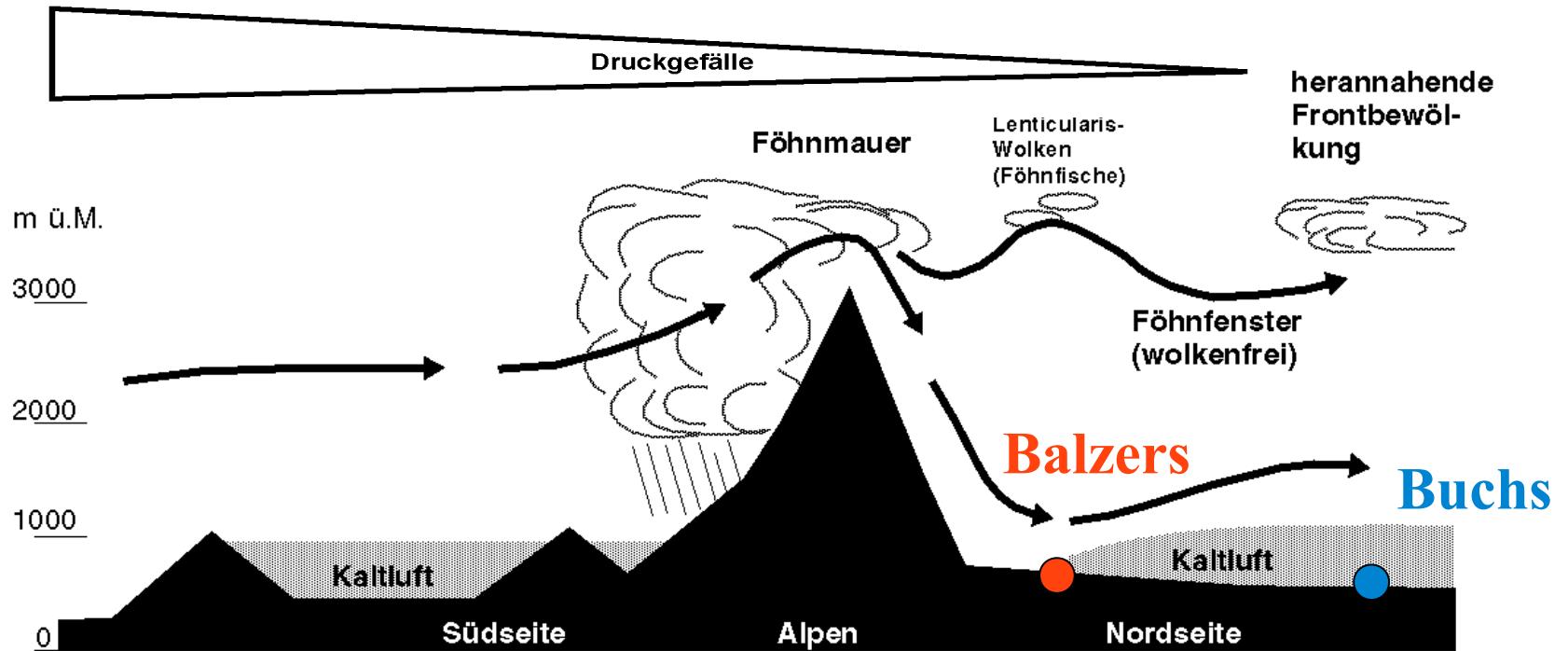
Windsysteme Alpental: Berg-/Talwind



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



Windsysteme Alpental: der Föhn

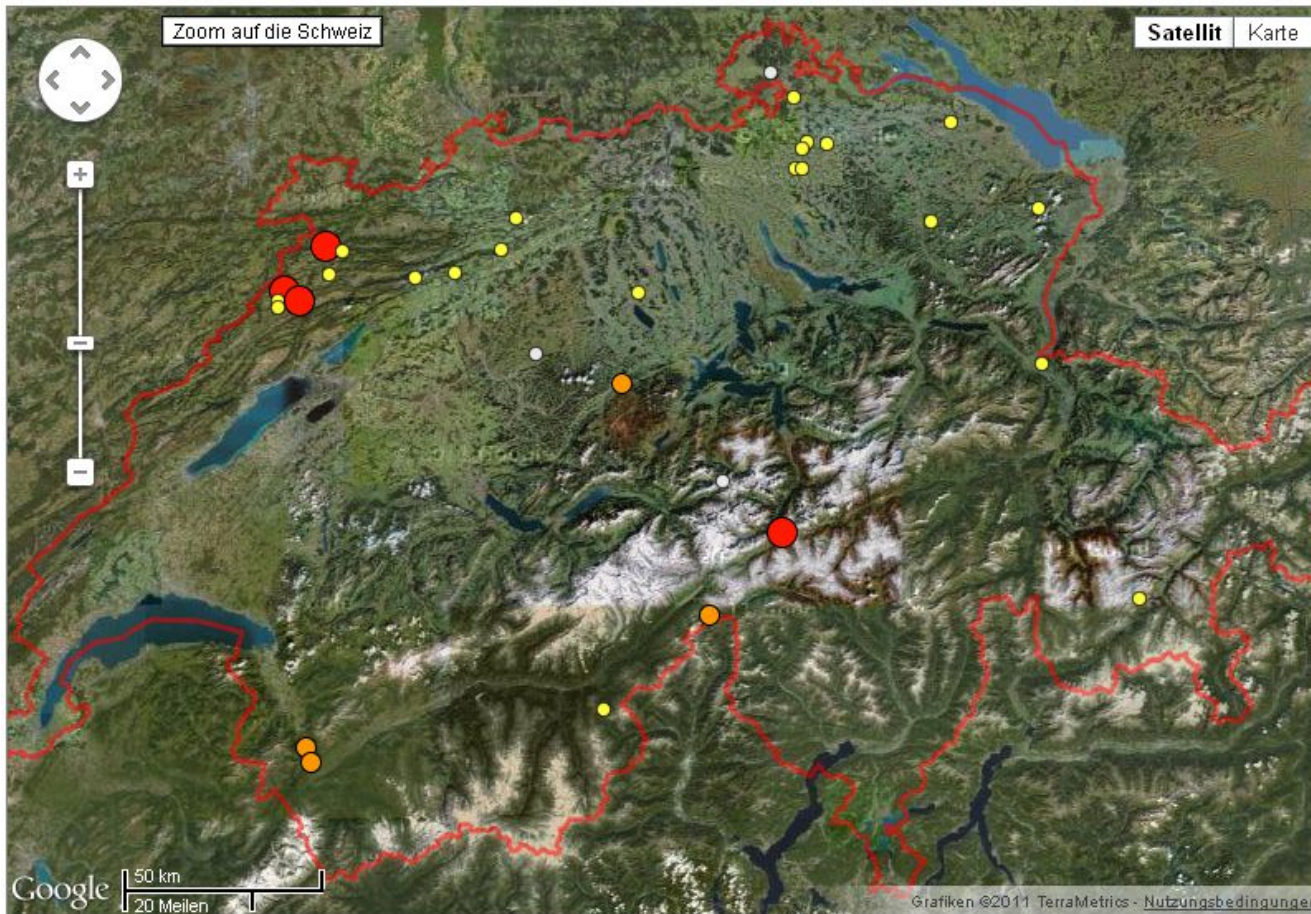


Quelle: Stephan Bader, MeteoSchweiz

- 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



Stand Windkraftanlagen 2011 CH



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

Gesamte installierte Leistung: 45.2 Megawatt (MW)



Vergleich Ausnutzungsdauer Kraftwerke

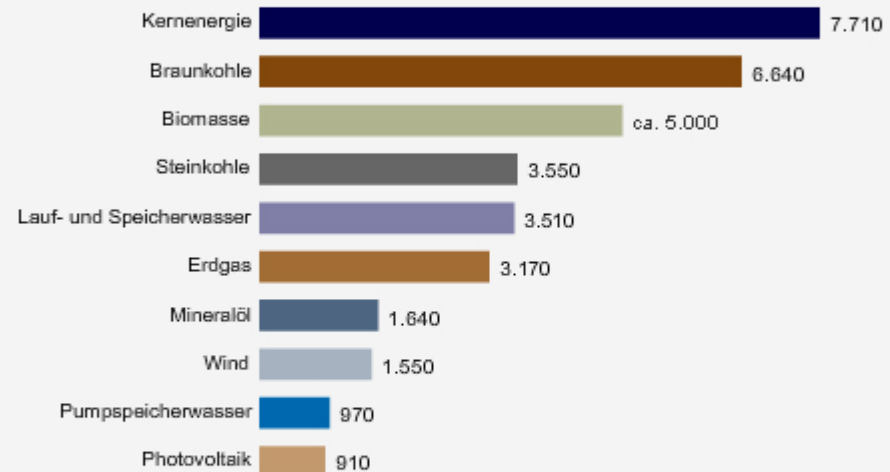
Kernenergie und Kohle liefern Grundlaststrom = viele Volllaststunden

Wind und Sonne liefern Spitzenlaststrom, jedoch nicht auf Knopfdruck = wenige Volllaststunden

Kraftwerk ist nicht gleich Kraftwerk



Durchschnittliche Ausnutzungsdauer* der Kraftwerke im Jahr 2007 in Stunden



* Die Ausnutzungsdauer kennzeichnet den Einsatz der Kraftwerke. Sie geht von der Netto-Leistung und den 8 760 Stunden des Jahres aus. Bei der Ausnutzungsdauer wird für die tatsächlich erzeugte Strommenge ermittelt, in wieviel Stunden sie bei voller Leistung der Anlage erreicht worden wäre. In der Praxis werden die Anlagen jedoch nicht ständig mit voller Leistung eingesetzt, sondern entsprechend dem Strombedarf.

Quellen: Statistisches Bundesamt, BDEW (Stand: September 2010)

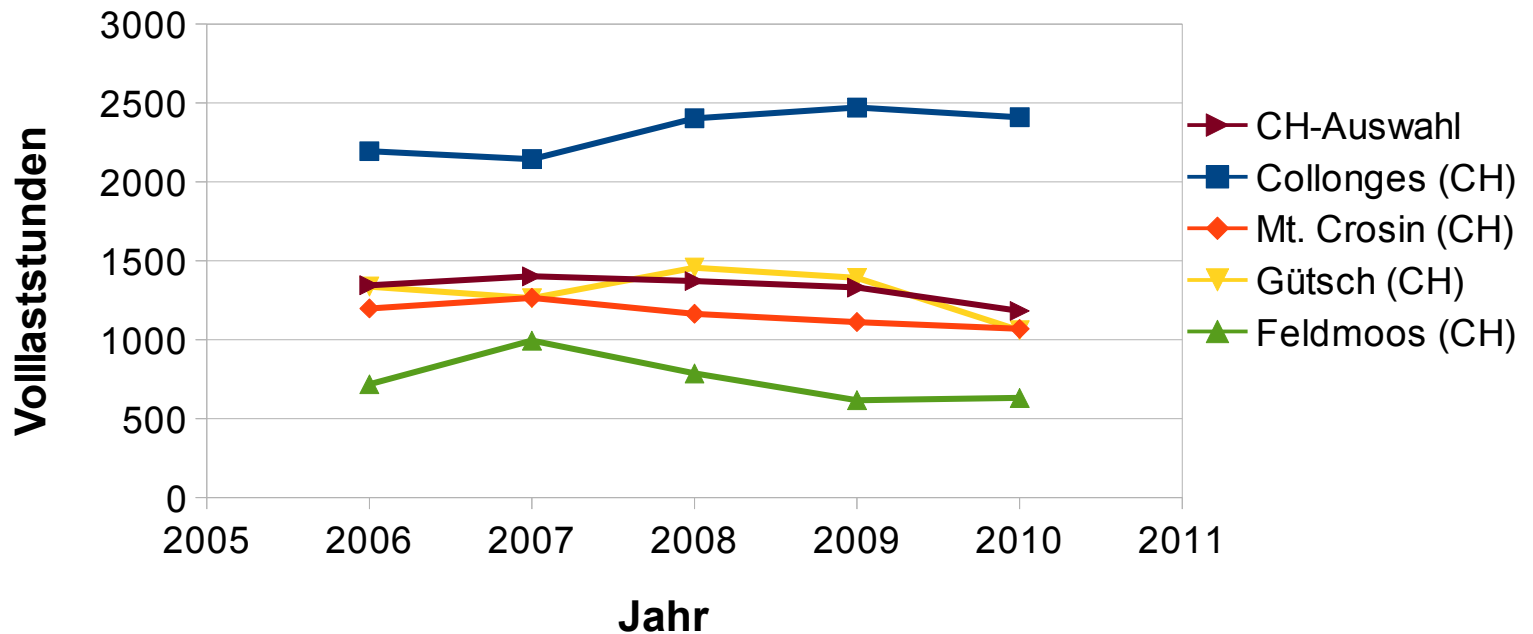
iCharts



Volllaststunden Windkraftnutzung CH

Windkraftnutzung: Ausnutzungsdauer / Volllaststunden

Vergleich Schweizer Standorte



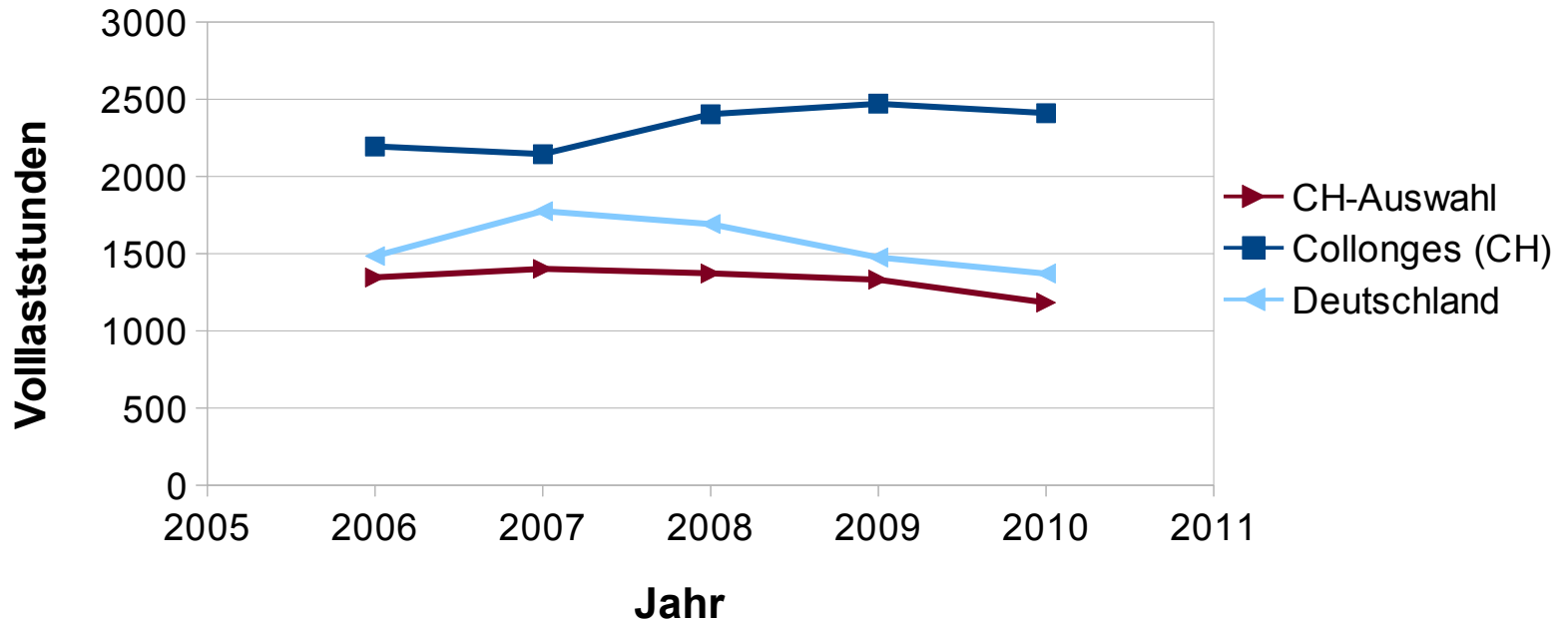
Grosse räumliche Unterschiede in der Schweiz



Vergleich Volllaststunden mit Deutschland

Windkraftnutzung: Ausnutzungsdauer / Volllaststunden

Vergleich Deutschland - Schweiz



Collonges verhält sich anti-zyklisch zu Deutschland



Windkraft: Wie gewinnt man Windstrom?

Anlagenleistung =

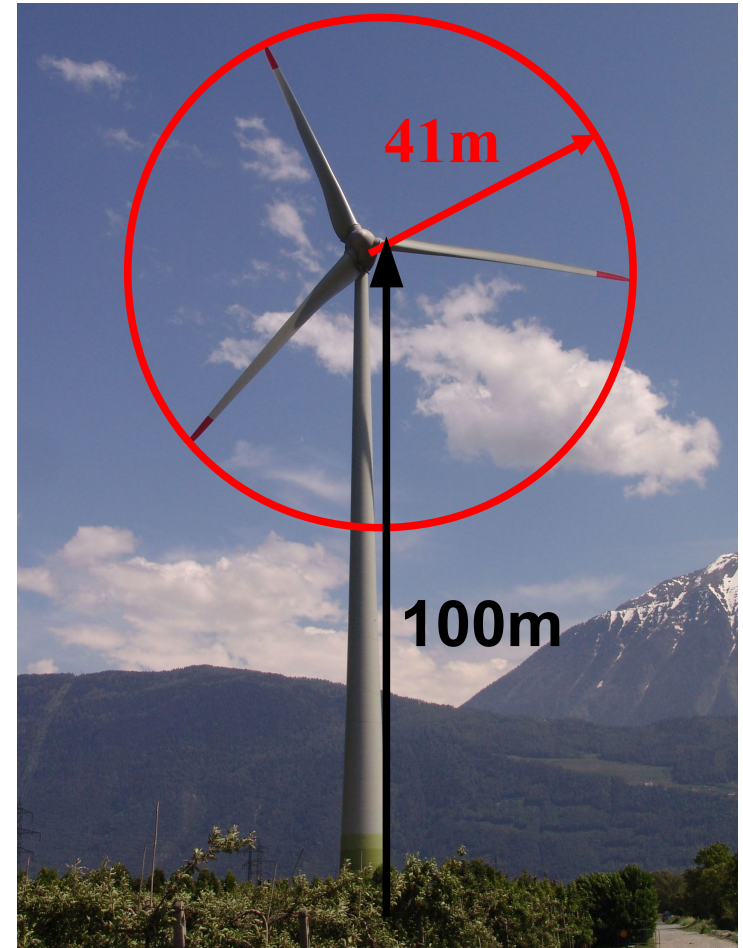
Windgeschwindigkeit hoch 3*

Kreisfläche *

Luftdichte *

Leistungsbeiwert

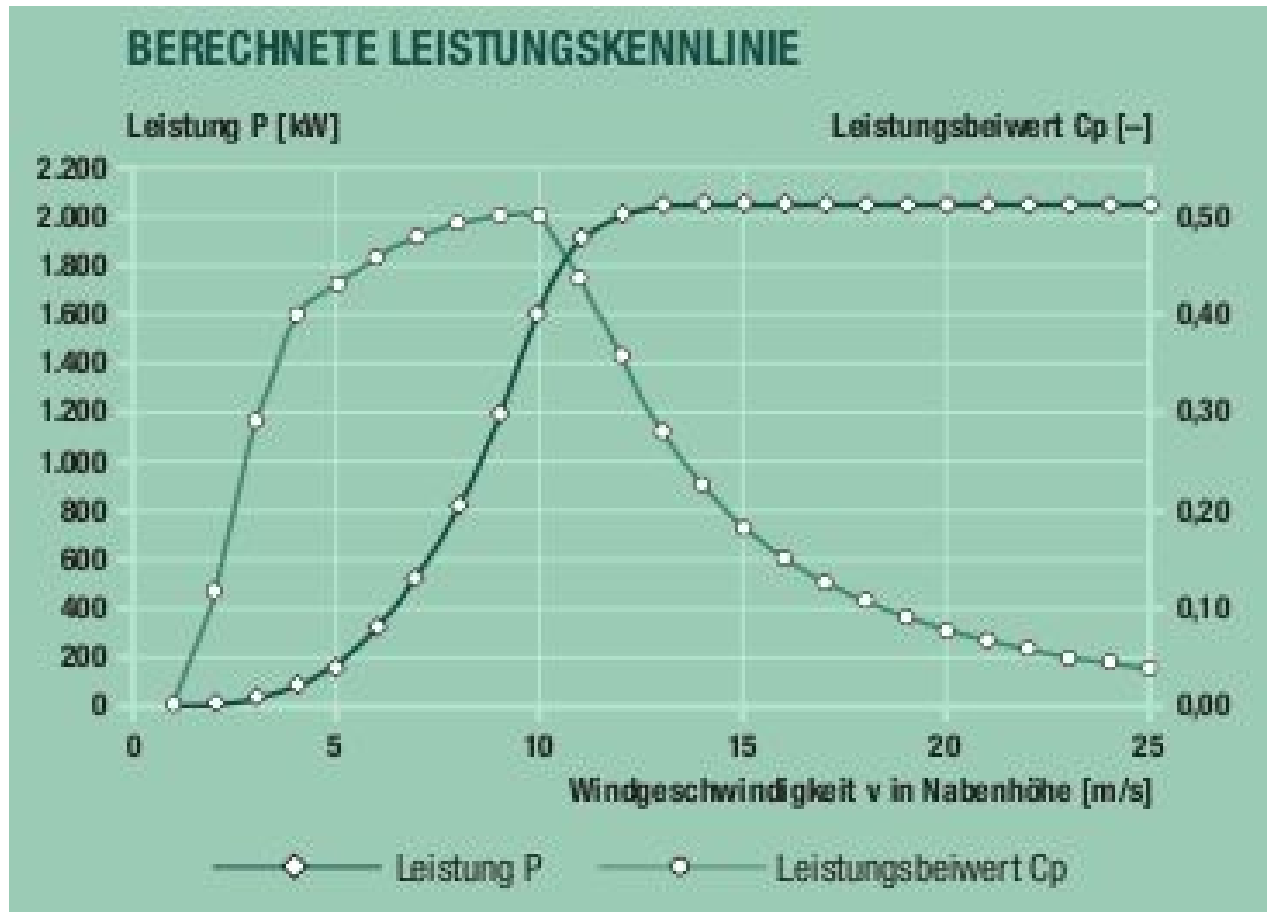
**Doppelte Windgeschwindigkeit =
8 Mal mehr Windstromertrag!**



E-82 Vernayaz, Unterwallis



Erntegrad / Leistungsbeiwert



E-82

Maximal möglicher Erntegrad: 59% (0.59)



Was ist sinnvoller: Eine grosse ...

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



suisse · éole



... oder viele kleine Windturbinen?

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





Anlagenbeispiele im Alpenraum



- 2000 kW Anlage (E-70) seit 2005
- Gemeinde Collonges mit ca. 480 Einwohnern
- Jahresertrag 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
- Jahresertrag 5 GWh
- Deckt Bedarf von rund
1200 – 1400 Haushalten



Anlagenbeispiele im Alpenraum



- 600 kW-Anlage (E-40) auf dem Gütsch bei Andermatt seit 2004
- 2 weitere Anlagen im Betrieb seit 2010
- Extreme Bedingungen bezüglich Blattvereisung



Energiegemeinde Wildpoldsried (DE-Allgäu)



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



Fazit Windenergie Schweiz heute

- Grosse Auslandsabhängigkeit der Schweiz wegen Energieimporten
- Total installierte Windleistung: 43 MW
- Anteil an CH-Stromproduktion: 0.12%
- Ausnutzungsdauer Windanlagen Schweiz nur rund 10% geringer als in Deutschland
- Windklima regional sehr unterschiedlich



Inhalt:

- 1. Teil: Nutzung der Windkraft heute
 - Energie- und Stromverbrauch Schweiz
 - Windkraftnutzung Europa / Alpenraum
 - Beispiele bestehender Windanlagen
- **2. Teil: Nutzung der Windkraft morgen**
 - **Ausbauziele für die Schweiz**
 - **Planungsgrundlagen**
 - **Standortevaluation: Beispiel Rheintal**



BfE Energieperspektiven 2035

Tabelle B-30 **Szenario II, Variante A**
Elektrizitätserzeugung aus neuen erneuerbaren Energien
(ohne Wasserkraft), hydrologisches Jahr, in GWh_{el}

	1990	1995	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
ungekoppelt											
Photovoltaikanlagen	1.1	5.5	11.0	16.6	16.6	19.6	23.6	31.0	56.2	105.0	165.0
Windenergieanlagen	0.0	0.1	3.0	5.2	11.1	44.9	139.7	286.3	432.9	625.0	750.0

Bis 2035 Anteil Windstrom 1.25% durch vermehrte Regulation

Tabelle B-79 **Szenario III, Variante E**
Elektrizitätserzeugung aus neuen erneuerbaren Energien
(ohne Wasserkraft), hydrologisches Jahr, in GWh_{el}

	1990	1995	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
ungekoppelt											
Photovoltaikanlagen	1.1	5.5	11.0	16.6	19.4	56.6	141.6	336.0	656.2	1'100.0	1'884.0
Windenergieanlagen	0.0	0.1	3.0	5.2	11.1	64.9	314.7	1'011.3	1'757.9	2'000.0	2'250.0

Bis 2035 Anteil Windstrom 3.75% durch extreme Regulation



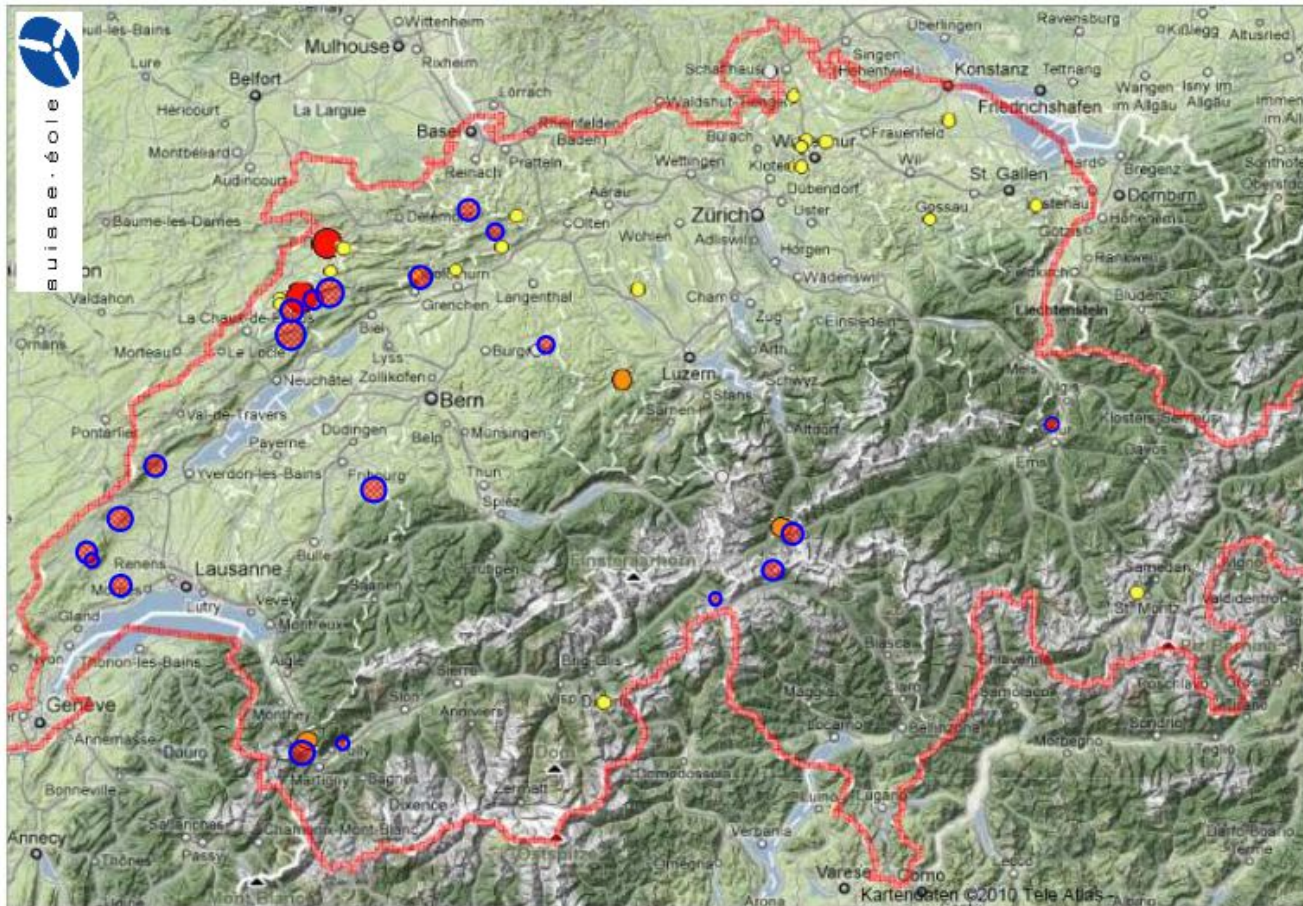
BfE Szenario III in der Praxis

- Jahresproduktion: 2250 Gigawattstunden (GWh)
- VOLLlaststunden Schweiz: 1200 h
- Installierte Windleistung: 1875 Megawatt (MW)
- Anzahl Grossanlagen (à 2 MW): 938
- Flächenbedarf pro Windanlage: 0.5 km²
- Flächenbedarf Windanlagen CH 2035: 470 km²
- Vergleich: Flächenbedarf Strassen CH: 850 km²



Planungsstand Windanlagen 2010

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

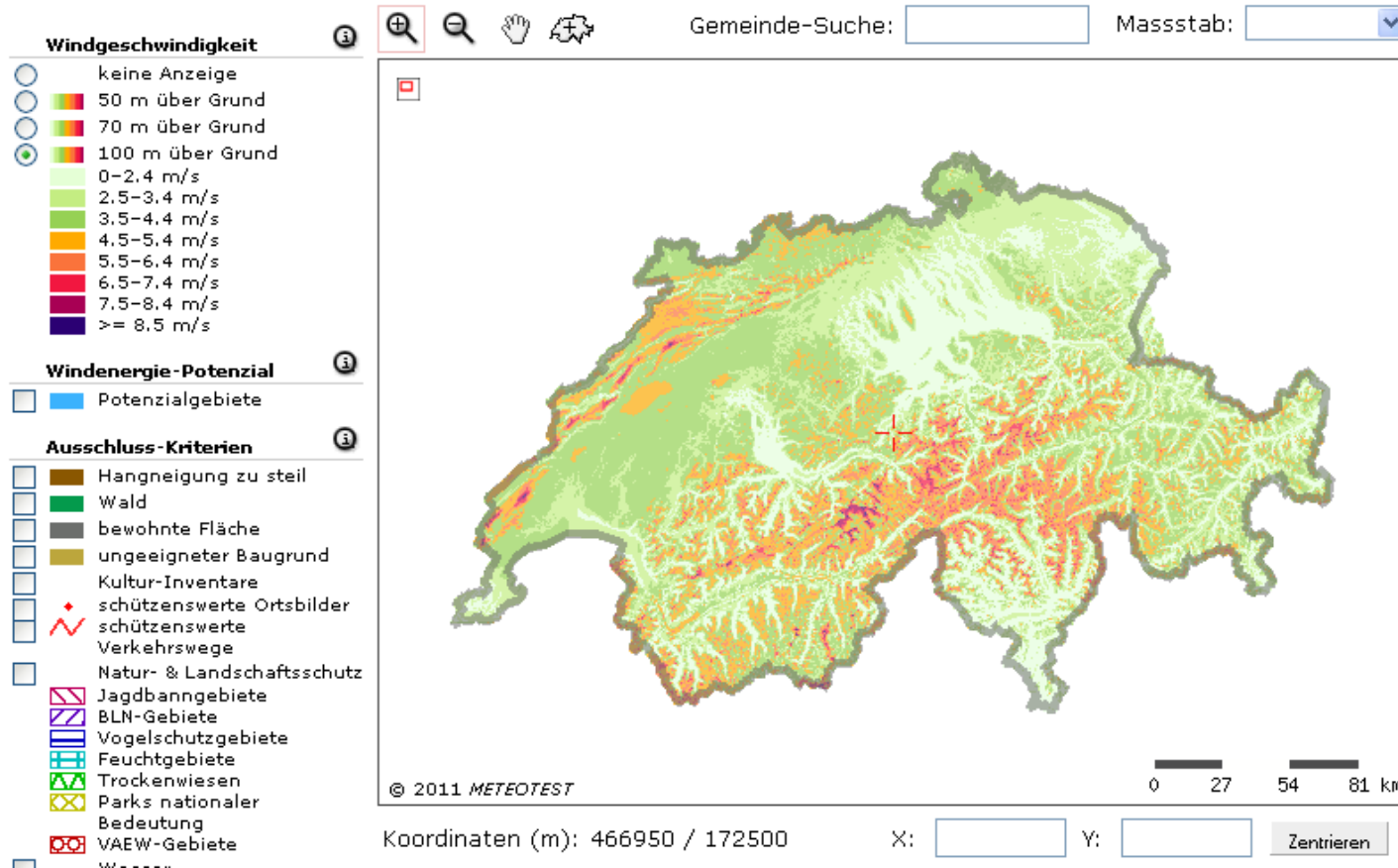
Total: 118 Anlagen, 228 MW,
Jahresproduktion ca 375GWh/Jahr
das 10-fache von heute !

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



Planungsgrundlagen

Windenergie-Karte der Schweiz



suisse-éole

Allgemeine
Windenergie-
Informationen

im Auftrag des
Bundesamtes für
Energie



Realisierung



Zentralalpen, Jura, Unterwallis und Voralpengebiet windreich



Standortevaluation: Beispiel 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

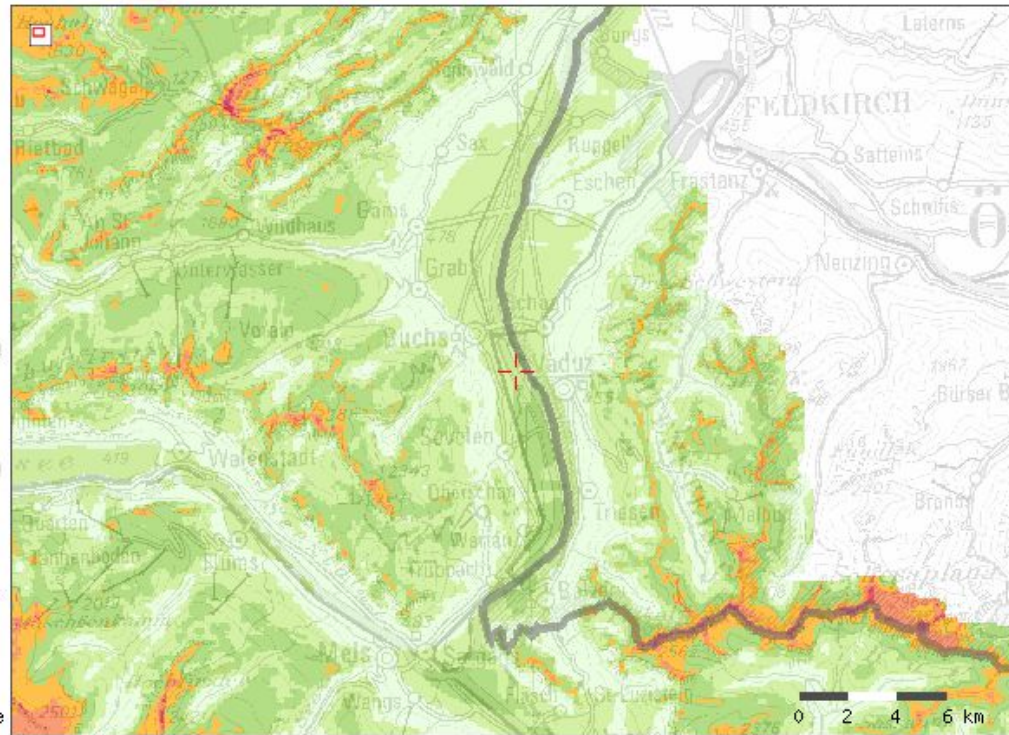
- Potenzialgebiete
- Standorte

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



Windenergie-Karte Version 2004: Richtplanung Kantone

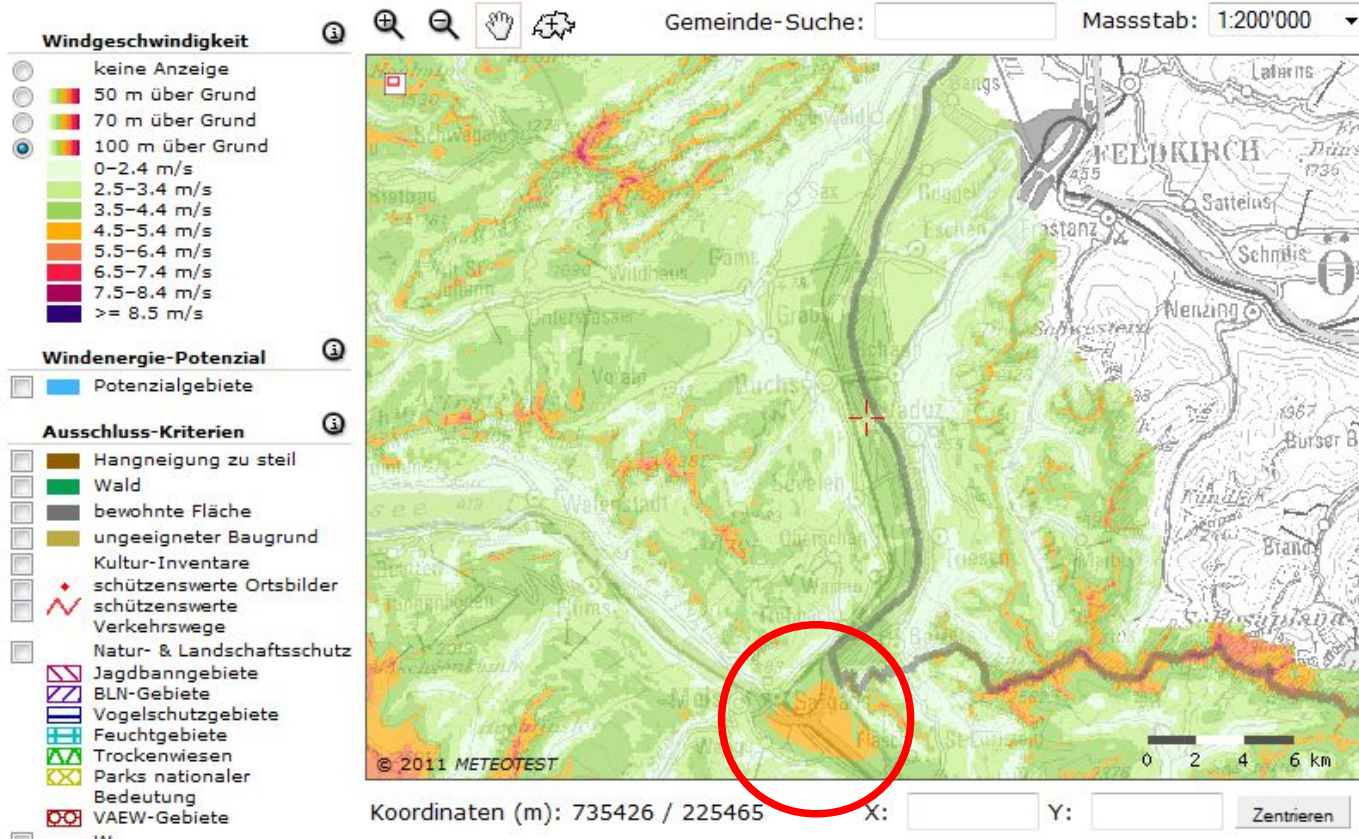
Windenergie in der Schweiz

Dr. Bruno Dürr, Sunergy GmbH, Buchs SG



Standortevaluation: Beispiel Rheintal

Windenergie-Karte der Schweiz



suisse-éole

Algemeine
Windenergie-
Informationen

im Auftrag des
Bundesamtes für
Energie



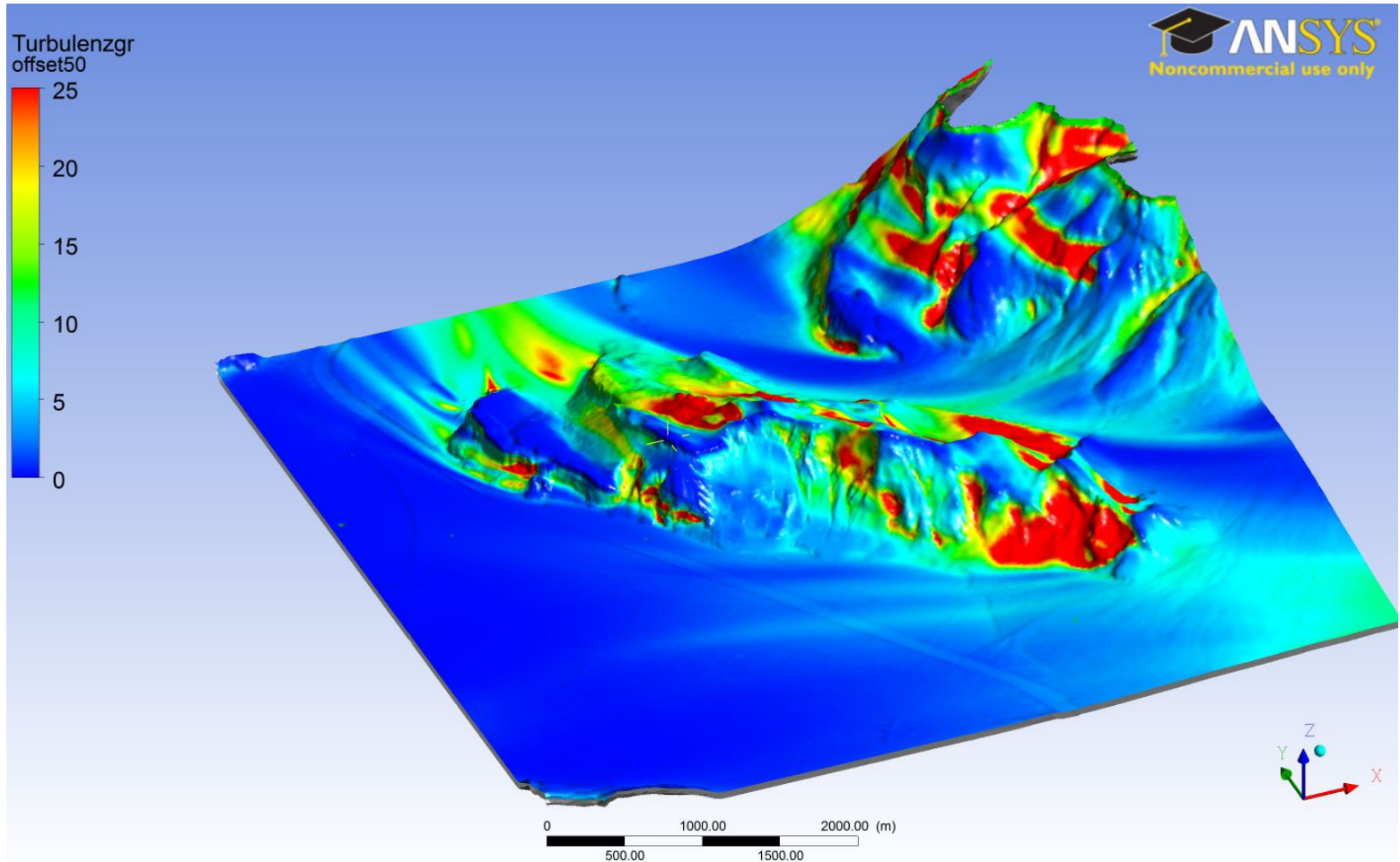
Realisierung



Region Sargans höheres Potential aufgrund von Messdaten!



Standort: numerische Strömungssimulation



Dank Modell Zonen mit starken Windturbulenzen ausweichen!



Windmessung mit 50-Meter Masten



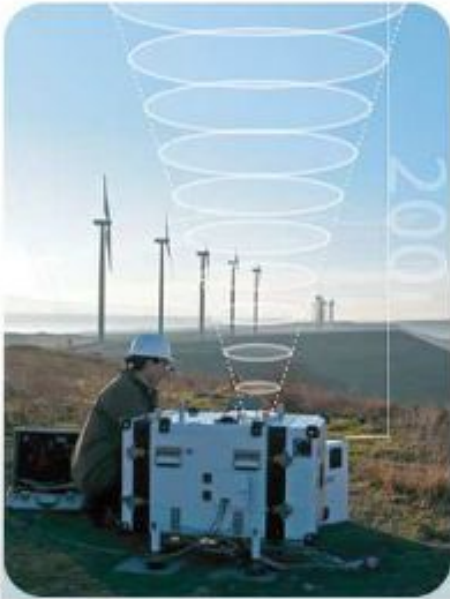
Photo: Bruno Dürr, Solargenossenschaft



Balzers: Windmessung auf
30, 40 und 50 Metern über
Grund



Windmessungen: LIDAR



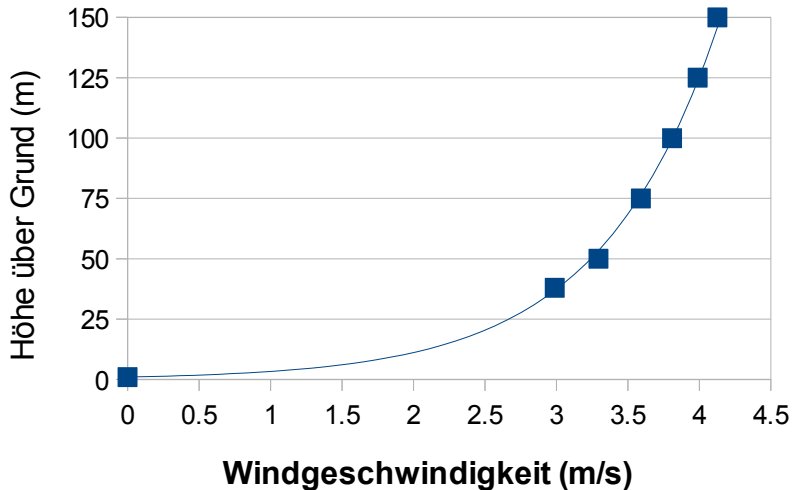
- LIDAR = Light Detection And Ranging
- Windgeschwindigkeit und Windrichtung von 40m bis 200m über Grund
- Messwerte alle 10 Minuten
- Benötigt Stromanschluss 230V oder Stromgenerator



LIDAR: Vertikales Windprofil

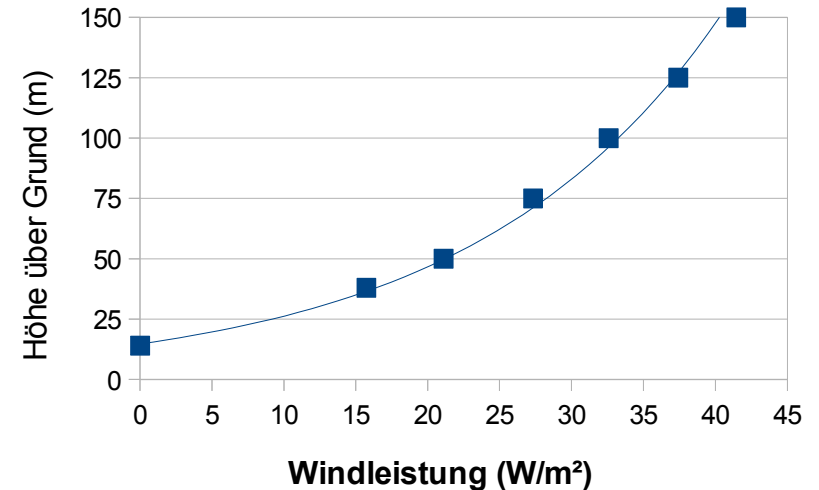
Buchs Rheinau

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!

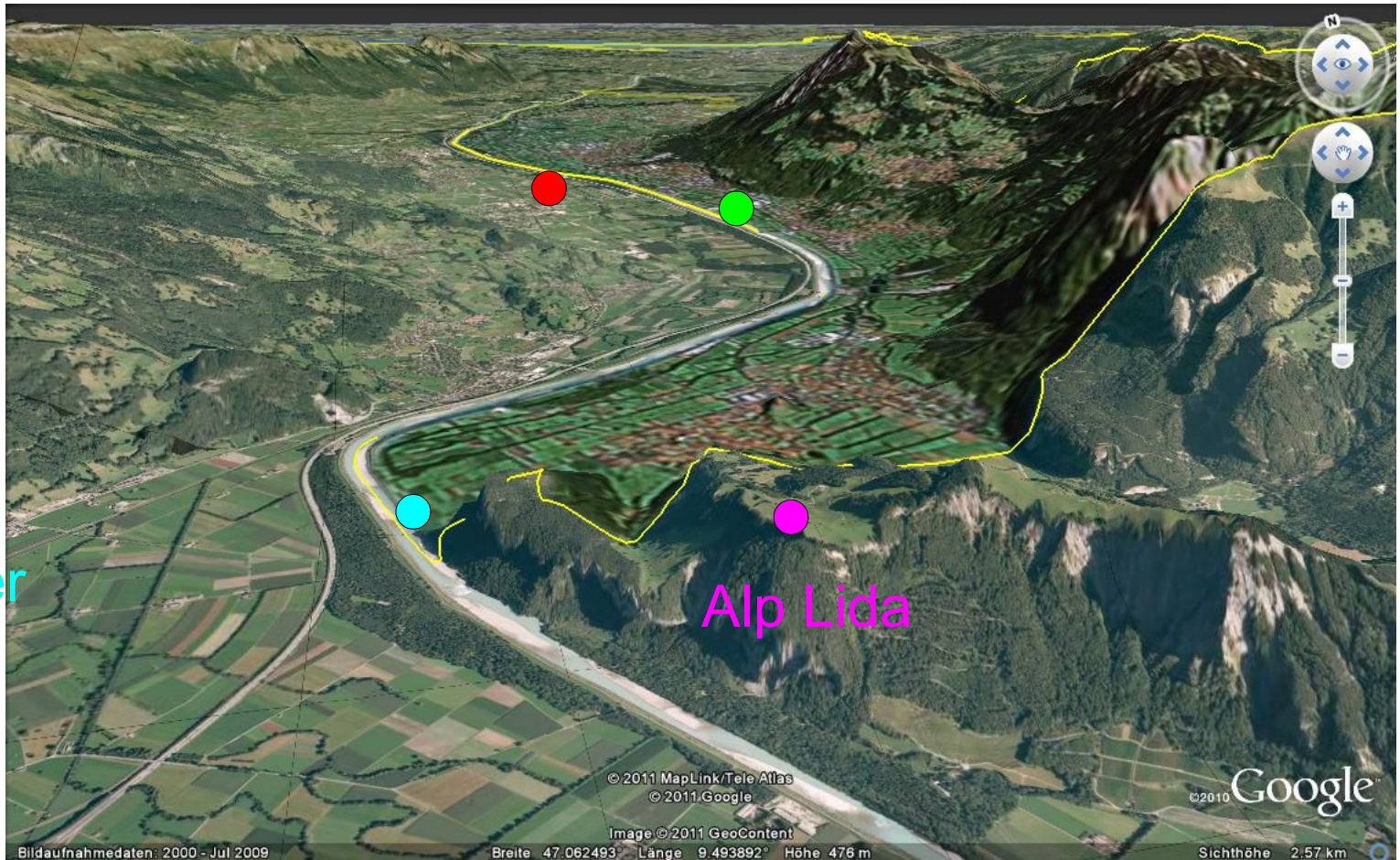


Auswahl Windmessorte im Rheintal

Buchs
Rheinau

Vaduz

Balzers
Neugüeter

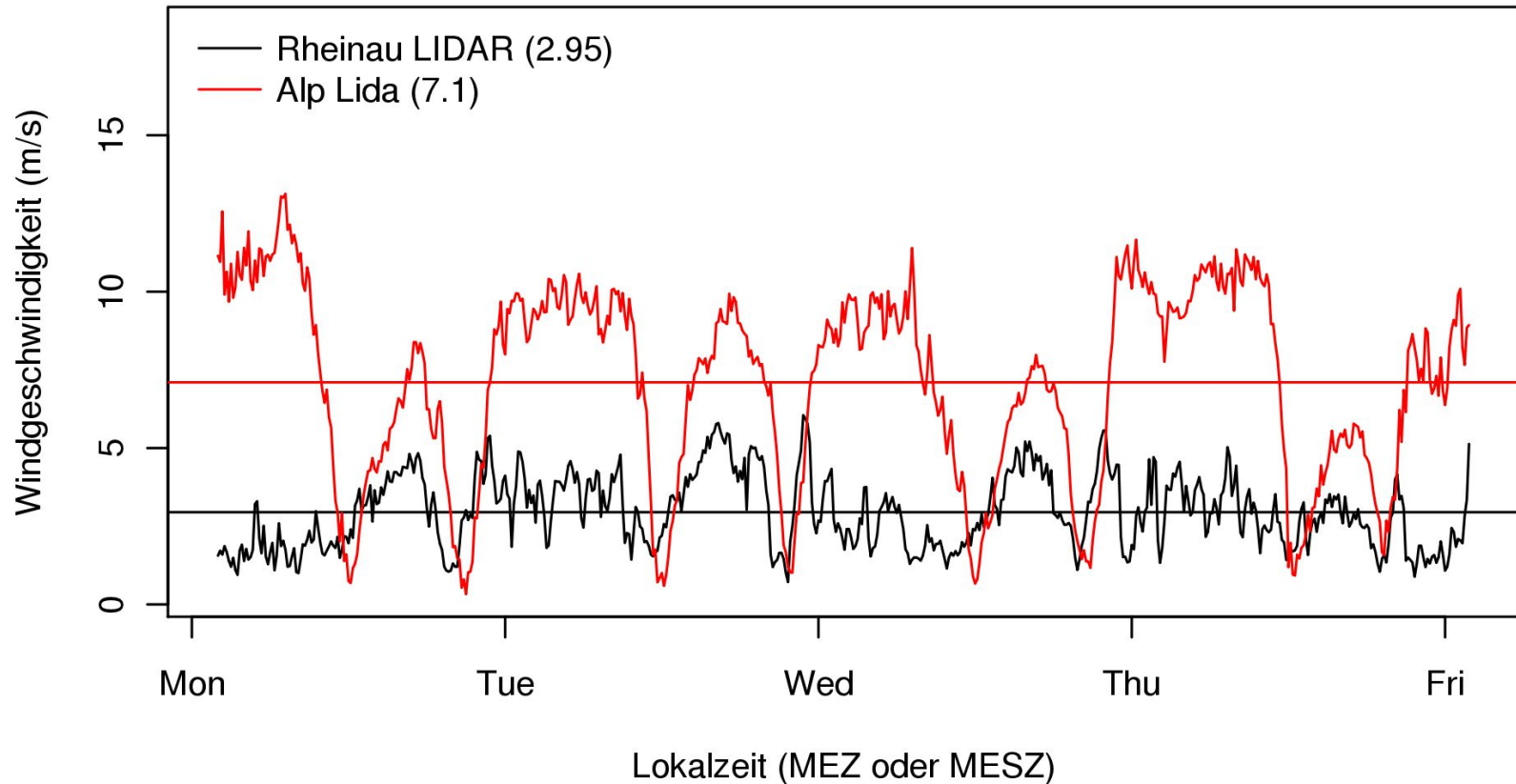


Blick von Bad Ragaz nach Norden Richtung Bodensee



Berg/Talwind: Region Buchs - Fläscherberg

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

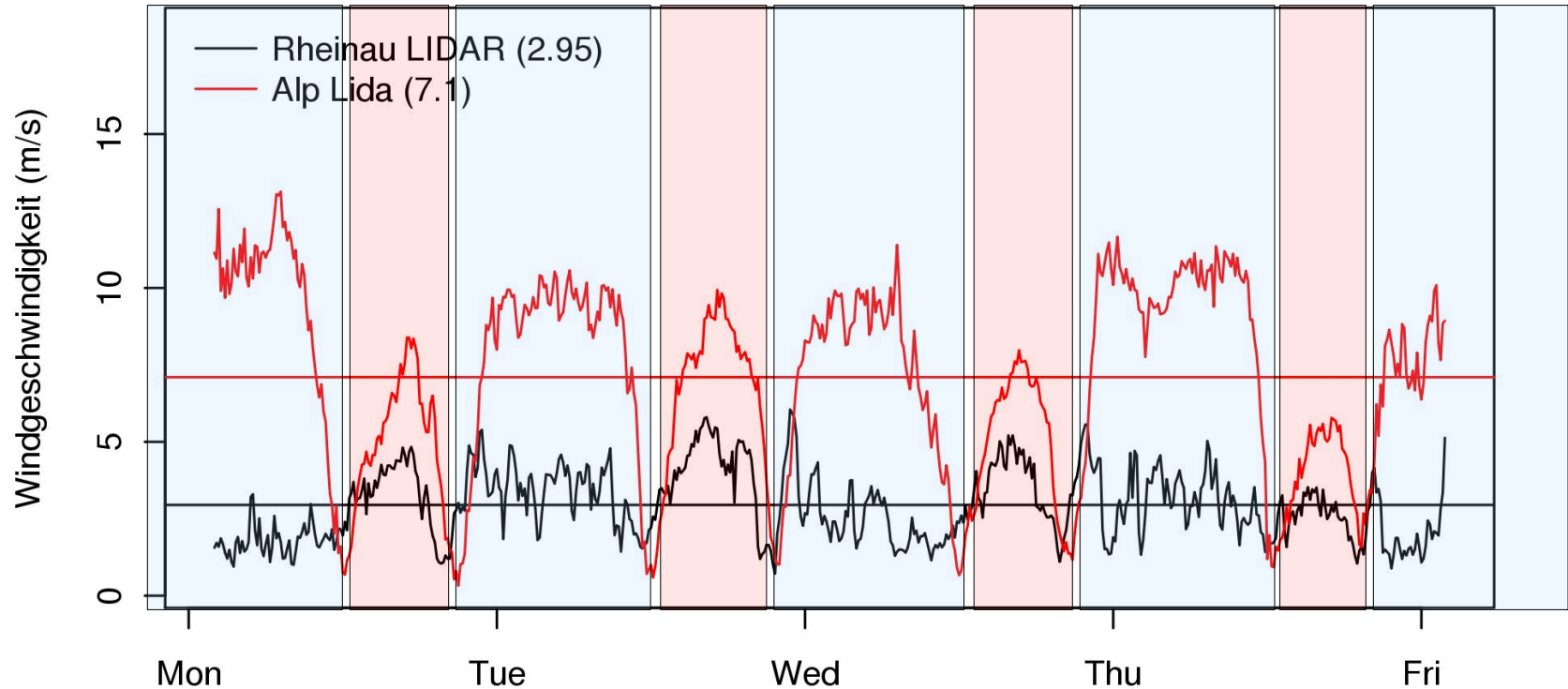


Windmesser korrigiert (Faktor: 0.89), Nabenhöhe: 100m



Berg/Talwind: Region Buchs - Fläscherberg

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



Bergwind

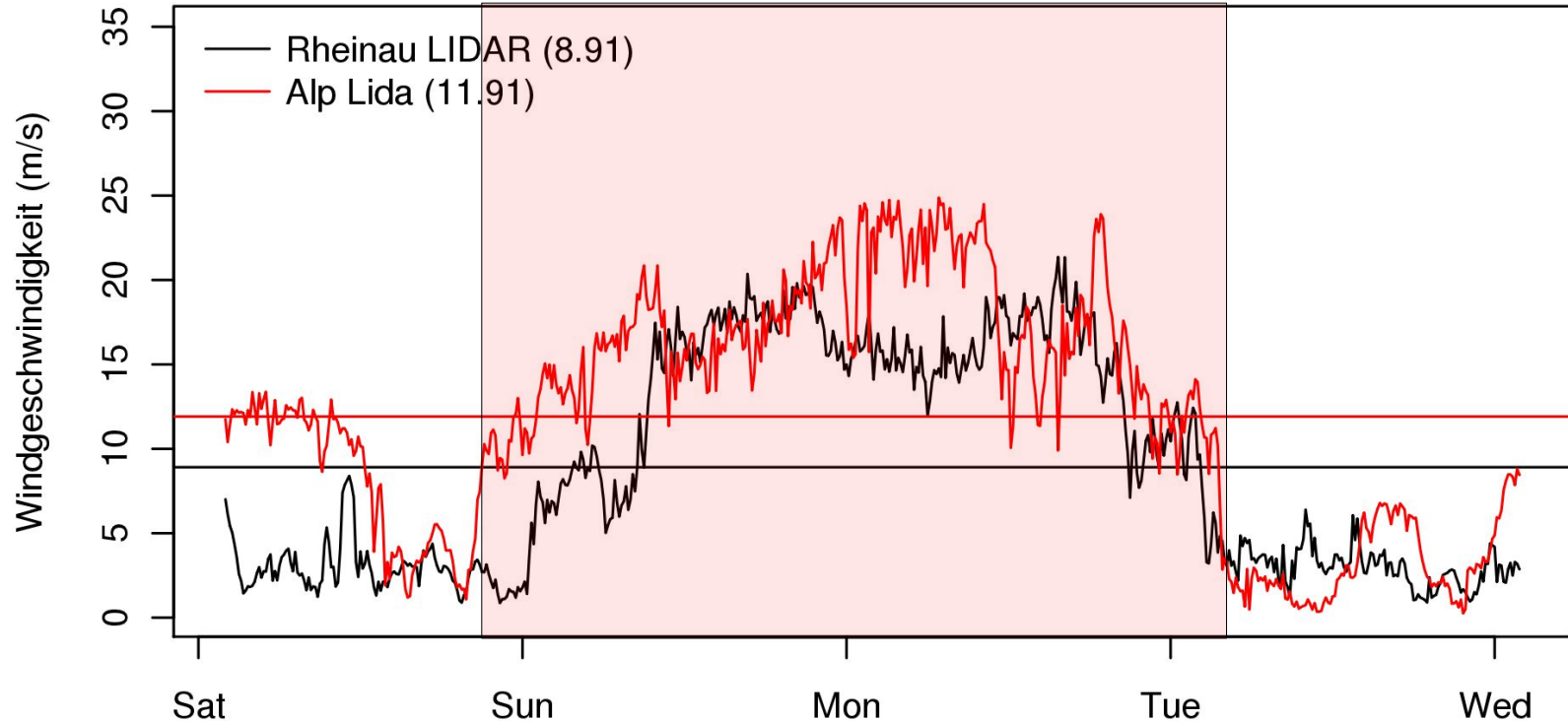
Lokalzeit (MEZ oder MESZ)
Windmesser korrigiert (Faktor: 0.89), Nabenhöhe: 100m

Talwind



Föhn: Region Buchs - Fläscherberg

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



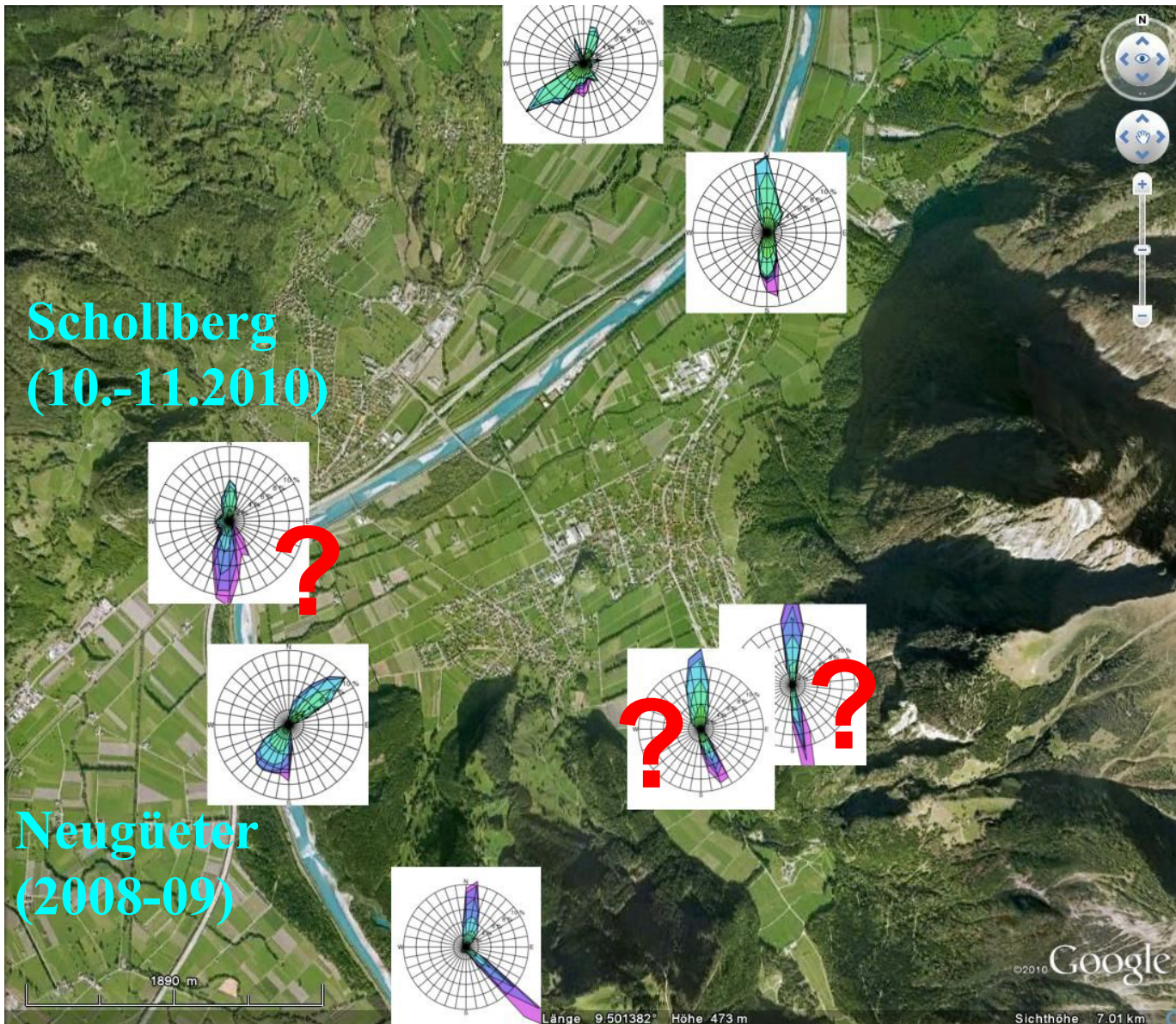
Lokalzeit (MEZ oder MESZ)
Windmesser korrigiert (Faktor: 0.89), Nabenhöhe: 100m

Föhn

Föhn bei Buchs ähnlich stark wie auf Alp Lida



Windmessungen Region Balzers: Windrosen



Schollberg
(10.-11.2010)

Neugüeter
(2008-09)

Weite (1999)

Hälos
(2009-10)

? Aktuelle
LIDAR-
Messung

Ans (06.2010)

Fläscher Riet
(2010-11)

Alp Lida
(2009-11)⁴⁴



Referenzanlage Enercon E-82 E2



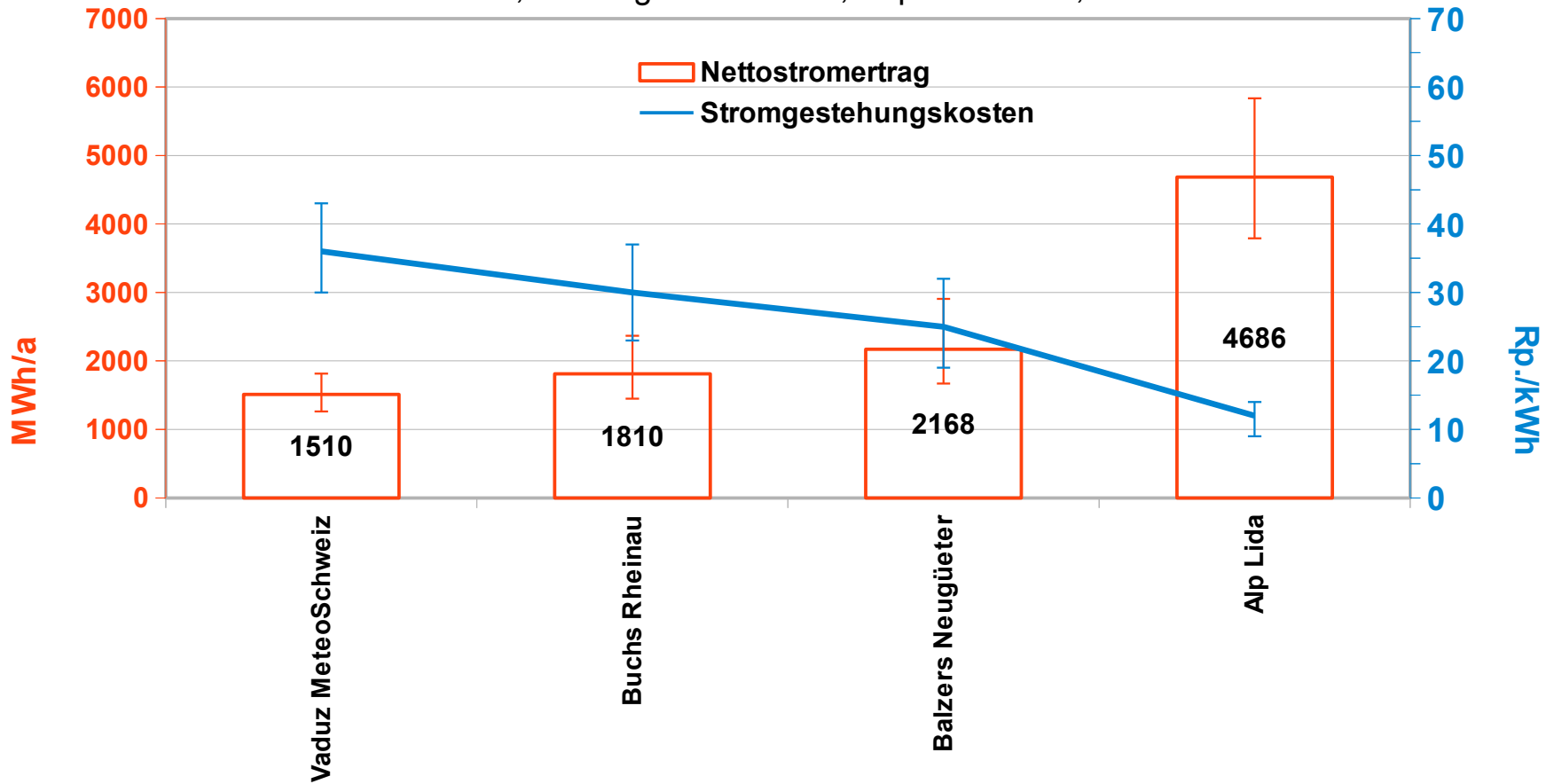
- Nennleistung: 2000 kW
- Nabenhöhe: 113 Meter
- Blattlänge: 41 Meter
- Optimale Windstärke:
8 m/s (29 km/h)
- Kosten:
rund 5.3 Mio. CHF



Kostenschätzung Windstrom Rheintal

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

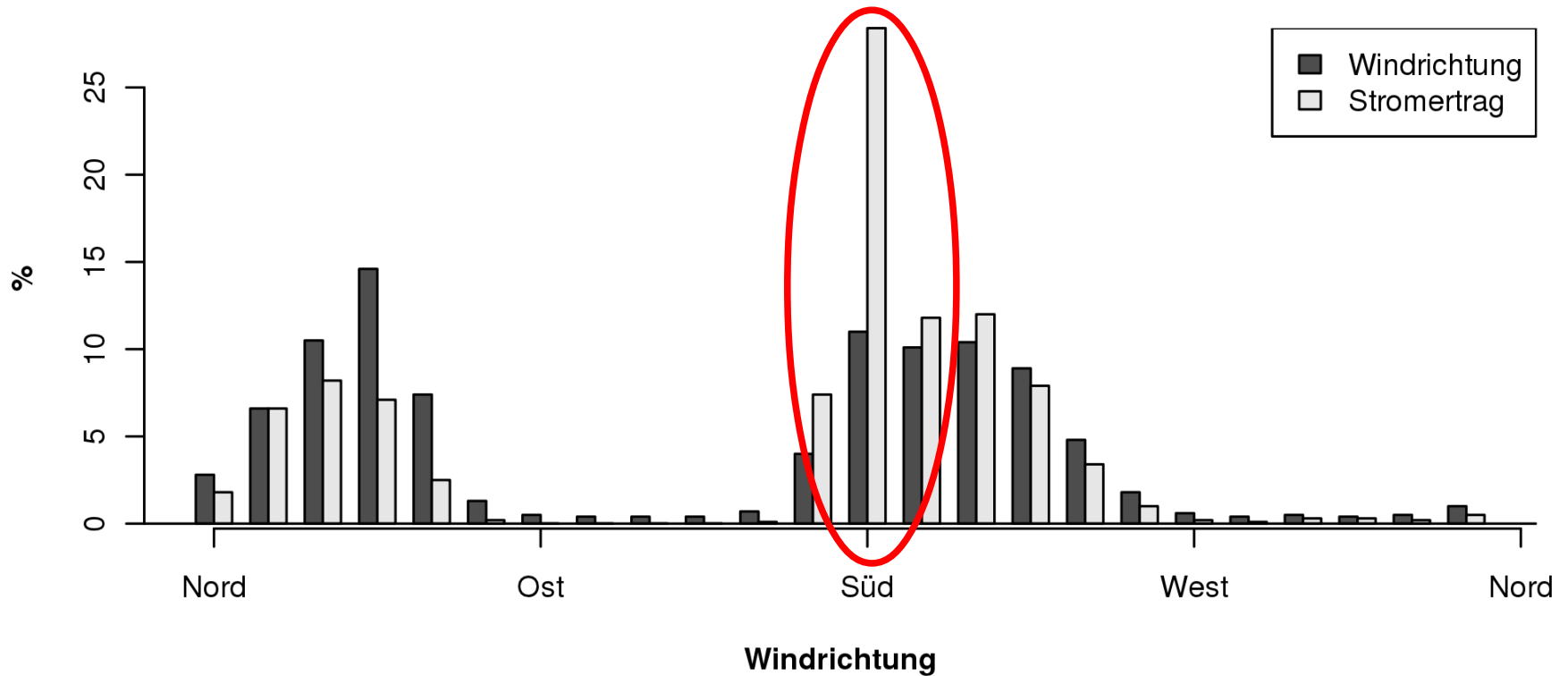
Nabenhöhe 113 Meter, Nutzungsdauer 20 J., Kapitalzins 6%, Kosten 5.3 Mio CHF





Beispiel: Balzers-Neugüeter

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



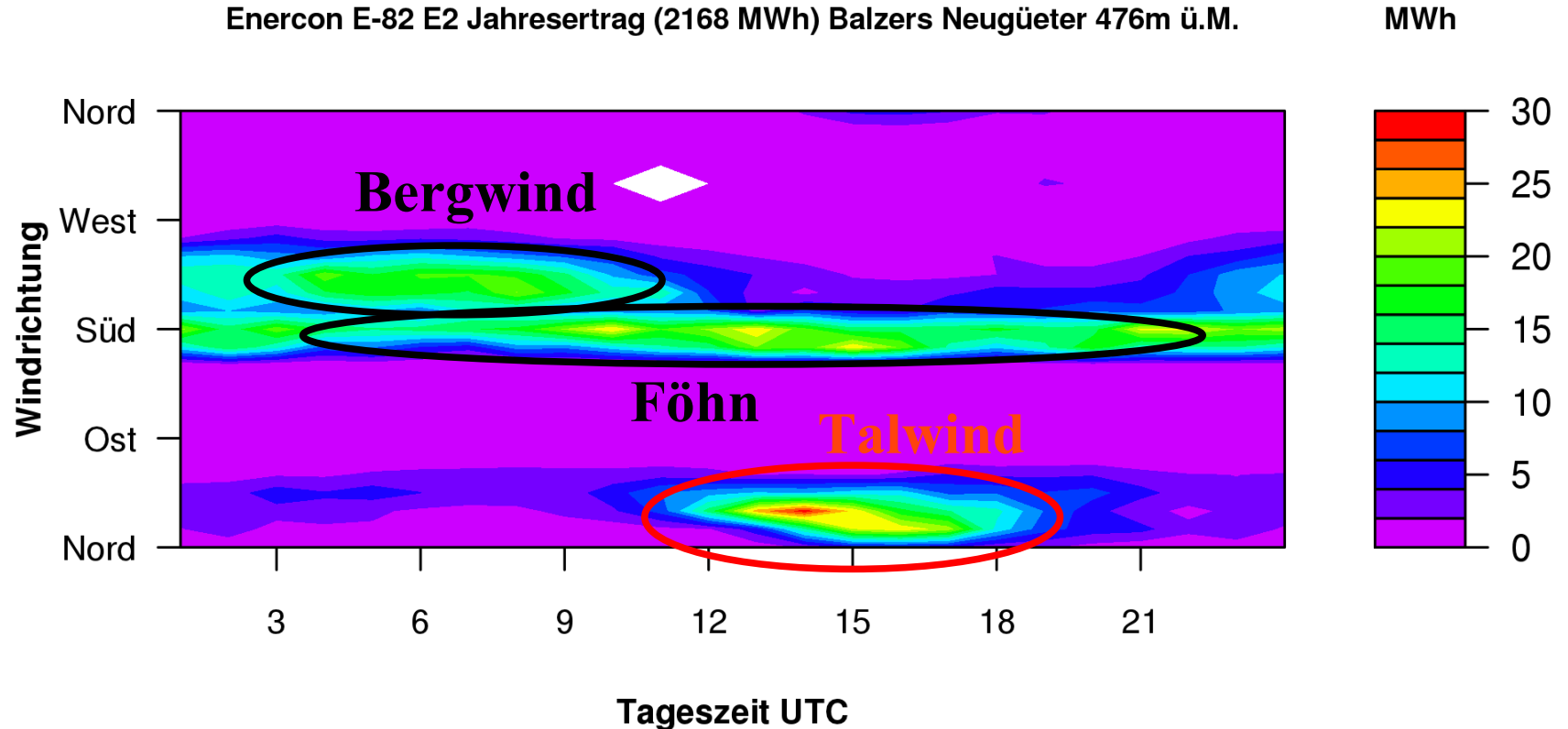
04.2008-03.2009, Windniveaus: 3, Nabe: 113m, Verluste 6%

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.



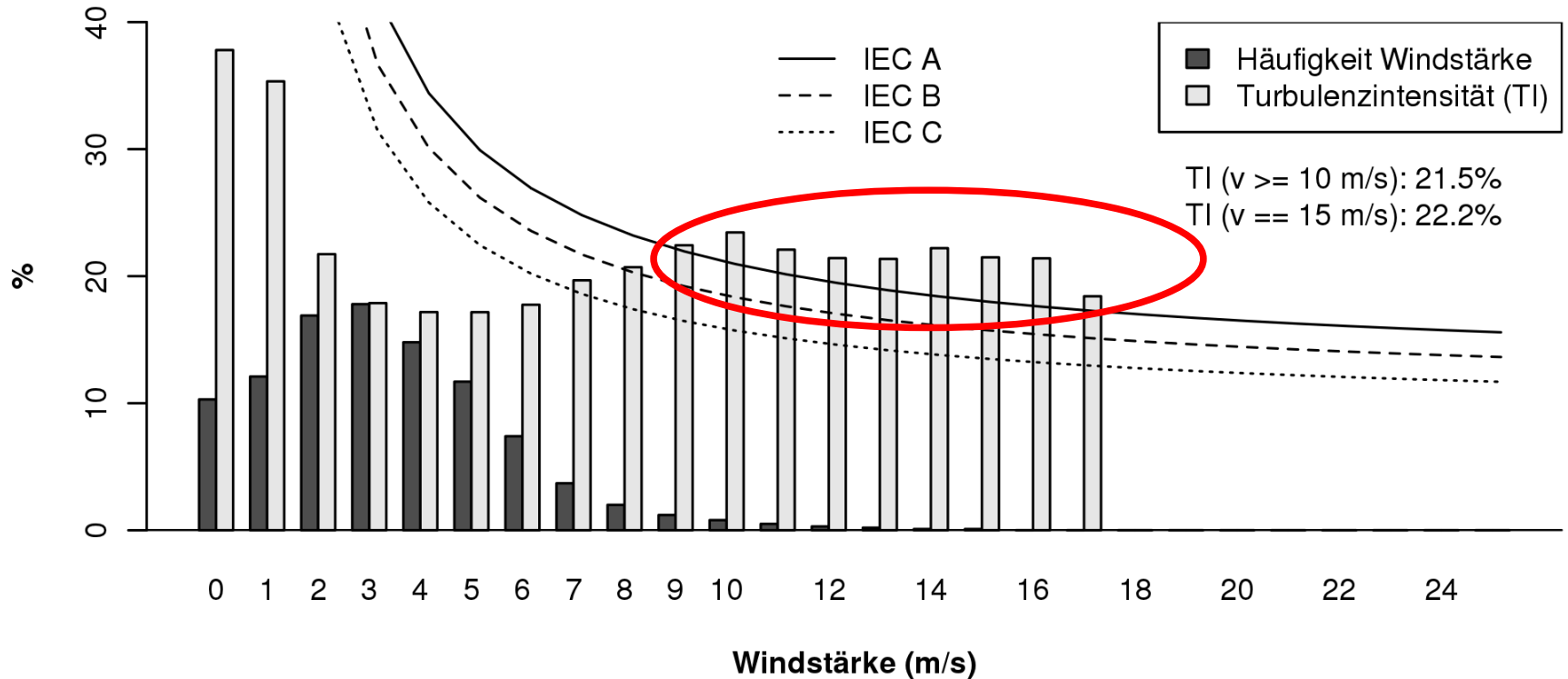
04.2008-03.2009, Windniveaus: 3, Nabe: 113m, Verluste 6%

Im Neugüeter bedeutender Anteil von Bergwind am Morgen



Beispiel: Balzers-Neugüeter

Balzers Neugüeter 476m ü.M.



04.2008-03.2009, Windmessung: 49m

Böigkeit des Windes liegt über den IEC-Normwerten!



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

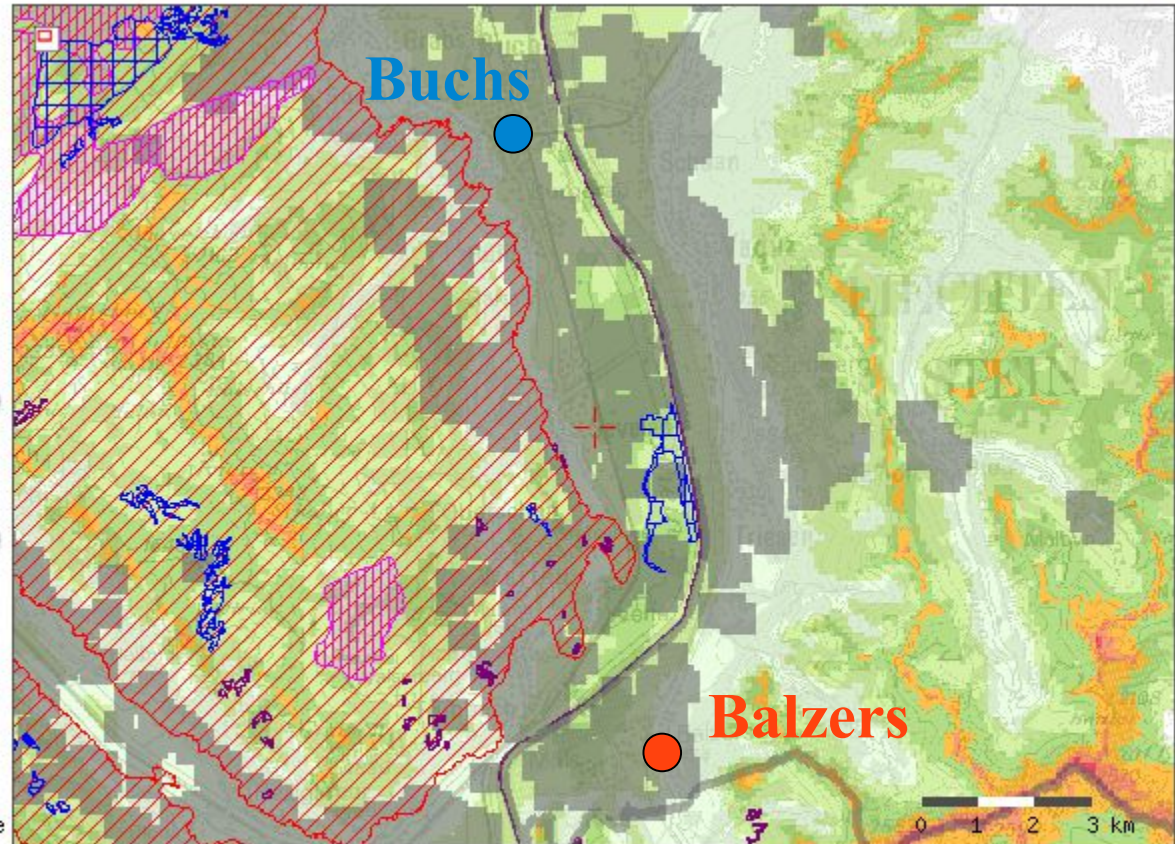
- Potenzialgebiete
- Standorte

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



Fazit Windenergie Schweiz morgen

- BfE-Ausbauziel von 3.75% bis 2035 nur unter völlig neuen gesetzlichen und juristischen Rahmenbedingungen realistisch
- Politische Güterabwägung zwischen Windkraftnutzung und Landschafts- und Naturschutzinteressen ist dringend notwendig
- Schweizer Windenergie-Karte muss erneuert werden mit Hilfe von Strömungssimulationen
- Suche nach geeigneten Standorten im Alpenraum ist finanziell und zeitlich sehr aufwendig



Importierte Landschaftszerstörung!



Braunkohle Tagebau, Zwenckau, Ostdeutschland



Vortrag Windenergie Schweiz: Quellen

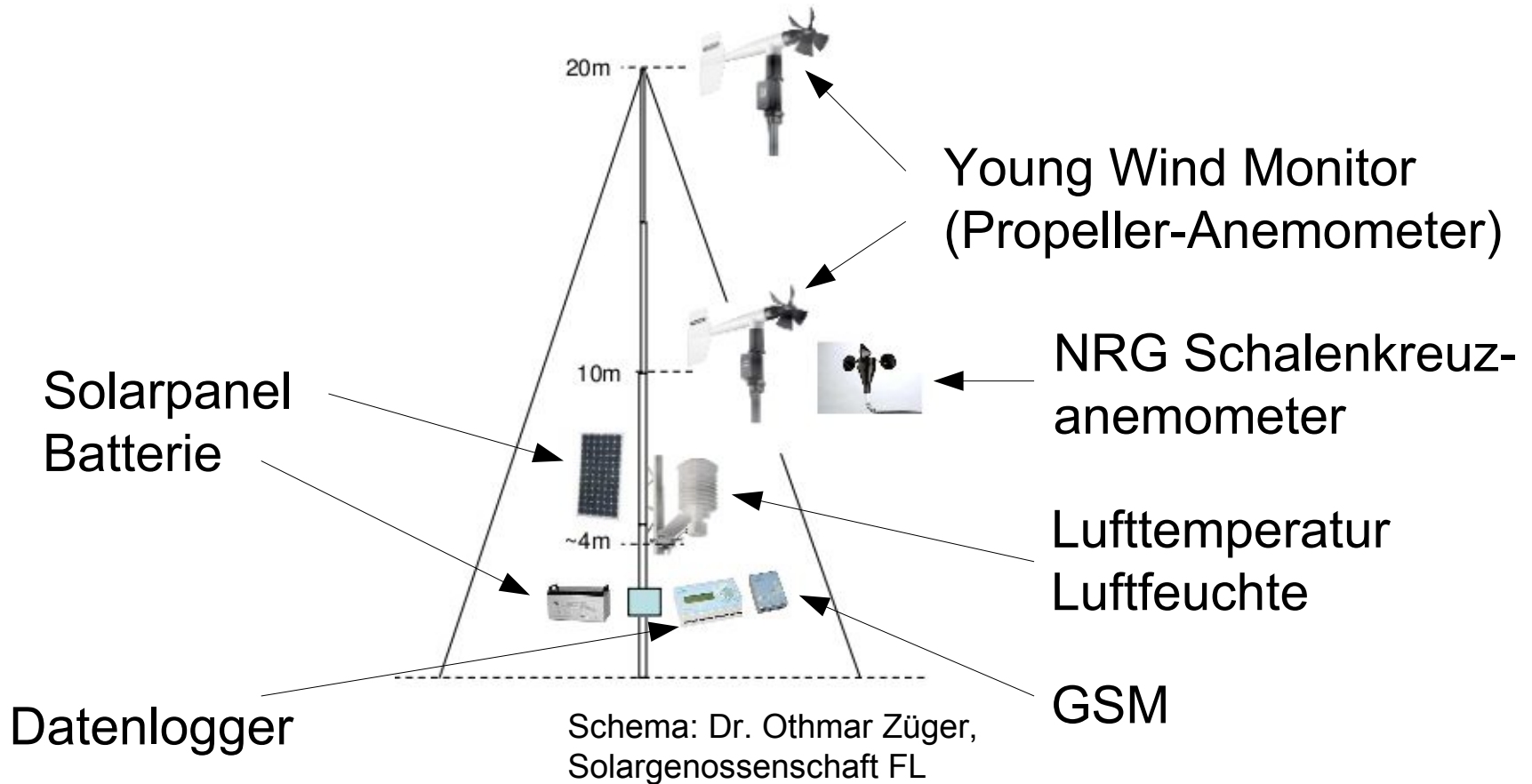
- Bundesamt für Energie (BfE) Energieperspektiven 2035:
<http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00538/index.html?lang=de>
- Bundesamt für Energie (BfE) Energiestatistiken 2010:
<http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/index.html?lang=de>
- Vereinigung zur Förderung der Windenergie in der Schweiz:
<http://www.suisse-eole.ch/de.html>
- Deutsches Windenergie Institut DEWI:
<http://www.dewi.de/dewi/index.php?id=47&L=1>
- Bundesverband WindEnergie e.V. Deutschland:
<http://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken>
- Windenergie-Karte der Schweiz (BfE und Meteotest):
<http://www.wind-data.ch/windkarte/>
- Übersicht bestehende Windkraftanlagen Schweiz:
<http://www.wind-data.ch/wka/index.php?lng=de>
- Windmessungen Solargenossenschaft Liechtenstein:
<http://www.solargenossenschaft.li>
- Neu-Technikum Buchs (NTB), Institut für Energiesysteme (IES):
<http://www.ntb.ch/ies/projekte/windkraft.html>



Weitere Folien



Wie wird der Wind gemessen?





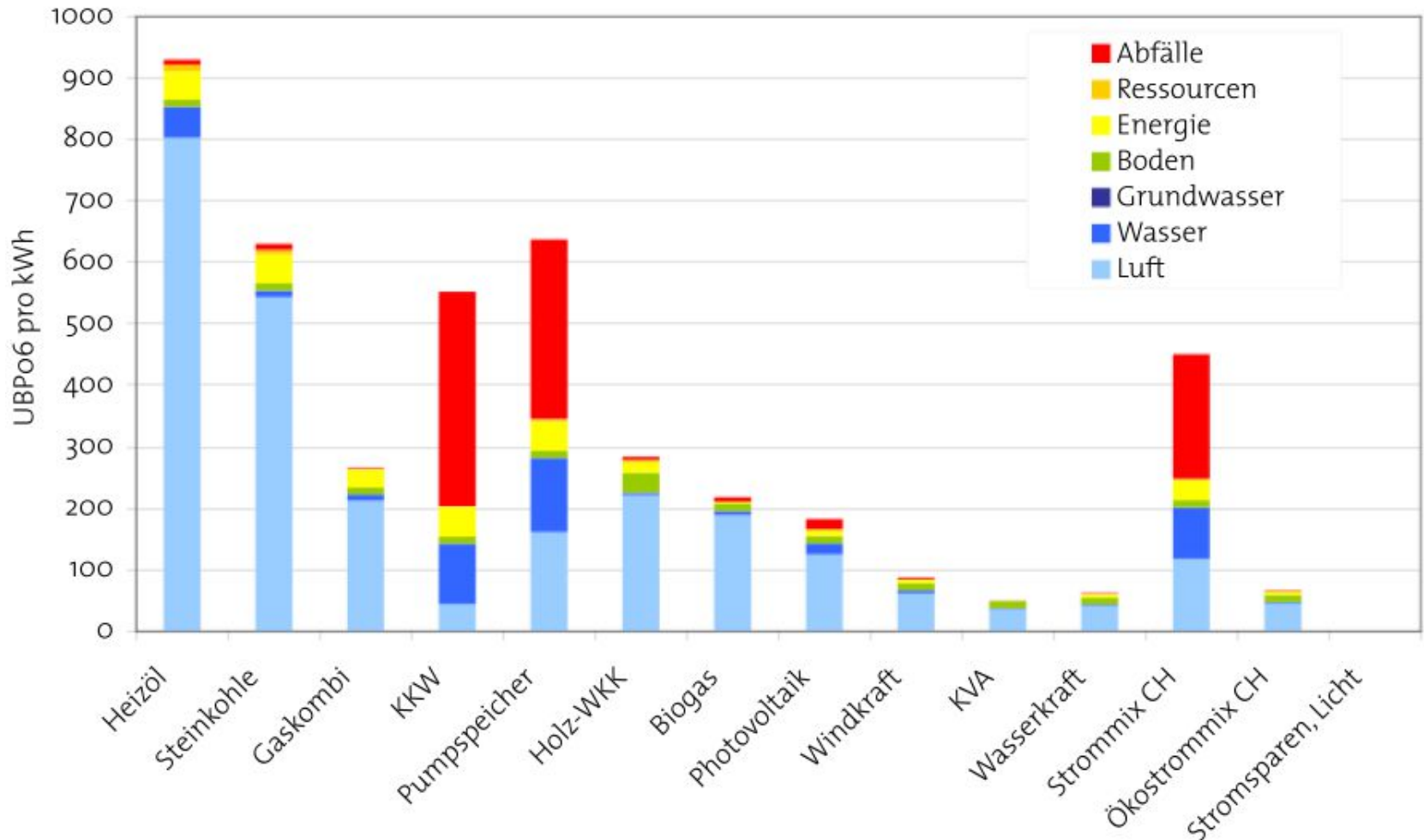
Wie wird Windstrom erzeugt?



Enercon Direktläufer mit Generatorring (3)



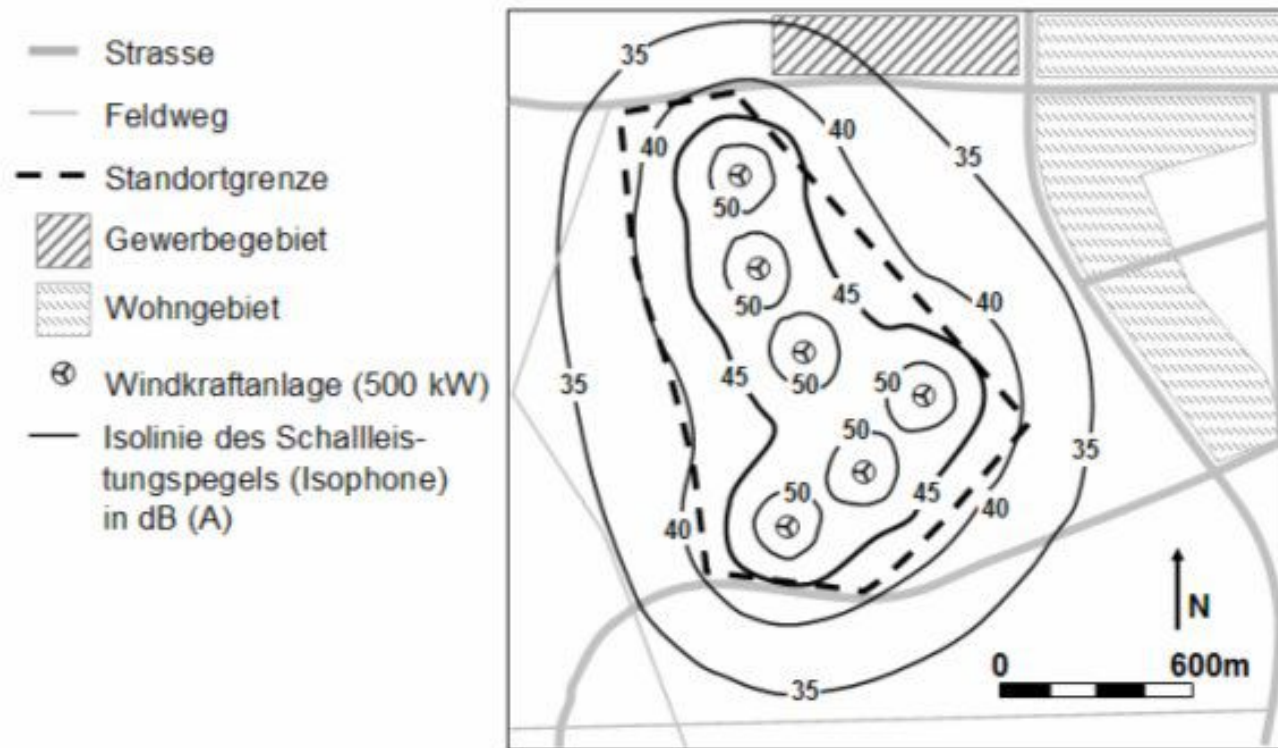
Umweltbelastungspunkte von Kraftwerken



Windkraft zeigt bessere Ökobilanz als z.B. Photovoltaik



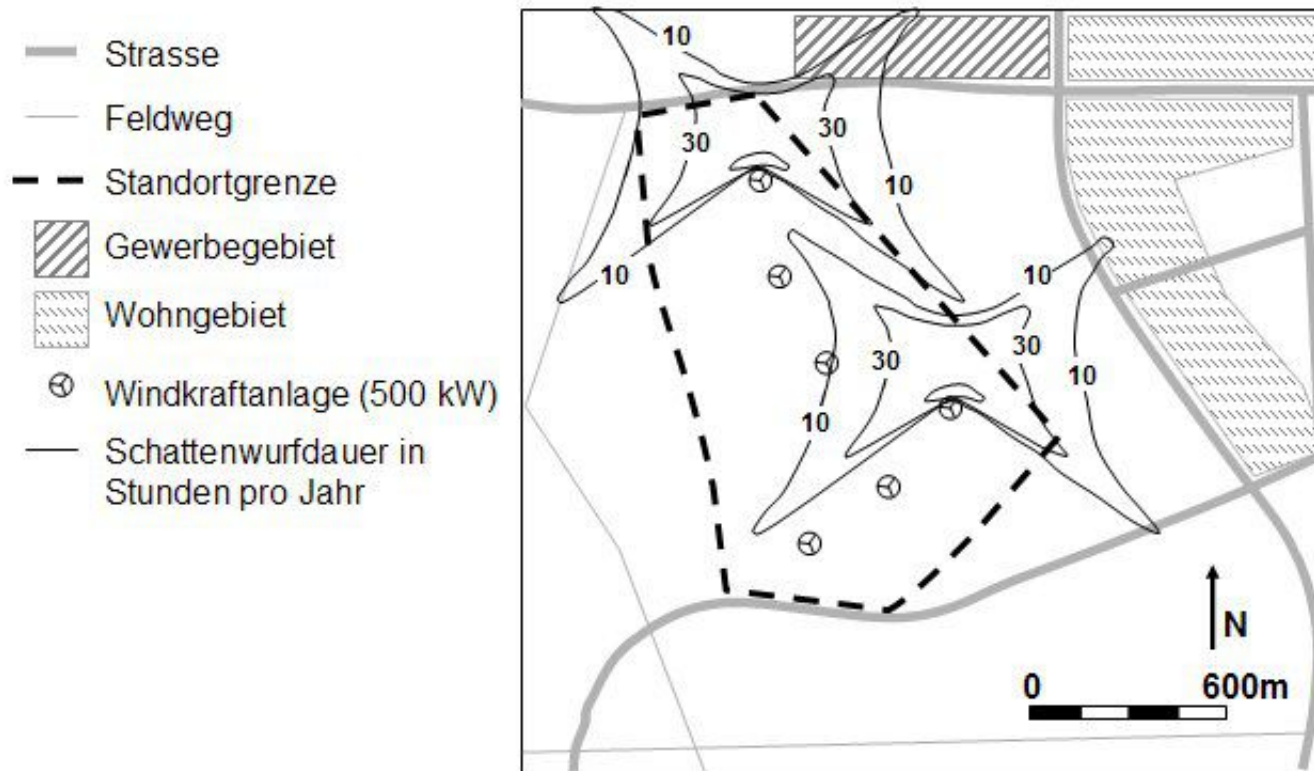
Geräuschemissionen Windkraftanlage



- 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



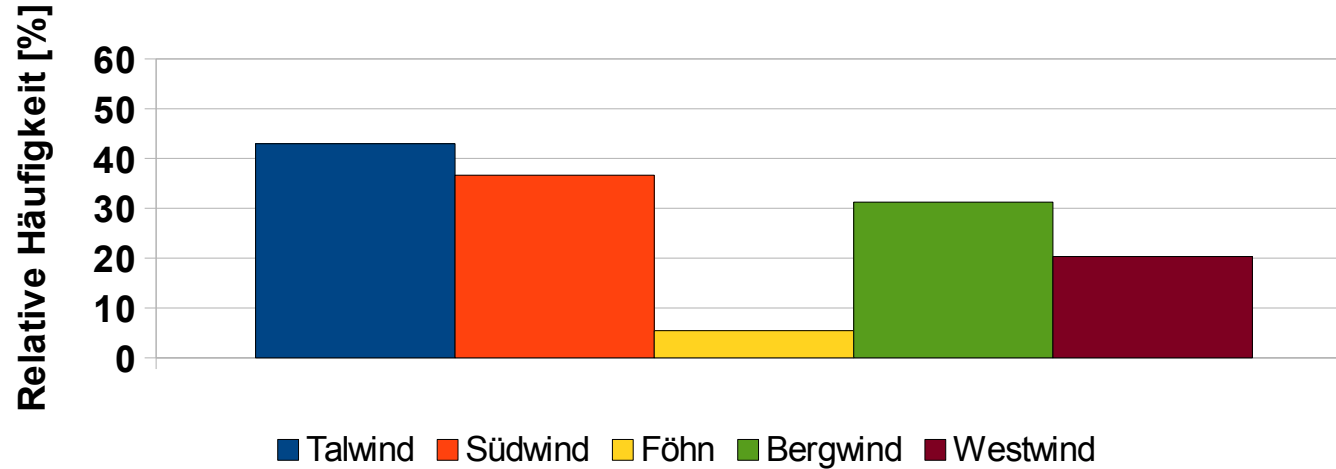
Solargenossenschaft Liechtenstein

- 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

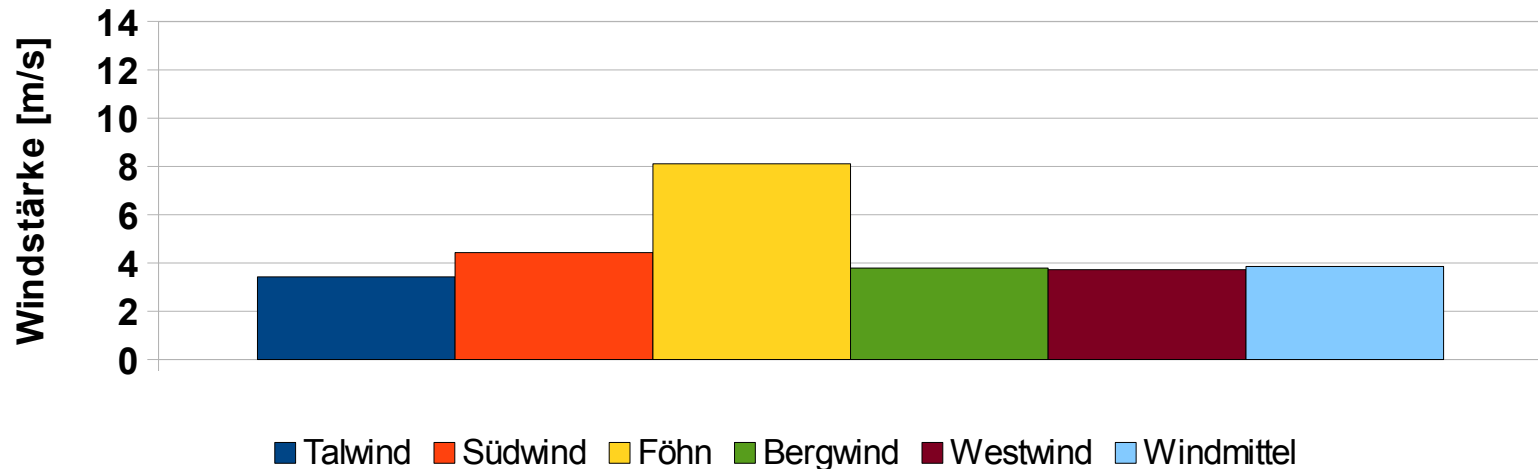


Windarten Balzers Neugüeter

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



Mittlere Windstärken Balzers Neugüeter 50m April 08 - März 09

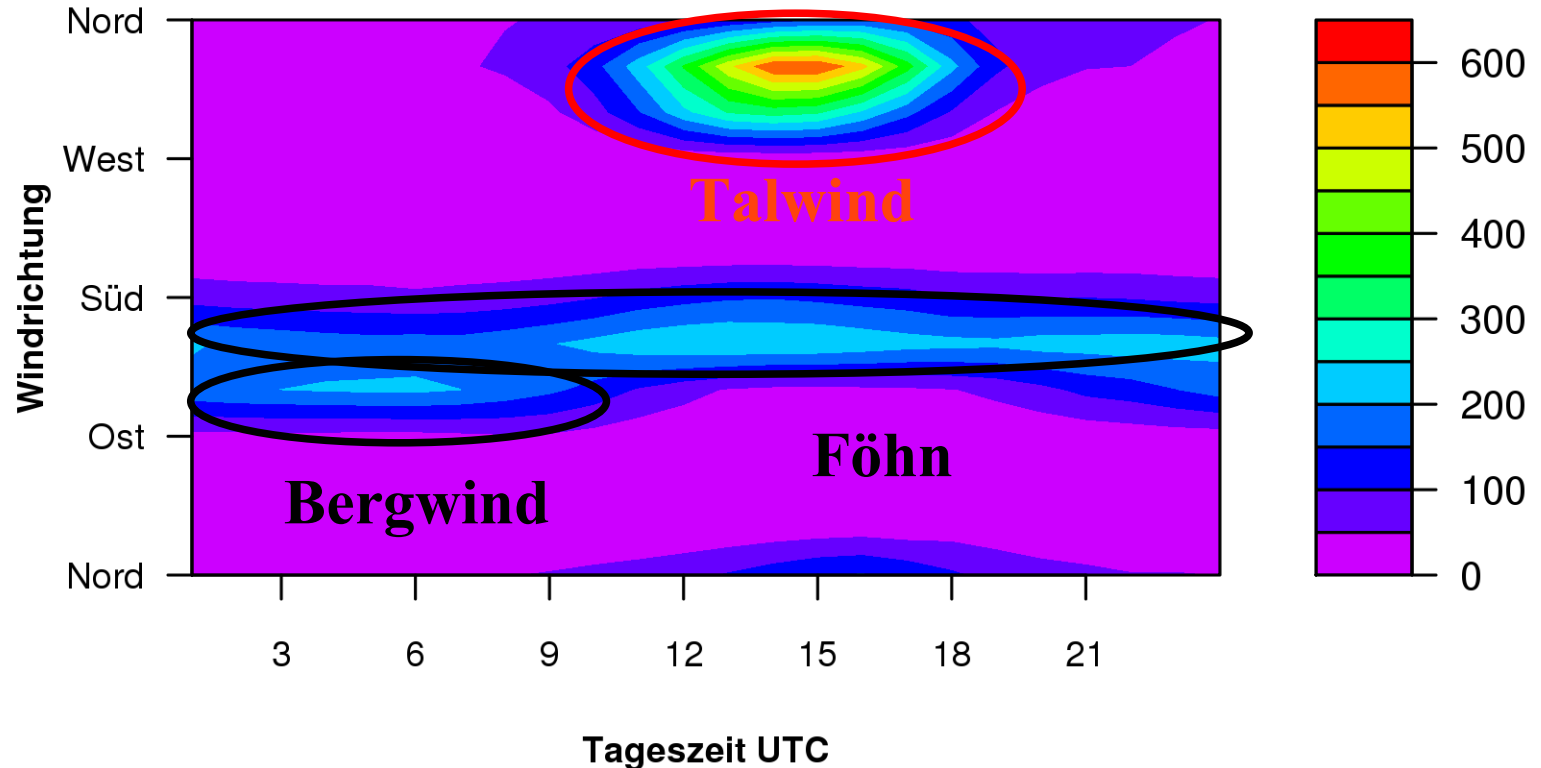




Langjährige Windreihe Vaduz - Au

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%

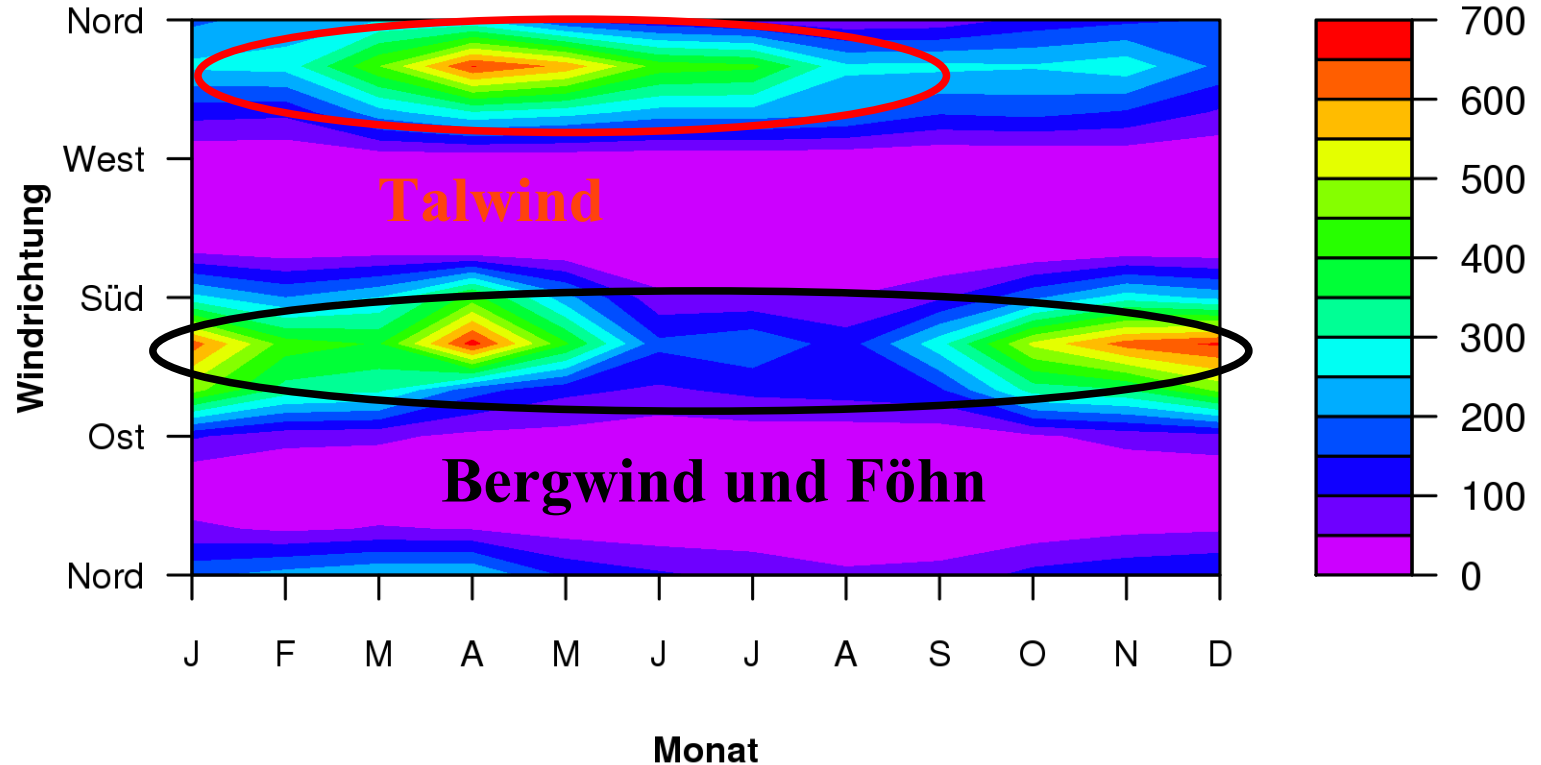
Talwind oft bei Schönwetter am Nachmittag



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.



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) / Volllaststunden (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