

Windpotentialstudie

Kanton Thurgau

Teil 1:

Windressourcenberechnung und Flächenanalyse

im Auftrag des Kantons Thurgau

Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Abt. Energie

10.09.2014



Auftraggeber:

Kanton Thurgau
Departement für Inneres und Volkswirtschaft
Abteilung Energie
Verwaltungsgebäude Promenadenstrasse 8
8510 Frauenfeld

Auftragnehmer:

New Energy Scout GmbH
Neuwiesenstrasse 95
CH- 8400 Winterthur

Erstellt von:	Michael Altherr
Geprüft von:	Auftraggeber
Projektnummer:	KTG0001
Bericht Nr.:	14-0014
Version:	03
Datum:	10.09.2014
Dokumentenname:	Windpotential-TG_Teil-1_2014-09-10_v3.docx

Inhalt

INHALT	3
1 ZUSAMMENFASSUNG	4
2 GLOSSAR	6
3 AUSGANGSLAGE	7
4 PROJEKTZIELE	7
5 PROJEKTORGANISATION	7
6 TERMINPLANUNG	9
7 METHODIK	11
7.1 Ablauf einer Windpotentialstudie	11
7.2 Berechnung der Windressourcen	11
7.3 Flächenanalyse	26
8 RESULTATE	33
8.1 Windressourcen	33
8.2 Flächenanalyse	36
8.3 Windpotentialgebiete	40
9 LITERATURVERZEICHNIS.....	58
10 ANHANG.....	59
10.1 Auswertungsbericht Windmessung Dippishausen.....	59
10.2 Auswertungsbericht Windmessung Fischingen	60
10.3 Grenzen der Modellierungssoftware WAsP	61
10.4 Karte: Windressourcen.....	62
10.5 Karte: Ausschlussgebiete und Windressourcen	63
10.6 Karte: Ausschlussgebiete, Gebiete mit Interessenabwägung und Windressourcen	64
10.7 Karte: Windressourcen, Ausschluss- und Potentialgebiete	65
10.8 Daten-CD	66

1 Zusammenfassung

Das Ziel dieser zweiteiligen Studie ist die Evaluation des Windenergiepotentials im Kanton Thurgau. Im vorliegenden Teil 1 der Studie werden die Windressourcen berechnet und eine sog. Flächenanalyse durchgeführt. Die resultierenden Windpotentialgebiete werden in Teil 2 dokumentiert und nach qualitativen Kriterien beurteilt. Gleichzeitig wird dort das kantonale Windenergiepotential quantifiziert.

Die Windressourcen sind mittels eines zweidimensionalen Strömungsmodells für eine Höhe von 100 m über Grund berechnet worden. Die Grundlage bilden ein digitales Höhenmodell, ein Modell der Bodenrauigkeit sowie Winddaten der Region. Die Winddaten bestehen aus 4 Kurzzeitmessungen mittels LiDAR (Light Detection and Ranging), wovon zwei eigens für diese Studie durchgeführt worden sind, sowie einer rund 3-jährigen Mastmessung. Alle Messungen sind in grosser Höhe durchgeführt worden (>65 m über Grund). Anhand von einer über 20-jährigen Winddatenreihe vom Üetliberg konnten die Kurzzeitmessungen mit sehr gutem Resultat korreliert und so die langjährig zu erwartenden Windverhältnisse berechnet werden.

Auf den höchsten Erhebungen des Thurgauer Mittellandes (Seerücken, Rodebärg, Thundorf, Ottenberg, Hügel um Braunau-Wuppenau) sind langjährige Windgeschwindigkeiten von 5.0 m/s oder sogar mehr zu erwarten. Auf den Hügeln und Kreten im Hinterthurgau sind Windgeschwindigkeiten von rund 6 m/s zu erwarten, wobei diese Werte aufgrund der dort komplexen Topografie mit einer relativ grossen Unsicherheit behaftet sind.

Bei der Flächenanalyse werden zuerst Kriterien aufgestellt, welche ein Standort einer Windenergieanlage erfüllen muss. Dabei wird unterschieden in Ausschluss- und Abwägungskriterien. An Orten, welche mit einem Ausschlusskriterium belegt sind, dürfen keine Windenergieanlagen erstellt werden: Zonen mit Lärmempfindlichkeitsstufe I oder II gemäss Zonenplan; Bewohnte Gebäude in Zonen mit Lärmempfindlichkeitsstufe III; Zonen archäologischer Funde; Stehende Gewässer, Flüsse, Bäche und Kanäle; Grundwasserschutzzonen S1 und S2; Naturgefahren (Zonen mit erheblicher Gefahr); Auswahl eidgenössischer Inventare; Auswahl kantonaler Inventare und geschützter Objekte.

An Orten, welche unter ein Abwägungskriterium fallen, können Windenergieanlagen grundsätzlich errichtet werden, es sind jedoch weitere spezifische Abklärungen oder eine Interessenabwägung notwendig: Strassen (Kantonsstrassen und Autobahnen); Bahnlinien; Hochspannungsleitungen (>110 kV); Flugpisten; Drehfunkfeuer; Auswahl eidgenössischer Inventare; ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen; Geotope von nationaler Bedeutung; Gebiete mit Vorrang Landschaft; Wald; Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr).

Als Resultat aus der Windressourcenberechnung und der Flächenanalyse sind sog. Windpotentialgebiete definiert worden, also Gebiete in denen Grosswindanlagen einerseits wirtschaftlich betrieben werden könnten und andererseits Flächen existieren, die keinen oder geringen Nutzungskonflikten ausgesetzt sind. Die Windpotentialgebiete sind in Gebiete ausserhalb von BLN-Gebieten und solche innerhalb von BLN-Gebieten eingeteilt worden. Die folgenden 5 Gebiete befinden sich ausserhalb von BLN-Gebieten: Salen-Reutenen, Thundorf, Eschlikon/Littenheid, Braunau/Wuppenau, Ottenberg. Die folgenden drei Gebiete beinhalten BLN-Gebiete: Rodebärg, Cholfirst, Bichelsee/Fischingen.

2 Glossar

Abwägungskriterien: In Zonen, welche als Abwägungskriterium definiert sind, inkl. allfälligen Mindestabstands, können Windenergieanlagen grundsätzlich errichtet werden. Dazu sind vom Projektplaner weitere spezifische Abklärungen nötig oder die Bewilligungsbehörden können die Nutzungs- resp. Schutzinteressen gegeneinander abwägen.

Ausschlusskriterien: In Zonen, welche als Ausschlusskriterium definiert sind, inkl. allfälligen Mindestabstands, soll keine Windenergienutzung stattfinden.

Flächenanalyse: Bei der Flächenanalyse wird mittels eines GIS-Programmes (Geografisches Informationssystem) die Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes durch Ausschlusskriterien eingegrenzt. Eine weitergehende Analyse kann mittels Abwägungskriterien erreicht werden.

Grosswindanlage: Von Grosswindanlagen wird im Allgemeinen bei Windenergieanlagen über 100 kW Leistung gesprochen. Zurzeit sind Anlagen für die Nutzung im Binnenland zwischen 850 kW bis 3 MW üblich, es werden jedoch bereits Anlagen bis 7 MW gebaut. Die derzeitigen Grosswindanlagen erreichen Nabenhöhen bis zu 140 m und Rotordurchmesser bis zu 126 m. Die Anlagentypen mit einer Leistung zwischen 100 und 850 kW sind fast komplett vom Markt verschwunden.

Kleinwindanlage: Als kleine Windenergieanlagen gelten gemäss IEC-NORM 61400-2:2006 („design requirements for small wind turbines“) alle Anlagen, deren überstrichene Rotorfläche kleiner ist als 200 Quadratmeter bei 350 W/m². Daraus ergibt sich eine maximale Leistung von 70 kW. Der Turm ist in der Regel nicht höher als 20 Meter und die Gesamthöhe demnach unter 30 m. Bei den derzeit marktgängigen Anlagen liegt die Leistung in der Regel zwischen 5 und 10 kW.

Komplexes Gelände: Komplexes Gelände wird allgemein als die Zone beschrieben, in welcher der Einfluss der Topographie auf die Strömungsbedingungen „signifikant“ ist. Oft werden dabei nur Höhenstrukturen, d.h. die Orographie betrachtet, obwohl die Bodenbeschaffenheit und zusätzliche Hindernisse wie Gebäude oder Felsen die Strömungsbedingungen ebenfalls beeinflussen können.

LiDAR (Light Detection and Ranging): Mit einem LiDAR-Gerät werden die Windgeschwindigkeiten und –richtungen berührungslos mittels eines Lasers bis in eine Höhe von 200 m über Boden gemessen. Der vom Gerät ausgehende Laserstrahl wird an den mit dem Wind mitgeführten Aerosolen (Wassertröpfchen, Staubpartikel etc.) wieder zum Gerät zurückgestreut. Aus der Frequenzverschiebung des zurückgestreuten Signals (Doppler-Effekt) kann die Windgeschwindigkeit des Aerosols und davon abgeleitet die Windgeschwindigkeit berechnet werden.

3 Ausgangslage

Der Kanton Thurgau hat sich zum Ziel gesetzt, die Nutzung der erneuerbaren Energien voranzutreiben. Dazu hat der Regierungsrat im Jahr 2007 ein Konzept zur verstärkten Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz verabschiedet. Mit dem gegenwärtig in Arbeit befindlichen „Konzept für einen Thurgauer Strommix ohne Atom“ werden Wege gesucht, wie die Versorgungssicherheit mit erneuerbaren Energien und einer Verbesserung der Energieeffizienz sichergestellt werden kann. Die Windenergie kann einen wichtigen Beitrag an die zukünftige Energieversorgung leisten. Sie ist erneuerbar, lokal vorhanden und CO₂-frei.

Das Potenzial verschiedener erneuerbarer Energien wurde im Kanton Thurgau bereits erhoben – mit Ausnahme des Potenzials von Grosswindanlagen. Dieses wurde bisher als gering eingestuft. Eine kantonale Studie zu Leichtwindanlagen aus dem Jahr 2002 ergab ein Potenzial von 1.2 GWh pro Jahr. Die Windpotentialstudie im Kanton Schaffhausen aus dem Jahr 2009 und die Messungen 2011 haben nun aber aufgezeigt, dass die Verhältnisse für Grosswindanlagen in der Region deutlich besser sind, als das Konzept Windenergie des Bundes aus dem Jahr 2004 erwarten liess. Es ist daher gerechtfertigt, auch im Kanton Thurgau ein Projekt zur Erhebung des Windpotenzials durchzuführen.

4 Projektziele

In dieser Studie soll das Potential für Grosswindanlagen flächendeckend über das Kantonsgebiet evaluiert und mit Windmessungen unterlegt werden (Teil 1). Gleichzeitig werden potentielle Standorte anhand der Kriterien einsetzbare Technologien, Produktionserwartung, Landschaftsverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit, Logistik und gesellschaftlicher Aspekte beurteilt (Teil 2). Eine Windpotentialabschätzung über den gesamten Kanton Thurgau, ausgedrückt in produziertem Windstrom, ist ebenfalls Bestandteil von Teil 2.

Der Kanton stellt damit die nötigen Grundlagen für die eigene Richtplanung, für Gemeinden und private Bauträgerschaften zur Verfügung, um zukunftsgerechte Windenergiekonzepte zu ermöglichen und entsprechende Investitionsentscheide zu erleichtern.

5 Projektorganisation

Die Projektorganisation wird von einem Lenkungsausschuss angeführt, welcher die Stossrichtung und den Rahmen der Arbeiten vorgibt sowie allfällige Fragen politischer Natur beurteilt und Entscheide fällt. Dem Lenkungsausschluss gehören die Chefs von DIV (Departement für Inneres und Volkswirtschaft) und DBU (Departement für Bau und Umwelt), die Generalsekretäre DIV und DBU sowie der Leiter der Abteilung Energie an. Der Lenkungsausschuss wird durch die Projektleitung regelmässig über den Stand des Projekts informiert.

Die Projektleitung liegt bei der Abteilung Energie des Kantons Thurgau. Der Projektleitung obliegt die Koordination zwischen den verschiedenen Beteiligten, sie ist Ansprechperson für organisatorische Belange und lädt die Mitglieder der Begleitgruppe ein.

Die Begleitgruppe bringt ihr fachspezifisches Know-how ein. Sie wird in regelmässigen Abständen von der Projektleitung über den Stand des Projekts informiert und konsultiert. Insbesondere wird der Entwurf des Schlussberichts in der Begleitgruppe besprochen.

New Energy Scout ist für die Ausarbeitung der Studie beauftragt worden. Der Kanton bietet Unterstützung für Abklärungen und Datenbeschaffung an.

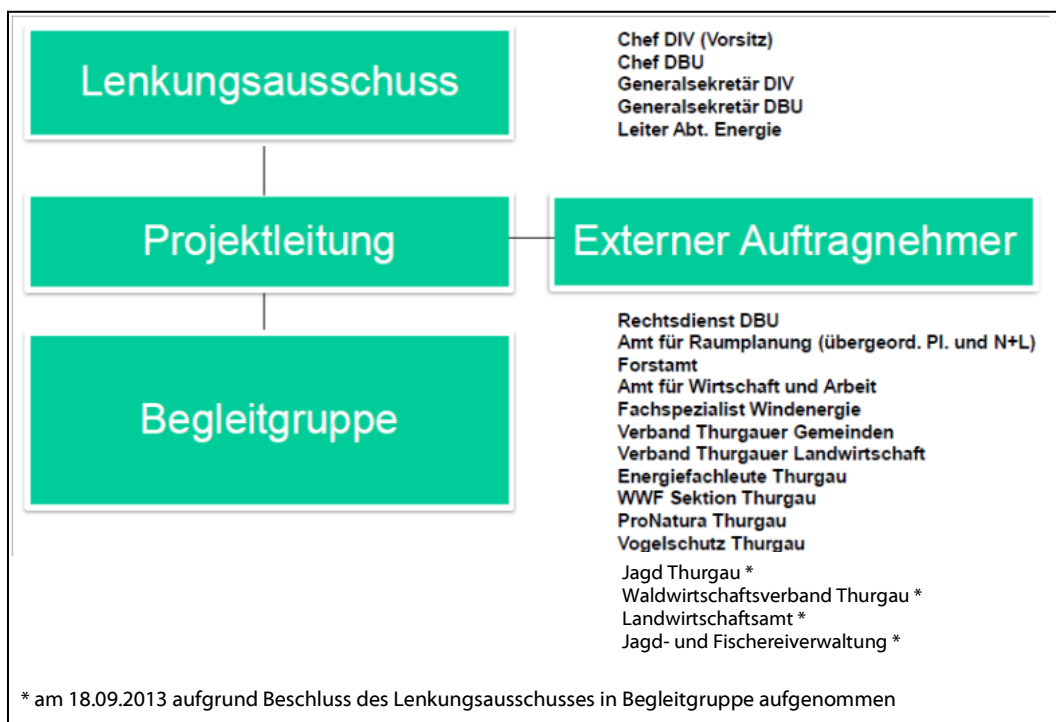


Abb. 1: Projektorganisation (schematisch).

Mitglied	Institution
Martin Belz	Verband Thurgauer Gemeinden (VTG)
Toni Kappeler	Pro Natura, Sektion TG
Fabian Brühwiler	Verband Thurgauer Landwirtschaft (VTL)
Reiner Bodmer	WWF, Sektion TG
Andreas Engeler	Thurgauer Vogelschutz (TVS)
Stefan Mischler	Energiefachleute Thurgau (EFT)
Lorenz Hübner	Forstamt Kt. TG
Alexander Biber	Amt für Raumplanung, Übergeordnete Planung
Raimund Hipp	Amt für Raumplanung, Natur und Landschaft
Michael Janser	Departement für Bau und Umwelt, Rechtsdienst
Martin Kradolfer	Amt für Wirtschaft und Arbeit, Arbeitsinspektorat
Reto Rigassi	Suisse-Eole, Experte Windkraft
Michael Altherr	New Energy Scout
Peter Schwer	New Energy Scout
Thomas Volken	Abteilung Energie
Lena Windler	Abteilung Energie
Bruno Ackermann *	Jagd Thurgau
Urban Brüttsch *	Waldwirtschaftsverband Thurgau
Walter Schild *	Landwirtschaftsamt Kt. TG
Michael Vogel *	Jagd- und Fischereiverwaltung Kt. TG

* am 18.09.2013 aufgrund Beschluss des Lenkungsausschusses in Begleitgruppe aufgenommen

Tabelle 1: Mitglieder der Begleitgruppe.

6 Terminplanung

Die Projektarbeiten sind im Mai 2013 beauftragt worden.

Arbeiten	2013												2014									
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Abklärungen / Vorarbeiten	■	■																				
Offertanfrage / Vergabe			■	■	■																	
Auftrag / Kick-off					■	■																
Datenanalyse								★														
Zwischenbericht (Teil 1)										★												
Beurteilung der Standorte										■	■	■	■	■	■							
Messungen (Teil 2)										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Entwurf Schlussbericht																				■	■	
Schlussbericht																					■	

★ Lenkungsausschuss

Abb. 2: Zeitplan der Windpotentialstudie Thurgau (Stand September 2013).

Sitzungen:

- 19.06.2013 1. Begleitgruppensitzung
Traktanden: Begrüssung und Vorstellungsrunde, Vorstellung des Projekts, Einführung in die Windenergienutzung und Windpotentialstudien
- 02.07.2013 2. Begleitgruppensitzung
Traktanden: Vorstellung und Diskussion der Ausschluss- und Beurteilungskriterien für potenzielle Standorte, Angebot für themenspezifische Workshops und Exkursion
- 21.08.2013 Exkursion zu einer Windenergieanlage moderner Bauart
- 05.09.2013 3. Begleitgruppensitzung: Workshop „Nutzung von Windenergie im Kanton Thurgau“
- 09.09.2013 4. Begleitgruppensitzung
Traktanden: Überblick Ausschluss-, Abwägungs- und Beurteilungskriterien, Präsentation und Diskussion der Auswertung Windressourcenkarte und Verschnitt mit Ausschluss- und Abwägungskriterien, Diskussion mögliche Standorte Windmessung, Diskussion zu verschiedenen Ansätzen beim Umgang mit Windenergienutzung in der Richtplanung
- 18.09.2013 1. Sitzung Lenkungsausschuss
Traktanden: u.a. Verabschiedung der vorgeschlagenen Ausschluss- und Abwägungskriterien
- 28.11.2013 5. Begleitgruppensitzung
Traktanden: Besprechung Entscheide Lenkungsausschuss, Besprechung des Zwischenberichts, Standort 1. Windmessung
- 19.12.2013 2. Sitzung Lenkungsausschuss
Traktanden: Informationsschreiben an die Gemeinden, Behandlung BLN-Gebiete, Verabschiedung des Zwischenberichts, Beurteilung der Landschaftsverträglichkeit
- 19.08.2014 6. Begleitgruppensitzung
Traktanden: u.a. Präsentation und Diskussion des Schlussberichtes
- 08.09.2014 3. Sitzung Lenkungsausschuss
Traktanden: Verabschiedung des Schlussberichts

7 Methodik

7.1 Ablauf einer Windpotentialstudie

Eine Windpotentialstudie ist im Allgemeinen stufenweise aufgebaut: Um allfällige Potentialgebiete für die Nutzung mit Windenergieanlagen identifizieren zu können, werden in einem ersten Schritt nach der Prüfung der Winddatenbasis die Windressourcen im ganzen Kanton Thurgau berechnet. Nach einer ersten Windressourcenberechnung im Rahmen des Zwischenberichtes zu dieser Studie ist gemeinsam mit der Begleitgruppe und des Lenkungsausschusses über die Positionen von konkreten Windmessungen zur Verbesserung der Datenlage entschieden worden. Mit diesen aktuellen Winddaten sowie mit weiteren Messdaten ist die finale Windressourcenkarte modelliert worden. In einem zweiten Schritt wird eine Flächenanalyse mittels Ausschlussflächen durchgeführt. Diese wird schlussendlich in die Windressourcenkarte integriert. Mittels zusätzlicher Kriterien, welche nicht a priori als Ausschlusskriterien gelten, können anschliessend die verschiedenen Interessen wie z.B. der Landschaftsschutz oder die Flugsicherheit gegenüber der Windenergienutzung abgewogen werden (Ablauf siehe folgende Grafik).

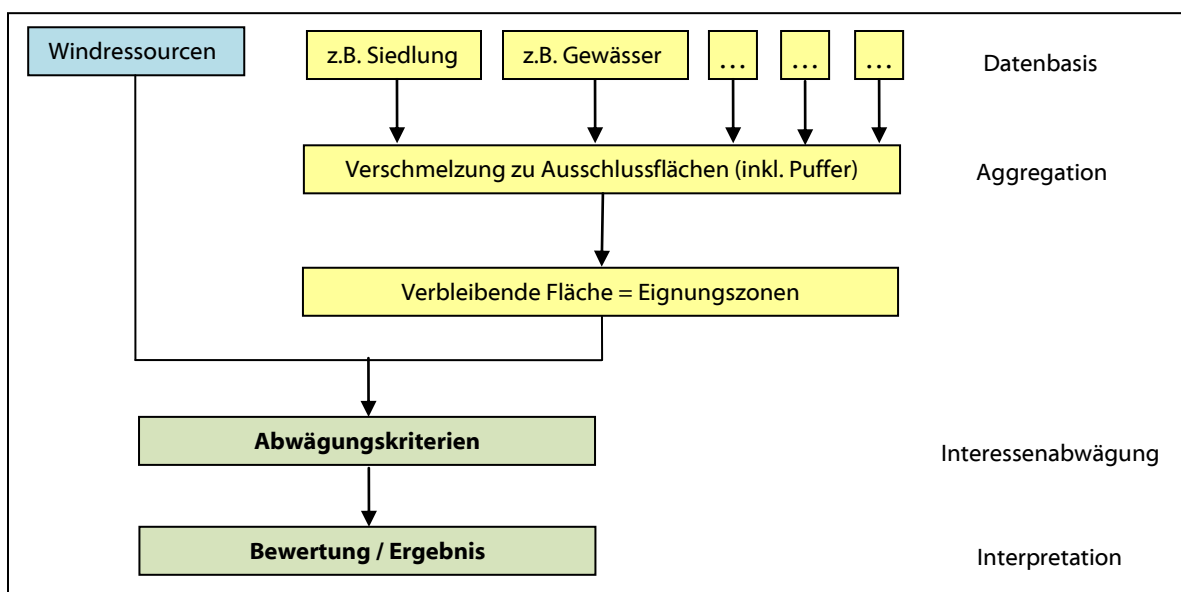


Abb. 3: Methodik der Windpotentialstudie (schematisch).

7.2 Berechnung der Windressourcen

7.2.1 Datenbasis

Um die Windressourcen berechnen zu können, sind vorgängig sämtliche für die Untersuchung notwendigen Daten zusammengetragen und anschliessend für die Berechnung aufbereitet worden. Folgende Daten sind verwendet worden:

Daten	Inhalt	Ausdehnung	Datenherkunft
Karten der Landestopografie	Rasterkarten 1:50'000	Kanton TG und umliegendes Gebiet bis mind. 20 km	Bundesamt für Landestopografie
Höhenkurven Schweiz	Höhenlinien mit Äquidistanz 10 m	Kantone TG, SH, ZH, SG, AR, AI	Bundesamt für Landestopografie (DHM25)
Höhenkurven Ausland	Höhenlinien mit Äquidistanz 10 m	Bis mind. 20 km von der Kantonsgrenze	Remote sensing DHM und eigene Kartierung
Bodennutzung Schweiz	Siedlung, Wald, Gewässer, Obstanlagen etc.	Kantone TG, SH, ZH, SG, AR, AI	Bundesamt für Landestopografie (VECTOR25) und eigene Kartierung
Bodennutzung Ausland	Siedlung, Wald, Gewässer, Obstanlagen etc.	Bis mind. 20 km von der Kantonsgrenze	Remote sensing DRM und eigene Kartierung
Winddaten	Windrichtung und Windgeschwindigkeit der Station Üetliberg Windrichtung und Windgeschwindigkeit gemessen beim Randenhusturm (Kanton SH) Windrichtung und Windgeschwindigkeit gemessen mittels LiDAR auf dem Chroobach, dem Nollen, in Dippishausen und in der Region Fischingen		MeteoSchweiz Messung New Energy Scout Messung New Energy Scout

Tabelle 2: Datengrundlage der Windressourcenberechnung.

7.2.2 Berechnungshöhe

Der Auftraggeber möchte aus folgenden Gründen das Windpotential auf 100 m ü.G. berechnet haben:

- Moderne Windenergieanlagen, konzipiert für Windverhältnisse wie sie im Kanton Thurgau zu erwarten sind, haben eine Nabenhöhe von 100-140 m, in der Schweiz momentan eher noch 100 m, in Süddeutschland jedoch eher bei 130-140 m.
- Die Windkarte des Konzeptes Windenergie Schweiz aus dem Jahre 2004 wurde für die Höhen 50 m, 70 m und 100 m über Grund berechnet. Die Vergleichbarkeit mit dieser Karte ist somit gegeben. Windressourcenkarten anderer Kantone (z.B. Schaffhausen oder Appenzell Ausser- und Innerrhoden) sind ebenfalls für eine Höhe von 100 m über Grund berechnet worden.

7.2.3 Verwendete Hilfsmittel

Eine Berechnung der Windressourcen basiert auf Daten zu den Windverhältnissen im Untersuchungsgebiet, zur Topographie, Hindernissen und zur Bodenbedeckung (Rauigkeit). Die Berechnung ist mit den Programmen WindPro 2.9 und WASP 10.2 durchgeführt worden.

In WASP werden die Einflüsse der Topographie und der Bodenbedeckung mit einem zweidimensionalen Strömungsmodell bestimmt. Dies erfordert eine detaillierte Beschreibung der Hügel und lokalen Hindernisse wie Wälder oder Siedlungen. Mit diesem Modell können lamina-

re Windströmungen modelliert werden, so wie sie in ebenem oder leicht hügeligem Gelände vorherrschen. In komplexem Hügel- oder Berggebiet folgen die Strömungen meist einem turbulenten Muster, welche mittels WAsP nicht adäquat modelliert werden können. In Absprache mit dem Auftraggeber ist dennoch eine Modellierung mittels WAsP durchgeführt worden mit der Option, dass zu einem späteren Zeitpunkt die Windressourcen im komplexen Hügelland des südlichen Kantonsgebiets ev. mittels einer CFD-Modellierung (Computational Fluid Dynamics) berechnet werden.

7.2.4 Erstellung des digitalen Höhenmodells

Für die Erstellung des Höhenmodells sind die folgenden Schritte erforderlich:

- 1) Konvertierung der Höhenkurven in geeignetes Format für die Berechnungssoftware
- 2) Reduktion der Datenmenge der verschiedenen (Teil-)Höhenmodelle (Generalisierung mit Abweichung max. 1 m, Verbindung von Linien)
- 3) Bereinigung der Grenz- bzw. Überlappungsbereiche
- 4) Erweiterung der Höhenmodelle von mind. 20 km um den Kanton Thurgau.

7.2.5 Erstellung der digitalen Rauigkeitskarte

Für die Erstellung der Rauigkeitskarte sind die folgenden Schritte erforderlich:

- 1) Konvertierung der Bodenbedeckungs-Polygone in geeignetes Format für die Berechnungssoftware
- 2) Definition der Rauigkeitsklassen *
- 3) Generalisierung der Rauigkeitspolygone
- 4) Bereinigung der Grenz- bzw. Überlappungsbereiche
- 5) Erweiterung der Rauigkeitskarte von mind. 20 km um den Kanton Thurgau.

* Die Rauigkeitslänge z_0 entspricht der Höhe über Boden, in der das logarithmische Höhenprofil der Windgeschwindigkeit den Wert Null ausgibt. Die für Berechnungen verwendete Abstufung der Rauigkeitsklassen richtet sich nach der folgenden international anerkannten Definition:

Rauhigkeits- klasse	Rauhigkeits- länge, z_0 in m	Energie Index (%)	Landschaft
0	0.0002	100	Wasserflächen
0.5	0.0024	73	Offenes Gelände, glatte Oberflächen z.B. Landebahnen
1	0.03	52	Landschaft ohne Zäune u. Hecken, einzelne Häuser
1.5	0.055	45	Landschaft mit einigen Häusern u. Hecken. Freiflächen min. 1250m.
2	0.1	39	Landschaft mit einigen Häusern u. Hecken. Freiflächen min. 500m.
2.5	0.2	31	Landschaft mit einigen Häusern u. Hecken, Büschen und Bäumen. Freiflächen min. 250m.
3	0.4	24	Dörfer, kleine Städte, Wälder. Unebenes Gelände.
3.5	0.8	18	Größere Städte, hohe Gebäude
4	1.6	13	Großstädte mit sehr hohen Gebäuden.

Tabelle 3: Definition der Rauhigkeitsklassen (gemäss Europäischem Windatlas); Quelle: [1].

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht verschiedene typische Windprofile in ebenem Gelände in Abhängigkeit der Bodenrauigkeit. Auf Hügeln in komplexem Gelände kann sich ein Windprofil im Extremfall umkehren, d.h. in Bodennähe herrschen höhere Windgeschwindigkeiten als in grösseren Höhen, man spricht vom sog. Speed-Up-Effekt.

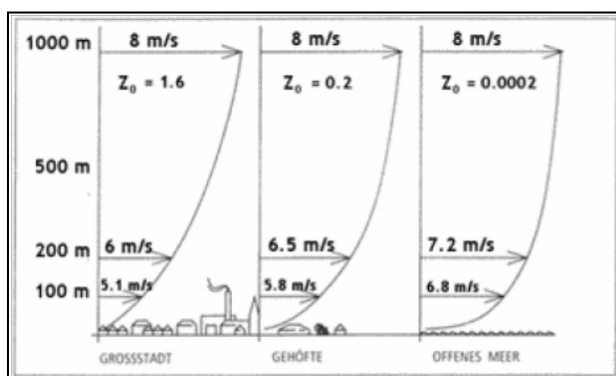


Abb. 4: Windgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Bodenrauigkeiten im ebenem Gelände; Quelle: [1].

7.2.6 Auswahl der Winddaten

Bei der Auswahl der geeignetsten Winddaten wurden sowohl Winddaten verschiedener Klimamessstationen als auch eigene Messungen berücksichtigt.

Messstationen von Meteoschweiz:

Bei sämtlichen in der Folge erwähnten Stationen von Meteoschweiz werden Windgeschwindigkeit und -richtung gemessen. Die Inbetriebnahme der Messungen variiert sehr stark, wie auch die Messhöhen und teilweise auch die zeitliche Auflösung (in der Regel jedoch 10 Minuten-

Mittelwerte). Alle auf der folgenden Karte markierten Messstationen werden stichwortartig kurz beschrieben.



Abb. 5: Messstationen von Meteoschweiz im und um den Kanton Thurgau (Quelle: Meteoschweiz).

Nr.	Stationsname	Messhöhe	Beschreibung
1	Bargen	10 m	Auf dem Randen gelegen; spezielle Windverhältnisse
2	Schaffhausen	36 m/ 53 m	Messung an Sendemast
3	Steckborn	10 m	Uferlage; gewisse Abschattung durch Siedlung/Gelände im Süden
4	Salen-Reutenen	10 m	Lage in offenem Feld auf Hügel
5	Güttingen	10 m	Hanglage
6	Bischofszell	10 m	Im Talboden gelegen
7	Altenrhein	10 m	Im Talboden auf Flugplatzgelände gelegen
8	St. Gallen	16 m	Hanglage; Windregime für TG nicht repräsentativ
9	Säntis	11 m	Sehr komplexes Gelände; Wind stark von Topografie beeinflusst
10	Ebnat-Kappel	10 m	Im Talboden gelegen
11	Hörnli	15 m	Komplexes Gelände
12	Aadorf/Tänikon	10 m	Im Talboden gelegen
13	Zürich/Fluntern	10 m	Im Talboden gelegen; von Siedlung/Bäumen umgeben
14	Üetliberg	162m/189m	Auf Swisscom-Antenne
15	Zürich/Affoltern	10 m	Im Talboden gelegen; von Siedlung/Wälder umgeben
16	Zürich/Kloten	10 m	Im Talboden auf Flughafengelände gelegen
17	Lägern	26 m	Komplexes Gelände

Tabelle 4: Kurzbewertung der Messstationen von Meteoschweiz.

Messstationen von Meteomedia (Quelle: Meteomedia):

Meteomedia betreibt weltweit rund 1'100 Klimamessstationen. Unter anderem werden auch Windgeschwindigkeit und Windrichtung als Stundenmittelwerte gemessen. Das Messnetz ist sehr dicht und für Wetter- und Windvorhersagen für Windsurfer, Segler oder Paraglider konzipiert. Die Messensoren befinden sich entweder auf kleinen Masten bis max. 10 m Höhe oder auf/an Gebäuden. Für die Berechnung der Windressourcen in 100 m Höhe sind solche Stationen ungeeignet, da sie zu sehr von der Topografie und der Bodenbedeckung beeinflusst sind.

Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (Quelle: Deutscher Wetterdienst DWD):

Seit 1976 betreibt der Deutsche Wetterdienst über 100 Messstationen, welche teilweise ab 1995 speziell für die Bedürfnisse der Windenergiebranche auf- oder umgerüstet wurden. Die dem Kanton Thurgau am nächsten gelegene Station befindet sich in Sigmarszell, ca. 25 km von der Kantonsgrenze entfernt. Der Bodensee im Westen, das Rheintal im Süden sowie das Gebirge des Vorarlbergs im Südosten dürften grossen Einfluss auf diese Meteostation ausüben, weshalb diese Daten für die Windressourcenberechnung nicht berücksichtigt wurden.

Messstationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

Die ZAMG ist der staatliche meteorologische und geophysikalische Dienst Österreichs. Das Stationsnetz der ZAMG umfasst derzeit rund 250 teilautomatische Wetterstationen (TAWES). Windgeschwindigkeit und Windrichtung werden in 10 m über Boden gemessen. Die dem Kanton Thurgau am nächsten gelegenen Stationen der ZAMG befinden sich am südlichen Ende des Bodensees (Rohrspitz und Bregenz). Die Windverhältnisse an diesen Stationen sind stark vom Rheintal (Berg-/Talwind) und vom Bodensee (See-/Landwind) beeinflusst und deshalb für die Verhältnisse im Kanton Thurgau nicht repräsentativ. Aus diesem Grund sind die Winddaten dieser Messstationen nicht in die Windressourcenberechnung eingeflossen.

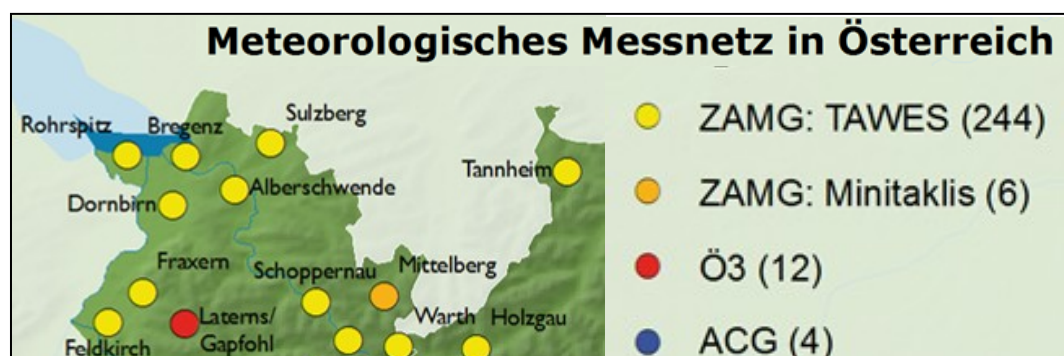


Abb. 6: Messstationen der ZAMG im Westen Österreichs (Quelle: ZAMG).

Messungen von New Energy Scout:

Die Messungen von New Energy Scout sind z.T. mit einem LiDAR-Gerät durchgeführt worden: Hagenturm („H“ auf folgender Karte), Chroobach („C“), Nollen („N“), Dippishausen („D“) und Fischingen („F“). An allen 5 Standorten ist bis in eine Höhe von 200 m über Boden die Windge-

schwindigkeit und Windrichtung gemessen worden. Die beiden Messungen Dippishausen und Fischingen sind im Rahmen dieser Windpotentialstudie durchgeführt worden. Die Auswertungsberichte dieser Messungen sind im Anhang 10.1 und 10.2 ersichtlich. Beim Randenus („R“) sind Messensoren am bestehenden Sendemast montiert worden, welche die Windgeschwindigkeit und –richtung auf 45 m und 65 m messen.

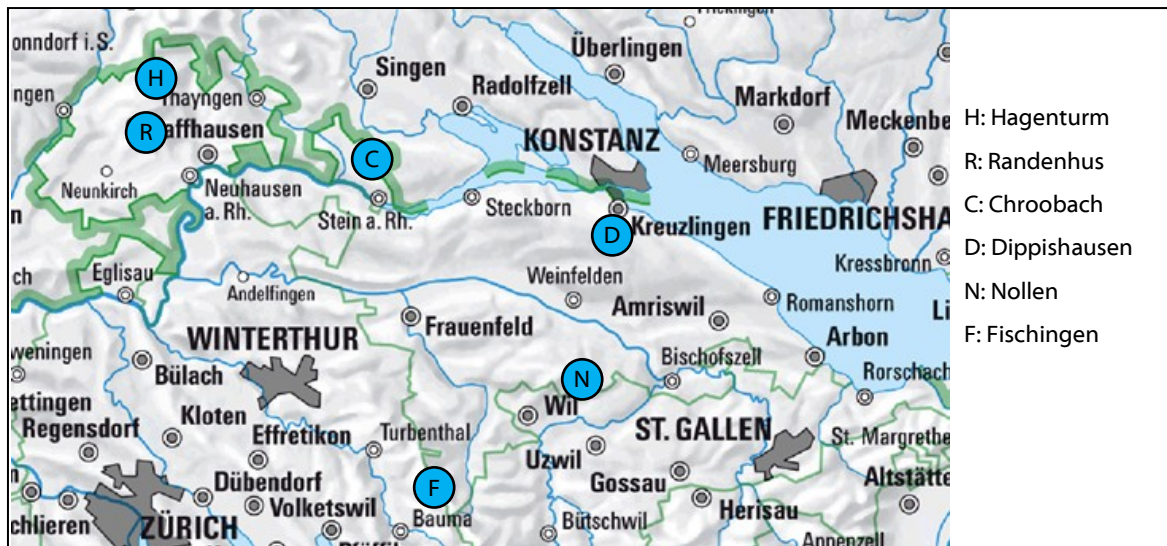


Abb. 7: Messungen von New Energy Scout im und um den Kanton Thurgau.

Sonstige Messdaten

Die Firma Aventa AG, welche selber Leichtwindanlagen betreibt, hat im Jahr 2004 eine Potentialstudie für Leichtwindanlagen inkl. Windmessungen im Kanton Thurgau durchgeführt. An 5 Standorten verteilt über das ganze Kantonsgebiet wurde mittels 18 m hohen Masten Windgeschwindigkeit und –richtung gemessen. Aufgrund der geringen Messhöhe über Boden sind diese Messdaten nicht weiter verwendet worden.

Gewählte Winddaten für die Windressourcenberechnung

Bei der Wahl der Messstandorte wurde auf eine möglichst homogene Abdeckung des Kantonsgebiets abgezielt. Des Weiteren sind Windmessungen nahe am Boden (z.B. 10 m) für die Berechnung der Windressourcen auf 100 m über Boden weit weniger geeignet als Messungen, welche bereits auf dieser Höhe durchgeführt wurden. Mit zunehmender Messhöhe über Boden nehmen allgemein die Einflüsse der umliegenden Topografie auf die Messung ab, was geringere Wahrscheinlichkeiten systematischer Verfälschungen der Messung bedeutet. Die Stationen von Meteoschweiz im und um den Kanton Thurgau sind deshalb nicht verwendet worden (Salen-Reutenen, Güttingen, Steckborn, Bischofszell, Aadorf, Hörnli, St.Gallen, Altenrhein). Bei der Station Hörnli, welche von der Lage her sehr interessant ist, kommt hinzu, dass das Gelände dort sehr komplex ist und dies bereits bei früheren Modellierungen zu Schwierigkeiten mit dieser Berechnungsmethode geführt hat. Überdurchschnittliche Modellierungsabweichungen waren die Folge (siehe auch Anhang 10.3).

Aus all diesen Gründen und Erläuterungen heraus sind die Messungen Randenus, Chroobach und Nollen für die Berechnung der Windressourcen gewählt und mit den neuen Messungen Dippishausen und Fischingen ergänzt worden. Da diese Messungen nicht langjährig sind, d.h. die Messperiode <10 Jahre, sind sie mit der Meteoschweiz-Station Üetliberg langjährig korreliert worden.



Abb. 8: Gewählte Messstationen für die Windressourcenberechnung (blaue Punkte) und langjährige Messstation Üetliberg (roter Punkt).

Die folgende Tabelle zeigt die Merkmale der gewählten Messstationen bzw. Messdaten:

Station	Koordinaten [LV03]	Stationshöhe [m ü. M.]	Messhöhe [m ü. G.]	Messperiode	Zeitliche Auflösung
Messung Randenus* (Eigene Messung)	682'542/287'236	840	65	08.2010-07.2014 (02.1992-07.2014 nach 1j Korrelation)	10 min
Messung Chroobach* (Eigene Messung)	706'575/284'236	602	100	08.2010-10.2010 (02.1992-07.2014 nach 1j Korrelation)	10 min
Messung Nollen* (Eigene Messung)	726'701/262'076	675	90	12.2011-01.2012 (02.1992-07.2014 nach 1j Korrelation)	10 min
Messung Dippishausen* (Eigene Messung)	729'938/275'537	533	100	01.2014-04.2014 (02.1992-07.2014 nach 1j Korrelation)	10 min
Messung Fischingen* (Eigene Messung)	712'084/251'591	835	100	03.2014-07.2014 (02.1992-07.2014 nach 1j Korrelation)	10 min
Üetliberg (Meteoschweiz)	679'450/245'050	854	162/189	02.1992-07.2014	10 min

* die Messreihe wurde langjährig korreliert und dadurch die Messperiode erweitert

Tabelle 5: Eigenschaften der verwendeten Windmessstationen resp. -daten.

7.2.7 Langjährige Korrelationen

Die Winddaten der Meteoschweiz-Station Üetliberg haben im Gegensatz zu denjenigen der eigenen Messungen langjährigen Status (d.h. Datenzeitreihe >10 Jahre). Die Daten vom Randenhuis und besonders jene der LiDAR-Messungen Chroobach, Nollen, Dippishausen und Fischingen lagen als Kurzzeitdaten vor. Sie wurden daher mit den Langzeitreihen korreliert und so auf ein langjähriges Niveau hochgerechnet. Durchgeführt wurden die Korrelationen mit der sog. MCP-Methode (Measure-Correlate-Predict, Software WindPro 2.9), die sich wiederum einer linearen Regression bedient. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefasst und nachfolgend erläutert.

Station	Korreliert mit Station	Korrelationskoeffizient r_h (Basis Stundenmittel/Tagesmittel) [-]	Mittel der horizontalen Windgeschwindigkeit auf Messhöhe vor/nach der Korrelation [m/s]
Randenhuis 65 m ü. Boden	Üetliberg 162/189 m ü. Boden	0.69 / 0.82	4.9 / 5.0
Chroobach 100 m ü. Boden	Üetliberg 162/189 m ü. Boden	0.72 / 0.91	4.3 / 4.5
Nollen 90 m ü. Boden	Üetliberg 162/189 m ü. Boden	0.83 / 0.93	8.2 / 4.4
Dippishausen 100 m ü. Boden	Üetliberg 162/189 m ü. Boden	0.72 / 0.85	3.9 / 4.4
Fischingen 100 m ü. Boden	Üetliberg 162/189 m ü. Boden	0.85 / 0.95	4.8 / 5.3

Tabelle 6: Ergebnisse der langjährigen Korrelationen.

Langjährige Korrelation der Messung beim Randenhuis

Die Daten der Messung beim Randenhuis wurden mit den Langzeitdaten der Station Üetliberg korreliert und somit auf dessen Messperiode erweitert. Von der räumlich näher gelegenen Station Schaffhausen waren keine Langzeitdaten vorhanden. Die Korrelationskoeffizienten sind als gut zu bezeichnen.

Es wurde ebenfalls die Korrelation mit der Station Lägern geprüft, die eine geringere räumliche Distanz zum Randenhuis aufweist. Mit der Station Üetliberg wurde jedoch ein höherer Korrelationsparameter r - ein Mass für die Güte der Korrelation - erzielt. Das bedeutet, die gemessenen Windverhältnisse am Üetliberg sind repräsentativer für den Standort Randenhuis, als jene der Station Lägern.

Langjährige Korrelation der LiDAR-Messung Chroobach

Die Kurzzeitdaten der Messung Chroobach sind ebenfalls mit den Daten der Station Üetliberg korreliert worden. Die Korrelationskoeffizienten sind als sehr gut zu bewerten.

Die Korrelation der LiDAR-Messung Chroobach führte zu einer Erhöhung der mittleren Windgeschwindigkeit um 0.3 m/s. Dies ist plausibel, da einerseits die Messung während relativ windschwacher Monate stattfand, andererseits die Messdauer (und damit die Überlappungsphase der beiden Messreihen) gering war.

Langjährige Korrelation der LiDAR-Messung Nollen

Die Kurzzeitdaten der Messung Nollen sind ebenfalls mit den Daten der Station Üetliberg korreliert worden. Die Korrelationskoeffizienten sind als sehr gut zu bewerten.

Die Korrelation der LiDAR-Messung führte zu einer massiven Senkung der mittleren Windgeschwindigkeit um 3.6 m/s. Dies ist plausibel, da einerseits die gemessenen Wintermonate Dezember und Januar generell als windstark gelten und andererseits im Dezember 2011 und Januar 2012 im Vergleich zu anderen Jahren ausgesprochen starke Winde wehten.

Langjährige Korrelation der LiDAR-Messung Dippishausen

Die Kurzzeitdaten der Messung Dippishausen sind ebenfalls mit den Daten der Station Üetliberg korreliert worden. Die Korrelationskoeffizienten sind als gut zu bewerten.

Die Korrelation der LiDAR-Messung Dippishausen führte zu einer Erhöhung der mittleren Windgeschwindigkeit um 0.5 m/s. Dies ist plausibel, da einerseits die Monate März und April 2014 windschwach waren, andererseits die Messdauer (und damit die Überlappungsphase der beiden Messreihen) gering war.

Langjährige Korrelation der LiDAR-Messung Fischingen

Die Kurzzeitdaten der Messung Fischingen sind ebenfalls mit den Daten der Station Üetliberg korreliert worden. Die Korrelationskoeffizienten sind als sehr gut zu bewerten.

Die Korrelation der LiDAR-Messung Fischingen führte zu einer Erhöhung der mittleren Windgeschwindigkeit um 0.5 m/s. Dies ist plausibel, da einerseits die Messung während relativ windschwacher Monate stattfand, andererseits die Messdauer (und damit die Überlappungsphase der beiden Messreihen) gering war.

7.2.8 Windstatistiken

Aus den langjährig korrelierten Windmessdaten wurden anschliessend regionale Windstatistiken berechnet (mittels Höhenmodell, Rauigkeitskarte und lokalen Hindernissen wie z.B. Häuser, Sendemast). In folgender Abbildung sind die modellierten Windenergiesen an den Standorten der Datenpunkte ersichtlich.

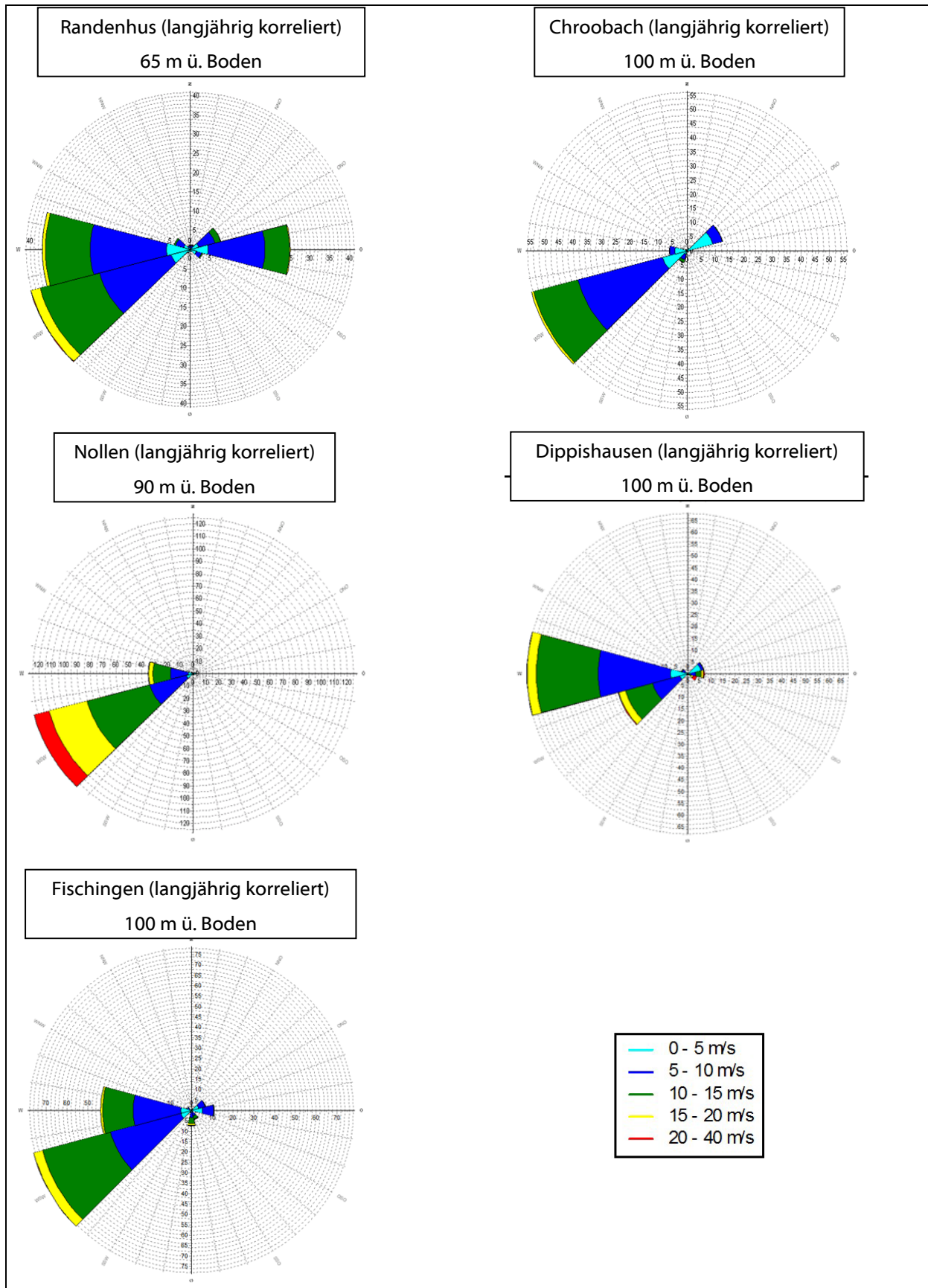


Abb. 9: Berechnete Windenergierosen auf Basis von langjährig korrelierten Messdaten; Achswerte: W/m^2 .

Kommentar:

- Windenergiesen geben an, aus welchen Sektoren die „Energie“ kommt.
- Die starken Winde wehen hauptsächlich aus den Richtungen W-SW
- Schwache Winde kommen aus allen Richtungen, hauptsächlich jedoch aus W-SW und O-NO
- Die Energierose beim Randenus zeigt neben der starken Westwindkomponente auch eine ausgeprägte Komponente aus Osten

7.2.9 Räumliche Aufteilung der Windressourcenberechnung

Zur Berechnung der Windressourcenkarte wurde die Kantonsfläche in zwei Teilflächen unterteilt (hügeliges Mittelland und komplexes Gelände des südlichen Hinterthurgaus) mit ungefährender Grenzlinie Aadorf-Sirnach-Rickenbach (siehe folgende Abbildung). Die Aufteilung wurde so gewählt, dass die Teilflächen hinsichtlich der Topographie und somit auch der Modellierungsgenauigkeit möglichst homogen sind.

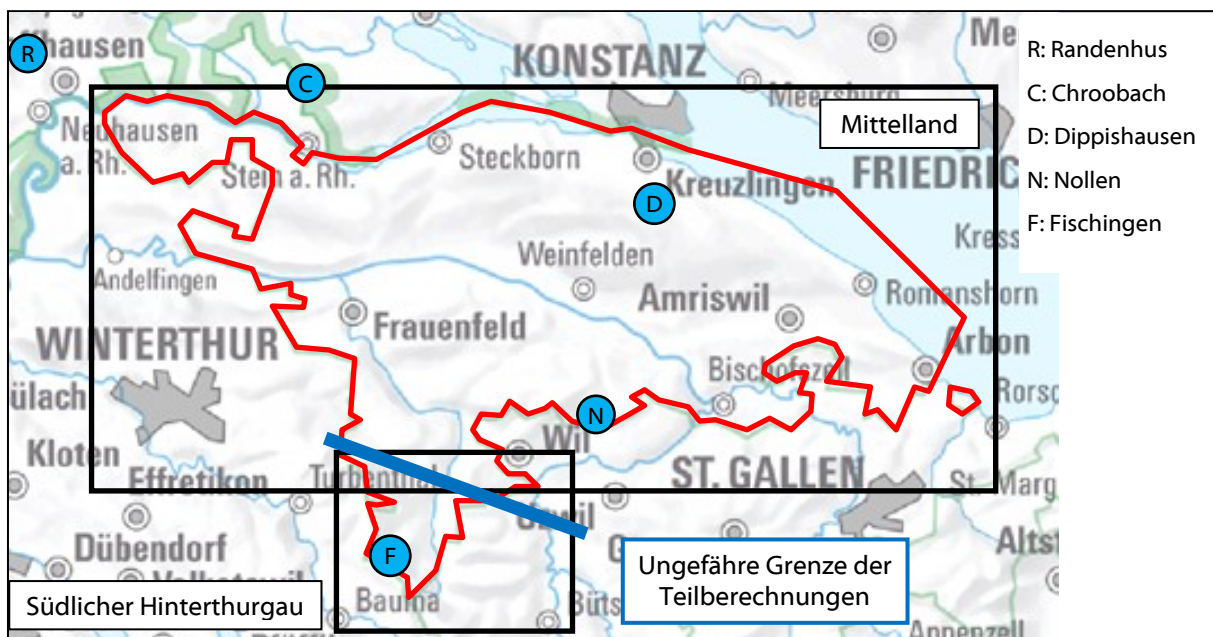


Abb. 10: Unterteilung der Kantonsfläche in die Teilflächen Mittelland und südlicher Hinterthurgau (blau: verwendete Windstatistiken).

Jede Teilfläche wurde in Rasterelemente (50 x 50 m) zergliedert und für jedes Rasterelement die mittlere Windgeschwindigkeit für eine Höhe von 100 m über Boden berechnet. Als Datenbasis wurden die für die jeweilige Teilfläche repräsentativsten Stationen, bzw. Datenpunkte gewählt. Die Gewichtung der Datenpunkte ergab sich aus einem iterativen Prozess während der Modellplausibilisierung (siehe auch folgendes Kapitel). Im Gegensatz zu einer globalen Berech-

nung der Kantonsfläche (in einer einzigen Karte) hat das hier gewählte Vorgehen den Vorteil, dass die Modellierungsunschärfe für jede Teilfläche reduziert wird. Dies ist gerade in Gebieten mit komplexer Topographie empfehlenswert. Allerdings entstehen teilweise nicht eindeutige Ergebnisse in den Überlappungsbereichen, die nachbearbeitet wurden.

Die folgende Tabelle zeigt die Gewichtung der einzelnen Windstatistiken:

Windstatistik	Teilberechnung Mittelland [%]	Teilberechnung südl. Hinterthurgau [%]
Randehus	25	-
Chroobach	25	-
Nollen	25	33.3
Dippishausen	25	-
Fischingen	-	66.6

Tabelle 7: Gewichtung der Windstatistiken.

7.2.10 Plausibilisierung des Berechnungsmodells

Das Berechnungsmodell wurde durch folgende Arbeitsschritte plausibilisiert:

- Vergleich der langjährig korrelierten Messdaten mit am gleichen Standort modellierten Werten, die auf Windstatistiken der anderen Meteostationen und den Inputparametern (Rauhigkeitskarte, Hindernisse und Höhenmodell) basieren. Damit wird kontrolliert, ob das Modell die Situation an anderen Standorten gut abbildet.
- Vergleich der modellierten Ergebnisse (Ressourcenkarte) mit den aus den Winddaten berechneten Windstatistiken an den Standorten der verwendeten Stationen, bzw. Datenpunkte. Dadurch wird gezeigt, in wie fern die flächige Berechnung mit einer bestimmten Gewichtung der Stationen diese Punkte adäquat wiedergibt.

Nachrechnung der langjährig korrelierten Messdaten

Die folgende Tabelle veranschaulicht die Plausibilisierung des verwendeten Modells. Dabei wurden die Windverhältnisse an den Messstationen, bzw. Datenpunkten mit Windstatistiken nachgerechnet, die an anderen Stationspunkten aus den dort gemessenen Daten berechnet wurden. Ein Vergleich von gemessenen Windgeschwindigkeiten (Gesamtmittelwerte) mit den nachgerechneten Werten gibt Rückschluss auf die Güte der Modellparameter Topografie, Rauhigkeit, Hindernisse und Berechnungsmethode an sich.

Standort	Messhöhe	Lj. korrelierte Windgeschwindigkeit	Berechnete Windgeschwindigkeit	Für die Berechnung verwendete Windstatistik	Differenz der Windgeschwindigkeiten
Randenhüs	65 m	5.0 m/s *	5.2 m/s	Chroobach*	+0.2 m/s
			5.4 m/s	Nollen*	+0.4 m/s
			5.2 m/s	Dippishausen*	+0.2 m/s
			5.8 m/s	Fischingen*	+0.8 m/s
Chroobach	100 m	4.5 m/s *	4.5 m/s	Randenhüs*	0 m/s
			4.5 m/s	Nollen*	0 m/s
			4.4 m/s	Dippishausen*	-0.1 m/s
			4.9 m/s	Fischingen*	+0.4 m/s
Nollen	90 m	4.4 m/s *	4.4 m/s	Randenhüs*	0 m/s
			4.4 m/s	Chroobach*	0 m/s
			4.4 m/s	Dippishausen*	0 m/s
			4.9 m/s	Fischingen*	+0.5 m/s
Dippishausen	100 m	4.4 m/s *	4.4 m/s	Randenhüs*	0 m/s
			4.5 m/s	Chroobach*	+0.1 m/s
			4.6 m/s	Nollen*	+0.2 m/s
			4.9 m/s	Fischingen*	+0.5 m/s
Fischingen	100 m	5.3 m/s *	4.8 m/s	Randenhüs*	-0.5 m/s
			5.0 m/s	Chroobach*	-0.3 m/s
			5.0 m/s	Nollen*	-0.3 m/s
			4.8 m/s	Dippishausen*	-0.5 m/s

* Langjährig korreliert

Tabelle 8: Kontrollberechnung des verwendeten Modells – Nachrechnung der langjährig korrelierten Messdaten.

Aus der Tabelle geht hervor, dass die langjährig korrelierten Messdaten in einfachem Gelände (Chroobach, Nollen, Dippishausen) mit dem Berechnungsmodell sehr gut nachgerechnet werden konnten (Abweichung 0 m/s bis 0.2 m/s). Deren Nachrechnung mit Fischingen liefert etwas grössere Abweichungen (+0.4 m/s resp. +0.5 m/s). Aus diesem Grund sind die Winddaten Fischingen für die Ressourcenberechnung Teil Mittelland nicht verwendet worden. Das Berechnungsmodell passt im Mittelland somit sehr gut.

Die etwas grösseren Abweichungen beim Randenhüs und bei Fischingen sind damit zu erklären, dass beim Randen und im Hinterthurgau komplexes Gelände dominiert (steile Hänge gegen Westen) und somit turbulente Windströmungen sowie Speed-up-Effekte zu erwarten sind. Die Berechnungssoftware WAsP hat bekannte Schwächen bei solchen Bedingungen.

Vergleich der Modellierungsergebnisse mit Windstatistiken

Die modellierten Ergebnisse (wie sie in der Ressourcenkarte erscheinen) sind in folgender Tabelle den Windstatistiken (aus den Winddaten berechnet) gegenübergestellt. Auf diese Weise wird geprüft, ob die gewählte Gewichtung der Windstatistiken plausibel ist.

Standort	Windstatistik *	Ergebnisse der Ressourcenberechnung *
	100 m über Boden [m/s]	100 m über Boden [m/s]
Randehus	5.2 m/s	5.3 m/s
Chroobach	4.5 m/s	4.4 m/s
Nollen	4.5 m/s	4.4 m/s
Dippishausen	4.4 m/s	4.4 m/s
Fischingen	5.3 m/s	5.2 m/s

*Langjährig korreliert

Tabelle 9: Kontrollberechnung des verwendeten Modells –Ergebnisvergleich.

Aus der Tabelle geht hervor, dass die langjährigen Windverhältnisse an den fünf Messstandorten mit dem Modell sehr gut nachgerechnet werden konnten.

Beurteilung der Plausibilisierung

Insgesamt ist das berechnete Modell als plausibel zu beurteilen. Die Nachrechnung gemessener Winddaten ergibt gute Ergebnisse, Abweichungen konnten plausibel begründet werden. Durch die gewählte Gewichtung der fünf Windstatistiken konnten solche Abweichungen minimiert werden.

Bei der Interpretation der Windressourcenkarte muss jedoch berücksichtigt werden, dass der südliche Bereich des Hinterthurgaus in der Windressourcenberechnung nicht adäquat wiedergegeben wird, auch wenn die Winddaten von Fischingen sehr gut nachgerechnet werden konnten. Die Berechnungsmethode WASP produziert bei stark zerklüftetem Gelände, wie es dort zum Teil vorliegt, verfälschte Werte (s. Anhang 10.3). Die berechneten Windressourcen im südlichen Hinterthurgau dürfen somit nicht als Referenz benutzt werden. Mittels einer für komplexes Terrain geeigneten CFD Simulation (Computational Fluid Dynamics) könnte diese Lücke geschlossen werden. Dies ist aus Kostengründen bewusst nicht durchgeführt worden. Zudem benötigen auch diese Modelle eine hochqualitative Datenbasis in Form von Messungen genügend weit ab Boden um genaue Resultate zu liefern. Weitere Details hierfür sind im Anhang gegeben.

7.2.11 Unsicherheitsabschätzung

Folgende Unsicherheiten lassen sich in der Windressourcenberechnung eruieren:

Quelle	Unsicherheit
Datenbasis - Windmessdaten von Meteoschweiz - LiDAR-Messungen und Mastmessung Randenus	5 %
Langjährige Korrelationen - Berechnungsimmanente Unsicherheiten - Langzeitschwankung des Windes (Unsicherheit, dass der 20-Jahres-Zeitraum ungenügend ist, um die Daten als Langzeitdaten zu betrachten) - Güte der Korrelationen	9 %
Modellierung/Windressourcenberechnung - Berechnung der Windstatistiken - Terrainbeschreibung, u.a. Rauigkeiten, Topographie, Hindernisse - Horizontale Extrapolation mit Gewichtung der Statistiken je Teilfläche - Vertikale Extrapolation auf 100 m über Grund	5 %
Zusätzliche Unsicherheiten im südlichen Hinterthurgau auf Grund von Modellierungsabweichungen wegen komplexer Topografie	Ca. 15%
Unsicherheit mittlere Windgeschwindigkeit Mittelland	11 %
Unsicherheit mittlere Windgeschwindigkeit südlicher Hinterthurgau	19 %

Tabelle 10: Unsicherheitsabschätzung der berechneten mittleren Windgeschwindigkeiten.

7.3 Flächenanalyse

7.3.1 Vorgehen

Bei der Flächenanalyse werden die folgenden Schritte durchgeführt:

Schritt 1: Reduktion der gesamten untersuchten Flächen durch Ausschlusskriterien („Killerkriterien“), die in naher Zukunft nicht verändert werden (können):

- Zonen mit Lärmempfindlichkeitsstufe I oder II gemäss Zonenplan
- Bewohnte Gebäude in Zonen mit Lärmempfindlichkeitsstufe III
- Zonen archäologischer Funde
- Stehende Gewässer, Flüsse, Bäche und Kanäle
- Grundwasserschutzzonen S1 und S2
- Naturgefahren (Zonen mit erheblicher Gefahr)
- Auswahl eidgenössischer Inventare
- Auswahl kantonaler Inventare und geschützter Objekte

Schritt 2: Anwendung und kartografische Darstellung von Abwägungskriterien, welche in naher Zukunft durchaus verändert werden (können):

- Strassen (Kantonsstrassen und Autobahnen)
- Bahnlinien
- Hochspannungsleitungen (>110 kV)

- Flugpisten (Signatur)
- Drehfunkfeuer VOR
- Auswahl eidgenössischer Inventare
- ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen
- Geotope von nationaler Bedeutung
- Gebiete mit Vorrang Landschaft
- Wald
- Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr)

7.3.2 Bemerkungen zu den Ausschlusskriterien

Generell

Ein allfälliger Mindestabstand zwischen einer Windenergieanlage und der jeweiligen Ausschlussfläche ist definiert als die Distanz zwischen dem Fundamentrand der Windenergieanlage und dem Umriss des Ausschlusskriteriums (Bemerkung: bei modernen grossen Windenergieanlagen beträgt der Fundamentdurchmesser zwischen 16 m und 25 m, abhängig vom Untergrund und von der Grösse der Anlage).

Zonen mit Lärmempfindlichkeitsstufe I, II resp. III gemäss Zonenplan

In der Lärmschutzverordnung LSV wird u.a. festgelegt, welche Planungswerte, ausgedrückt in der Masseinheit Dezibel, in Bezug auf den Lärmschutz eingehalten werden müssen. Dazu wird jeder Zone des Zonenplans eine spezifische Lärmempfindlichkeitsstufe (ES) I bis IV zugewiesen:

- ES I: Zonen mit einem erhöhten Lärmschutzbedürfnis
- ES II: Reine Wohnzonen und Zonen, in denen keine störenden Betriebe zugelassen sind
- ES III: Zonen, in denen mässig störende Betriebe zugelassen sind
- ES IV: Industrie- und Gewerbebezonen, in denen stark störende Betriebe zugelassen sind.

Eine grobe Annäherung an die Planungswerte gemäss LSV kann erreicht werden, indem nicht Dezibelwerte berechnet, sondern Mindestabstände zwischen lärmempfindlichen Objekten und Windenergieanlagen definiert werden. Gemäss Erfahrungswerten sollten Windenergieanlagen nicht näher als 700 m zu Zonen mit ES I geplant werden. Zu Zonen mit ES-II sollte ein Abstand von mind. 500 m und zu bewohnten Gebäuden in Zonen mit ES-III (u.a. Landwirtschaftszone) ein solcher von 350 m eingehalten werden. Diese Mindestabstände beziehen sich immer auf eine Windenergieanlage. Falls mehrere Anlagen auf ein Objekt wirken, kann sich der einzuhalten Abstand deutlich vergrössern. Massgebend sind in jedem Fall die Grenzwerte in Dezibel der LSV.

Die exakten Abstände eines konkreten Projektes sind allenfalls grösser und müssen auf Stufe der Projekt-UVB mittels eines Lärmgutachtens ermittelt werden, dies unter Berücksichtigung der Anzahl der Windkraftanlagen, des Anlagentyps und vieler weiterer standortspezifischen

Charakteristika. Die genannten Werte dienen dazu Gebiete auszuschliessen die von vornherein nicht in Frage kommen.

Die bewohnten Gebäude sind dem eidg. Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) entnommen worden, Stand Juli 2013 (Gebäudekategorien GKAT 1021, 1025, 1030, 1040):

- GKAT 1021: Einfamilienhaus, ohne Nebennutzung
- GKAT 1025: Mehrfamilienhaus, ohne Nebennutzung
- GKAT 1030: Wohngebäude mit Nebennutzung
- GKAT 1040: Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung

Zonen archäologischer Funde

Diese Zonen sind im Zonenplan in den überlagernden Zonen definiert.

Stehende Gewässer, Flüsse, Bäche und Kanäle

Zu stehenden Gewässern und Flüssen muss gemäss eidg. Gewässerschutzverordnung (GSchV) Art. 41b und kantonalem Planungs- und Baugesetz § 76 ein Mindestabstand von 30 m eingehalten werden.

Als Flüsse gelten im Kanton Thurgau:

- der Rhein ab Eschenzerhorn
- der Seerhein von der Triboltinger Bucht bis Konstanz
- die Thur mit Binnenkanälen
- die Sitter
- die Murg
- die Lützelurg ab Einmündung Dorfbach Ettenhausen
- die Lauche ab Einmündung Hartenauerbach
- die Goldach
- die Aach ab Staatsstrassenbrücke Oberaach

Zu Bächen und Kanälen muss gemäss eidg. Gewässerschutzverordnung (GSchV) Art. 41a und kantonalem Planungs- und Baugesetz § 76 ein Mindestabstand von 15 m eingehalten werden.

Grundwasserschutzzonen S1 und S2

Gemäss kantonaler Gewässerschutzkarte.

Naturgefahren

Digitale Angaben zu den Naturgefahren liegen nicht für den gesamten Kanton Thurgau vor. Etwa die Hälfte aller Thurgauer Gemeinden ist bis zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Berichts abgedeckt. Durch den Einbezug der anderen Hälfte ist kein signifikanter Einfluss auf das Resultat absehbar.

Eidgenössische Inventare

Die in der folgenden Tabelle aufgeführten eidgenössischen Schutzgebiete sind als Ausschlusskriterium definiert worden:

Eidgenössische Inventare	Quelle
Auengebiete	Bundesamt für Umwelt; Stand 2007
Hochmoore	Bundesamt für Umwelt; Stand 2008
Flachmoore	Bundesamt für Umwelt; Stand 2007
Moorlandschaften	Bundesamt für Umwelt; Stand 2007
Wasser- und Zugvogelreservate	Bundesamt für Umwelt; Stand 2009
Trockenwiesen und –weiden	Bundesamt für Umwelt; Stand 2012
Jagdbanngebiete	Bundesamt für Umwelt; Stand 2010
Ramsar Schutzgebiete	Bundesamt für Umwelt; Stand 2011

Tabelle 11: Ausschluss eidgenössischer Inventare.

Kantonale Inventare und geschützte Objekte

Die in der folgenden Tabelle aufgeführten kantonalen Schutzgebiete sind als Ausschlusskriterium definiert worden:

Kantonale Inventare und geschützte Objekte	Quelle
Naturschutzgebiete	Kantonaler Richtplan, Stand Oktober 2010
Auensschutzgebiete	Forstamt Thurgau, Stand 2013
Waldreservate	Forstamt Thurgau, Stand 2013

Tabelle 12: Ausschluss kantonaler Inventare und geschützte Objekte.

Zusammenfassung der Ausschlusskriterien

Folgende Tabelle fasst die angewendeten Ausschlusskriterien inkl. allfälliger Mindestabstände zusammen (Abstand 0 m bedeutet Ausschluss der Fläche ohne zusätzlichen Abstand):

Ausschlusskriterium	Mindest-Abstand
Bewohnte Gebäude gemäss GWR: GKAT 1021, 1025, 1030, 1040 Empfindlichkeitsstufen (ES) gemäss Zonenplan	ES I: 700 m ES II: 500 m ES III: 350 m
Zone archäologischer Funde	0 m
Stehende Gewässer und Flüsse	30 m ¹
Bäche und Kanäle	15 m ²
Grundwasserschutzzonen S1, S2	0 m
Naturgefahren (Zonen mit <u>erheblicher</u> Gefahr)	0 m
Eidgenössische Inventare ³	0 m
Kantonale Inventare und geschützte Objekte ⁴	0 m

¹ gemäss eidg. Gewässerschutzverordnung (GSchV) Art. 41b und kantonalem Planungs- und Baugesetz § 76

² gemäss eidg. Gewässerschutzverordnung (GSchV) Art. 41a und kantonalem Planungs- und Baugesetz § 76

³ gemäss Tabelle 11

⁴ gemäss Tabelle 12

Tabelle 13: Ausschlusskriterien für grosse Windenergieanlagen.

7.3.3 Bemerkungen zu den Abwägungskriterien

Strassen und Bahnlinien

Zu Autobahnen, Autostrassen, Kantonsstrassen sowie Bahnlinien sollte ein Sicherheitsabstand eingehalten werden, sofern sie sich nicht in einem Tunnel befinden, um den Verkehr z.B. vor Eiswurf zu bewahren. Dieser ist auf 50 m festgesetzt worden. Je nach Lage der Windenergieanlage in Bezug auf den Verkehrsträger kann dieser Abstand auch grösser sein.

Hochspannungsleitungen (>110 kV)

Die Hochspannungsleitungen haben hier nur informativen Charakter, da Windenergieanlagen nicht direkt an die Leitungen gebaut werden können.

Flugpisten (Signatur)

Die folgenden Flugfelder sind gemäss Sachplan Infrastruktur Luftfahrt (SIL) als Information aufgenommen worden:

- Segelflugfeld Amlikon
- Flugfeld Lommis
- Flugfeld Sitterdorf

Diese Flugfelder sind von Hindernisbegrenzungsflächen geringen Ausmasses umgeben, hauptsächlich in An- und Abflugrichtung. Ein Projektentwickler muss diese Flächen berücksichtigen.

Pisten der Flughäfen Zürich-Kloten, Altenrhein und Friedrichshafen, welche mit einem Instrumentenlandesystem ILS ausgestattet sind, müssen ebenfalls im Einzelfall berücksichtigt werden.

Drehfunkfeuer (Engl. Very High Frequency Omnidirectional Radio Range - VOR)

Standorte von Drehfunkfeuern im Kanton Thurgau und seinem Umfeld gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL):

- Zürich-East, nahe Trüttlikon

Abstände von Windenergieanlagen zu Drehfunkfeuer gemäss internationalen Richtlinien „European guidance material on managing building restricted areas; ICAO EUR DOC 015“:

- Ab 5 km Distanz werden einzelne Windenergieanlagen meist akzeptiert
- Ab 10 km Distanz werden Windparks von weniger als 6 Anlagen meist akzeptiert
- Ab 15 km Distanz werden Windparks egal welcher Grösse akzeptiert

Im Einzelfall sollten bis zu einer Distanz von 15 km genauere Abklärungen zur Beeinflussung der Drehfunkfeuer durch Windenergieanlagen durchgeführt werden, eine Beurteilung durch Skyguide und/oder das Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL ist einzuholen. Anlagenstandorte näher als 5 km sind theoretisch ebenfalls denkbar wenn auch unwahrscheinlich. Aus den genannten Gründen macht es auf dieser Planungsstufe wenig Sinn eine pauschale Ausschlussdistanz zu definieren. Die Distanzen werden informativ in den Ergebniskarten dieser Studie eingezeichnet. Letztendlich muss aber eine Interessenabwägung zwischen diesen technischen Installationen und Windenergieanlagen durchgeführt werden.

Eidgenössische Inventare

In BLN-Gebieten ist grundsätzlich eine Interessenabwägung möglich, sofern gleichwertige nationale Interessen gegenüber gestellt werden. Amphibienlaichgebiete werden i.d.R. nicht negativ durch Windenergieanlagen beeinflusst bzw. Umsiedlungs- oder Kompensationslösungen können gefunden werden.

ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen

Diese Zonen sind im Zonenplan in den überlagernden Zonen resp. im kantonalen Richtplan definiert.

Geotope von nationaler Bedeutung

Die teils flächenhaften und teils punktförmigen Objekte sind anhand des Geotop-Inventars Thurgau, Stand Dez. 2007 digitalisiert worden (Herausgeber: Amt für Raumplanung des Kantons Thurgau).

Gebiete mit Vorrang Landschaft

Diese Gebiete sind im kantonalen Richtplan definiert.

Wald

Die Errichtung von Windenergieanlagen im Wald ist möglich, falls die Kriterien für die Erteilung einer Rodungsbewilligung erfüllt sind. Eine Rodungsbewilligung bedingt den Nachweis der Standortgebundenheit.

8 Resultate

8.1 Windressourcen

8.1.1 Wind auf 100 m über Grund

Auf den folgenden Seiten sind die Ergebnisse der Windressourcenberechnungen kartographisch dargestellt. Die beiden Teilflächen wurden hierfür zu einer globalen Karte zusammengesetzt. Diese ist im Anhang in einer besseren Auflösung abgedruckt.

Bemerkung zu den berechneten Windgeschwindigkeiten:

Das berechnete Windpotential hat **indikativen Charakter**. Lokale Geländemerkmale wie Sattellagen oder enge Täler können den Wind stark beeinflussen, was Abweichungen von den Modellierungsergebnissen bedeuten kann.

Ein Grossteil der Kantonsfläche weist Windgeschwindigkeiten zwischen 3.8 m/s und 4.6 m/s auf. Auf dem nördlichen Seerücken (Heerebärg, Hööchi bei Gündelhart, Salen-Reutenen) gibt es z.T. ausgedehnte Gebiete mit Wind bis 5.0 m/s oder sogar mehr (Rodebärg). Im zentralen Kantonsgebiet weisen die höchsten Erhebungen rund um Thundorf, sowie der Ottenberg ebenfalls Windgeschwindigkeiten bis 5.0 m/s auf. Dasselbe gilt für die Erhebungen weiter südlich um Braunau und Wuppenau.

Der südliche Hinterthurgau weist eine deutlich höhere Geländekomplexität auf als der übrige Kanton. Ab ca. 30% Geländesteigung können bei der gewählten Modellierungslösung grössere Fehler entstehen. Je nach Ausrichtung und Topografie wird die Abweichung in unterschiedlichem Masse sein, bei konkreten Standorten für Windkraftprojekte sind deshalb Windmessungen auf Platz noch dringender zu empfehlen als in den anderen Regionen. Der südliche Kantonsteil unterliegt daher stark erhöhten Unsicherheiten. Dies ist im Anhang 10.3 genauer dargestellt. Die Grenze zu diesem Gebiet ist in der folgenden Karte rot markiert.

Erhöhte Windpotentiale im südlichen Bereich wurden vor allem für die Erhebungen Haselbärg, Hackebärg, Landsbärg, Rooset, Hummelbärg und Chranzbärg/Kapf berechnet. Im noch stärker zerklüfteten südlichen Bereich ergeben alle Erhebungen südlich und westlich von Fischingen hohe modellierte Windpotentiale.

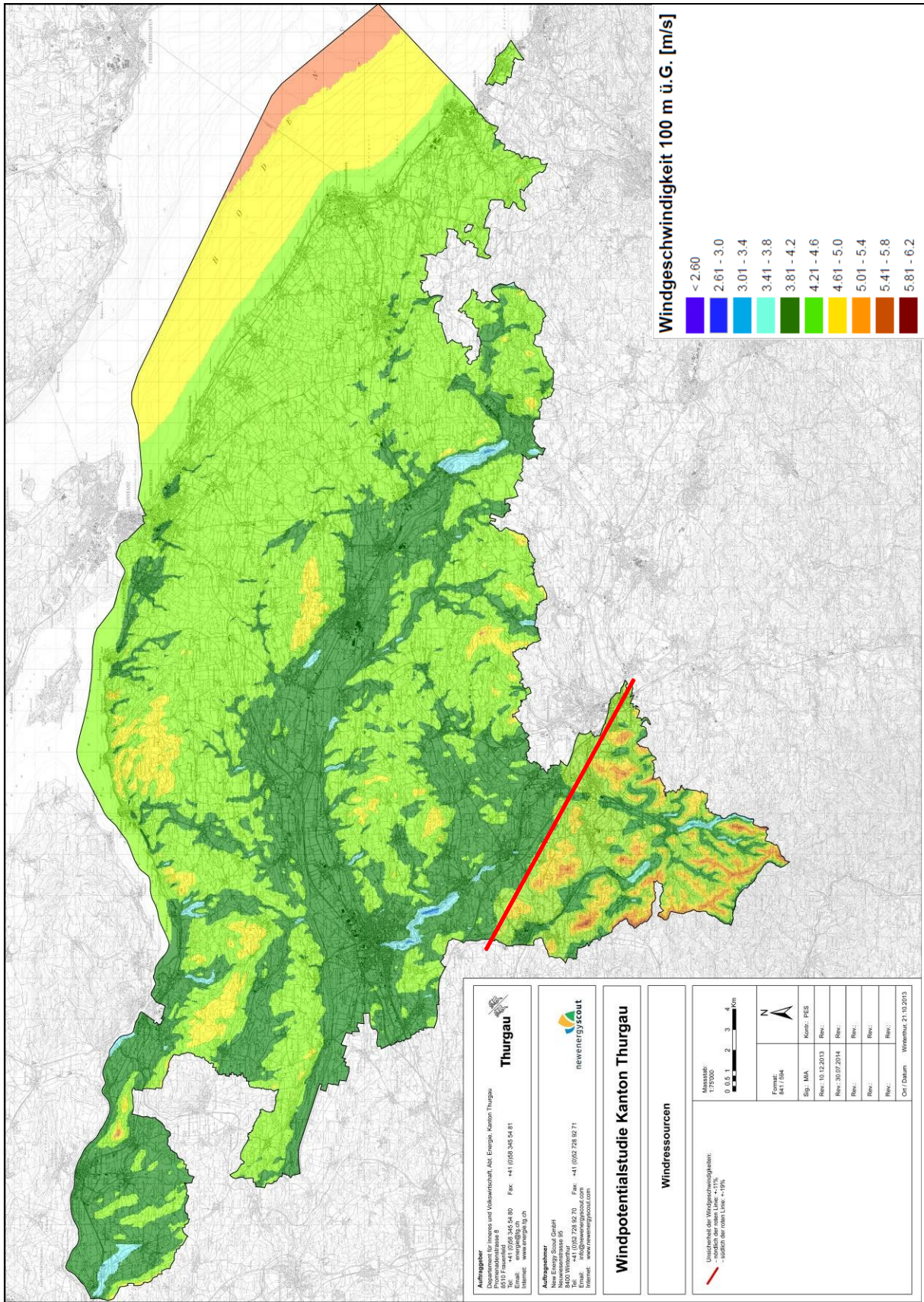


Abb. 11: Windressourcen 100 m ü. Grund; Unsicherheit Windgeschwindigkeit $\pm 11\%$ nördlich der roten Linie und 19% südlich der roten Linie (Karte in Grossformat und besserer Auflösung im Anhang).

8.1.2 Wind auf 130 m über Grund

Vor allem im Mittelland sind aus wirtschaftlichen Gründen Windenergieanlagen mit einer Nabenhöhe von bis zu 130 m oder gar 140 m denkbar, Anlagengrößen die heute in Deutschland schon gängig sind. An den Standorten Nollen (Wuppenau), Chroobach (Kanton Schaffhausen) und Dippishausen sind Windmessungen sowohl auf 90 m bzw. 100 m als auch auf 130 m über Grund durchgeführt worden (siehe folgende Tabelle). Diese Standorte können als repräsentativ für das Thurgauer Mittelland betrachtet werden.

Zwischen 100 m und 130 m über Grund kann mit einer Windgeschwindigkeitszunahme von rund 10% gerechnet werden. Die vier Windmessungen sind nur während je 2-3 Monaten in Betrieb gewesen, weshalb dies nur als Schätzung angesehen werden sollte.

Standort	Untere Messhöhe	Obere Messhöhe	Windgeschwindigkeit untere Messhöhe (2-3 Monate Messung)	Windgeschwindigkeit obere Messhöhe	Zunahme
Nollen	90 m	130 m	8.2 m/s *	9.2 m/s *	12%
Chroobach	100 m	130 m	4.3 m/s *	4.7 m/s *	9%
Dippishausen	100 m	130 m	3.9 m/s *	4.2 m/s *	8%
Fischingen	100 m	140 m	4.8 m/s *	5.1 m/s *	6%

**Windgeschwindigkeiten sind nicht langjährig korreliert*

Tabelle 14: Vergleich von Windmessungen auf 130 m resp. 140 m über Grund.

In komplexem, zerklüftetem Gelände wie dem südlichen Hinterthurgau sind die Windgeschwindigkeiten in 130 m resp. 140 m über Grund wahrscheinlich nicht viel höher als in 100 m über Grund, weil die Windmassen auf steilen Hügeln „zusammengedrückt“ und somit in Bodennähe beschleunigt werden. Dies zeigt der Vergleich der Messwerte am Standort Fischingen in Tabelle 14. Dort ist zwischen 100 m und 140 m über Grund mit einer Windgeschwindigkeitszunahme von ca. 6% zu rechnen. Je nach Topografie kann dies mehr oder weniger sein oder im Extremfall sogar ins Negative kippen.

8.1.3 Vergleich der Windressourcenkarten

Die Windressourcenkarte dieses Schlussberichts unterscheidet sich zur Windressourcenkarte des Zwischenberichts in folgenden Punkten:

- Mittelland (nördlich der roten Linie auf Abb. 11): leichte Erhöhung der Windgeschwindigkeiten um ca. 0.1 m/s. Für die Windpotentialgebiete hat dies nur unwesentlichen Einfluss.
- Hinterthurgau (südlich der roten Linie auf Abb. 11): deutliche Erhöhung der Windgeschwindigkeiten um 0.4-0.6 m/s auf den höchsten Erhebungen. Dadurch könnten die Windpotentialgebiete z.T. etwas grösser gefasst werden (z.B. Einbezug der Hügel nord-

östlich von Aadorf). Der Grund liegt dank der Windmessung Fischingen in der besseren Winddatenbasis für diesen Kantonsteil.

8.2 Flächenanalyse

Auf den folgenden Seiten sind die Ergebnisse der Flächenanalyse kartographisch dargestellt. Die Karten sind im Anhang in einer besseren Auflösung und in Grossformat abgedruckt.

8.2.1 Ausschlussgebiete

Sämtliche Ausschlussgebiete sind zusammengefasst und in der folgenden Karte dunkelgrau eingefärbt worden. Gleichzeitig ist die Windressourcenkarte hinterlegt worden, d.h. in Gebieten, welche von den Ausschlusskriterien nicht tangiert werden, erscheinen die Windressourcen in den verschiedenen Farbtönen.

Es ist ersichtlich, dass die Siedlungsgebiete mit ES-II sowie die bewohnten Einzelgebäude in Zonen mit ES-III zusätzlich zum Bodensee grossflächige Ausschlussgebiete bilden. Die übrigen Ausschlusskriterien sind eher punktuell von Bedeutung.

Es fällt weiter auf, dass auf dem gesamten Seerücken dennoch relativ grossflächige Potentialgebiete existieren, welche auch ein nennenswertes Windpotential aufweisen. Dasselbe gilt für weitere Regionen wie bspw. die Hügel um Thundorf. Bei näherer Betrachtung können weitere eher kleine Potentialgebiete ausgemacht werden, welche Windgeschwindigkeiten von 5.0 m/s oder mehr aufweisen.

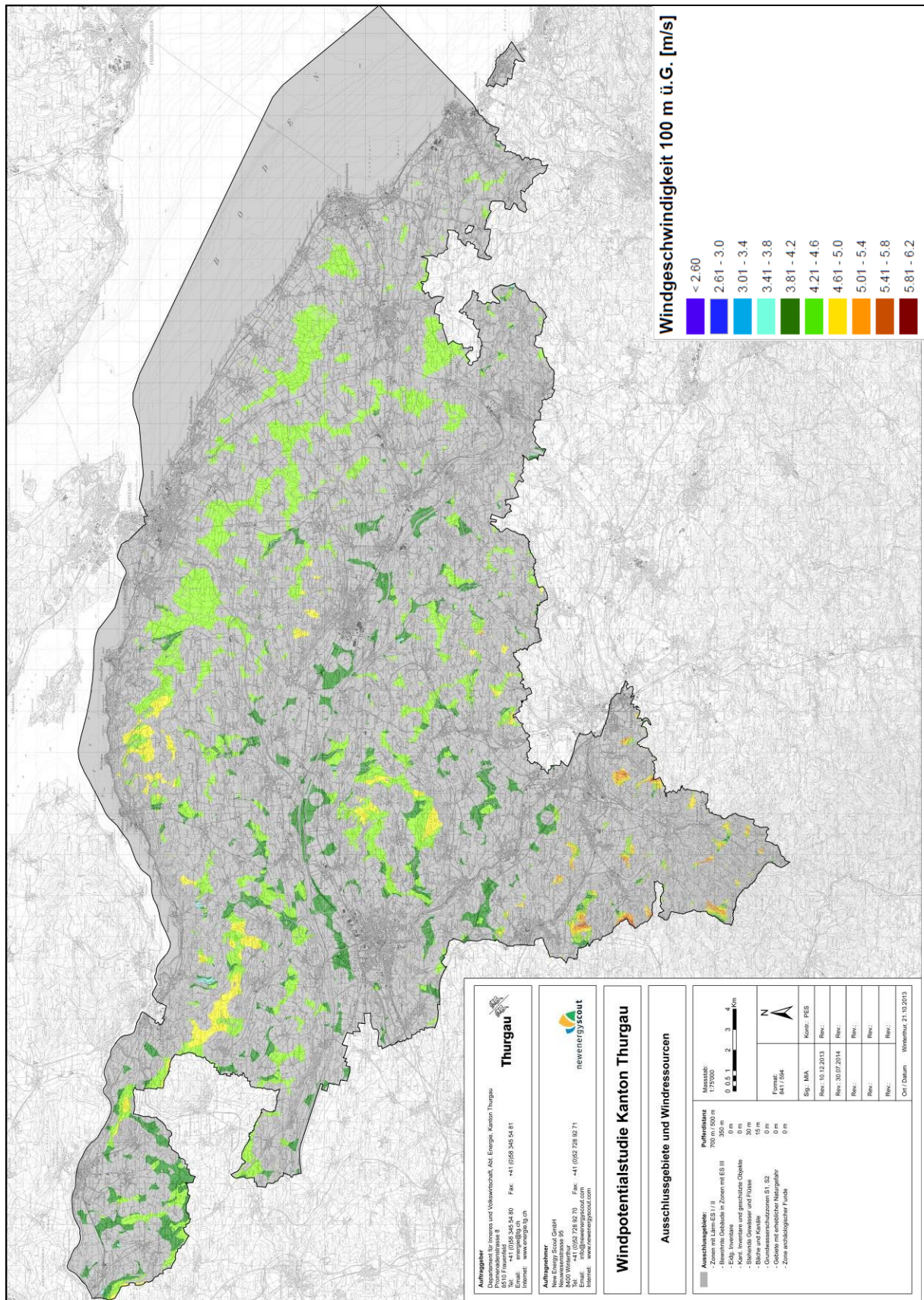


Abb. 12: Ausschlussgebiete (grau) und Windressourcen 100 m ü. Grund (Karte in Grossformat und besserer Auflösung im Anhang).

8.2.2 Gebiete mit Interessenabwägung

Zusätzlich zur vorangehenden Karte mit den Windressourcen und den Ausschlussgebieten sind in der folgenden Karte die Gebiete mit Interessenabwägung eingezeichnet worden. Im Anhang befindet sich diese Karte in besserer Auflösung.

Eine Interessenabwägung muss insbesondere in folgenden Fällen durchgeführt werden:

- BLN-Gebiete: Betrifft die BLN-Gebiete „Untersee-Hochrhein“, „Espi-Hölzli“ und „Hörnli-Bergland“
- Gebiete mit Vorrang Landschaft: Betrifft den gesamten Kanton
- Wald: Betrifft den gesamten Kanton
- Drehfunkfeuer: Betrifft den gesamten westlichen Kantonsteil

Die übrigen Abwägungskriterien sind punktuell von Bedeutung (siehe auch folgende Seiten).

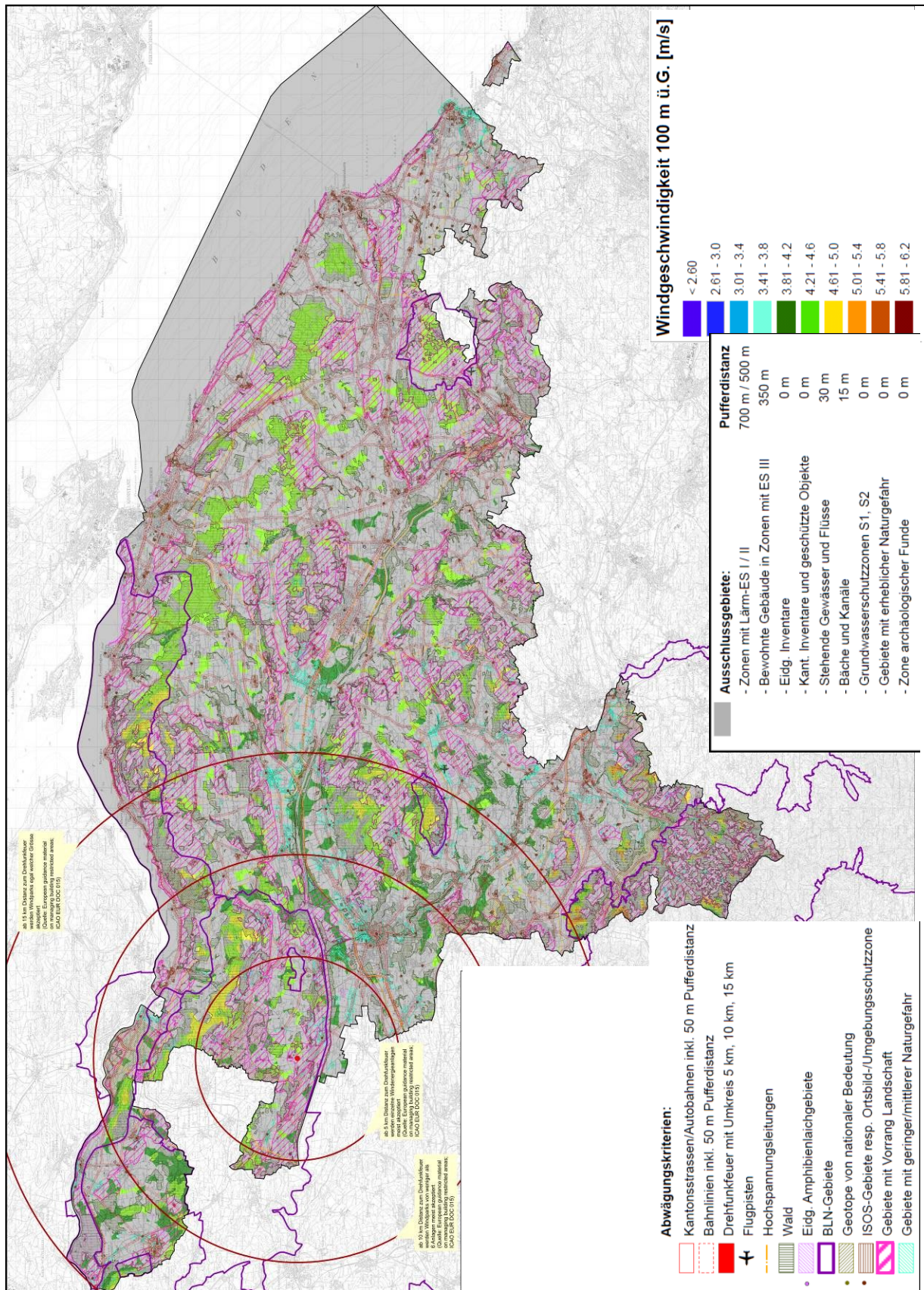


Abb. 13: Ausschlussgebiete (grau), Gebiete mit Interessenabwägung und Windressourcen 100 m ü. Grund. (Karte in Grossformat und besserer Auflösung im Anhang).

8.3 Windpotentialgebiete

Auf Basis der vorangehenden Resultate sind sog. Windpotentialgebiete definiert worden, also Gebiete, in denen Grosswindanlagen einerseits wirtschaftlich betrieben werden könnten und andererseits Flächen existieren, die keinen oder geringen Nutzungskonflikten ausgesetzt sind (soweit dies im aktuellen Planungsstand bekannt ist). Aus folgenden Gründen wurde die als wirtschaftlich geltende minimale Windgeschwindigkeit tief angesetzt, um nicht Gebiete zu früh wegen dem Kriterium Wind auszuschliessen (Unsicherheiten der Windpotentialkarte, technische Entwicklungen der kommenden Jahre, Preisentwicklung der Windkraftanlagen, grössere Windgeschwindigkeiten bei Nabenhöhen höher als die 100 m ab Grund der Windpotentialkarte).

Das ausreichende Windpotential ist bei einer Projektentwicklung auf Platz mit Messungen durch einen Interessenten nachzuweisen. Dieses Risiko ist Entwicklern in der Branche sehr wohl bewusst und kann entsprechend weiter offen gelassen werden.

Die verschiedenen Windpotentialgebiete wurden in der Begleitgruppe und auch im Lenkungsausschuss diskutiert. Fazit ist eine Zuteilung in Gebiete ausserhalb resp. innerhalb von BLN-Gebieten. Windpotentialgebiete ausserhalb von BLN-Gebieten, welche in der folgenden Karte blau ausgezogen umrissen sind, zeichnen sich dadurch aus, dass sie gute Windverhältnisse aufweisen und keine BLN-Gebiete tangieren. Windpotentialgebiete innerhalb von BLN-Gebieten, welche in der Abbildung gestrichelt umrandet sind, weisen ebenfalls gute Windverhältnisse auf. Sie liegen jedoch teilweise oder vollständig in einem BLN-Gebiet. Gebiete ausserhalb von BLN-Gebieten sind demnach erfolgsversprechender als Gebiete innerhalb von BLN-Gebieten.

Aufgrund der grossen Potentialflächen und der unsicheren Winddatenbasis im östlichen Kantonsteil ist das Gebiet auf dem östlichen Seerücken zwischen Wäldi, Neuwilen, Illighausen, Langrickenbach und Dozwil ursprünglich im Zwischenbericht als provisorisches Windpotentialgebiet behandelt worden. Eine Zuteilung in ein definitives Windpotentialgebiet sollte erst nach Abschluss der Windmessungen in diesem Gebiet erfolgen. Die Windmessungen in Dippishausen haben aufgezeigt, dass die langjährig zu erwartenden Windverhältnisse dort für den Betrieb von Windenergieanlagen zu schwach sind. Aus diesem Grund ist zusammen mit dem Auftraggeber entschieden worden den östlichen Seerücken nicht als Windpotentialgebiet auszuscheiden.

In den folgenden Tabellen und Abbildungen sind die einzelnen Potentialgebiete kurz mit den wichtigsten Eckdaten aus der Windressourcenberechnung und der Flächenanalyse dokumentiert.

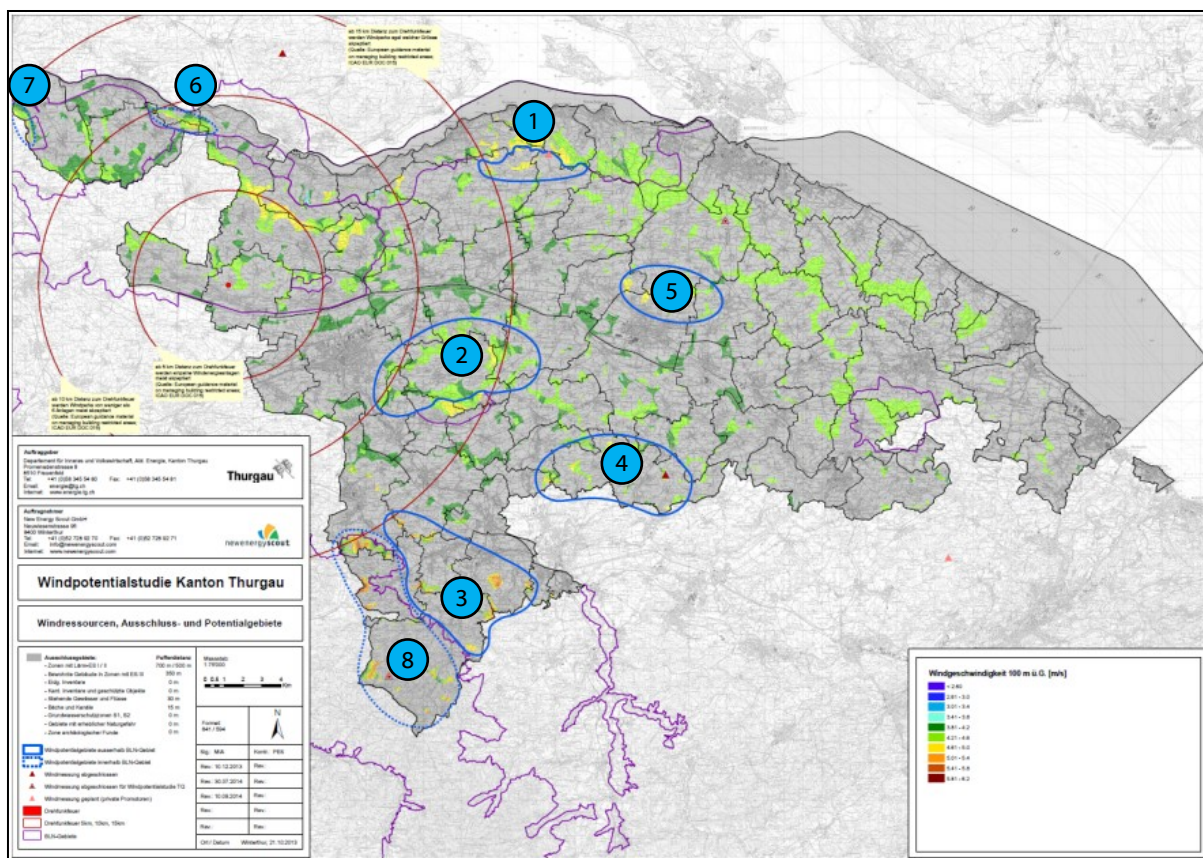


Abb. 14: Windpotentialgebiete (blau), Ausschlussgebiete (grau), und Windressourcen 100 m ü. Grund (Karte in Grossformat und besserer Auflösung im Anhang).

Nr.	Name	Lage zu BLN-Gebieten
1	Salen-Reutenen	Ausserhalb BLN-Gebiet
2	Thundorf	Ausserhalb BLN-Gebiet
3	Eschlikon/Littenheid	Ausserhalb BLN-Gebiet
4	Braunau/Wuppenau	Ausserhalb BLN-Gebiet
5	Ottenberg	Ausserhalb BLN-Gebiet
6	Rodebärg	Innerhalb BLN-Gebiet
7	Cholfirst	Teilweise innerhalb BLN-Gebiet
8	Bichelsee/Fischingen	Innerhalb BLN-Gebiet

Tabelle 15: Übersicht über die Windpotentialgebiete.

Windpotentialgebiet 1: Salen-Reutenen

Windpotentialgebiet 1: Salen-Reutenen	
Lage	Auf dem westlichen Seerücken rund um die Ortschaften Salen und Reutenen
Wind auf 100 m ü. G.	Relativ grosse Gebiete mit 4.6-5.0 m/s. Am Standort existiert eine Windmessstation von Meteoschweiz (Messhöhe 10 m über Grund). Zudem ist von privater Seite eine Windmessung mittels Messmast geplant
Lage zu BLN-Gebieten	Ausserhalb BLN-Gebiet
Ausschlusskriterien	
Zonen mit ES-I	Nicht relevant
Zonen mit ES-II	In Homburg, Büren und Fischbach
Bewohnte Gebäude in Zonen mit ES-III	Dadurch wird mit Abstand am meisten Fläche ausgeschlossen (z.B. sämtliche Gebäude in Salen und Reutenen)
Zone archäologischer Funde	Einschränkung des Potentialgebietes durch eine Zone im westlichen Teil zwischen Sasseloo und Haadehuus
Gewässer	Einige Bäche und Weiher von geringer Relevanz
Grundwasserschutzzonen S1, S2	Eine Zone im Wald südöstlich von Reutenen von Bedeutung
Naturgefahren (Zonen mit <u>erheblicher</u> Gefahr)	Nicht relevant
Eidgenössische Inventare	Nicht relevant
Kantonale Inventare und geschützte Objekte	2 kleine Naturschutzgebiete von geringer Relevanz
Abwägungskriterien	
Strassen	Praktisch keine Relevanz
Bahnlinien	Nicht relevant
Hochspannungsleitungen (>110 kV)	Nicht relevant
Flugpisten	Nicht relevant
Drehfunkfeuer VOR	Der westlichste Teil des Potentialgebietes tangiert den 15 km-Abstandskreis um das Drehfunkfeuer Trüttlikon
Eidg. Inventare: BLN, Amphibienlaichgebiete	Das Windpotentialgebiet wird im Norden vom BLN-Gebiet „Untersee-Hochrhein“ abgegrenzt. Amphibienlaichgebiet im Wald südwestlich von Reutenen
ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen	>1 km vom Windpotentialgebiet entfernt
Geotope von nationaler Bedeutung	Höhere Deckenschotter des Seerückens im Wald südwestlich von Reutenen (künstlicher Aufschluss, Abbau-stelle)
Gebiete mit Vorrang Landschaft	Mit Ausnahme der Teilfläche ganz im Osten, nordwestlich von Hellsighausen, liegen sämtliche Windpotentialflächen auf freiem Feld in einem Gebiet mit Vorrang Landschaft
Wald	Ein Grossteil der Windpotentialflächen liegt im Wald
Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr)	Nicht relevant

Fett markierte Kriterien sind am Standort relevant

Tabelle 16: Eckdaten von Windpotentialgebiet Salen-Reutenen.

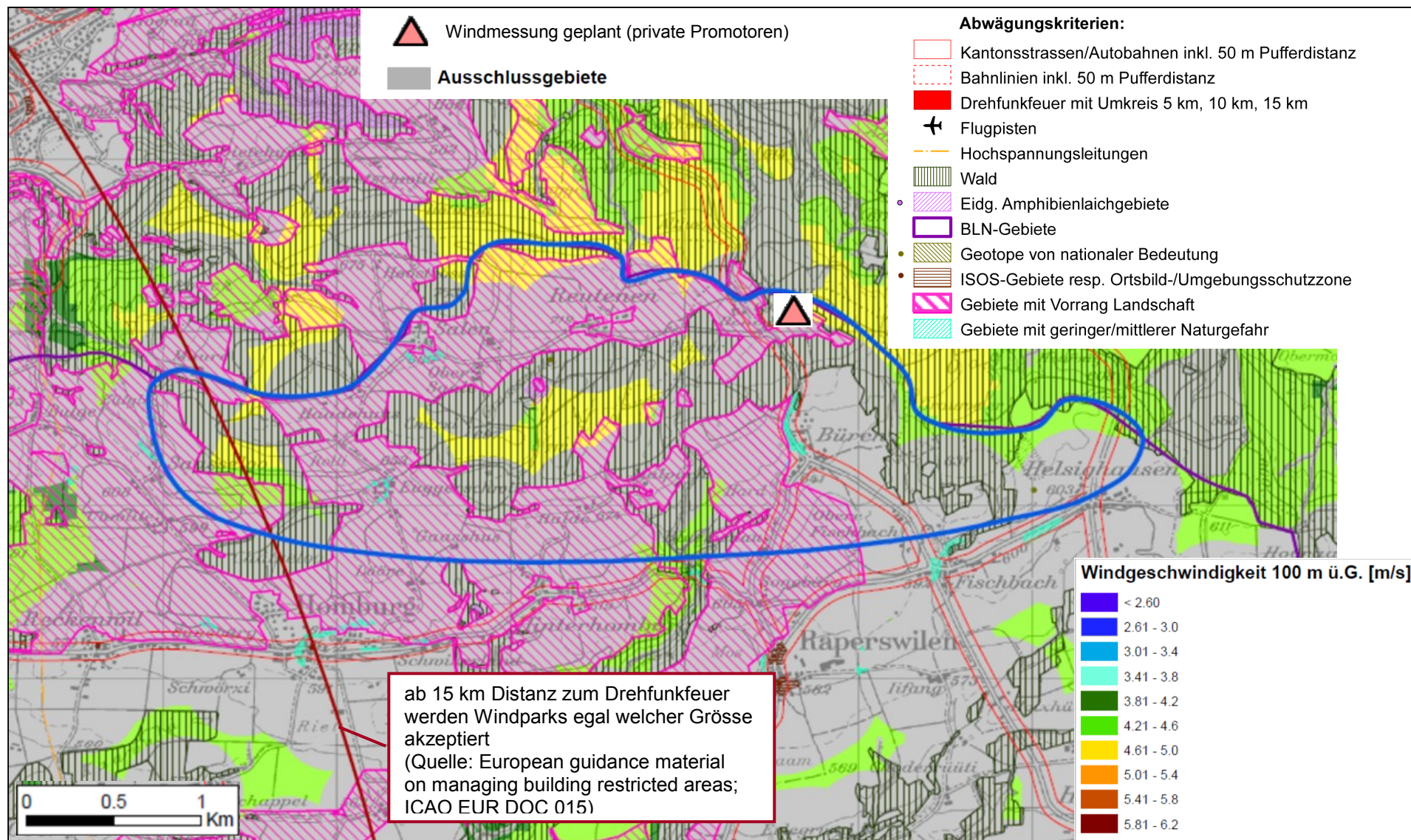


Abb. 15: Detailausschnitt Windpotentialgebiet 1: Salen-Reutenen.

Windpotentialgebiet 2: Thundorf

Windpotentialgebiet 2: Thundorf	
Lage	Hügelzüge rund um Thundorf, östlich von Frauenfeld (mit Ausnahme des Imenberg)
Wind auf 100 m ü. G.	Hauptsächlich Wind zwischen 4.2 und 4.6 m/s; die höchsten Punkte 4.6-5.0 m/s
Lage zu BLN-Gebieten	Ausserhalb BLN-Gebiet
Ausschlusskriterien	
Zonen mit ES-I	Nicht relevant
Zonen mit ES-II	Nur Wohnzonen von Thundorf relevant
Bewohnte Gebäude in Zonen mit ES-III	Dadurch wird mit Abstand am meisten Fläche ausgeschlossen (z.B. sämtliche Gebäude in und um Lustdorf)
Zone archäologischer Funde	Einige kleinräumige Zonen nördlich und östlich von Lustdorf relevant
Gewässer	Einige Bäche und Weiher von geringer Relevanz
Grundwasserschutzzonen S1, S2	V.a. in den Bereichen Fridberg/Egg, Wellenberg und Wolfsbüel von Bedeutung
Naturgefahren (Zonen mit <u>erheblicher</u> Gefahr)	Nicht relevant (Naturgefahren jedoch in Gemeinde Amlikon-Bissegg <u>nicht</u> erhoben)
Eidgenössische Inventare	Nicht relevant
Kantonale Inventare und geschützte Objekte	Waldreservat Wellenberg von grosser Bedeutung; viele kleinere Naturschutzgebiete im ganzen Potentialgebiet
Abwägungskriterien	
Strassen	Östlich und südöstlich von Lustdorf von Bedeutung
Bahnlinien	Nicht relevant
Hochspannungsleitungen (>110 kV)	Nicht relevant
Flugpisten	Flugfeld Lommis und Segelflugfeld Amlikon in geringer Entfernung vom Potentialgebiet
Drehfunkfeuer VOR	Zwischen 10 und 15 km vom Drehfunkfeuer Trüttlikon entfernt, d.h. ein Windpark von weniger als 6 Anlagen kann gem. ICAO akzeptiert werden.
Eidg. Inventare: BLN, Amphibienlaichgebiete	Das Windpotentialgebiet grenzt im Süden ans BLN-Gebiet „Imenberg“; einige Amphibienlaichgebiete im Wald „Bietehart“
ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen	ISOS-Objekte Bühl, Kirchberg, Thundorf, Lustdorf im Potentialgebiet; zudem Ortsbild- und Umgebungsschutzzone in Dingehart, Kirchberg, Halingen; zudem Umgebungsschutzzone in Thundorf; alle Zonen tangieren die Potentialflächen nicht unmittelbar
Geotope von nationaler Bedeutung	Nicht relevant
Gebiete mit Vorrang Landschaft	Ein Grossteil der vom Wind her interessanten Windpotentialflächen auf freiem Feld liegt in Gebieten mit Vorrang Landschaft
Wald	Windpotentialflächen mit den höchsten zu erwartenden Windgeschwindigkeiten liegen allesamt im Wald
Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr)	Für Windpotentialflächen nicht relevant

Fett markierte Kriterien sind am Standort relevant

Tabelle 17: Eckdaten von Windpotentialgebiet Thundorf.

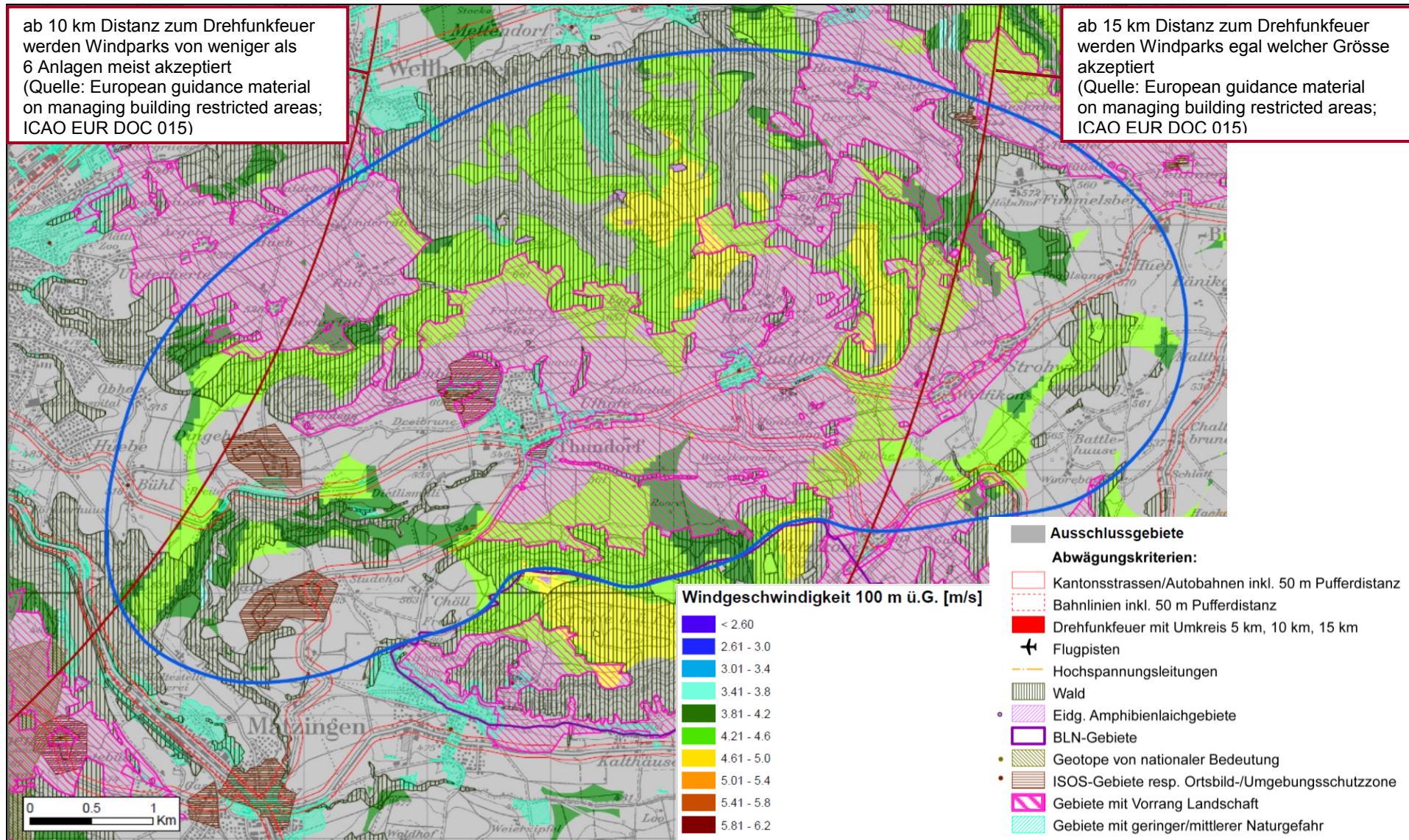


Abb. 16: Detailausschnitt Windpotentialgebiet 2: Thundorf.

Windpotentialgebiet 3: Eschlikon/Littenheid

Windpotentialgebiet 3: Eschlikon/Littenheid	
Lage	Alle Hügel zwischen Aadorf, Eschlikon, Balterswil, Sirnach, Fischingen und Rickenbach (Koordination mit Kanton St. Gallen)
Wind auf 100 m ü. G.	Hauptsächlich Wind zwischen 4.2 und 5.0 m/s; die höchsten Punkte 5.0-5.4 m/s oder mehr (Rooset, Chranzbärg)
Lage zu BLN-Gebieten	Ausserhalb BLN-Gebiet
Ausschlusskriterien	
Zonen mit ES-I	Nicht relevant
Zonen mit ES-II	In sämtlichen Ortschaften im und ums Potentialgebiet vorhanden
Bewohnte Gebäude in Zonen mit ES-III	Dominierendes Ausschlusskriterium
Zone archäologischer Funde	Ca. 10 Zonen vorhanden; rel. grosse Ausmasse auf dem Landsbärg und im Bereich Horben
Gewässer	Einige Bäche und Weiher von geringer Relevanz
Grundwasserschutzzonen S1, S2	V.a. im Talboden vorhanden sowie im Bereich des Skilifts Hööchi (Fischingen)
Naturgefahren (Zonen mit <u>erheblicher</u> Gefahr)	Nur entlang der Murg relevant (Naturgefahren jedoch in Gemeinde Bichelsee-Balterswil <u>nicht</u> erhoben)
Eidgenössische Inventare	3 Flachmoore im Talboden rund um Littenheid
Kantonale Inventare und geschützte Objekte	Viele Naturschutzgebiete im ganzen Potentialgebiet verteilt; mit Ausnahme der 3 Flachmoore um Littenheid sind alle relativ klein
Abwägungskriterien	
Strassen	Nicht relevant
Bahnlinien	Nicht relevant
Hochspannungsleitungen (>110 kV)	Nicht relevant
Flugpisten	Nicht relevant
Drehfunkfeuer VOR	Der nordwestlichste Teil des Potentialgebietes tangiert den 15km-Abstandskreis um das Drehfunkfeuer Trüttlikon
Eidg. Inventare: BLN, Amphibienlaichgebiete	BLN-Gebiet „Hörnli-Bergland“ westlich des Potentialgebietes; grosses Amphibienlaichgebiet beim Flachmoor Ägelsee nordöstlich von Littenheid
ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen	ISOS-Objekte im Potentialgebiet: Eschlikon, Wallenwil, Hurne, Bäritsriet, Vogelsang, Auwil, Oberwangen; zudem Ortsbildschutzzone in Eschlikon, Wallenwil, Hurne, Vogelsang, Wis, Dussnang; zudem Umgebungsschutzzone bei Eschlikon; alle Zonen tangieren die Potentialflächen nicht unmittelbar
Geotope von nationaler Bedeutung	Schmelzwasserrinne Littenheid – Bichelsee schlängelt sich von Ost nach West durchs Gebiet
Gebiete mit Vorrang Landschaft	Nur beim Rooset von Bedeutung
Wald	Mit Ausnahme von wenigen Teilflächen liegen alle vom Wind her interessanten Potentialflächen im Wald
Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr)	Einige Zonen in Tallagen und entlang von Bächen vorhanden (Naturgefahren jedoch in Gemeinde Bichelsee-Balterswil <u>nicht</u> erhoben)

Fett markierte Kriterien sind am Standort relevant

Tabelle 18: Eckdaten von Windpotentialgebiet Eschlikon/Littenheid.

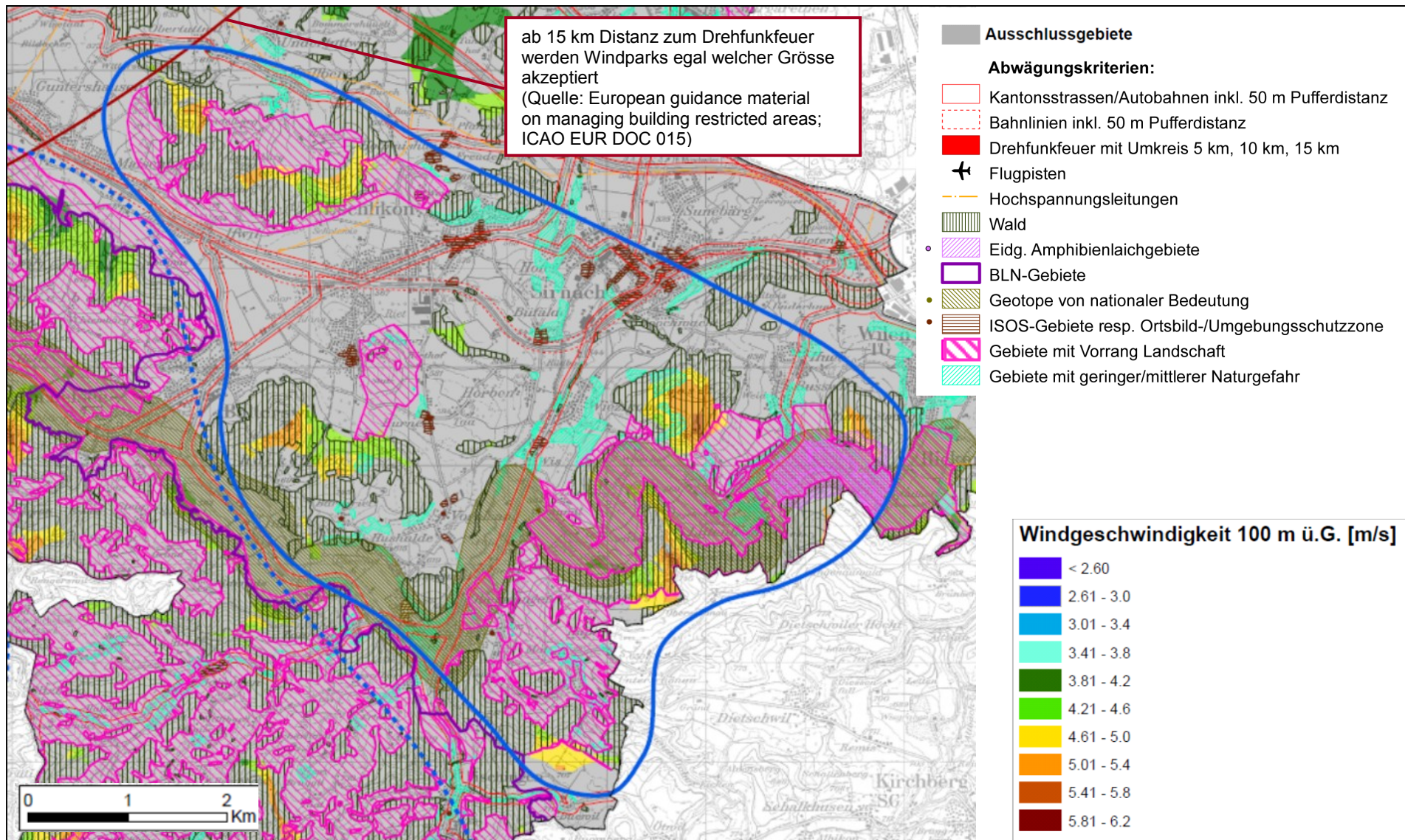


Abb. 17: Detailausschnitt Windpotentialgebiet 3: Eschlikon/Littenheid.

Windpotentialgebiet 4: Braunau/Wuppenau

Windpotentialgebiet 4: Braunau/Wuppenau	
Lage	Hügellandschaft um Braunau und Wuppenau (Koordinat tion mit Kanton St.Gallen)
Wind auf 100 m ü. G.	Hauptsächlich Wind zwischen 4.2 und 4.6 m/s; die höch- sten Punkte 4.6-5.0 m/s oder mehr (Hombärg); Eine Wind- messung mit hohem Mast ist von privater Seite in Brau- nau geplant
Lage zu BLN-Gebieten	Ausserhalb BLN-Gebiet
Ausschlusskriterien	
Zonen mit ES-I	Nicht relevant
Zonen mit ES-II	In Braunau, Wuppenau, Bettwiesen
Bewohnte Gebäude in Zonen mit ES-III	Dadurch wird mit Abstand am meisten Fläche ausge- schlossen
Zone archäologischer Funde	4 Zonen von geringer Relevanz in Bettwiesen, Hittinge, Wuppenau
Gewässer	Einige Bäche und kleine Weiher von geringer Relevanz
Grundwasserschutzzonen S1, S2	12 Zonen (Oberhau, Bruunauer Hööchi, Hombärg, Hoorü- ti)
Naturgefahren (Zonen mit <u>erheblicher</u> Ge- fahr)	Nicht relevant (Naturgefahren jedoch nur in Gemeinden Bettwiesen, Tobel-Tägerschen und Braunau erhoben)
Eidgenössische Inventare	Nicht relevant
Kantonale Inventare und geschützte Ob- jekte	Kleine Naturschutzgebiete um Hoorüti/Hombärg und in Hittinge
Abwägungskriterien	
Strassen	Von geringer Bedeutung
Bahnlinien	Nicht relevant
Hochspannungsleitungen (>110 kV)	Relevant v.a. bei Hoorüti
Flugpisten	Flugfeld Lommis in mehr als 3 km Entfernung
Drehfunkfeuer VOR	Nicht relevant
Eidg. Inventare: BLN, Amphibienlaichgebiete	Nicht relevant
ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umge- bungsschutzzonen	ISOS-Objekte im Potentialgebiet: Braunau, Hittinge; Orts- bildschutzzone Schloss Bettwiesen; Umgebungsschutz- zone bei Gärteschbärg und Welfensberg; alle Zonen tan- gieren die Potentialflächen nicht unmittelbar
Geotope von nationaler Bedeutung	Nicht relevant
Gebiete mit Vorrang Landschaft	Ein Grossteil der vom Wind her interessanten Windpoten- tialflächen auf freiem Feld liegt in Gebieten mit Vorrang Landschaft
Wald	Ein Grossteil der vom Wind her interessanten Windpoten- tialflächen liegt im Wald
Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr)	Zwischen Braunau und Greutisbärg von Bedeutung

Fett markierte Kriterien sind am Standort relevant

Tabelle 19: Eckdaten von Windpotentialgebiet Braunau/Wuppenau.

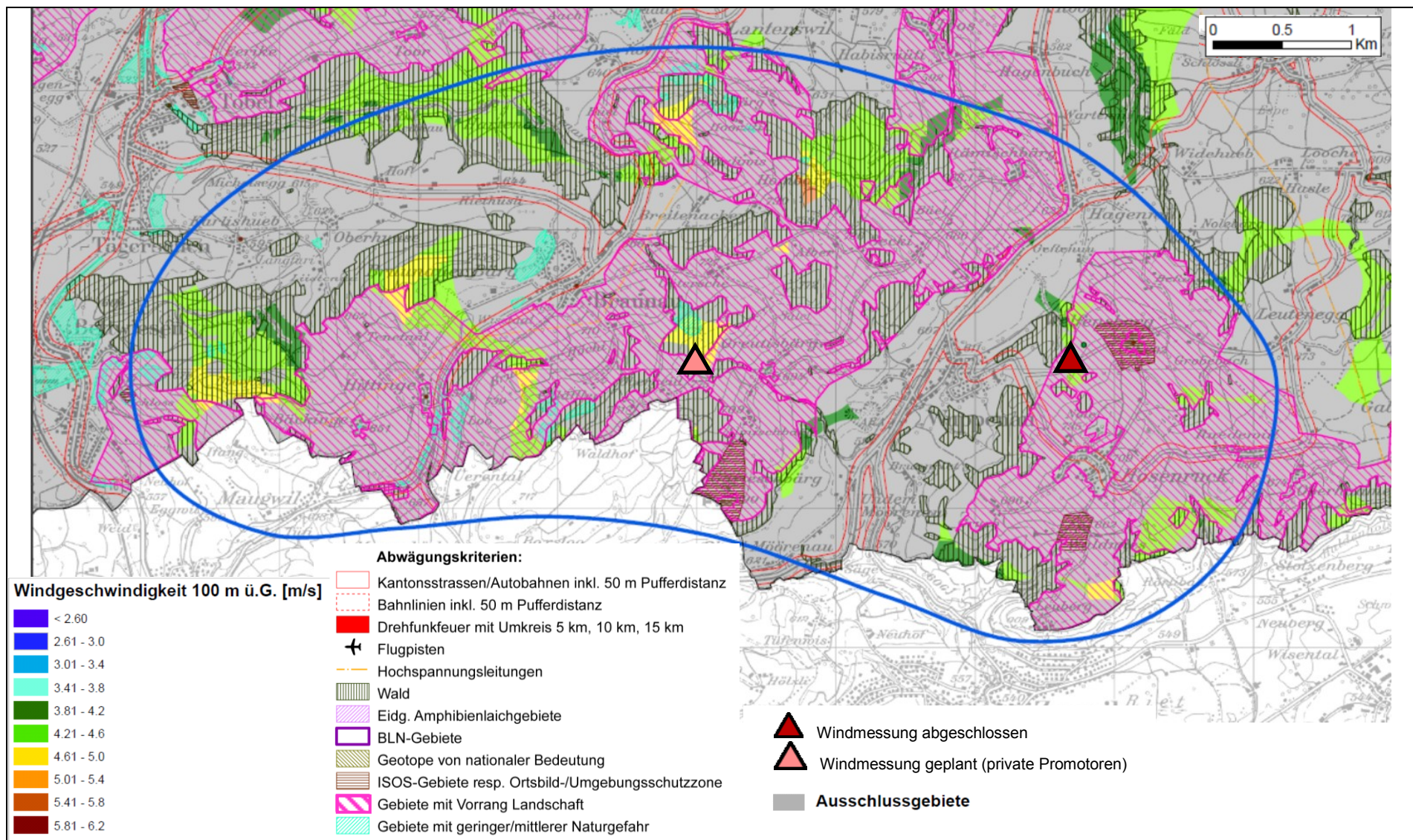


Abb. 18: Detailausschnitt Windpotentialgebiet 4: Braunau/Wuppenau.

Windpotentialgebiet 5: Ottenberg

Windpotentialgebiet 5: Ottenberg	
Lage	Hügel nördlich von Weinfeldern
Wind auf 100 m ü. G.	Hauptsächlich Wind zwischen 4.2 und 4.6 m/s; die höchsten Punkte 4.6-5.0 m/s
Lage zu BLN-Gebieten	Ausserhalb BLN-Gebiet
Ausschlusskriterien	
Zonen mit ES-I	Nicht relevant
Zonen mit ES-II	In sämtlichen umliegenden Ortschaften vorhanden
Bewohnte Gebäude in Zonen mit ES-III	Dadurch wird mit Abstand am meisten Fläche ausgeschlossen (v.a. auf dem Hügelrücken)
Zone archäologischer Funde	10 relevante Zonen im gesamten Potentialgebiet verteilt, die meisten jedoch in der Nähe von bewohnten Gebäuden
Gewässer	Einige Bäche und kleine Weiher von geringer Relevanz
Grundwasserschutzzonen S1, S2	3 relevante Zonen östlich von Wachtersbärg
Naturgefahren (Zonen mit <u>erheblicher</u> Gefahr)	Nicht relevant (Daten zu Naturgefahren jedoch nicht für alle Gemeinden vorliegend)
Eidgenössische Inventare	2 kleine Gebiete mit Trockenwiesen und –weiden in Vordere Bärg und nördlich von Weerswilen
Kantonale Inventare und geschützte Objekte	6 kleine Naturschutzgebiete in Vordere Bärg, Wachtersbärg und nördlich von Weerswilen
Abwägungskriterien	
Strassen	Nicht relevant
Bahnlinien	Nicht relevant
Hochspannungsleitungen (>110 kV)	Leitung westlich von Berg von geringer Bedeutung
Flugpisten	Segelflugfeld Amlikon in mehr als 3 km Entfernung
Drehfunkfeuer VOR	Nicht relevant
Eidg. Inventare: BLN, Amphibienlaichgebiete	3 kleine Amphibienlaichgebiete in Vordere Bärg, Wachtersbärg und nördlich von Weerswilen
ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen	Keine ISOS-Objekte im Potentialgebiet; Ortsbildschutzzone in Berg
Geotope von nationaler Bedeutung	Nicht relevant
Gebiete mit Vorrang Landschaft	Alle Windpotentialflächen auf freiem Feld liegen in Gebieten mit Vorrang Landschaft
Wald	Ein Grossteil der vom Wind her interessanten Potentialgebiete liegt im Wald
Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr)	Relevante Zonen am Nordhang des Ottenbergs

Fett markierte Kriterien sind am Standort relevant

Tabelle 20: Eckdaten von Windpotentialgebiet Ottenberg.

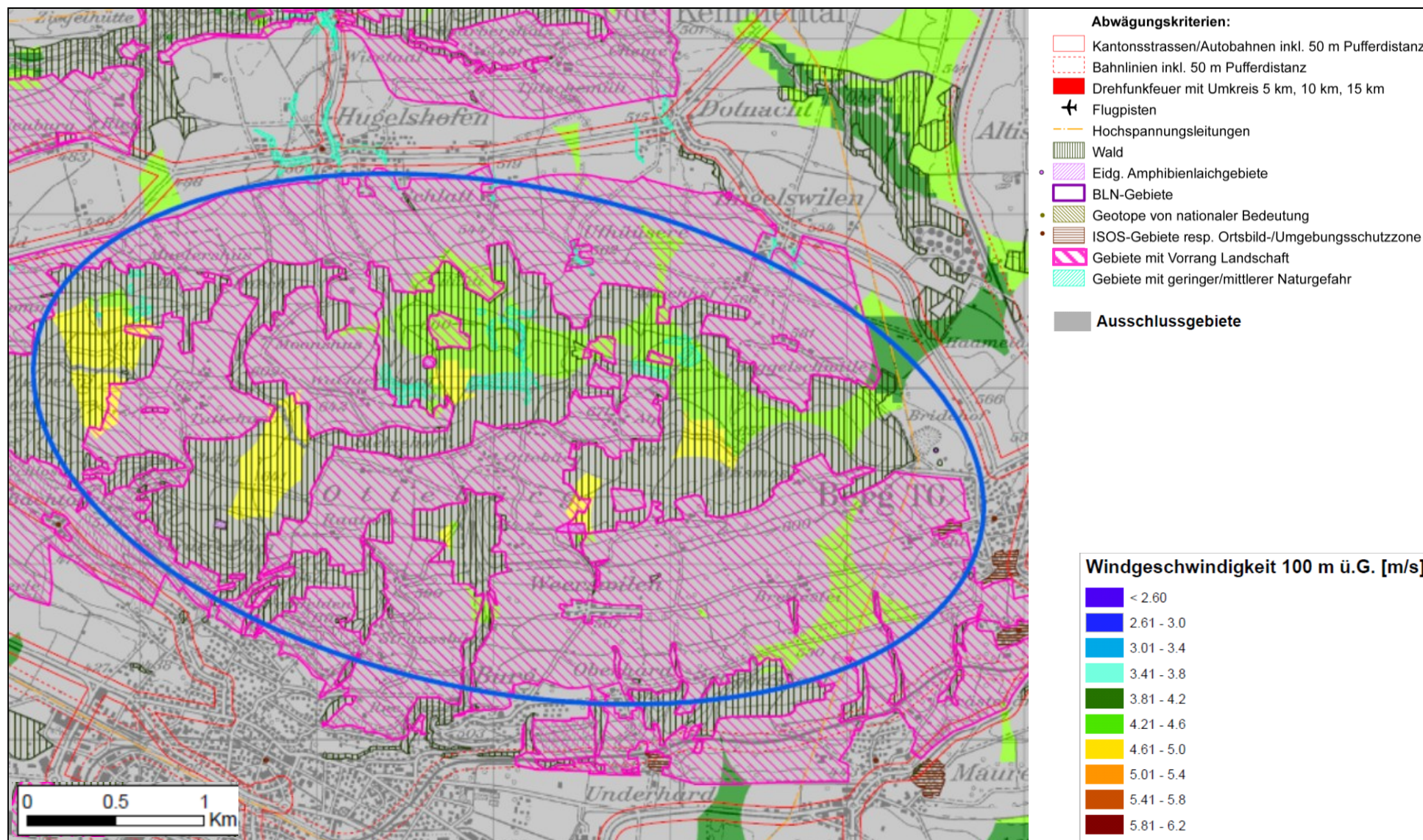


Abb. 19: Detailausschnitt Windpotentialgebiet 5: Ottenberg.

Windpotentialgebiet 6: Rodebärg

Windpotentialgebiet 6: Rodebärg	
Lage	Hügel zwischen Schlattingen und dem Rhein (Koordinati-on mit Kanton Zürich)
Wind auf 100 m ü. G.	Am höchsten Punkt im Westen zwischen 5.0 und 5.4 m/s, im Osten bis 5.0 m/s
Lage zu BLN-Gebieten	Innerhalb BLN-Gebiet
Ausschlusskriterien	
Zonen mit ES-I	Nicht relevant
Zonen mit ES-II	Wohnzonen in Schlattingen von grosser Bedeutung
Bewohnte Gebäude in Zonen mit ES-III	Von untergeordneter Bedeutung
Zone archäologischer Funde	Zone grossen Ausmasses im westlichen Teil des Rodebärgs
Gewässer	Ein kleiner Weiher nördlich von Schlattingen
Grundwasserschutzzonen S1, S2	Eine Zone nordwestlich von Bäracker
Naturgefahren (Zonen mit <u>erheblicher Gefahr</u>)	Eine Zone geringen Ausmasses am Nordhang des Rodebärgs
Eidgenössische Inventare	Nicht relevant
Kantonale Inventare und geschützte Objekte	Nicht relevant
Abwägungskriterien	
Strassen	Nicht relevant
Bahnlinien	Nicht relevant
Hochspannungsleitungen (>110 kV)	Nicht relevant
Flugpisten	Nicht relevant
Drehfunkfeuer VOR	Zwischen 5 und 10 km vom Drehfunkfeuer Trüttlikon entfernt, d.h. Einzelanlagen werden meist akzeptiert
Eidg. Inventare: BLN, Amphibienlaichgebiete	Windpotentialgebiet liegt vollständig im BLN-Gebiet „Untersee-Hochrhein“
ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen	Im Potentialgebiet keine solchen Gebiete; ISOS-Objekte in Schlattingen, Rheinklingen, Etwilen und Ortsbildschutzzone in Basadingen und Schlattingen
Geotope von nationaler Bedeutung	Rheinlauf Wagenhausen - Hemishofen – Rheinklingen im Nordosten ans Potentialgebiet angrenzend
Gebiete mit Vorrang Landschaft	Nur ganz im Osten von geringer Bedeutung
Wald	Praktisch das gesamte Potentialgebiet befindet sich im Wald
Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr)	Zwei Zonen geringen Ausmasses am Nordhang des Rodebärgs

Fett markierte Kriterien sind am Standort relevant

Tabelle 21: Eckdaten von Windpotentialgebiet Rodebärg.

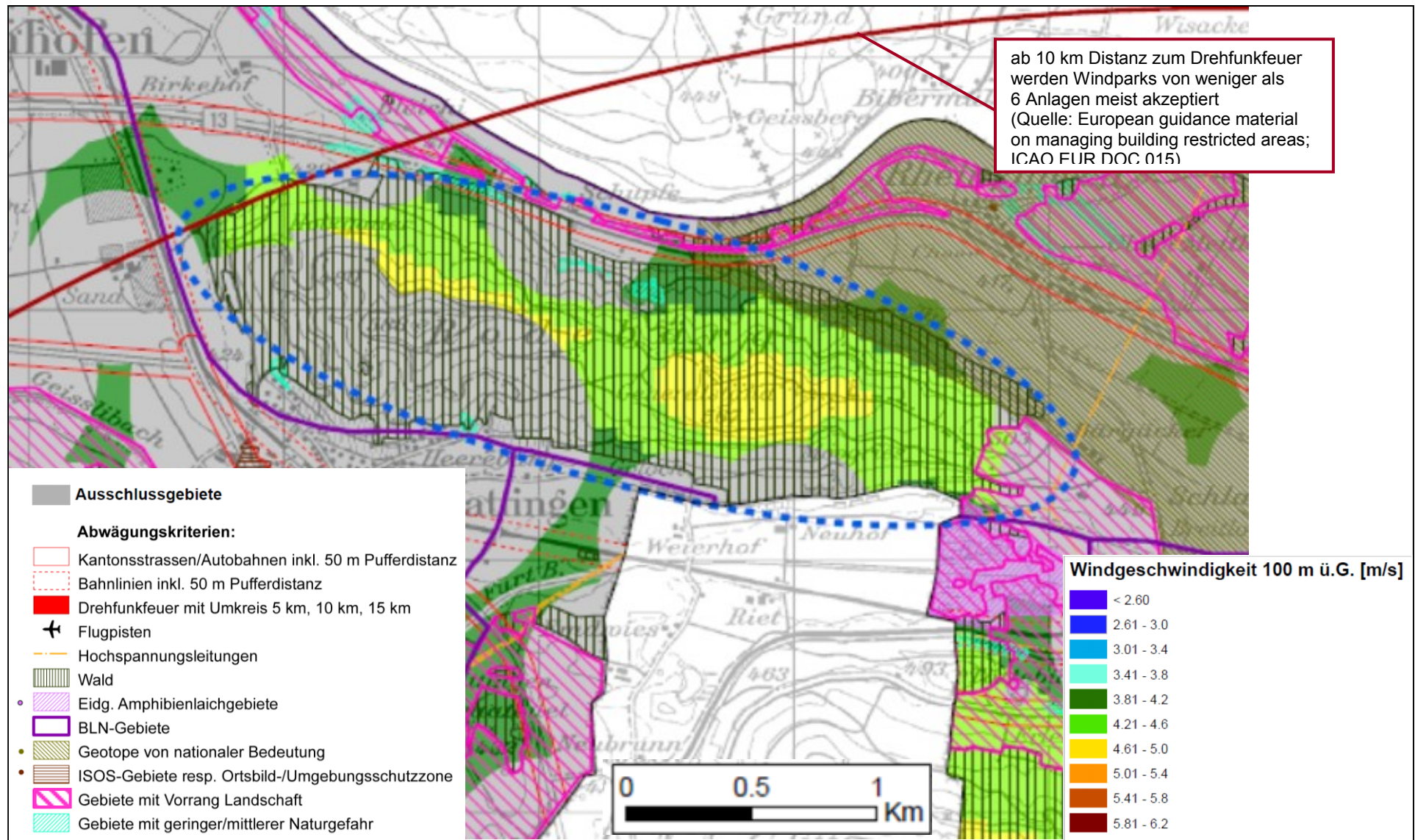


Abb. 20: Detailausschnitt Windpotentialgebiet 6: Rodebärg.

Windpotentialgebiet 7: Cholfirst

Windpotentialgebiet 7: Cholfirst	
Lage	Osthang des Cholfirst, einem Hügel zwischen Schaffhausen und Schlatt; Ein Windenergieprojekt würde dort nur zusammen mit einem Projekt auf der Zürcher Kantonsseite Sinn machen, da das Thurgauer Gebiet praktisch nur aus Hanglagen besteht (Koordination mit Kanton Zürich)
Wind auf 100 m ü. G.	Oben auf der Kante 4.6-5.0 m/s; gegen Osten rasch abnehmend
Lage zu BLN-Gebieten	Teilweise innerhalb BLN-Gebiet
Ausschlusskriterien	
Zonen mit ES-I	Nicht relevant
Zonen mit ES-II	Kein bedeutendes Ausschlusskriterium
Bewohnte Gebäude in Zonen mit ES-III	Kein bedeutendes Ausschlusskriterium
Zone archäologischer Funde	Grosse Zonen bei Mett-Oberschlatt und Schnäggenacker für Potentialgebiet jedoch weniger relevant
Gewässer	Nicht relevant
Grundwasserschutzzonen S1, S2	Bedeutendes Ausschlusskriterium am Osthang des Cholfirsts; am Nordhang ebenfalls 3 kleine Zonen
Naturgefahren (Zonen mit <u>erheblicher</u> Gefahr)	Nicht relevant
Eidgenössische Inventare	Flachmoor am Osthang des Cholfirsts (Hinders Espi)
Kantonale Inventare und geschützte Objekte	Naturschutzgebiet am Osthang des Cholfirsts (Hinders Espi)
Abwägungskriterien	
Strassen	Nicht relevant
Bahnlinien	Nicht relevant
Hochspannungsleitungen (>110 kV)	Nicht relevant
Flugpisten	Nicht relevant
Drehfunkfeuer VOR	Zwischen 10 und 15 km vom Drehfunkfeuer Trüttlikon entfernt, d.h. ein Windpark von weniger als 6 Anlagen wird meist akzeptiert
Eidg. Inventare: BLN, Amphibienlaichgebiete	Südöstlicher Teil des Potentialgebietes im BLN-Gebiet „Espi-Hölzli“
ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen	Keine solchen Gebiete im Potentialgebiet; ISOS-Objekte in Altparadies Petribach, Mett-Oberschlatt und Unterschlatt; Umgebungsschutzzone in Mett-Oberschlatt
Geotope von nationaler Bedeutung	Nicht relevant
Gebiete mit Vorrang Landschaft	Nicht relevant
Wald	Gesamtes Potentialgebiet liegt im Wald
Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr)	Einige relevante Zonen am Nord- und Osthang des Cholfirsts

Fett markierte Kriterien sind am Standort relevant

Tabelle 22: Eckdaten von Windpotentialgebiet Cholfirst.

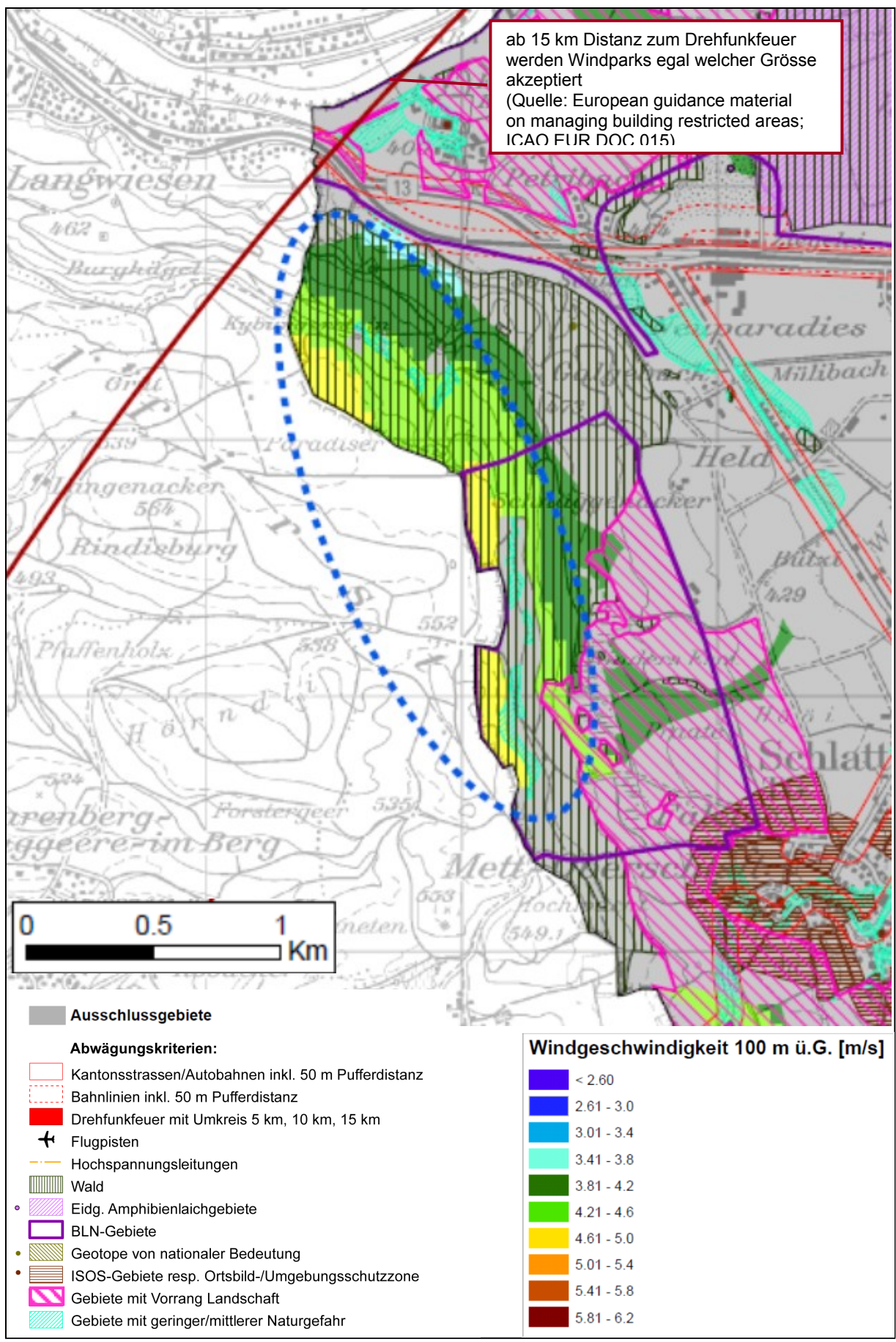


Abb. 21: Detailausschnitt Windpotentialgebiet 7: Cholfirst.

Windpotentialgebiet 8: Bichelsee/Fischingen

Windpotentialgebiet 8: Bichelsee/Fischingen	
Lage	Komplexe Hügellandschaft im südlichen Hinterthurgau entlang der Kantonsgrenze zu Zürich zwischen Ettenhausen und Hörnli bzw. Fischingen (Koordination mit Kanton Zürich und St.Gallen)
Wind auf 100 m ü. G.	Auf den höchsten Erhebungen bis zu 5.8 m/s; aufgrund der hohen Geländekomplexität und der Schwäche der Berechnungssoftware für solche Bedingungen muss die Windgeschwindigkeitsangabe in diesem Gebiet mit grosser Vorsicht interpretiert werden
Lage zu BLN-Gebieten	Innerhalb BLN-Gebiet
Ausschlusskriterien	
Zonen mit ES-I	Campingzone „Brand“
Zonen mit ES-II	In Fischingen, Dussnang, Bichelsee-Balterswil, Gunterhausen, Ettenhausen
Bewohnte Gebäude in Zonen mit ES-III	Dominierendes Ausschlusskriterium
Zone archäologischer Funde	Ca. 10 relevante Zonen rund um Bichelsee
Gewässer	Einige Bäche und Weiher von geringer Relevanz
Grundwasserschutzzonen S1, S2	5 rel. kleine Zonen rund um Bichelsee
Naturgefahren (Zonen mit <u>erheblicher</u> Gefahr)	Nicht relevant (Naturgefahren jedoch in Gemeinde Bichelsee-Balterswil und Aadorf <u>nicht</u> erhoben)
Eidgenössische Inventare	Flachmoore um den Bichelsee und nördlich davon; 3 Trockenwiesenstandorte von geringer Relevanz
Kantonale Inventare und geschützte Objekte	Viele Naturschutzgebiete von z.T. grösseren Ausmassen; Waldreservate Brenzloo und Höllwald relevant
Abwägungskriterien	
Strassen	Nicht relevant
Bahnlinien	Nicht relevant
Hochspannungsleitungen (>110 kV)	Nicht relevant
Flugpisten	Nicht relevant
Drehfunkfeuer VOR	Der nord-westlichste Teil des Potentialgebietes tangiert den 15km-Abstandskreis um das Drehfunkfeuer Trüttlikon
Eidg. Inventare: BLN, Amphibienlaichgebiete	Potentialgebiet liegt praktisch vollständig im BLN-Gebiet „Hörnli-Bergland“; Amphibienlaichgebiet um den Bichelsee
ISOS-Gebiete resp. Ortsbild- und Umgebungsschutzzonen	ISOS-Objekte in Au und Fischingen; zudem Ortsbildschutzzone in Schurten
Geotope von nationaler Bedeutung	Durchbruchschlucht der Murg bei St. Iddaburg und Schmelzwasserrinne Littenheid – Bichelsee von geringer Bedeutung für das Potentialgebiet
Gebiete mit Vorrang Landschaft	Praktisch alle vom Wind her interessanten Potentialflächen auf freiem Feld liegen in Gebieten mit Vorrang Landschaft
Wald	Praktisch alle vom Wind her interessanten Potentialflächen liegen im Wald
Naturgefahren (Zonen mit geringer oder mittlerer Gefahr)	Einige Zonen in Tallagen und entlang von Bächen vorhanden (Naturgefahren jedoch in Gemeinden Bichelsee-Balterswil und Aadorf <u>nicht</u> erhoben)

Fett markierte Kriterien sind am Standort relevant

Tabelle 23: Eckdaten von Windpotentialgebiet Bichelsee/Fischingen.

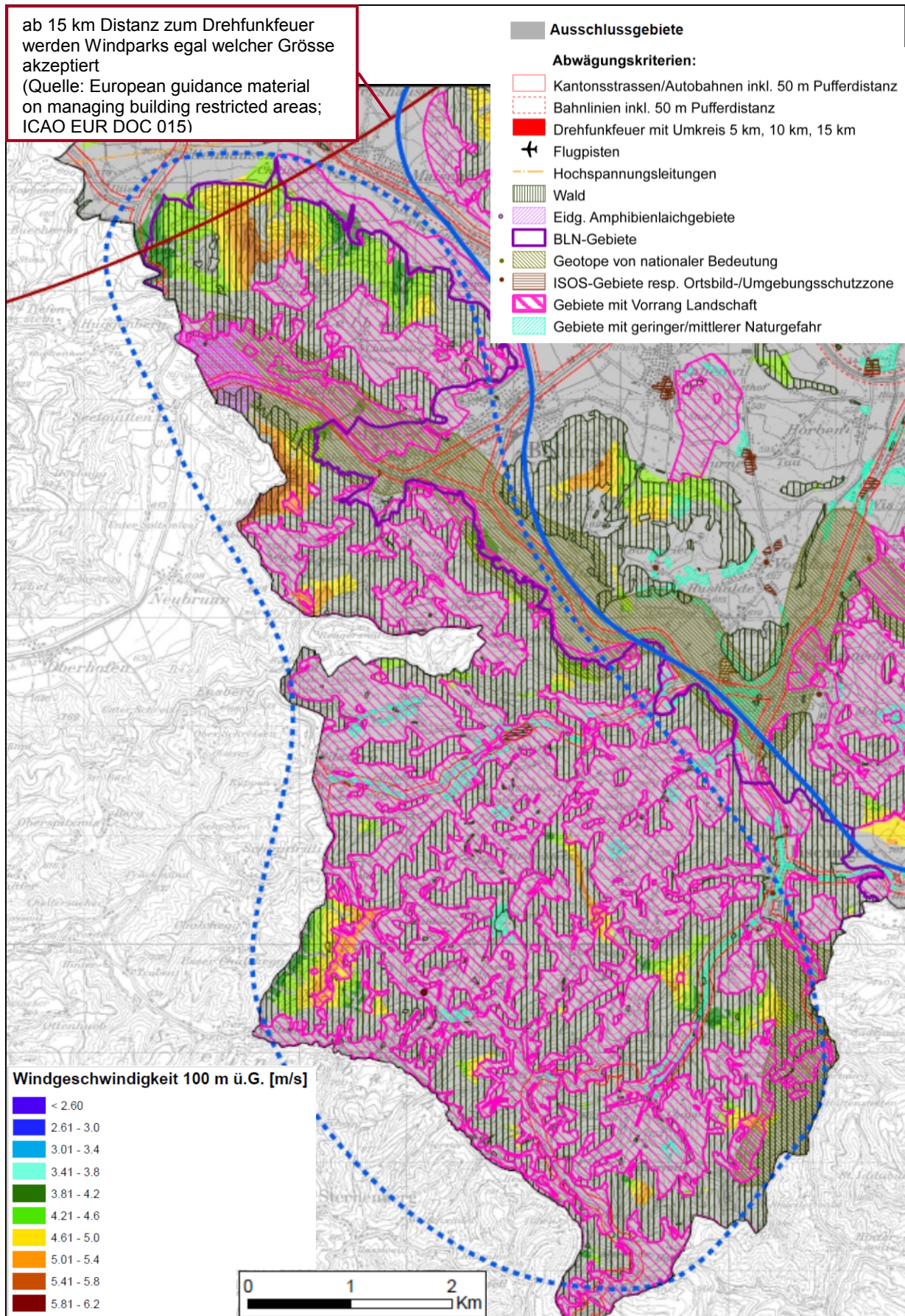


Abb. 22: Detailausschnitt Windpotentialgebiet 8: Bichelsee/Fischingen.

9 Literaturverzeichnis

- [1] EMD International A/s, WindPRO 2.8 User Guide, Denmark, 2012.
- [2] FGW, «Teil 6, Revision 8, Technische Richtlinie für Windenergieanlagen».
- [3] MEASNET, «Evaluation of site-specific wind conditions,» 2009.
- [4] BWE Bundeverband für Windenergie e.V., «Empfehlung zur Dokumentationen von Windmessungen,» 2003.
- [5] IEC International Electrotechnical Commission, «IEC 61400-1: Wind turbines - Design requirements,» 2005.
- [6] IEC International Electrotechnical Commission, «IEC 61400-12-1,» 2005.
- [7] Wind-data, «www.wind-data.ch,» [Online]. [Zugriff am 02 2013].
- [8] Vortex, «www.Vortex.es,» [Online]. [Zugriff am 01 2013].

10 Anhang

10.1 Auswertungsbericht Windmessung Dippishausen

Windmessung mit LiDAR am Standort Dippishausen

Kanton Thurgau / Schweiz

Windcube – Auswertungsbericht



Mess-Kampagne: 29.01.2014 bis 22.04.2014

Datum Berichtserstellung: 06.05.2014

Auftraggeber: Kantons Thurgau, Departement für Inneres und Volkswirtschaft
Herr Thomas Volken
Verwaltungsgebäude Promenadenstrasse 8
8510 Frauenfeld

Auftragnehmer: New Energy Scout GmbH
Neuwiesenstrasse 95
8400 Winterthur

Erstellt von: Michael Dietl

Geprüft von: Michael Altherr

Projekt-Nr.: Lid 0018

Bericht-Nr.: 14 – 0005

Version: V 1.0

Datum: 06.05.2014

Dateiname: *14-0011_Dippishausen_Auswertungsbericht_2014_05-06_V1.0.docx*

1 Inhalt

1	INHALT	3
2	VORBEMERKUNG	4
3	AUFTRAG.....	4
4	STANDORT	4
5	PARAMETER DER MESSUNG	7
6	ERGEBNISSE.....	8
6.1	Programm Auswertung.....	8
6.2	Datenverfügbarkeit.....	8
6.3	Mittlere Windgeschwindigkeit.....	8
6.4	Weibull-Fit	10
6.5	Windrichtung	11

2 Vorbemerkung

Der hier vorliegende Auswertungsbericht dient als Zusammenfassung der Resultate der LiDAR-Messkampagne am Standort Dippishausen, Kanton Thurgau, durchgeführt mit dem Geräte-Typ Windcube. Dieser Auswertungsbericht ist nicht als Windgutachten zu betrachten, wie sie üblicherweise auch von Banken gefordert werden.

3 Auftrag

New Energy Scout wurde mit der Durchführung von Windmessungen mittels LiDAR („Light Detection and Ranging“) am Standort Dippishausen beauftragt. Eingesetzt wurde das LiDAR vom Typ Windcube V1.

4 Standort

Koordinaten:

Geografisch, WGS85 (N/O): 47°37'30" / 09°10'10"

CH1903, LV03 (N/O): 275'537 / 729'938

Höhe: 533 m ü. NN.

Beschreibung:

Die Umgebung des Standortes ist beinahe ausschliesslich durch landwirtschaftliche Nutzflächen geprägt. Erst im Abstand von 450 m (nördlich), bzw. 600 m (östlich) treten bewaldete Abschnitte auf. Die nächsten Siedlungen (Oftershausen, Siegershausen und Kemmental) schliessen sich direkt südlich an Dippishausen an. Im Westen liegt etwa 400 m entfernt der Bommer Weiher. Am Standort und in dessen repräsentativer Umgebung sind keine nennenswerten Steigungen vorhanden. Die Topografie ist insgesamt als einfach zu bewerten.

In unmittelbarer Nähe zum Gerät befinden sich wenige (einzeln stehende) Bäume (ca. 10 – 15 m Höhe, minimale Distanz zum Gerät 10 m). Deren Einfluss auf die Messung ist vernachlässigbar. Ebenfalls befinden sich in 30 – 60 m Entfernung vom Gerät einige Gebäude von ca. 15 m Höhe, jedoch nur in den Sektoren von ca. 30° bis 210°.

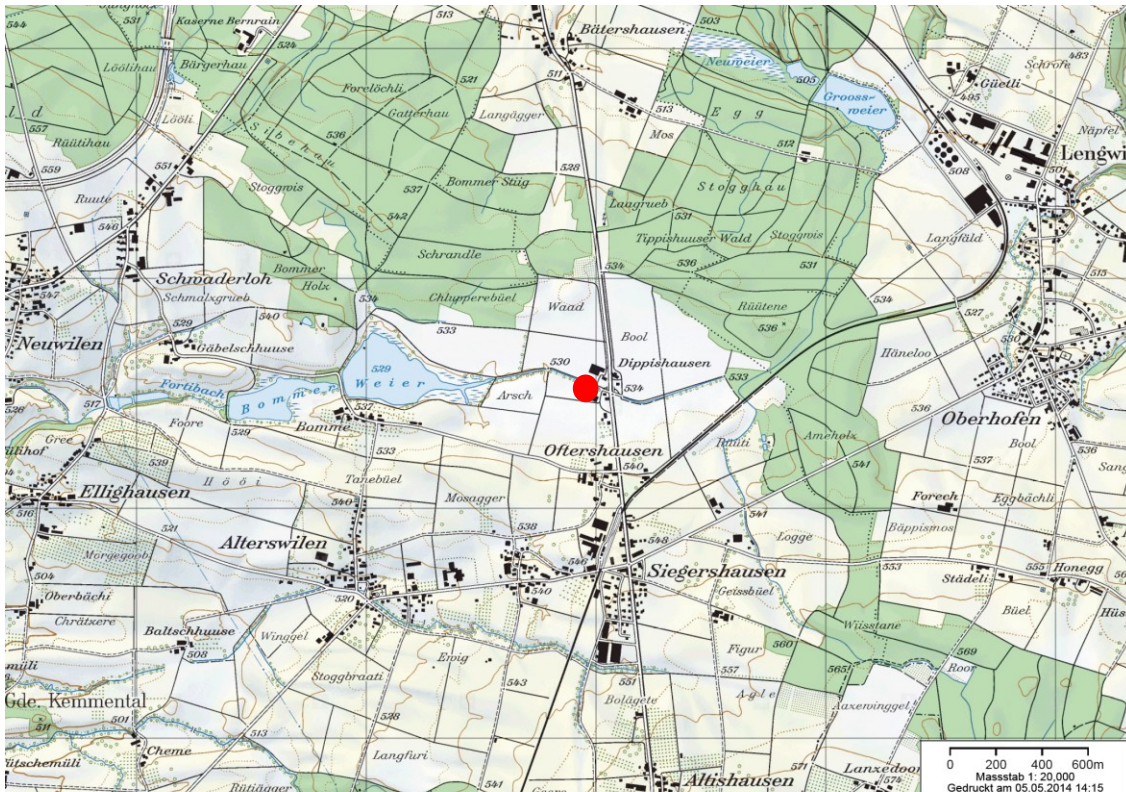


Abbildung 1: Topografie am Standort der LiDAR-Messung (rote Markierung) und Umgebung (Rasterbreite 1 km); Quelle: map.geo.admin.ch



Abbildung 2: Luftbild vom Standort der LiDAR-Messung (rote Markierung) und Umgebung; Quelle: Google Earth



Abbildung 3: Standortumgebung – Blickrichtung vom LiDAR-Standort: Nord (Bildmitte)



Abbildung 4: Standortumgebung – Blickrichtung vom LiDAR-Standort: Ost (Bildmitte)



Abbildung 5: Standortumgebung – Blickrichtung vom LiDAR-Standort: Süd (Bildmitte)

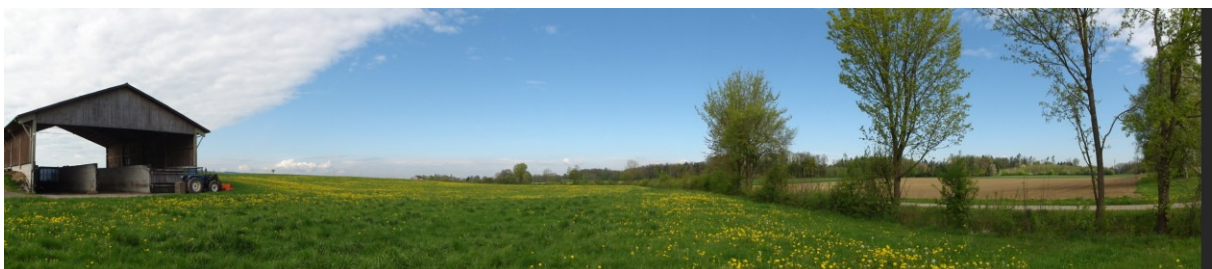


Abbildung 6: Standortumgebung – Blickrichtung vom LiDAR-Standort: West (Bildmitte)

5 Parameter der Messung

Ablauf der Messung:

Datum Aufbau	29.01.2014
Datum Inbetriebnahme	29.01.2014
Start Messung	29.01.2014/ 16:20 Uhr (UTC)
Ende Messung	22.04.2014 / 07:30 Uhr (UTC)
Anzahl Messtage / Monate	Gesamtdauer Kampagne: 2.7 Monate Unterbruch Defekt: 0 Tage Messung: 2.7 Monate
Stromanschluss	Netzversorgung 230 V per Kabel
Sicherungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Kettenschloss - Absperrung mit Rot-Weiss-Band - Gerät innerhalb Privatgrundstücks aufgestellt
Datensicherung	Fernübertragung via GSM; die für die Auswertung verwendeten Daten wurden direkt aus dem Gerät ausgelesen.

Tabelle 1: Zusammenfassung des Messablaufs

Geräteeinstellungen:

Gerät	LiDAR Typ Windcube (Hersteller Leosphere), Gerätenummer: 130
Laser	Class 1 Laser; Wellenlänge 1543 nm, gepulst Scan-Winkel 30° von der Senkrechten
Messhöhen	40, 60, 80, 100, 120, 130, 140, 160, 180, 200 m ü. Boden Im Gerät wurden die Messhöhen jeweils 1 m tiefer eingegeben, da sich die eingestellten Höhen auf den Emissionspunkt des Lasers bezogen.
CNR-Grenzwert	-21
Offset-Einstellungen	In Periode 29.01 – 06.02.14 war ein Windrichtungsoffset (WR-Offset) 255° im Gerät gespeichert, anschliessend wurde er auf 0° zurückgesetzt. Das Gerät wies installationsbedingt ein durchgehendes WR-Offset von 90° (zu magnetisch N) auf. Sämtliche Offsets wurden bei der Auswertung berücksichtigt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Geräteeinstellungen

6 Ergebnisse

6.1 Programm Auswertung

Für die Auswertung wurde das Programm WindPro (Version 2.9) verwendet.

6.2 Datenverfügbarkeit

Messhöhe [m ü. Boden]	Datenverfügbarkeit [%]
40	100
60	100
80	100
100	99
120	99
130	98
140	98
160	96
180	92
200	87

Tabelle 3: Datenverfügbarkeit nach Messhöhe

Die Datenverfügbarkeit ist als sehr gut zu bewerten. Sie nimmt erwartungsgemäss mit zunehmender Höhe leicht ab. Ursache hierfür ist der abnehmende CNR-Wert (Signal-Rausch-Verhältnis). Bei Grenzwertunterschreitung werden im Gerät automatisch (Filteralgorithmus) entsprechende Messwerte deaktiviert.

6.3 Mittlere Windgeschwindigkeit

6.3.1 Messergebnisse

Messhöhe [m ü. Boden]	Mittlere WG horizontal [m/s]
40	3.0
60	3.4
80	3.7
100	3.9
120	4.1
130	4.2
140	4.3
160	4.4
180	4.6
200	4.7

Tabelle 4: Gesamtmittelwerte (Mittelwerte aller in der Messperiode erfassten 10 min-Mittel) der horizontalen Windgeschwindigkeit (WG) nach Messhöhe

Die Werte sind zunächst als moderat zu bewerten. Eine repräsentative Aussage zur mittleren Windgeschwindigkeit kann jedoch erst nach langjähriger Einordnung (Korrelation) mittels Referenzdaten erfolgen. Dies erfolgt im Zusammenhang mit der Windressourcenberechnung und wird gemäss Auftrag in einem separaten Bericht dargestellt.

6.3.2 Zeitlicher Verlauf

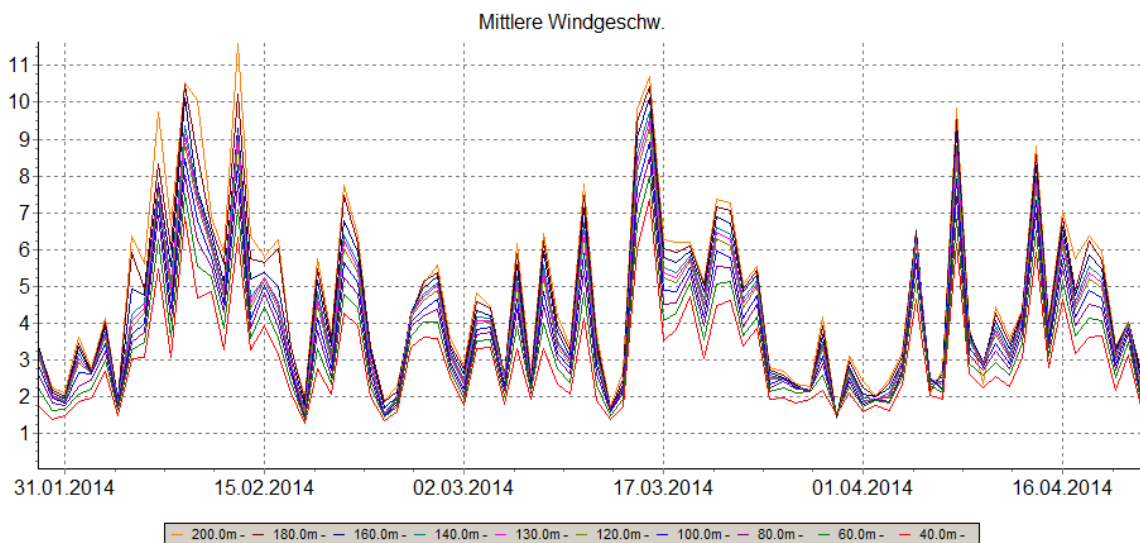


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf der gemessenen, horizontalen Windgeschwindigkeiten (gesamte Messperiode, Tagesmittelwerte)

6.3.3 Mittlerer Tagesgang

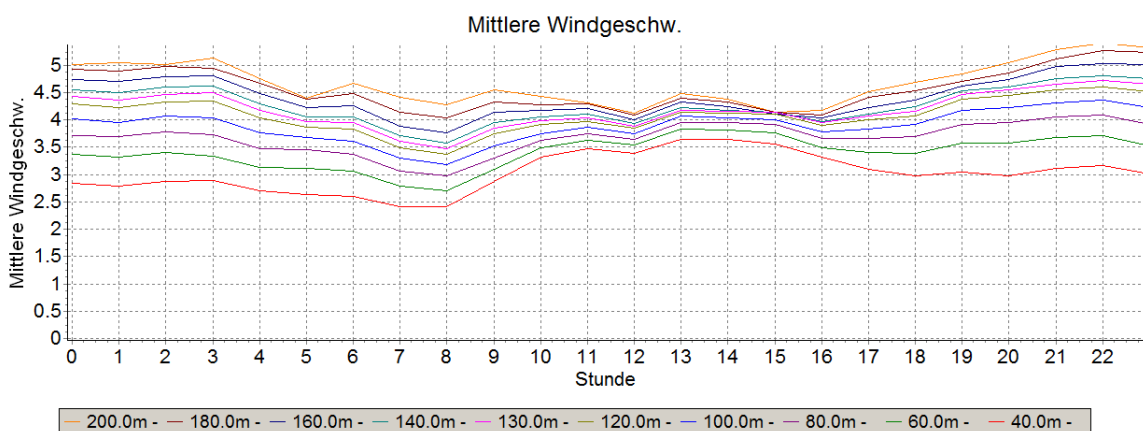


Abbildung 8: Tagesgang der gemessenen, horizontalen Windgeschwindigkeiten (gesamte Messperiode)

6.4 Weibull-Fit

Messhöhe [m ü. Boden]	Weibull k [-]	Weibull A [m/s]
40	1.53	3.4
60	1.56	3.8
80	1.58	4.2
100	1.56	4.4
120	1.56	4.6
130	1.56	4.7
140	1.56	4.8
160	1.55	5.0
180	1.54	5.1
200	1.53	5.2

Tabelle 5: Weibullparameter A und k für jede Messhöhe

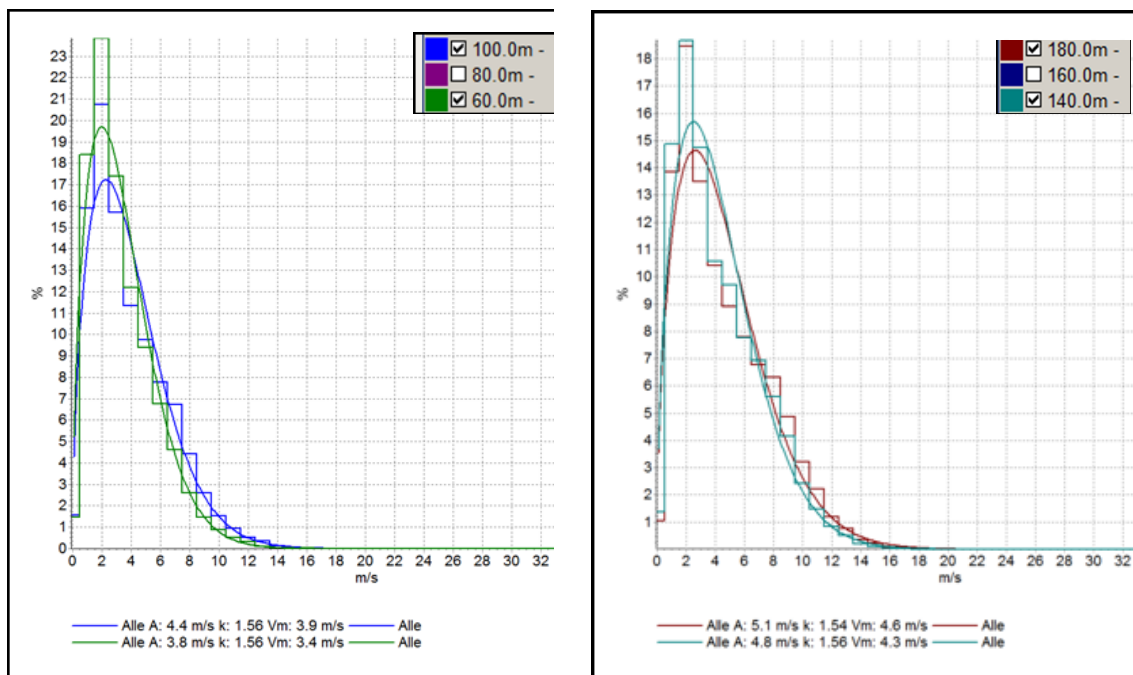


Abbildung 9: Häufigkeitstabellen und Weibull-Fit für die Messhöhen 60 und 100 m (links) und 140 und 180 m ü. Boden (rechts)

6.5 Windrichtung

6.5.1 Zeitlicher Verlauf

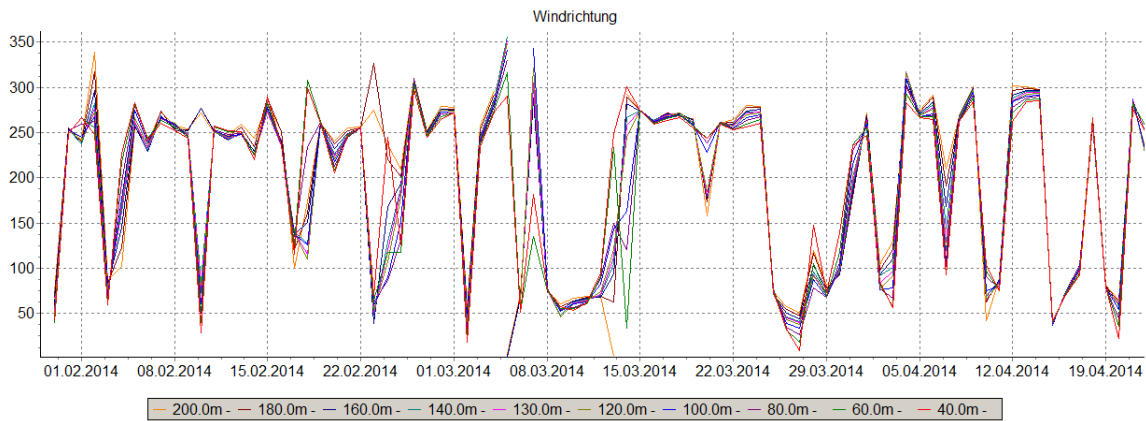


Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf der gemessenen Windrichtung (gesamte Messperiode, Tagesmittelwerte)

6.5.2 Sektorielle Häufigkeit und Energierosen

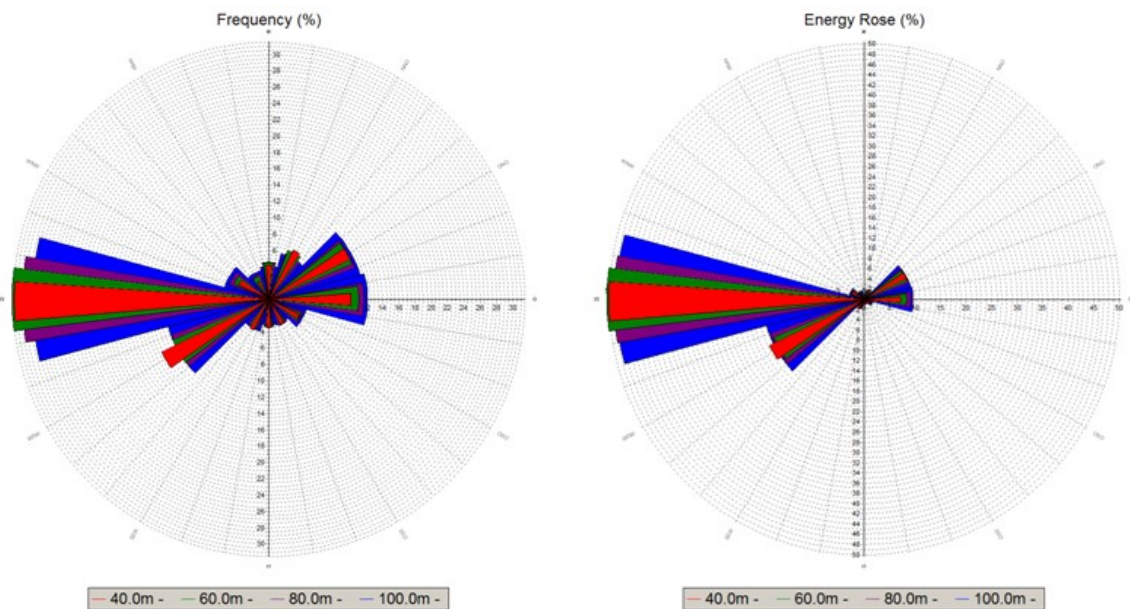


Abbildung 11: Sektorweise Häufigkeitsverteilung (links) und Energierose (rechts) für die Messhöhen 40 m – 100 m ü. Boden

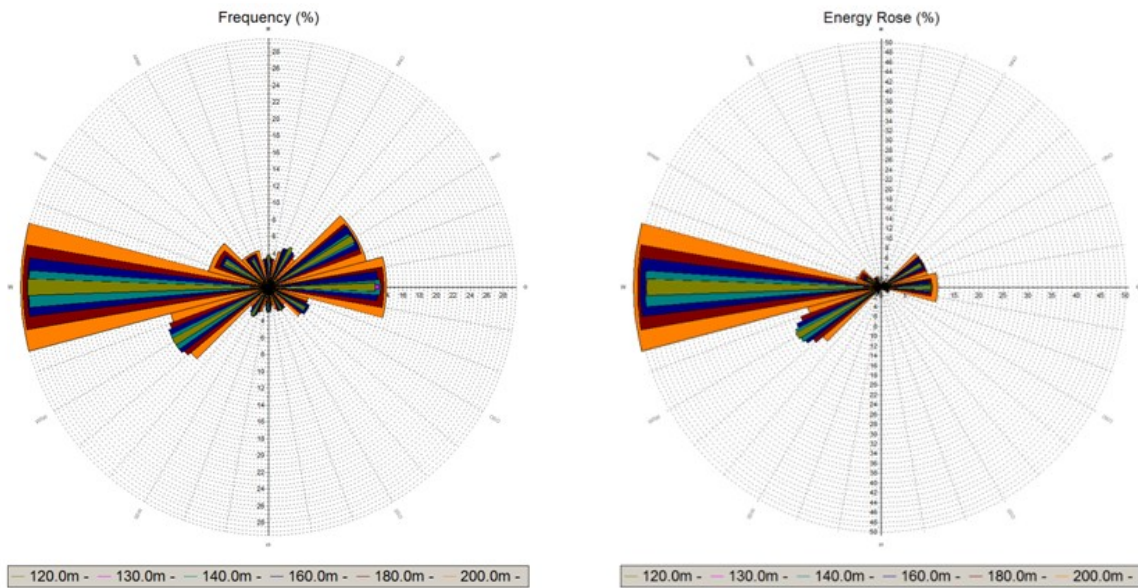


Abbildung 12: Sektorweise Häufigkeitsverteilung (links) und Energierose (rechts) für die Messhöhen 120m – 200 m ü. Boden

Es dominiert der Sektor W, sowohl nach Häufigkeit, als auch nach Energiegehalt des gemessenen Windes.

6.5.3 Mittlerer Tagesgang

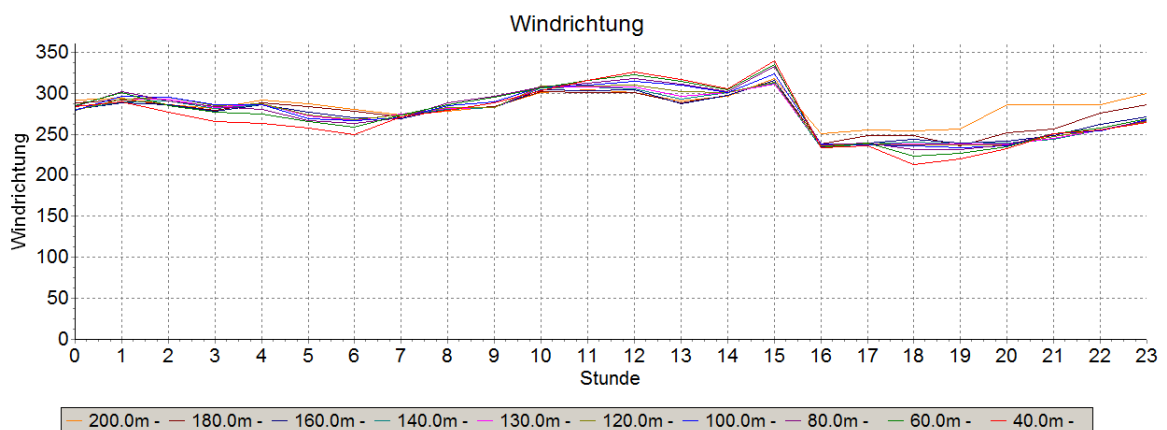


Abbildung 13: Mittlerer Tagesgang der gemessenen Windrichtung (gesamte Messperiode)

10.2 Auswertungsbericht Windmessung Fischingen

Windmessung mit LiDAR am Standort Fischingen

Kanton Thurgau / Schweiz

ZephIR z150 – Auswertungsbericht



Mess-Kampagne: 26.03.2014 bis 16.07.2014

Datum Berichtserstellung: 23.07.2014

Auftraggeber: Kanton Thurgau, Departement für Inneres und Volkswirtschaft
Herr Thomas Volken
Verwaltungsgebäude Promenadenstrasse 8
8510 Frauenfeld

Auftragnehmer: New Energy Scout GmbH
Neuwiesenstrasse 95
8400 Winterthur

Erstellt von: Michael Dietl

Geprüft von: Michael Altherr

Projekt-Nr.: Lid 0019

Bericht-Nr.: 14 – 0012

Version: V 1.0

Datum: 23.07.2014

Dateiname: 14-0012_LiDAR Fischingen_Auswertungsbericht_2014_07-23_V1.0.docx

1 Inhalt

1	INHALT	3
2	VORBEMERKUNG	4
3	AUFTRAG.....	4
4	STANDORT	4
5	PARAMETER DER MESSUNG	7
6	ERGEBNISSE.....	8
6.1	Programm Auswertung.....	8
6.2	Datenverfügbarkeit und Ausfälle	8
6.3	Mittlere Windgeschwindigkeit.....	9
6.4	Weibull-Fit	10
6.5	Windrichtung	11
7	ANHANG.....	13
7.1	Technische Ausfälle	13
7.2	Lufttemperatur	13

2 Vorbemerkung

Der hier vorliegende Auswertungsbericht dient als Zusammenfassung der Resultate der LiDAR-Messkampagne am Standort Fischingen, Kanton Thurgau, durchgeführt mit dem Geräte-Typ ZephIR z150. Dieser Auswertungsbericht ist nicht als Windgutachten zu betrachten, wie sie üblicherweise auch von Banken gefordert werden.

3 Auftrag

New Energy Scout wurde mit der Durchführung von Windmessungen mittels LiDAR („Light Detection and Ranging“) am Standort Fischingen beauftragt. Eingesetzt wurde das LiDAR vom Typ ZephIR z150.

4 Standort

Koordinaten:

Geografisch, WGS85 (N/O): 47°24'20" / 08°55'25"

CH1903, LV03 (N/O): 251'591 / 712'084

Höhe: 835 m ü. NN

Beschreibung:

Die Umgebung des Standortes ist einerseits durch landwirtschaftliche Nutzflächen, andererseits durch Waldfläche geprägt. Die ersten kleineren Waldflächen liegen im Abstand von 30 m (nordöstlich). Grössere Waldflächen schliessen sich 90 m (südlich), bzw. 120 m (westlich) an. Das hügelig zerklüftete Gebiet fällt westlich steiler, gegen Osten eher moderat ab. Nach Nordwesten Richtung Obersädelegg und nach Süden Richtung Zinggen verläuft das Gelände entlang der Strasse relativ eben.

Es befinden sich keine grösseren Siedlungen in direkter Umgebung, kleinere Siedlungen liegen im südwestlichen Reggtaal, z.B. Meiersbode in 0.7 km oder Steinen in 1.6 km Entfernung zum Messstandort. Darüber hinaus befinden sich mehrere einzelne Gebäude in näherer Umgebung (70 m nordwestlich vom Gerät mit ca. 10m Höhe, weitere 190 m nordöstlich und 300 m südöstlich).

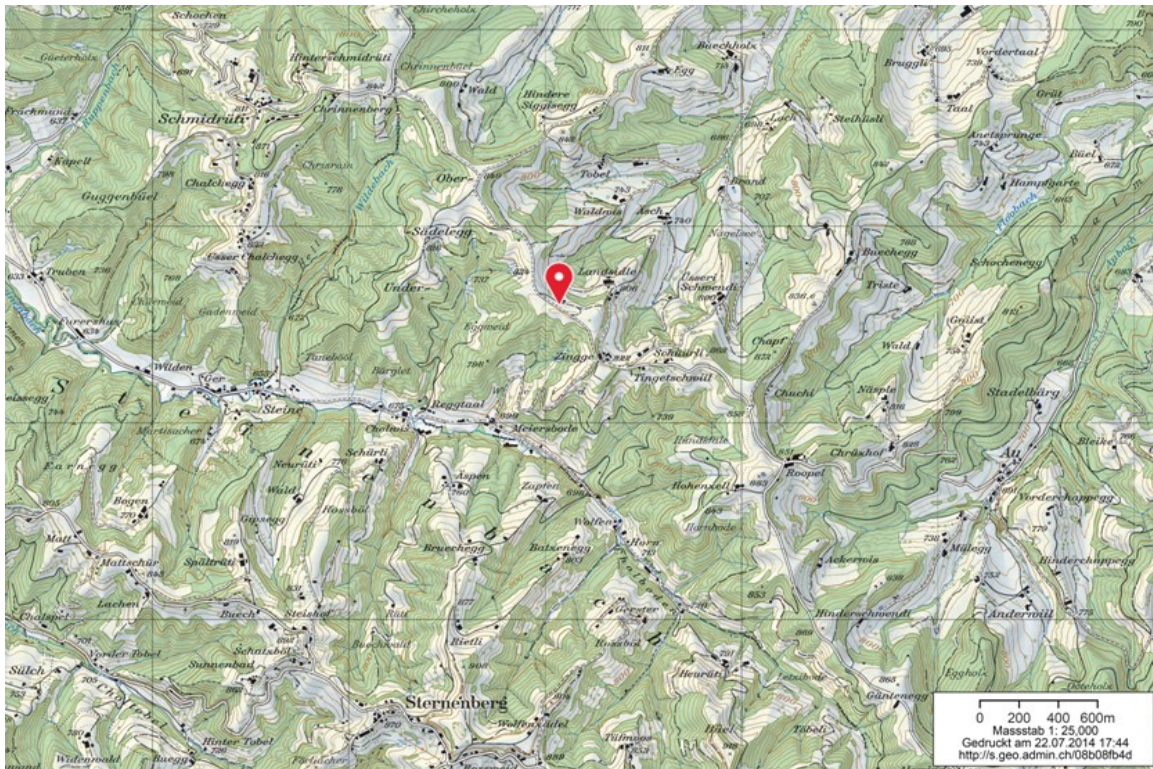


Abbildung 1: Topografie am Standort der LiDAR-Messung (rote Markierung) und Umgebung Rasterbreite 1 km); Quelle: map.geo.admin.ch



Abbildung 2: Luftbild vom Standort der LiDAR-Messung (rote Markierung) und Umgebung; Quelle: Google Earth



Abbildung 3: Standortumgebung – Blickrichtung vom LiDAR-Standort: Nord (Bildmitte; Bild optisch verzerrt)



Abbildung 4: Standortumgebung – Blickrichtung vom LiDAR-Standort: Ost (Bildmitte)



Abbildung 5: Standortumgebung – Blickrichtung vom LiDAR-Standort: Süd (Bildmitte)



Abbildung 6: Standortumgebung – Blickrichtung vom LiDAR-Standort: West (Bildmitte)

5 Parameter der Messung

Ablauf der Messung:

Datum Aufbau	26.03.2014
Datum Inbetriebnahme	26.03.2014
Start Messung	02.04.2014/ 10:30 Uhr (UTC)
Ende Messung	10.07.2014 / 10:30 Uhr (UTC)
Abbau	16.07.2014
Anzahl Messtage / Monate	Gesamtdauer Kampagne: 3.3 Monate Unterbruch Defekt: 14 Tage Messung: 2.8 Monate
Stromanschluss	Netzversorgung 230 V per Kabel
Sicherungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Kettenschloss - Absperrung mit Rot-Weiss-Band - Gerät innerhalb Privatgrundstück aufgestellt
Datensicherung	Fernübertragung via GSM; die für die Auswertung verwendeten Daten wurden direkt aus dem Gerät (Flash-Card-Speicher) ausgelesen.

Tabelle 1: Zusammenfassung des Messablaufs

Geräteeinstellungen:

Gerät	LiDAR Typ ZephIR (Hersteller Natural Power, heute: Zephirlidar) z150
Laser	Class 1 Laser; Wellenlänge 1575 nm, kontinuierlich Scan-Winkel 30° von der Senkrechten
Messhöhen	60, 100, 120, 140, 160 m ü. Boden Im Gerät wurden die Messhöhen jeweils 1 m tiefer eingegeben, da sich die eingestellten Höhen auf den Emissionspunkt des Lasers bezogen.
Offset-Einstellungen	Es wurde kein Windrichtungsoffset eingestellt. Das Gerät wurde auf magnetischem Nord ausgerichtet.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Geräteeinstellungen

6 Ergebnisse

6.1 Programm Auswertung

Die Aufbereitung der Daten erfolgte mit der Software Walz Version 4.4.2.2 (Filter Version 1.027) des Geräteherstellers. Zur Auswertung der Daten wurde das Programm WindPro (Version 2.9) verwendet.

6.2 Datenverfügbarkeit und Ausfälle

Messhöhe [m ü. Boden]	Datenverfügbarkeit [%]
60	70
100	70
120	70
140	69
160	69

Tabelle 3: Datenverfügbarkeit nach Messhöhe

Die Datenverfügbarkeit ist als mässig zu bewerten. Dies ist vor allem auf drei technische Ausfälle zurückzuführen. Am 17.05.2014 wurde das Stromkabel durch eine landwirtschaftliche Mähmaschine durchtrennt. Das Gerät konnte am 21.05 wieder in Betrieb genommen werden. Am 21.06.2014 wiederholte sich der Vorfall, wiederum wurde das Kabel durchtrennt, angeblich von einer Mähmaschine. Die Wiederinbetriebnahme erfolgte nach verschiedenen Abklärungen am 01.07.2014. Bereits am 10.07.2014 wurde die Messung wieder durch Dritte unterbrochen (dieses Mal wurde das Stromkabel gezogen). Das Gerät wurde kurz darauf abgebaut, da im Nachhinein von mutwilliger Behinderung der Messung ausgegangen und weitere (schwerwiegendere) Beschädigungen des Geräts nicht mehr ausgeschlossen werden konnte.

Darüber hinaus verringerten auch einige Perioden mit starkem Niederschlag und Nebelaufkommen die Datenverfügbarkeit. Denn dies reduziert das Signal-Rausch-Verhältnis, so dass (bei Grenzwertunterschreitungen) im Gerät automatisch (Filteralgorithmus) entsprechende Messwerte deaktiviert werden.

Mit zunehmender Höhe über Boden nimmt die Datenverfügbarkeit nur minimal ab. Ursache hierfür ist das allgemein mit der Höhe abnehmende Signal-Rausch-Verhältnis.

Die Ausfälle sind im Anhang 7.1 nochmals tabellarisch dargestellt.

6.3 Mittlere Windgeschwindigkeit

6.3.1 Messergebnisse

Messhöhe [m ü. Boden]	Mittlere WG horizontal [m/s]
60	4.3
100	4.8
120	5.0
140	5.1
160	5.2

Tabelle 4: Gesamtmittelwerte (Mittelwerte aller in der Messperiode erfassten 10min-Mittel) der horizontalen Windgeschwindigkeit (WG) nach Messhöhe

Die Werte sind zunächst als für diese Jahreszeit gut bis moderat zu bewerten. Eine repräsentative Aussage zur mittleren Windgeschwindigkeit kann jedoch erst nach langjähriger Einordnung (Korrelation) mittels Referenzdaten erfolgen. Dies erfolgt im Zusammenhang mit der Windressourcenberechnung und wird gemäss Auftrag in einem separaten Bericht dargestellt.

6.3.2 Zeitlicher Verlauf

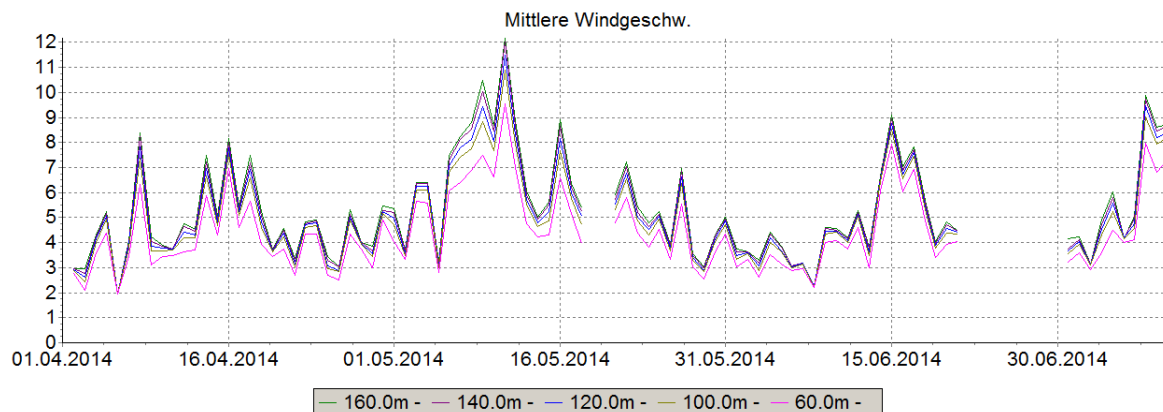


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf der gemessenen, horizontalen Windgeschwindigkeiten (gesamte Messperiode, Tagesmittelwerte)

6.3.3 Mittlerer Tagesgang

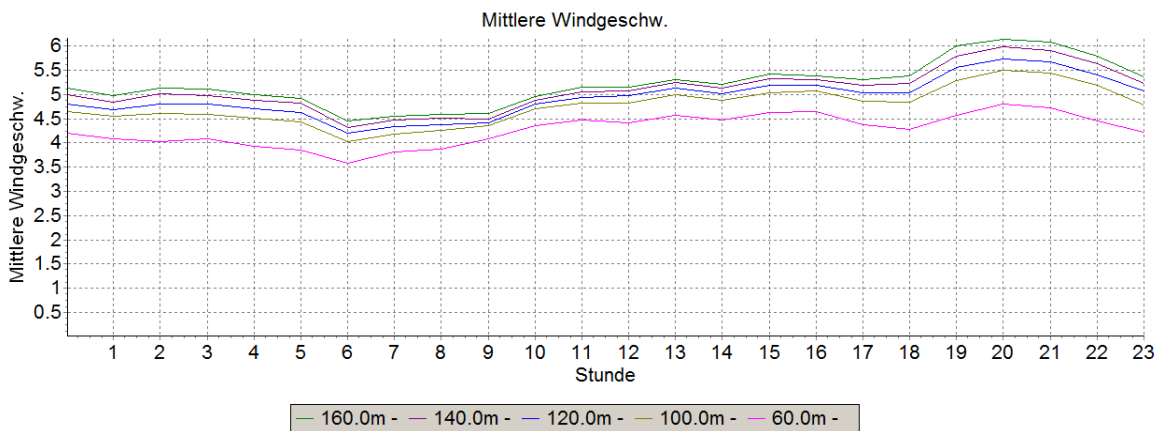


Abbildung 8: Tagesgang der gemessenen, horizontalen Windgeschwindigkeiten (gesamte Messperiode)

6.4 Weibull-Fit

Messhöhe [m ü. Boden]	Weibull k [-]	Weibull A [m/s]
60	2.13	4.8
100	2.10	5.3
120	2.06	5.5
140	2.02	5.7
160	2.00	5.8

Tabelle 5: Weibullparameter A und k für jede Messhöhe

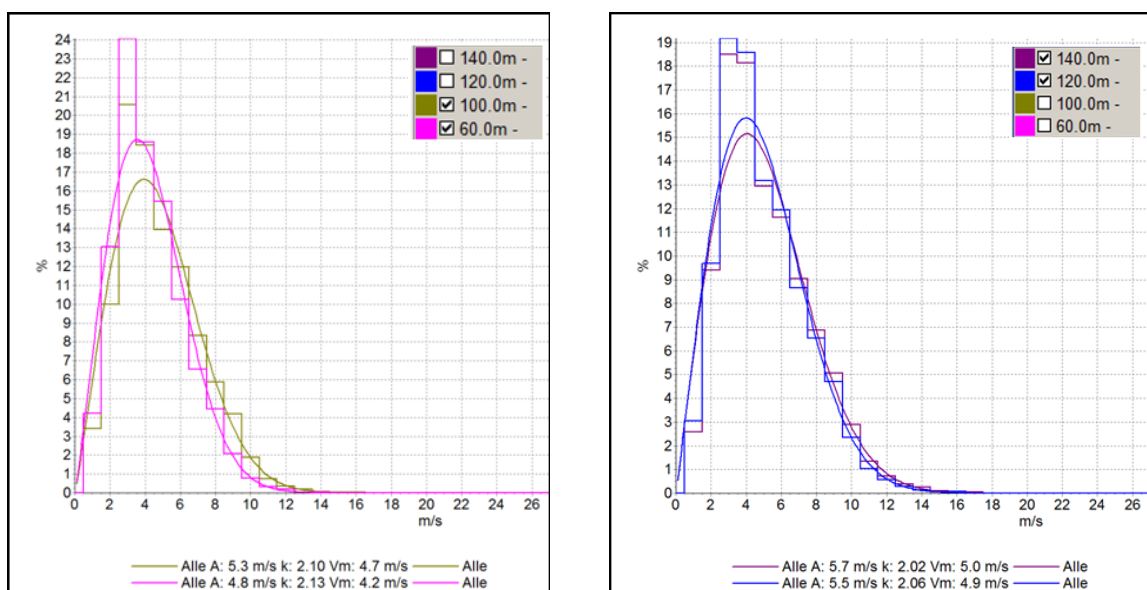


Abbildung 9: Häufigkeitstabellen und Weibull-Fit für die Messhöhen 60 und 100 m (links) und 120 und 140 m ü. Boden (rechts)

6.5 Windrichtung

6.5.1 Zeitlicher Verlauf

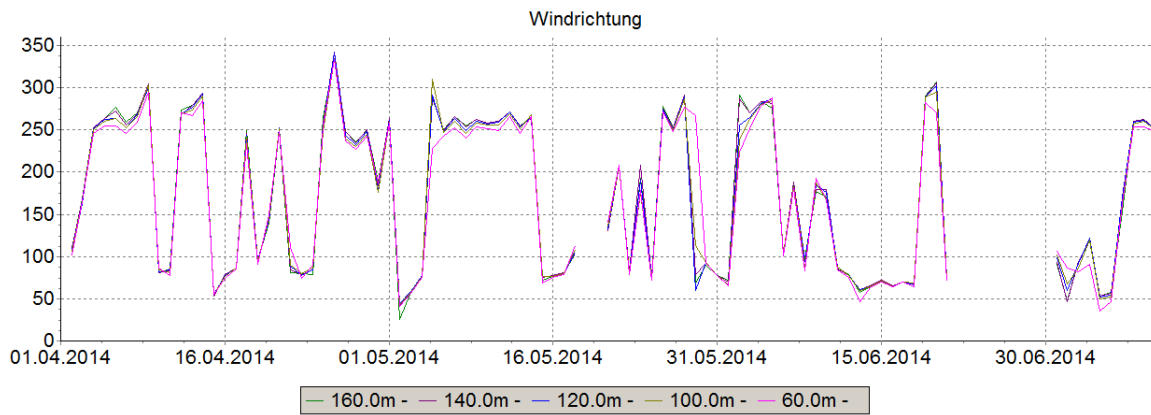


Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf der gemessenen Windrichtung (gesamte Messperiode, Tagesmittelwerte)

6.5.2 Sektorielle Häufigkeit und Energierosen

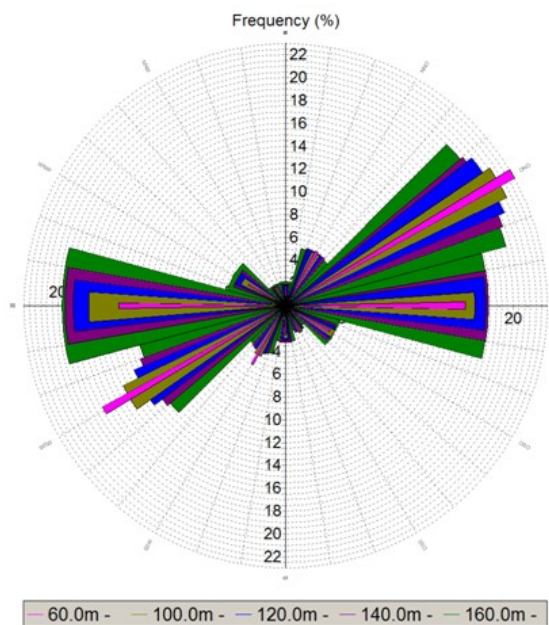


Abbildung 11: Sektorweise Häufigkeitsverteilung für alle Messhöhen

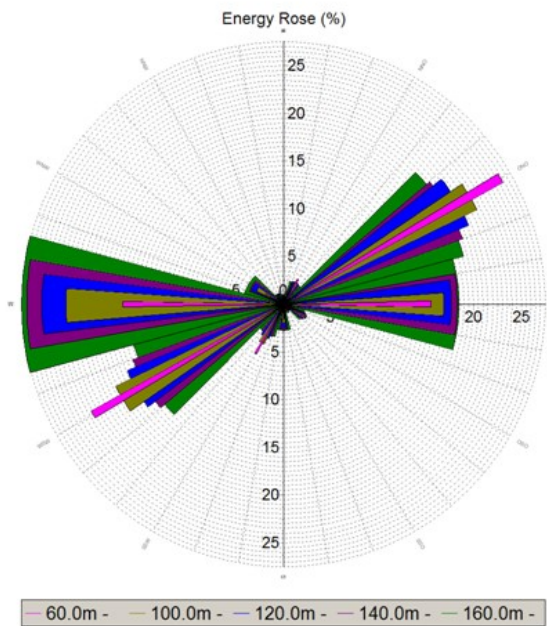


Abbildung 12: Energierosen für alle Messhöhen

Es dominieren die Sektoren W/WSW und O/ONO, sowohl nach Häufigkeit, als auch nach Energiegehalt des gemessenen Windes.

6.5.3 Mittlerer Tagesgang

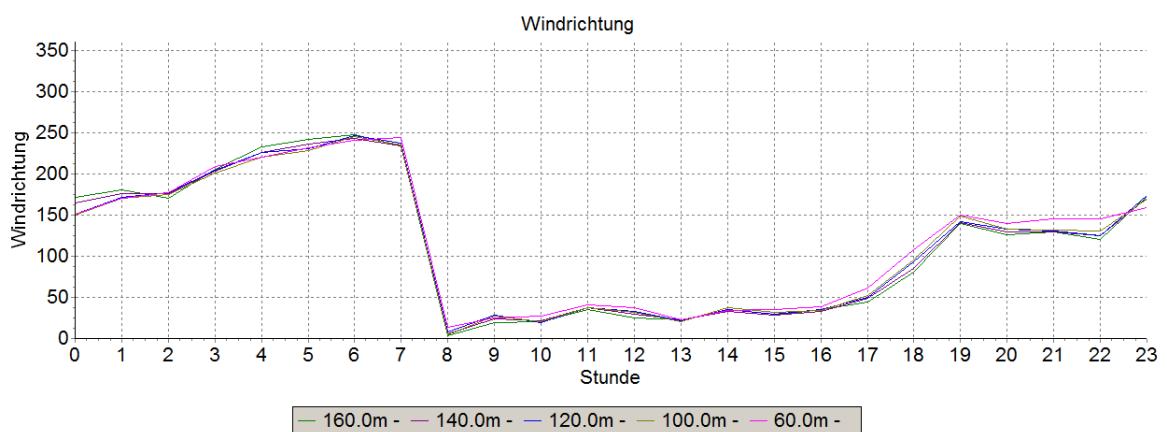


Abbildung 13: Mittlerer Tagesgang der gemessenen Windrichtung (gesamte Messperiode)

7 Anhang

7.1 Technische Ausfälle

Periode Ausfall	Beschreibung
26.03. - 02.04.2014	Technischer Ausfall der Met-Station
18.05. - 21.05.2014	Das Stromkabel musste ersetzt werden, da das bestehende Kabel (gem. Angaben des Pächters von einer Mähmaschine) durchtrennt wurde.
21.06. – 01.07.2014	Das Stromkabel musste repariert werden, da es (gem. Angaben des Pächters wiederum von einer Mähmaschine) durchtrennt wurde.
10.07. – 16.07.2014	Das Stromkabel wurde aus der Streckdose gezogen und beim Gerät platziert. Um weiteren Fremdeingriffen vorzubeugen, wurde das Gerät anschliessend abgebaut.

Tabelle 6: Zusammenfassung der technischen Ausfälle

7.2 Lufttemperatur

Der Gesamtmittelwert der vom Gerät (1 m ü. Boden) gemessenen Lufttemperatur beträgt 12.6° C, was für diese Jahreszeit zu erwarten ist.

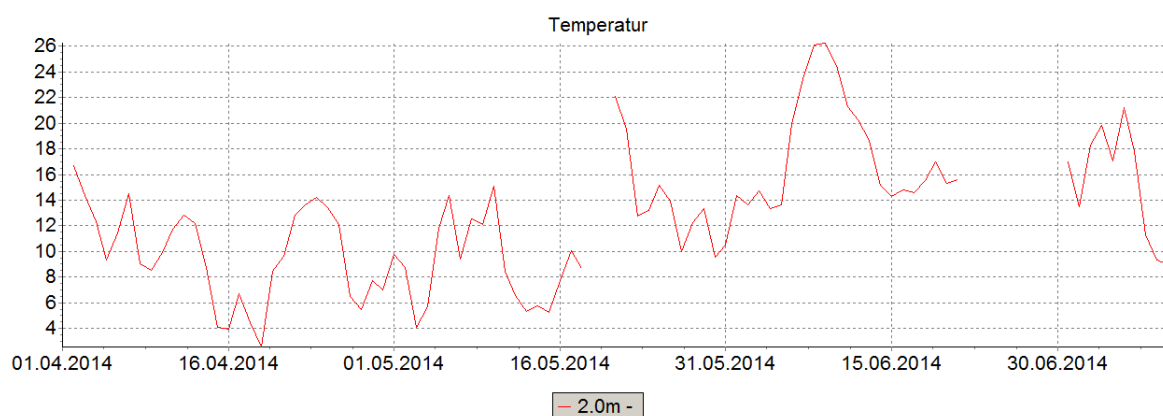


Abbildung 14: Zeitlicher Verlauf der gemessenen Lufttemperatur (gesamte Messperiode, Tagesmittelwerte)

10.3 Grenzen der Modellierungssoftware WAsP

Die Anwendbarkeit der Modellierungssoftware WAsP (Version 10.2) hängt unter anderem von der topografischen Komplexität des Berechnungsstandortes ab. Ausschlaggebendes Kriterium hierfür ist die Steilheit des Geländes, also die Steigungen in den einzelnen Richtungssektoren. Man geht davon aus, dass Steigungen bis ca. 30 % (17.6°) kaum merklichen Einfluss auf die Berechnung mit WAsP haben, da dabei die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von turbulenten Strömungsablösungen relativ gering ist. Im Falle zunehmender Steigungen erhöht sich diese Wahrscheinlichkeit, so dass für detaillierte Aussagen CFD-Detailsimulationen durchgeführt werden sollten.

Problematisch stellt sich das südliche Kantonsgebiet (Hinterthurgau) dar. In folgender Abbildung ist exemplarisch der orografische Verlauf um die Meteostation Hörnli aus Hauptwindrichtung (WSW-ONO-Streichrichtung) abgebildet. Es ist erkennbar, dass Bereiche des relativ stark zerklüfteten Gebietes Steigungen > 30% aufweisen.

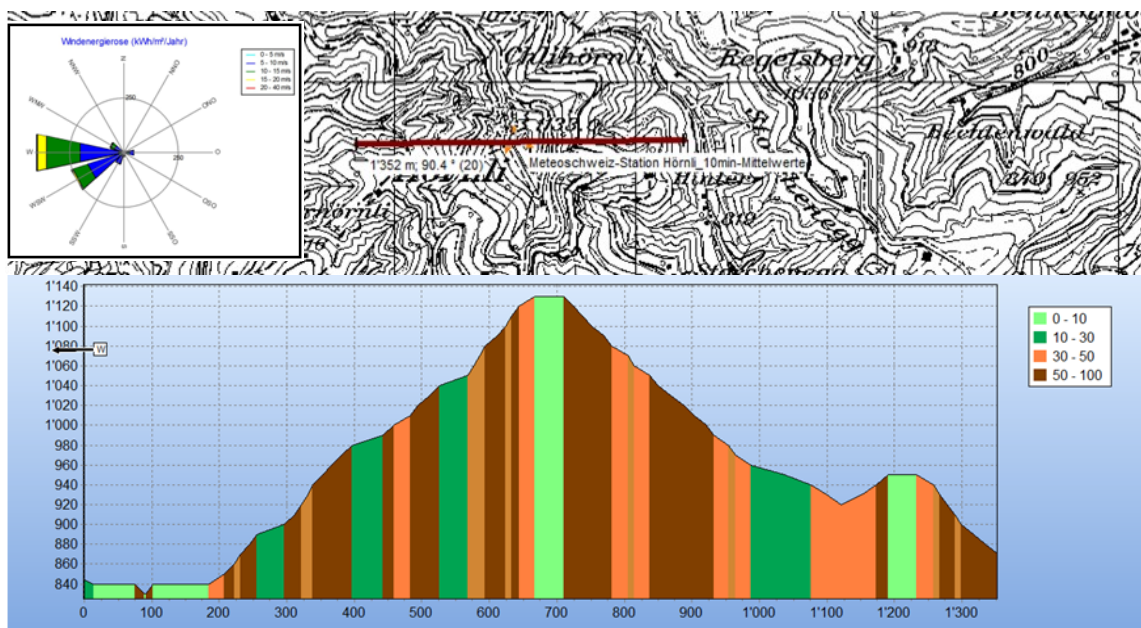


Abb. 23: Höhenprofil des Hörnli in W-O-Streichrichtung; Legende in %-Steigung

Auf dem Hörnli befindet sich eine Meteoschweiz-Station. Die Windgeschwindigkeit wird dabei über ein 15 m über Boden am Funkturm montiertes Anemometer gemessen. Messdaten über 4.4 Jahre (07.2008- 12.2012) ergaben ein mittleres Windgeschwindigkeitsniveau von 3.6 m/s. Wird zu Plausibilisierungszwecken das Windpotential an diesem Punkt mit Hilfe anderer Windstatistiken nachgerechnet, entstehen dabei Abweichungen ≥ 3 m/s. Dabei gilt es jedoch zu erwähnen, dass auch bei den Messdaten systematische Abweichungen (z.B. Mastabschattung und Vereisung) zu Unterschätzung des Potentials während der Messung geführt haben können. Aus diesen Gründen wurde die Station Hörnli nicht für die Ressourcenberechnung einbezogen.

10.4 Karte: Windressourcen

10.5 Karte: Ausschlussgebiete und Windressourcen

10.6 Karte: Ausschlussgebiete, Gebiete mit Interessenabwägung und Windressourcen

10.7 Karte: Windressourcen, Ausschluss- und Potentialgebiete

10.8 Daten-CD

Inhalt:

- Bericht im Format pdf
- Anhänge 10.4-10.7 als separate Datei im Format pdf