

# Mit Wind in die Zukunft

*Nutzung der Windenergie im Kanton Schaffhausen*

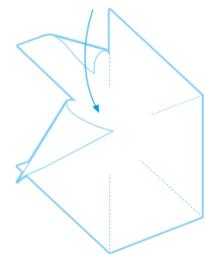
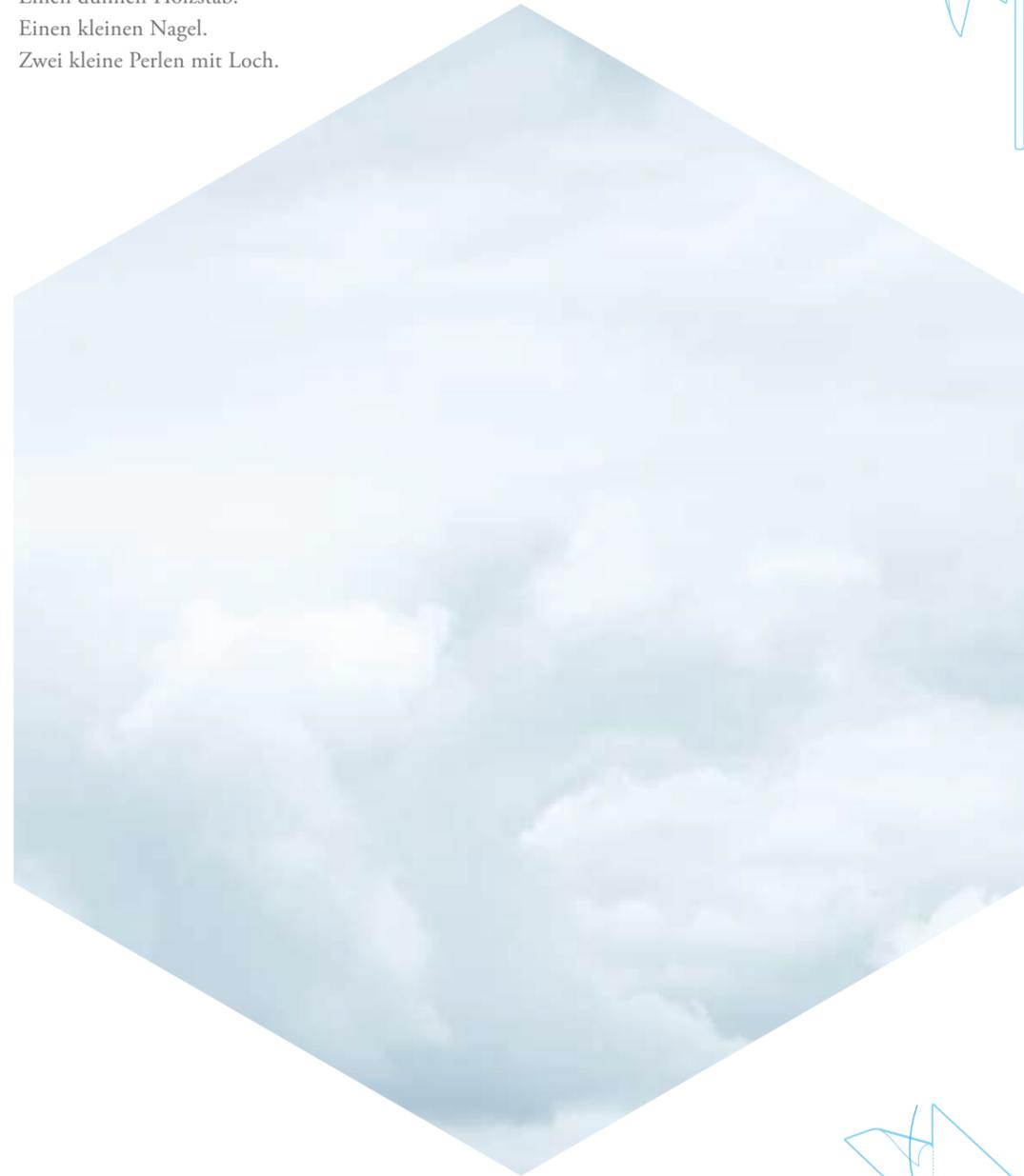
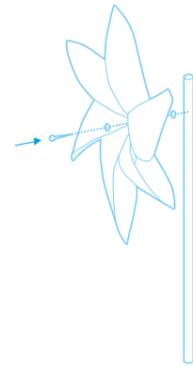


## TESTEN SIE DAS WINDPOTENZIAL

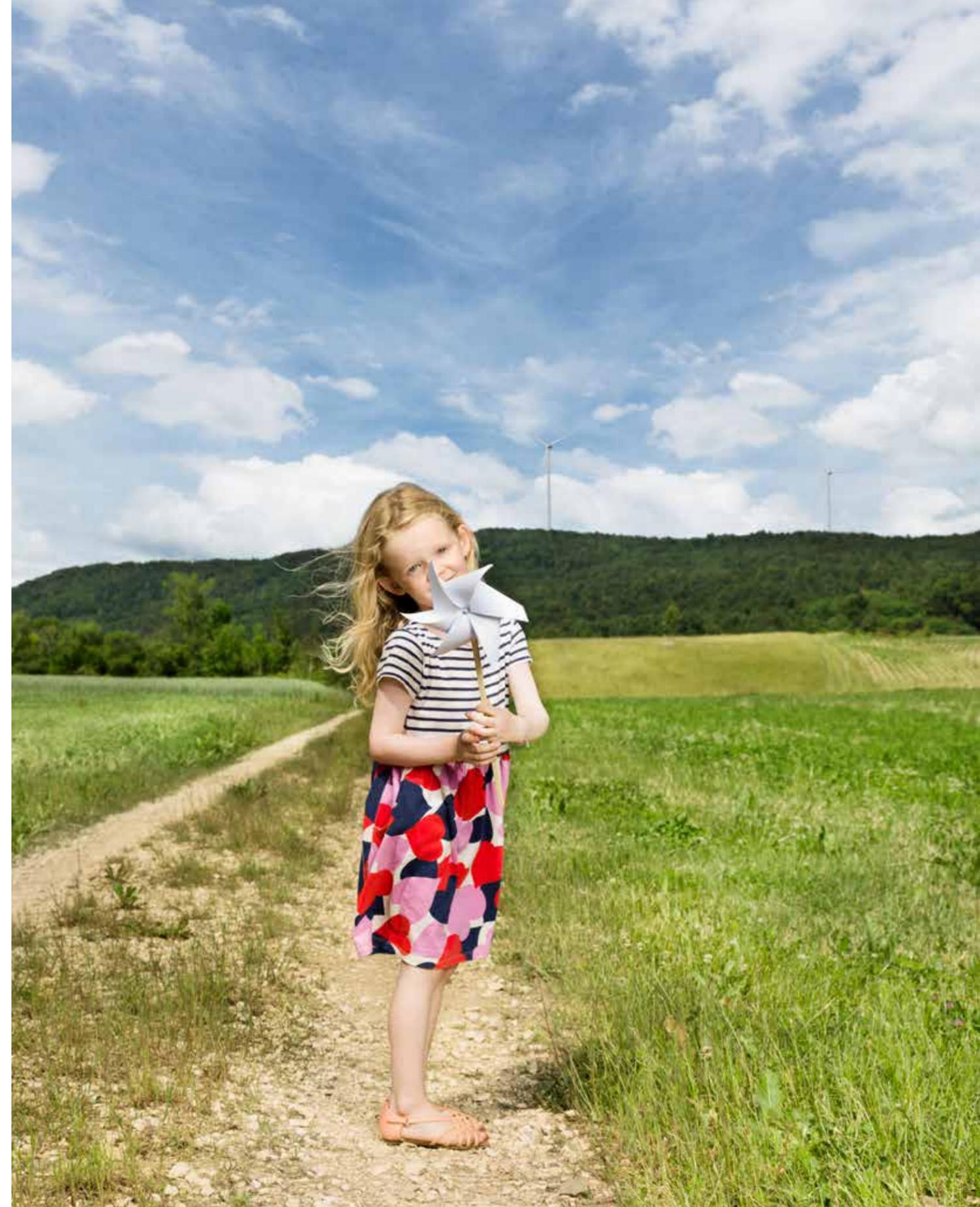
Wollen Sie wissen, wo im Kanton Schaffhausen der Wind bläst?  
Dann basteln Sie Ihr eigenes kleines Testwindrad.

### Das braucht's:

Einen dünnen Holzstab.  
Einen kleinen Nagel.  
Zwei kleine Perlen mit Loch.



**So geht's:** Trennen Sie die Windradform aus dem Umschlagpapier.  
Klappen Sie jeweils die rechte Ecke eines jeden Flügels zum Radmittelpunkt. Führen Sie die Nagelspitze durch das Loch in der Perle. Durchstechen Sie danach mit dem Nagel die Mittelpunktmarkierung des Windrads. Stecken Sie jetzt noch die zweite Perle auf den Nagel. Mit einem leichten Hammer befestigen Sie den Nagel (mit Windrad) am Ende des Holzstabs. Nun dreht sich alles um den Wind.



## INHALT

1	<b>Neue Energien für Schaffhausen</b> Vorwort von Regierungsrat Dr. Reto Dubach.	Seite 5
2	<b>Frischer Wind in der Energiediskussion</b> Die Windpotenzialstudie für den Kanton Schaffhausen. Messanlage, Resultate, Konsequenzen.	Seite 6
3	<b>Interessen gewichten und abwägen</b> Wie das Windpotenzial in Schaffhausen genutzt werden soll und was es dabei zu berücksichtigen gilt.	Seite 12
4	<b>Windenergienutzung: Pro und Contra</b> Die Vor- und Nachteile der Windenergie auf einen Blick.	Seite 16
5	<b>So funktioniert die Stromgewinnung aus Windenergie</b> Einblick ins Innere einer Windturbine und Überblick über die Windenergieanlagen-Typen.	Seite 18
6	<b>Die Schweiz denkt um</b> Wie sich die Schweizer und damit auch die Schaffhauser Energiepolitik neu ausrichtet.	Seite 20
7	<b>Der neue Schweizer Strommix</b> Auf welche Formen der Energieproduktion in Zukunft gesetzt wird.	Seite 22
8	<b>Strom für 900'000 Haushalte</b> Wie viel Strom aus Windenergie in der Schweiz gewonnen werden kann.	Seite 24
	<b>Zusammenfassend</b> Darauf kommt es bei der Nutzung des Windpotenzials an.	Seite 26
	<b>Glossar</b>	Seite 27

## SCHRITT FÜR SCHRITT IN DIE ENERGIEZUKUNFT

**Ausstieg.** Die Reaktorkatastrophe in Japan vom März 2011 hat Bundesrat und Parlament veranlasst, den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie zu beschliessen. 2012 hat auch der Regierungsrat des Kantons Schaffhausen eine solche Weichenstellung vorgenommen: Der Bau neuer Kernkraftwerke ist sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus gesellschaftlichen Gründen nicht mehr zeitgemäss. Es gilt deshalb, den Strom aus Kernenergie langfristig zu ersetzen. Der Kernenergieersatz ist zudem konsistent mit der Politik des Kantons Schaffhausen, kein Tiefenlager für radioaktive Abfälle auf Kantonsgebiet zuzulassen.

**Umstieg.** Der Kantonsrat hat dem Regierungsrat im September 2012 grünes Licht für die Umsetzung der ersten Massnahmen erteilt. Eine Orientierungsvorlage zum Ausstieg aus der Kernenergie zeichnet den Weg des Umstiegs auf erneuerbare Energien vor. Berechnungen zeigen: Um den heutigen Anteil des Stroms aus Kernkraftwerken im Kanton Schaffhausen ersetzen zu können, müssten die Potenziale sämtlicher erneuerbarer Energieträger erschlossen werden. Überdies sind grosse Anstrengungen im Bereich Energieeffizienz notwendig.

# 1 | NEUE ENERGIEN FÜR SCHAFFHAUSEN

Der Regierungsrat des Kantons Schaffhausen will schrittweise Kernenergie durch erneuerbare Energien ersetzen – wenn immer möglich aus regionaler Produktion. Das hört sich einfacher an als es ist. Mit dieser Broschüre möchten wir Ihnen am Beispiel der Windenergie zeigen, was die erneuerbaren Energien dem Kanton Schaffhausen bringen können. Und zwar ganz konkret. Dazu haben wir unter anderem eine detaillierte Windpotenzialstudie auf Kantonsgebiet durchgeführt. Gleichzeitig bringen wir Ihnen auf den folgenden Seiten das hochaktuelle Thema Windenergie näher. Auch über die energiepolitischen Hintergründe des Einstiegs in die neuen erneuerbaren Energien erfahren Sie mehr. Das Thema Energie geht uns alle an, es wird unsere Zukunft prägen.

Bis sich die ersten Windräder im Kanton Schaffhausen drehen, wird noch viel Wasser den Rhein hinunterfliessen. Oder anders ausgedrückt: Bis dahin wird noch viel Wind über die Hügel unseres Kantons wehen. Klar ist, dass es für einen Umstieg die Kooperation und die Kompromissbereitschaft von allen Seiten braucht. Ebenso klar ist, dass die Stromproduktion der Zukunft vielfältiger und sichtbarer wird. Zu den Wasserkraftwerken kommen Holzheizkraftwerke hinzu, ebenso Windenergieanlagen und Solarpanels. Es ist Zeit, die erneuerbaren Energien zu nutzen. Und zwar mit aller Energie.



Dr. Reto Dubach,  
Regierungsrat  
Kanton Schaffhausen

**Einstieg.** Die Grundlagenarbeiten für einen Einstieg in die Windenergie sind im Kanton Schaffhausen schon weit fortgeschritten. Es gibt die Potenzialstudie aus dem Jahr 2009 und die detaillierten Messungen aus dem Jahr 2011. Daraus geht klar hervor: Es gibt im Kanton Standorte, die für eine energetische Nutzung günstig sind. Die Resultate der Studien haben bereits Eingang in den kantonalen Richtplan gefunden. Dieser definiert mögliche Standorte für Windturbinen unter Berücksichtigung der Schutz- und Nutzungsinteressen.

**Erstes Projekt.** Auf dem Chroobach soll im Sinne eines «Leuchtturmprojekts» ein erster Windpark realisiert werden. Dieser Standort hat sich aufgrund der Windpotenzialstudie als geeignet erwiesen. Solche «Leuchtturmprojekte» sollen einen substanziellen Beitrag zum Umstieg auf erneuerbare Energien leisten.

## 2 | FRISCHER WIND IN DER ENERGIEDISKUSSION

Ein Blick in Richtung Nachbarland zeigt: In der Region Schaffhausen bläst genügend Wind, um Strom daraus zu erzeugen. Deutsche Windenergieanlagen in Grenznähe machen deutlich, dass die Windenergie auch auf Schaffhauser Boden genutzt werden kann. Eine mehrstufige Studie für Gross- und Kleinwindanlagen im Kanton Schaffhausen bestätigt diese Einschätzung.

### SO WURDE GEMESSEN UND EVALUIERT

**Bestimmung der Standorte.** Mittels eines mehrstufigen Verfahrens konnte das Windenergiepotenzial relativ genau bestimmt werden. Im ersten Teil der Potenzialstudie ging es um mögliche Standorte sowohl für Gross- als auch für Kleinwindanlagen. Das Resultat sind 4 potenzielle Standorte für Grosswindanlagen

und 32 potenzielle Standorte für Kleinwindanlagen (Abb. 1). Um die Datenlage weiter zu verbessern, wurden anschliessend an 3 Standorten Windmessungen vorgenommen (Abb. 2).

Abbildung 1: Potenzielle Standorte für Grosswind- und Kleinwindanlagen im Kanton Schaffhausen

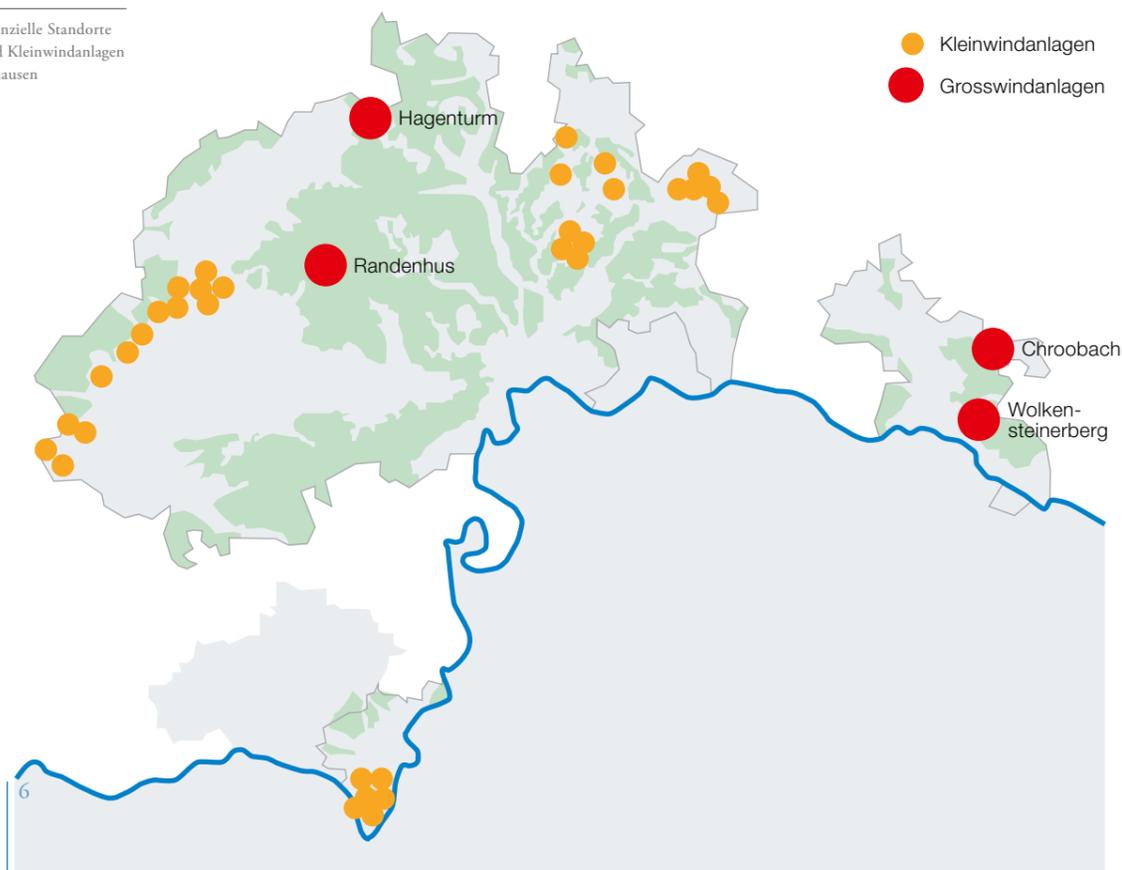


Abbildung 2: Ablauf der Abklärungen zum Windpotenzial im Kanton Schaffhausen



**Windnutzung nicht überall möglich.** Der erste Teil der Studie diente sowohl der Evaluation des Windpotenzials als auch möglicher Standorte gemäss definierter Kriterien wie Minimalabstände und Ausschlussflächen. Ausschlussflächen sind diejenigen Flächen, in denen keine Windenergienutzung stattfinden kann, beispielsweise in bewohnten Gebieten oder weil Schutzbestimmungen Vorrang haben. Gleichzeitig wurden anhand verschiedener Windmessstationen von Meteoschweiz die Windgeschwindigkeiten auf 25 m und 100 m über

dem Boden mit Hilfe eines Modells berechnet. Die anschliessende Kombination der Windressourcenkarte mit den Ausschlussflächen ergab diejenigen Flächen (bzw. Standorte), die für eine Nutzung der Windenergie interessant sind.

**Messungen bestätigen Modelle.** Im zweiten Teil der Studie wurden die ermittelten Standorte auf ihre grundsätzliche Eignung hin geprüft. Der Antennenturm beim Randenus konnte für die Messung von Windgeschwindigkeit und -richtung benutzt werden (Abb. 3 – rechts). Seit August 2010 messen dort Sensoren Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Klimafaktoren (Abb. 4).

Auf dem Chroobach und auf dem Randen beim Hagenturm erfasste jeweils während rund zwei Monaten ein sogenanntes LiDAR-Gerät Windgeschwindigkeit und -richtung (Abb. 3 – links). Dieses Gerät sendet einen Laserstrahl in die Höhe, der an den Luftpartikeln reflektiert und zum Gerät zurückgestrahlt wird. Die Signaländerung gibt Aufschluss über die Windverhältnisse bis zu einer Höhe von 200 m über dem Boden.

Mit den Messungen konnten die modellierten mittleren Windgeschwindigkeiten aus der Windpotenzialstudie bestätigt werden. In der Region des Randen wurden sogar höhere Windgeschwindigkeiten gemessen.



Abbildung 4: Installation mit Anemometer am Turm beim Randenus

Abbildung 3: Windmessung mit LiDAR (links) und am Antennenturm beim Randenus (rechts)



**Neue Messungen ermöglichen ein Update.** Dank der drei zusätzlichen Windmessungen liess sich die Windressourcenkarte 100 m über dem Boden aus dem Jahr 2009 neu berechnen und aktualisieren.

Die Resultate aus den Windmessungen wurden mit den langjährigen Winddaten von Meteoschweiz verglichen. Diese Gegenüberstellung lieferte zuverlässige Durchschnittswerte für die Windgeschwindigkeit.

## AUFSCHLUSSREICHE RESULTATE

**Das Potenzial von Kleinwindanlagen: 700 Megawattstunden (MWh) Strom.** Die langjährig zu erwartenden durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten auf 25 m über dem Boden (Abb. 5) bewegen sich grösstenteils zwischen 2,5 und 3 Metern pro Sekunde (m/s). In den höheren Lagen (Randen, Chroobach, Wolkensteinerberg) können 4 m/s und mehr auf 25 m über dem Boden erwartet werden.

> Bei einer Ausschöpfung des Windpotenzials für Kleinwindanlagen an sämtlichen 32 Standorten könnten ca. 700 MWh Strom erzeugt werden.

**Das Potenzial von Grosswindanlagen: 57'000 MWh Strom.** Das Windpotenzial auf 100 m über dem Boden ist vielversprechend für die Nutzung der Windenergie. An den besten Lagen auf dem Chroobach, dem Wolkensteinerberg und dem Randenhus sind zwischen 5 und 5,5 m/s im langjährigen Durchschnitt zu erwarten; rund um den Hagenturm sogar bis gegen 6 m/s (Abb. 6).

> Schöpft man das Windpotenzial für Grosswindanlagen an sämtlichen vier Standorten aus, könnten bis zu 57'000 MWh Strom erzeugt werden. Rund zwei Drittel des Bedarfs an Haushaltsstrom im Kanton Schaffhausen liessen sich also mit umweltfreundlicher Windenergie decken.

Abbildung 5: Windpotenzial im Kanton Schaffhausen auf 25 m über dem Boden

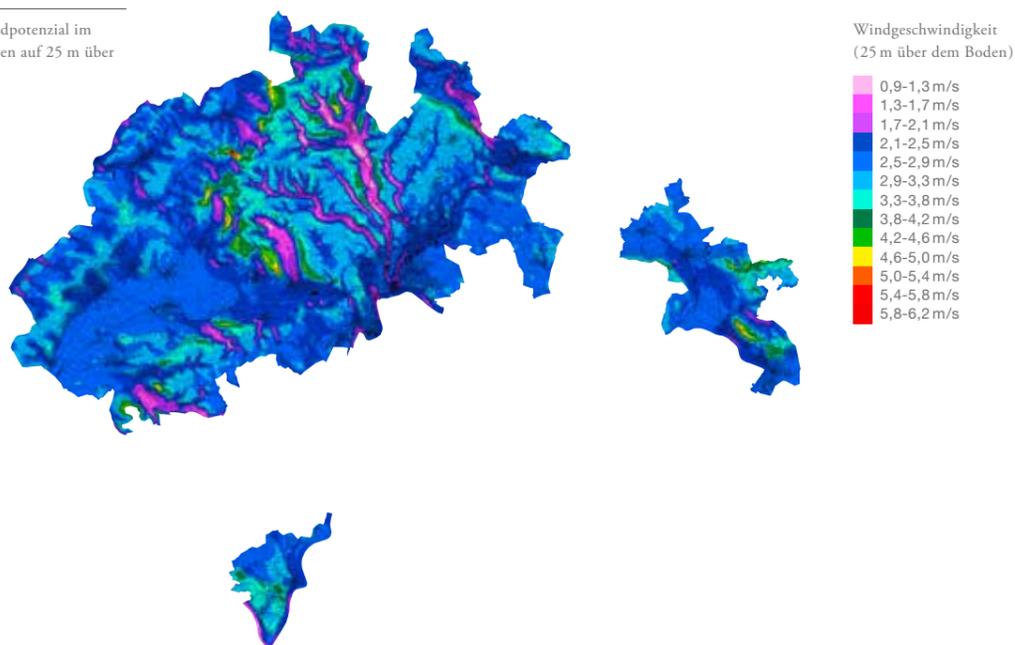
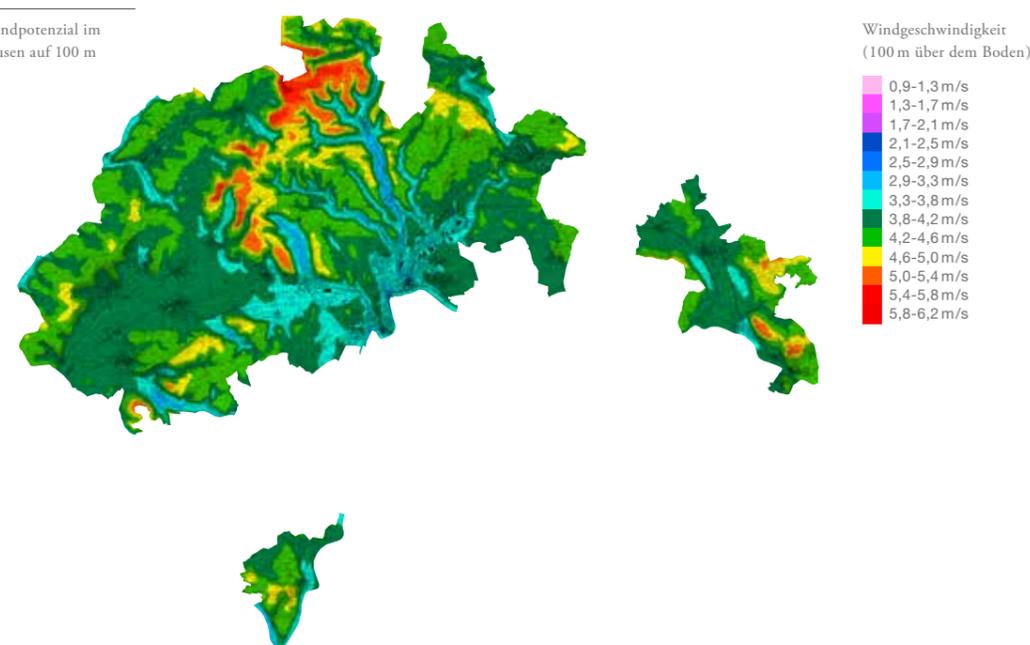


Abbildung 6: Windpotenzial im Kanton Schaffhausen auf 100 m über dem Boden



**Erwägungen und Bedenken.** Um bis zu zwei Drittel des Haushaltsstroms im Kanton Schaffhausen mit Windenergie decken zu können, müssten Windenergieanlagen im Wald oder in eidgenössischen Landschaftsschutzgebieten erlaubt werden. Alle vier Standorte der Grosswindanlagen befinden sich im Wald, drei davon zusätzlich in Landschaftsschutzgebieten von nationaler Bedeutung (BLN). In BLN-Gebieten ist eine Windkraftnutzung nicht von vornherein ausgeschlossen; es sei denn, die Schutzziele widersprechen einer derartigen Nutzung explizit. Schutz- und Nutzungsinteressen sind deshalb sorgfältig gegeneinander abzuwägen.

### 3 INTERESSEN GEWICHTEN UND ABWÄGEN

Bei der Realisierung von Grosswindanlagen müssen verschiedene Interessen gegeneinander abgewogen werden. Es geht dabei um Nutzungsinteressen auf der einen und Schutzinteressen auf der anderen Seite. Besonderes Augenmerk gilt dem Landschaftsschutz.

Der Kanton Schaffhausen kann bei der Umsetzung seiner Windenergiepläne auf umfangreiche Erfahrungen sowie auf vorhandenes Wissen zurückgreifen. Das ist ein solides Fundament für den politischen Diskussions- und Abwägungsprozess. Dieser wird sich unter anderem um die Frage drehen, ob die Windenergienutzung im Wald möglich sein soll. Denn die Standorte für Grosswindanlagen im Kanton Schaffhausen befinden sich allesamt im Wald.

**Präzedenzfall Crêt Meuron.** Wichtige Erfahrungen wurden 2005 im Kanton Neuenburg gemacht, als es zu einer gerichtlichen Auseinandersetzung kam. Im Zentrum stand dabei die Frage: Was ist wichtiger, die Natur oder unser Bedarf an erneuerbaren Energien? In Crêt Meuron sollte ein Windpark gebaut werden. Die Zustimmung war gross, trotzdem gewichtete das kantonale Verwaltungsgericht die Landschaftsschutzargumente höher. Das Bau- und Energiedepartement des Kantons Neuenburg zog darauf das Urteil weiter. So hatte das Bundesgericht über den Bau eines Windparks zu befinden. In der Urteilsbegründung hiess es, dass der Landschaftsschutz nicht a priori höher zu gewichten sei als die Energiegewinnung aus erneuerbaren Energiequellen. Es müsse eine Interessenabwägung stattfinden. Diese Sichtweise hat sich seither durchgesetzt. Auch im Kanton Schaffhausen wird es eine Interessenabwägung zwischen Landschaftsschutz und Energienutzung geben.

**Windenergieanlagen im Wald.** Die Frage, ob man Windenergieanlagen im Wald errichten darf, ist auch auf politischer Ebene schon umfassend diskutiert worden. Im Bericht zu einem entsprechenden Postulat aus dem Ständerat aus dem Jahr 2010 kommt der Bundesrat zum Schluss, dass die bestehenden rechtlichen Grundlagen den Bau von Windenergieanlagen im Wald und auf Waldweideflächen zulassen und eine weitergehende Anpassung der Waldgesetzgebung nicht erforderlich sei. Die pauschale Definition von Wald als Ausschlussgebiet existiert deshalb nicht mehr. Eine Interessenabwägung wird jedoch nach wie vor auf kantonaler Ebene erfolgen. Anlagen im Wald sind in Deutschland weit verbreitet. In Bezug auf die Umweltauswirkungen schneiden Windenergieanlagen im Wald oft besser ab als ausserhalb des Waldes.



**Erfahrungen aus Europa.** In Deutschland, Österreich und Frankreich wurden bereits langjährige Erfahrungen mit Windenergieanlagen im Wald gesammelt. Es hat sich gezeigt, dass diese Anlagen kaum negative Auswirkungen auf den umliegenden Wald und die Wildtiere haben.

Die benötigte Rodungsfläche für das Aufstellen des Krans, das Fundament der Anlage sowie für die temporäre Lagerung von Anlageteilen ist überschaubar – insgesamt ca. 40 x 50 m pro Windenergieanlage – und wird nicht asphaltiert. Meist wird ein Mergelbelag verwendet, der nach wenigen Jahren wieder überwachsen ist. In der Regel eignet sich der natürlich gewachsene Waldboden als temporäre Lagerfläche. So entstehen kleine Freiflächen und Lichtungen, die das Ökosystem Wald auflockern und sogar aufwerten können.

**Einbezug sämtlicher Akteure.** Die Erfahrungen zeigen, dass ein Windenergieprojekt nur erfolgreich sein kann, wenn neben den ökonomischen und planerischen Bedingungen auch die soziale Akzeptanz gewährleistet ist. Deshalb sollen auch im Kanton Schaffhausen die Bevölkerung, die Gemeinden sowie die verschiedenen Interessenverbände frühzeitig in den Planungsprozess einbezogen werden. Eine transparente Kommunikation der Projektentwicklung ist dabei unerlässlich. Zudem wird es wichtig sein, Windenergieprojekte zusammen mit anderen raumrelevanten Ansprüchen wie z.B. dem Tourismus oder der Ausscheidung von Gewerbe- und Industriezonen in einem Gesamtkonzept zu entwickeln.

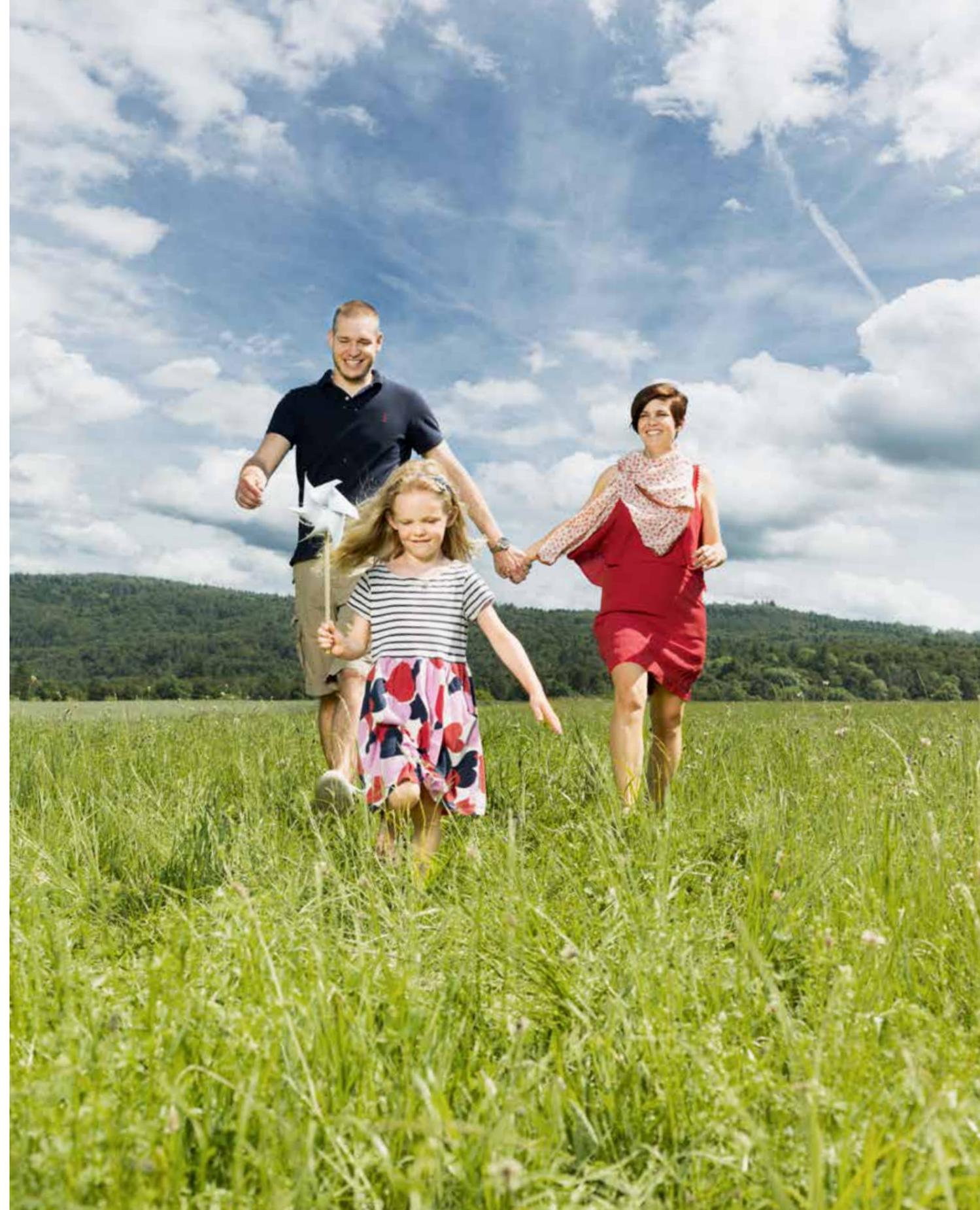
## SO WIRD IM KANTON SCHAFFHAUSEN GEPLANT

**Möglichkeitsorientiert.** Der kantonale Richtplan definiert Zonen, in welchen eine Windenergienutzung stattfinden beziehungsweise ausgeschlossen sein soll. Im Kanton Schaffhausen, wo diese Änderung des Richtplans auf Grundlage der Windpotenzialstudie vorgenommen wird, bedeutet dies eine Abkehr von einer Negativplanung (mit Ausschlusskriterien) hin zu einer Positivplanung (wo ist die Windenergienutzung möglich?).

**Werterhaltend.** Das mehrstufige Planungsverfahren mit kantonaler Richtplanung, kommunaler Nutzungsplanung und Baubewilligung gewährleistet, dass die Anliegen der betroffenen Bevölkerung berücksichtigt und Landschaftswerte weitgehend erhalten werden.

**Parzellenscharf.** Im kommunalen Nutzungsplan werden Zonen für die Windenergienutzung parzellenscharf und rechtsverbindlich eingetragen.

**Umweltzentriert.** Im Baubewilligungsverfahren wird die technische Planung eines Windenergieprojekts dargestellt. Gleichzeitig ist bei Projekten über 5 Megawatt (MW) im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) der Nachweis zu erbringen, dass sämtliche Naturbelange berücksichtigt wurden.



# 4

## WINDENERGIENUTZUNG: PRO UND CONTRA

### MIT WIND

**Weniger CO<sub>2</sub>.** Windenergie reduziert die CO<sub>2</sub>-Emissionen, wenn dadurch Strom aus Erdöl, Kohle und Gas ersetzt werden kann. Das ist ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

**Weniger Risiko.** Windenergie ist im Vergleich zu Alternativen eine sehr sichere Form der Energiegewinnung. Unfälle geschehen sehr selten, und wenn, sind die Auswirkungen lokal begrenzt.

**Weniger Rückbau-Aufwand.** Eine Windenergieanlage kann nach Ablauf ihrer Betriebszeit (in der Regel wird von 25 Jahren ausgegangen) problemlos rückgebaut werden. Das Kapital dafür wird während der Betriebsdauer hinterlegt.

**Weniger Transportverlust.** Der Strom wird näher beim Stromkonsumenten produziert, die Verluste beim Stromtransport über das Stromnetz sind deshalb geringer. Die Sensibilisierung des Konsumenten bezüglich Energieproduktion und Energieverbrauch ist höher, weil der Strom nicht in einer fernen, grossen Zentrale produziert wird.

**Weniger Engpässe.** Windenergie ist die ideale Ergänzung zu anderen erneuerbaren Stromproduktionsarten: In Mitteleuropa tritt Wind häufiger und intensiver während den Herbst- und Wintermonaten auf, also in einer Periode, in welcher die Erträge aus Wasserkraft und Sonnenenergie im Vergleich zum Sommerhalbjahr geringer ausfallen.

**Weniger Abhängigkeit.** Durch die Nutzung der einheimischen Energiequelle Wind wird der Kanton Schaffhausen vom globalen Energiemarkt unabhängiger und die Energieversorgung sicherer.

**Weniger Steuerverlust.** Aufträge für Wegebau, Fundamente oder Service-Dienstleistungen gehen häufig an regional ansässige Firmen. Landwirtschaftliche Betriebe verschaffen sich ein zusätzliches wirtschaftliches Standbein, und Gewerbesteuern fliessen in die kommunalen Kassen. Zudem bleiben Pachteinnahmen zu einem grossen Teil in den Regionen und stärken die Kauf- und Steuerkraft vor Ort.

### GEGEN WIND

**Sichtbarkeit.** Windenergieanlagen lassen sich nicht verstecken. Fotomontagen und Sichtbarkeitsanalysen sind Hilfsmittel, um eine bessere Einbettung ins Landschaftsbild zu erreichen und um die Auswirkungen zu beurteilen.

**Transportwege.** Für den Transport der Anlagenteile müssen Wege errichtet oder ausgebaut werden. Bestehende Wege werden nach Möglichkeit genutzt. Die Kabel für den Anschluss ans öffentliche Stromnetz werden entlang dieser Wege unterirdisch zum nächsten Anschlusspunkt geführt.

**Geräusche.** Die an den Rotorblättern vorbeiziehende Luft verursacht Geräusche, die mit zunehmendem Wind lauter werden. Bei starkem Wind verstärken sich die Umgebungsgeräusche (durch Bäume, Sträucher etc.), die oft lauter sind als die Windenergieanlagen.

**Schattenwurf.** Der Schattenwurf der sich drehenden Rotoren kann als störend empfunden werden.

**Eiswurf.** Bei bestimmten Witterungsverhältnissen kann es zu Eisbildung an den Rotorblättern kommen. Wenn es wieder wärmer wird, können sich Eisstücke lösen.

**Risiko für Vögel und Fledermäuse.** Die sich drehenden Rotoren stellen eine potenzielle Gefahr für Vögel und Fledermäuse dar.

### GEGENMASSNAHMEN

*Weniger Geräusche.* Zusätzliche Schallreduktionsmassnahmen an der Anlage verringern die Geräusche. Zudem kann ein ausreichender Abstand zu bewohnten Gebäuden verhindern, dass die Geräusche als störend empfunden werden. Die Einhaltung der Lärmschutzverordnung sowie Schallgutachten im Rahmen der UVP sind zwingend.

*Weniger Schattenwurf.* Eine gute Planung gewährleistet, dass kein oder nur wenig Schatten auf bewohnte Gebäude fällt. Sogenannte Schattenabschaltmodule ermöglichen das temporäre Abschalten der Anlage, falls der Schattenwurf zu sehr stört.

*Weniger Eiswurf.* Das temporäre Abschalten der Anlage vermindert das Risiko von Eiswurf. Moderne Anlagen können zudem mit beheizbaren Rotorblättern ausgestattet werden.

*Weniger Risiko.* Durch die Standortwahl kann das Kollisionsrisiko massgeblich reduziert werden. Dazu müssen im Rahmen der UVP Vogelgutachten erstellt und Fledermauszählungen durchgeführt werden. Falls nötig, kann eine Windenergieanlage bei Vogelzug oder hoher Flugaktivität der Fledermäuse temporär abgeschaltet werden.

## 5 SO FUNKTIONIERT DIE STROMGEWINNUNG AUS WINDENERGIE

Die Nutzung von Windenergie ist eine jahrtausendealte kulturelle Errungenschaft. Zuerst waren es Segelboote und Windmühlen, die sich mit der Kraft des Windes bewegten, heute sind es Windenergieanlagen, die Strom erzeugen. Sie stellen zur Zeit die wichtigste und zukunftssträtigste Form von Windenergienutzung dar. Mittlerweile drehen sich in über 100 Staaten modernste, leistungsstarke Rotoren im Wind.

Die anströmende Luft trifft auf die Flügel eines Rotors und treibt so einen Generator an. Im Generator wird die mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Bei der Nutzung von Windenergie unterscheidet man zwischen zwei Anlagentypen: Kleinwind- und Grosswindanlagen.

Abbildung 7: Schnitt durch eine Windenergieanlage

- 1 Nabe
- 2 Hauptantriebswelle
- 3 Getriebe
- 4 Scheibenbremse
- 5 Generator
- 6 Hydraulikeinheit
- 7 Windmessung
- 8 Ventilator
- 9 Drehkranztrieb
- 10 Drehkranz



**Kleiner Leistungsvergleich.** Eine Wattstunde (Wh) entspricht der Energie, die eine Maschine mit einer Leistung von einem Watt in einer Stunde herstellt oder verbraucht. Eine Kilowattstunde (kWh) ist das Tausendfache, eine Megawattstunde (MWh) das Millionfache und eine Gigawattstunde (GWh) das Milliardenfache.

Mit der Energie von 1 kWh können Sie beispielsweise:

- 5 Stunden intensiv Fahrrad fahren
- 3 warme Mahlzeiten zubereiten
- 1 Stunde staubsaugen

Ein typischer 4-Personen-Haushalt verbraucht: 4500 kWh im Jahr (12 kWh pro Tag)



**Der Selbstversorger.** Kleinwindanlagen sind auf die Selbstversorgung ausgerichtet. Einzelne Haushalte, Bauernhöfe sowie kleinere Betriebe können ihren Strombedarf in der Regel mit einer Kleinwindanlage decken. Kleinwindanlagen produzieren Strom ab einer Windgeschwindigkeit von ca. 2,5 m/s. Die Nennleistung liegt zurzeit bei 7 bis 10 Kilowatt (kW) und wird bei 6–8 m/s erreicht. Der Rotordurchmesser kann bis zu 16 Meter betragen, das ergibt eine Turmhöhe von rund 20 Metern.

Abbildung 8: Kleinwindanlage bei einem Bauernhof im Schweizer Jura



**Der Leistungssportler.** Bei Grosswindanlagen beträgt die Masthöhe heute zwischen 80 und 150 Meter, wobei die Rotoren einen Durchmesser von 50–130 Metern haben können. Das erforderliche Minimum der Windgeschwindigkeit liegt bei etwa 3,0 m/s (Einschaltgeschwindigkeit), die Nennleistung wird ab 10–15 m/s erreicht. Die installierte Leistung reicht von einigen hundert kW bis zu 3 MW oder noch mehr. Die grösste Anlage, die zur Zeit auf dem Markt ist, soll eine Leistung von 8 MW ermöglichen. Eine durchschnittliche moderne Grosswindanlage produziert bei guten Windverhältnissen (ab durchschnittlich 5,5 m/s) zwischen 4 und 5 GWh Strom pro Jahr. Damit können rund 1000 Haushalte versorgt werden. Häufig werden Grosswindanlagen in Windparks zusammengefasst.

Abbildung 9: Grosswindanlage im Schwarzwald bei Freiburg i. Br.

# 6 DIE SCHWEIZ DENKT UM

**Auf nationaler und kantonaler Ebene hat das Umdenken in Energiefragen längst begonnen. Der Ausstieg aus der Kernenergie sowie die Klimaerwärmung erfordern neue Energielösungen. Die Frage «Wie viel Windenergie lässt sich im Kanton Schaffhausen nutzen?» ist vor diesem Hintergrund zu beurteilen.**

Unseren Strom in der Schweiz erzeugten im Jahr 2012 Wasserkraftwerke (57,2%), Kernkraftwerke (37,1%) sowie konventionell-thermische und andere Kraftwerke (5,7%). Dieser Mix wird sich in Zukunft stark verändern. Die Gründe dafür sind der vom Bundesrat beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie sowie das im Gesetz festgelegte CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel der Schweiz. Kernkraftwerke und konventionell-thermische Kraftwerke sind also Auslaufmodelle. Sie werden mittel- bis langfristig durch erneuerbare Formen der Stromerzeugung ersetzt. Der neue Energiemix wird sich hauptsächlich aus Wasserkraft, Sonnenenergie, Windenergie, Geothermie und Energie aus Biomasse zusammensetzen.

**Schaffhausen richtet sich neu aus.** Die Regierung und das Parlament des Kantons Schaffhausen haben sich intensiv mit der Energiefrage auseinandergesetzt. Beide unterstützen die Neuausrichtung der Energiepolitik, wie der Beschluss vom 3. September 2012 deutlich macht. In diesem Beschluss wurde die regierungsrätliche Strategie zum Ausstieg aus der Kernenergie befürwortet. Die Nuklearkatastrophe von Fukushima im März 2011 hat die Dringlichkeit der Energiediskussion deutlich vor Augen geführt.

**Kanton als 2000-Watt-Gesellschaft.** Der Schaffhauser Regierungsrat betrachtet die Energieversorgung als wichtigen Pfeiler, um im Kanton nachhaltiges Wachstum zu gewährleisten. Deshalb werden nicht erst seit Fukushima lokale Energiefragen diskutiert. So richtet sich der Schaffhauser Regierungsrat strategisch an der 2000-Watt-Gesellschaft respektive der 1-Tonne-CO<sub>2</sub>-Gesellschaft aus.

## DER HEUTIGE STROMMIX MUSS NEU GESTALTET WERDEN – AUCH MIT HILFE DER WINDENERGIE.

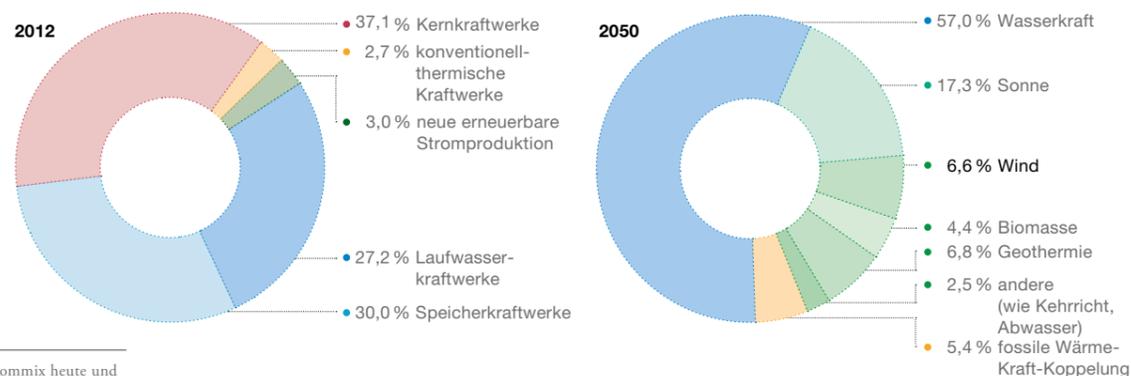


Abbildung 10: Strommix heute und in Zukunft, Nettoerzeugung, Angebotsvariante Erneuerbar 2050 (Datenquellen: Bundesamt für Energie, 2013)

**Politisches Schwerpunktthema.** Das Thema Energieversorgung gehört zu den fünf Schwerpunktthemen des Legislaturprogramms 2013–2016. Damit bekräftigt die Regierung des Kantons Schaffhausen den Willen, die Kernenergie im Strommix schrittweise zu ersetzen. Auch der neue Energiemix muss die Versorgungssicherheit gewährleisten. Um dies zu erreichen, werden sowohl Massnahmen zur Energieeffizienz als auch die erneuerbaren Energien – wie etwa die Windenergie – im Kanton gefördert.

**Stromverbrauch steigt.** Der Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz nimmt seit 1930 stetig zu. Es geht deshalb nicht nur darum, die problembehaftete Kernenergie zu ersetzen. Auch die stetig steigende Stromnachfrage muss gedeckt werden können. Längerfristig strebt der Kanton Schaffhausen allerdings eine Stabilisierung des Stromverbrauchs an. Der Richtwert ist das Verbrauchsniveau von heute. Je tiefer der Verbrauch, desto weniger Anlagen zur Stromproduktion müssen neu erstellt werden.

## DIE SCHWEIZ BRAUCHT MEHR UND MEHR STROM

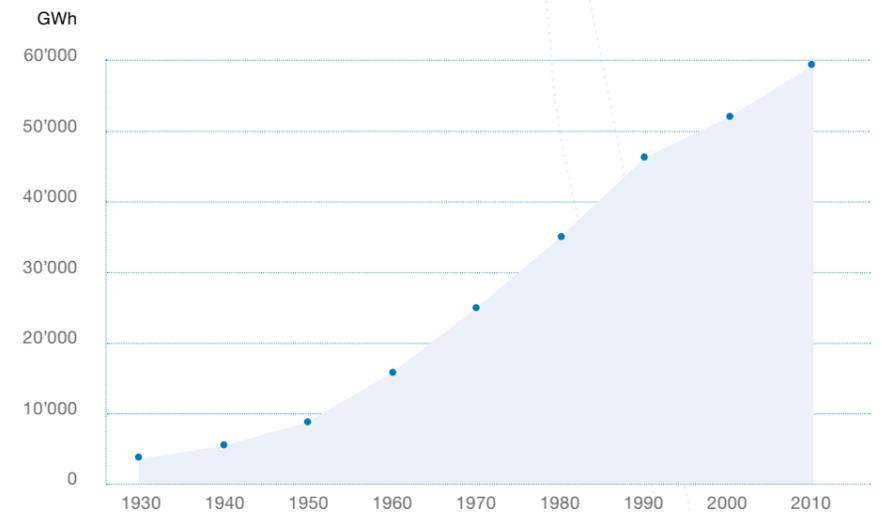


Abbildung 11: Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz (Datenquelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik, Bundesamt für Energie, 2013)

# 7 DER NEUE SCHWEIZER STROMMIX

Wie sieht der neue Strommix nach dem Ausstieg aus der Kernenergie aus? Der Bundesrat orientiert sich an Szenarien, in denen die Windenergie einen Anteil von rund 7% an der Stromproduktion in der Schweiz aufweist.

**Der Mix der Zukunft.** Nebst der Wasserkraft, die bereits seit Jahrzehnten genutzt wird, werden im Mix der Zukunft die neuen erneuerbaren Energieträger Sonne, Holz, Biomasse, Geothermie, Umgebungswärme und Wind eine wichtige Rolle spielen.

**Total erneuerbar.** Geht es nach den Richtwerten des Bundesrats, müssen bis im Jahr 2050 rund 24'000 GWh Strom aus erneuerbaren Energien produziert werden. Neben der Wasserkraft kommt der Stromgewinnung aus der Sonnenenergie eine zentrale Rolle zu. Solarstromanlagen sollen bis 2050 über 10'000 GWh pro Jahr produzieren.

**Wind wird wichtig.** Auch die Windenergie soll wesentlich zur Versorgungssicherheit beitragen. Vorgesehen ist, dass die Windenergie bis im Jahr 2050 über 4000 GWh des schweizerischen Gesamtbedarfs abdeckt. Das wären rund 7% des jährlichen Strombedarfs der Schweiz im Jahr 2050. Im Vergleich dazu hat die Windenergie heute lediglich einen Anteil von 0,1% am Schweizer Strommix.

## ERNEUERBARE ENERGIEN HEUTE UND MORGEN

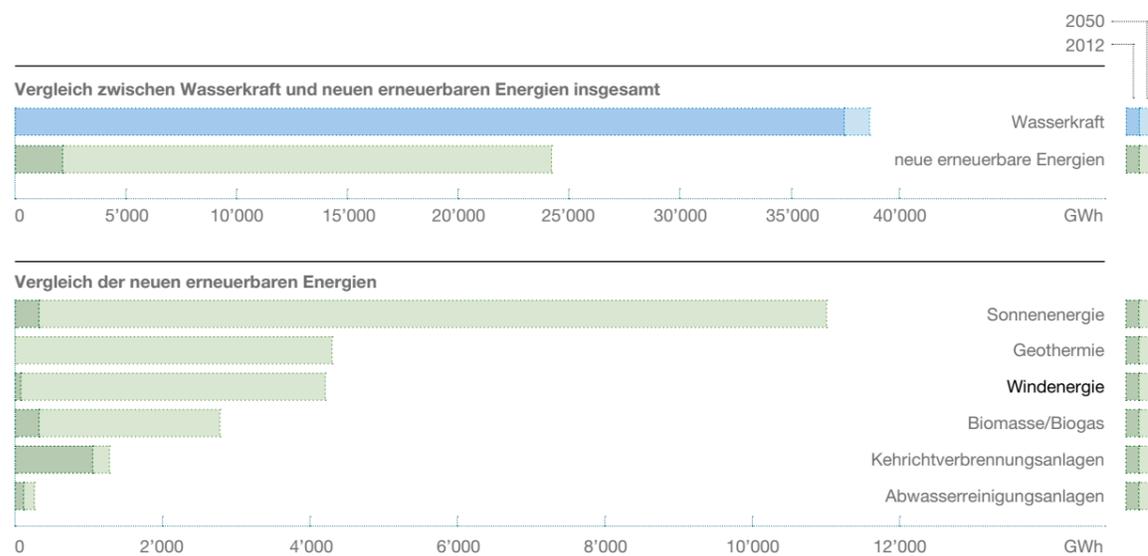


Abbildung 12: Strom aus erneuerbaren Energien heute und in Zukunft (Datenquellen: Bundesamt für Energie, 2013)



## 8

STROM FÜR  
900'000 SCHWEIZER HAUSHALTE

**Die Windenergie hat sich in Europa wie auch weltweit in den letzten zwei Jahrzehnten rasant entwickelt. Sie zählt mittlerweile zu den wirtschaftlichsten Formen der erneuerbaren Energien. Auch in der Schweiz hat sie grosses Potenzial.**

Im Jahr 2012 waren in der Schweiz 31 Windenergieanlagen mit einer Leistung von je über 500 kW in Betrieb (total rund 50 MW). Sie erzeugten zusammen rund 88 GWh Strom. Das reicht, um rund 25'000 Schweizer Haushalte mit Strom zu versorgen – es reicht aber nicht für die Zukunft.

**Ganz schön «Watt» los.** Eine Vielzahl von Windprojekten sind in Planung. Sie sollen der Schweiz in den nächsten Jahren geschätzte 300–400 GWh Windstrom bringen. Bis 2030 ist es laut einer Studie des Bundesamtes für Energie möglich, über 600 GWh Windstrom zu erzeugen. Dazu müssen schweizweit Windenergieanlagen mit einer Leistung von insgesamt 300 MW gebaut werden. Unter optimalen Bedingungen liesse sich die Windstromproduktion im Jahre 2050 sogar auf 4000 GWh erhöhen. Damit könnten 900'000 Haushalte versorgt werden.

**Die Politik spurt vor.** Durch günstige politische Rahmenbedingungen wird die Nutzung neuer erneuerbarer Energien gefördert. Ein wichtiger Schritt war die 2009 eingeführte «kostendeckende Einspeisevergütung (KEV)». Sie garantiert den Betreibern von Windenergieanlagen eine bestimmte Vergütung über 20 Jahre des ins Netz eingespeisten Stroms. Der Gesetzgeber ist also gewillt, die Windenergie in der Schweiz langfristig zu unterstützen.

**Kantone sind gefordert.** Der Bund empfiehlt den Kantonen, die Windenergie in der kantonalen Richtplanung zu behandeln und eigene Untersuchungen in Auftrag zu geben. Den Kantonen kommt damit eine zentrale Rolle bei der Förderung der Windenergie zu. Mit seiner Windpotenzialstudie von 2009/2011 hat der Kanton Schaffhausen das Thema Windenergie mit viel Elan angepackt.

**Unterschiedliche Windrichtungen.** Während einige Kantone, wie etwa der Kanton Schaffhausen, von einer Positivplanung ausgehen und sogenannte Interessensgebiete Windkraft definieren, gehen andere Kantone den entgegengesetzten Weg. Sie stellen Ausschlusskriterien auf und orientieren sich an einer Negativplanung. Nicht nur die Windrichtung variiert innerhalb der Schweiz, auch die Windgeschwindigkeiten sind unterschiedlich. In einigen Kantonen ist Windenergie praktisch noch kein Thema. Anders im Kanton Neuenburg: Hier könnten mit den im Richtplan festgelegten Standorten zwischen 20 und 30 % des gesamten Stromverbrauchs abgedeckt werden.

**Windkraft braucht Tatkraft.** Durch zahlreiche kantonale Studien hat sich die Datenbasis, insbesondere in Bezug auf die vorhandenen Windressourcen, mittlerweile stark verbessert. Aufgrund dieser Informationen konnten zahlreiche weitere potenzielle Standorte für Grosswindanlagen identifiziert werden.

Die Windenergie in der Schweiz steht noch am Anfang. Sie wird sich jedoch stark entwickeln. Vorerst gilt es, die notwendigen Planungsgrundlagen zu schaffen. Dafür sind in erster Linie die Kantone zuständig, die damit eine verantwortungsvolle Aufgabe übernehmen.

**Europa setzt auf Wind.** Länder wie Deutschland oder Spanien haben bereits Anfang der 1990er-Jahre gesetzliche Rahmenbedingungen geschaffen, um das Windenergiepotenzial zu nutzen. Heute zählt die Windenergie in diesen Ländern zur wirtschaftlichsten Sparte der neuen erneuerbaren Energieformen. In Europa beträgt die jährliche Wachstumsrate neu errichteter Windenergieanlagen rund 15 %. Deutschland verzeichnet dabei nicht nur die höchste Wachstumsrate, sondern ist auch punkto installierter Windenergieleistung europäischer Spitzenreiter.

## DARAUF KOMMT ES BEI DER NUTZUNG DES WINDPOTENZIALS AN

**Energiepolitische Ziele erreichen.** Windenergie kann einen wichtigen Beitrag leisten, um die energiepolitischen Ziele des Kantons Schaffhausen zu erreichen. Dazu gehören der Ausstieg aus der Kernenergie, die Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses, die Nutzung von einheimischen Ressourcen und damit die Erhöhung der Versorgungssicherheit. Die Versorgungssicherheit hängt zu einem grossen Teil von einem intelligenten Mix aus erneuerbaren Energiequellen ab.

**Potenzial nutzen.** Im Kanton Schaffhausen könnten Grosswindanlagen einen wesentlichen Beitrag zur Energieversorgung leisten: Etwa zwei Drittel des Schaffhauser Haushaltsstroms liessen sich mit Windstrom abdecken.

**Die Stromrechnung machen.** Es besteht ein Windenergiepotenzial von 57 GWh im Kanton Schaffhausen. Das ergibt ein Versorgungspotenzial von ca. 13'000 Haushalten, was ca. 52'000 Personen oder zwei Dritteln der Bevölkerung des Kantons Schaffhausen entspricht.

**Schutz- und Nutzungsinteressen.** Wo Wald und Schutzgebiete von einer möglichen Windenergienutzung betroffen sind, gilt es, die verschiedenen Interessen sorgfältig abzuwägen.

**Beeinträchtigungen reduzieren.** Die Nutzung der Windenergie ist mit Beeinträchtigungen verbunden. Diese können definiert und durch gezielte Massnahmen reduziert werden.

**Das Gespräch suchen.** Wichtig ist, dass Fakten wie auch Interessen offengelegt werden. Eine transparente Kommunikation ist unabdingbar. Die Öffentlichkeit sowie alle betroffenen Akteure müssen frühzeitig in den Entscheidungsprozess einbezogen werden.

**Wille zum Wind.** Die Umsetzung der energiepolitischen Ziele erfordert von der gesamten Bevölkerung Wille, Engagement und Offenheit für Neues. Wenn am Ende die gemeinsamen Herausforderungen gemeistert und die Ziele erreicht worden sind, dürfen wir stolz sein, einen wichtigen Beitrag zu einer sauberen Zukunft geleistet zu haben.

## FACHWÖRTER UND WAS SIE BEDEUTEN

**BLN-Gebiete:** BLN steht für «Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung». Das Bundesinventar wurde 1977 eingeführt und soll die Erhaltung dieser Landschaften und Naturdenkmäler gewährleisten. Es umfasst rund 19% der Schweizer Landesfläche.

**Energieeffizienz:** Die Energieeffizienz ist ein Mass für die Energie, die man braucht, um einen bestimmten Nutzen zu erreichen (z.B. einen Motor anzutreiben). Das heisst: Je höher die Energieeffizienz, desto geringer ist der Energieaufwand, den es dazu braucht.

**Erneuerbare Energieformen:** Energie aus Wasser, Sonne, Holz, Biomasse, Wind, Geothermie und Umgebungswärme. Erneuerbare Energien stehen im Rahmen des menschlichen Zeithorizonts praktisch unerschöpflich zur Verfügung. Dies im Gegensatz zu fossilen Energiequellen (Kohle, Öl, Erdgas), die sich erst über Millionen von Jahren regenerieren.

**Kernenergie:** Energie, die durch Kernspaltung oder Kernfusion freigesetzt wird. Allerdings wird heute nur die Kernspaltung zur Energieerzeugung genutzt. Bei der Kernspaltung zerfallen schwere radioaktive Atome (Uran, Thorium oder Plutonium) in leichtere Kerne, wobei eine grosse Energiemenge freigesetzt wird.

**Klimawandel:** Der Ausstoss von Treibhausgasen (v.a. Kohlenstoffdioxid) durch menschliche Aktivitäten führt zu Veränderungen des Erdklimas. Die Folgen davon sind u.a.: Schmelzen von Gletschern und Polareis, Anstieg des Meeresspiegels, Verschiebung der Klimazonen, Zunahme von Stürmen.

**Konventionell-thermisches Kraftwerk:** Kraftwerk, welches Strom aus fossilen Brennstoffen (Erdöl, Erdgas, Kohle) erzeugt.

**Kostendeckende Einspeisevergütung KEV:** Die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) ist ein Instrument des Bundes, das zur Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien eingesetzt wird. Die KEV deckt die Differenz zwischen Produktionskosten und Marktpreis und garantiert dem Produzenten von erneuerbarem Strom einen Preis, der die Produktionskosten deckt.

**LiDAR-Messtechnik (Light Detection and Ranging):** Eine Messtechnik, die unter anderem eingesetzt werden kann, um horizontale und vertikale Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen zu messen. Mittels eines Laserstrahls wird die Verschiebung von Luftpartikeln, sogenannten Aerosolen, gemessen. Der Laserstrahl wird dabei an den Aerosolen reflektiert und in veränderter Frequenz zum Messgerät zurückgestreut (sogenannter Dopplereffekt).

**Treibhausgase/ Treibhauseffekt:** Treibhausgase in der Atmosphäre verhindern, dass die Erde Wärme ins All abstrahlen kann. Die natürliche Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre sorgt für eine durchschnittliche Temperatur von 15°C auf der Erde.

**Wattstunde (Wh):** Eine Wh entspricht der Energie, die beispielsweise eine Maschine mit einer Leistung von einem Watt in einer Stunde abgibt. Im Alltag gebräuchlich ist die kWh, also das Tausendfache der Wh. In dieser Einheit werden Strom, aber auch Heizwärmekosten abgerechnet. Messeinrichtungen wie der Stromzähler oder der Wärmehäufiger sind auf kWh geeicht.

**2000-Watt-Gesellschaft respektive 1-Tonne-CO<sub>2</sub>-Gesellschaft:** Die 2000-Watt-Gesellschaft hat das Ziel, die weltweiten Ressourcen nachhaltig zu nutzen. Dies geschieht durch einen effizienteren Energieeinsatz und eine global gerechte Verteilung der Energie. Der Primärenergiebedarf soll dabei auf 2000 Watt Dauerleistung pro Person und der Treibhausgas-Ausstoss auf 1 Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Person reduziert werden.

**Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP):** Mit der UVP wird im Rahmen des Bewilligungsverfahrens geprüft, ob ein Bauvorhaben das Umweltrecht einhält. Die UVP ist aber kein eigenes Verfahren, sondern in die bestehenden Bewilligungsverfahren (z. B. Baubewilligungs- oder Konzessionsverfahren) für Anlagen eingebettet.

# IMPRESSUM

## **Mit Wind in die Zukunft Nutzung der Windenergie im Kanton Schaffhausen**

1. Auflage September 2014

### **Herausgeber**

Kanton Schaffhausen  
Baudepartement

### **Auskunft**

Energiefachstelle Kanton Schaffhausen  
Telefon 052 632 76 37  
E-Mail [energiefachstelle@ktsh.ch](mailto:energiefachstelle@ktsh.ch)  
[www.energie.sh.ch](http://www.energie.sh.ch)

### **Bezugsadresse**

Energiefachstelle  
Frauengasse 24  
8200 Schaffhausen  
Telefon 052 632 76 37  
E-Mail [energiefachstelle@ktsh.ch](mailto:energiefachstelle@ktsh.ch)  
[www.energie.sh.ch](http://www.energie.sh.ch)

### **Gestaltung**

AWE Schaffhausen GmbH  
Moserstrasse 48  
8200 Schaffhausen  
[www.awe-schaffhausen.ch](http://www.awe-schaffhausen.ch)

### **Abbildungen**

bürobureau GmbH – Seite 3, 13, 15, 23  
iStockphoto – Seite 1  
Shutterstock – Seite 2, 16, 26  
New Energy Scout GmbH – Seite 6 (Abb. 1),  
7 (Abb. 2), 8 (Abb. 3), 9 (Abb. 4), 10 (Abb. 5),  
11 (Abb. 6), 19 (Abb. 8)  
Infel Corporate Media – Seite 18 (Abb. 7)  
Aventa – Seite 19 (Abb. 9)

### **Textbearbeitung**

Rohfassung: New Energy Scout  
Endfassung: Beat Reck

### **Nachdruck**

Quellenangaben erwünscht

### **Dank**

Mit freundlicher Unterstützung  
der Suisse Eole