



# Wind: Frische Energie vom Land

Der Thurgau als Stromerzeuger mit Potenzial

## INHALT

<b>1</b>	<b>Windenergie für den Thurgau</b> Vorwort von Regierungsrat Dr. Kaspar Schläpfer.	Seite 5
<b>2</b>	<b>Frischer Wind in der Energiediskussion</b> Die Windpotenzialstudie für den Kanton Thurgau: Evaluation und Resultate.	Seite 6
<b>3</b>	<b>Interessen gewichten und abwägen</b> Wie das Windpotenzial im Kanton Thurgau genutzt werden soll und was es dabei zu berücksichtigen gilt.	Seite 12
<b>4</b>	<b>Windenergienutzung: Pro und Contra</b> Die Vor- und Nachteile der Windenergie auf einen Blick.	Seite 16
<b>5</b>	<b>So funktioniert die Stromgewinnung aus Windenergie</b> Einblick ins Innere einer Windturbine und Überblick über die Windenergieanlagen-Typen.	Seite 18
<b>6</b>	<b>Die Schweiz denkt weiter</b> Wie sich die Schweizer und damit auch die Thurgauer Energiepolitik weiterentwickeln.	Seite 20
<b>7</b>	<b>Der neue Schweizer Strommix</b> Auf welche Formen der Energieproduktion die Schweiz in Zukunft setzt.	Seite 22
<b>8</b>	<b>Strom für 900'000 Schweizer 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> Fachwörter und was sie bedeuten.	Seite 27



## SCHRITT FÜR SCHRITT IN DIE ENERGIE- ZUKUNFT

**ERSATZ.** Der Bundesrat hat aufgrund der Nuklearkatastrophe vom März 2011 in Fukushima, Japan, den schrittweisen Ersatz der Kernenergie beschlossen. Die bestehenden Kernkraftwerke sollen am Ende ihrer sicherheitstechnischen Betriebsdauer stillgelegt werden. Der Regierungsrat des Kantons Thurgau befürwortet diesen Grundsatzentscheid. Er ist der Meinung, dass für die Volkswirtschaft weder Kernenergie noch fossile Grosskraftwerke oder Stromimporte die richtigen Mittel zur Sicherstellung der künftigen Stromversorgung sind.

**EIGENE RESSOURCEN.** Mit der Förderung von Energieeffizienz und dem Einsatz von erneuerbaren Energien strebt der Kanton Thurgau an, langfristig die Umweltauswirkungen des Energieverbrauchs zu reduzieren und insbesondere den CO<sub>2</sub>-Ausstoss zu minimieren. Zusätzlich verfolgt der Kanton das Ziel, mit neuen Schwerpunkten in der kantonalen Energiestrategie einen Beitrag zum Ersatz der wegfallenden Kernenergie zu leisten. Das Konzept «Thurgauer Stromversorgung ohne Kernenergie» zeigt den Weg auf, wie sich mit mehr Energieeffizienz und vermehrtem Einsatz von erneuerbaren Energien die Stromversorgung auch in Zukunft sicherstellen lässt. Neben der Ausschöpfung von Potenzialen bei der Photovoltaik, der Biomasse, der Geothermie und der Kleinwasserkraft soll künftig auch die Nutzung der Windkraft einen wichtigen Bestandteil der Stromversorgung bilden.

**SOLIDE GRUNDLAGEN.** Im Herbst 2014 hat der Kanton Thurgau eine Windenergiepotenzialstudie veröffentlicht. Teil dieser Studie sind Modellierungen der Windgeschwindigkeiten, welche mit Windmessungen ergänzt wurden. Durch den Einbezug von verschiedenen Akteuren in der Studierarbeit, schafft die Studie eine solide Grundlage für die geordnete Nutzung der Windenergie auf Kantonsgebiet. Denn die Studie zeigt: Es weht Wind im Kanton Thurgau, der dank der kostendeckenden Einspeisevergütung des Bundes wirtschaftlich genutzt werden kann.

**ERSTE PROJEKTE.** Im Kanton Thurgau gibt es bisher nur einzelne Kleinwindanlagen. Projekte für Grosswindanlagen befinden sich jedoch bereits in Planung. In Braunau wurde Ende 2014 ein Messmast aufgestellt, der während mindestens einem Jahr auf 90 Metern über dem Boden die Windgeschwindigkeiten misst. Ferner sollen Windmessungen auf dem Seerücken in Raperswilen/Homburg ebenfalls der Abklärung der Windgeschwindigkeiten dienen. Beide Standorte liegen in Gebieten, die gemäss der Thurgauer Windpotenzialstudie grundsätzlich für den Bau von Windenergieanlagen in Frage kommen.

# 1 | WINDENERGIE FÜR DEN THURGAU

Mit dem Entscheid des Bunderates, Kernenergie langfristig zu ersetzen, hat die Ära einer neuen Stromversorgung in der Schweiz begonnen. Die zukünftige Stromerzeugung wird vielfältiger und sichtbarer sein. Sonne, Wind, Wasser, Holz, Biomasse und Erdwärme bilden wichtige Energieträger, um zusammen mit verbesserter Energieeffizienz eine sichere, wirtschaftliche und nachhaltige Stromversorgung zu ermöglichen.

Der Kanton Thurgau kann dank seiner fortschrittlichen kantonalen Strategie die Energiezukunft aktiv mitgestalten. Mit Energieeffizienzmassnahmen und der Nutzung lokaler, erneuerbarer Energien leistet er seinen Beitrag. So werden langfristig die negativen Umweltauswirkungen des Energieverbrauchs, wie die CO<sub>2</sub>-Emissionen, reduziert. Durch Innovation werden Arbeitsplätze geschaffen und die Wertschöpfung im Kanton erhöht.

Voraussetzung für die Nutzung erneuerbarer Energien ist das Wissen über das Potenzial der einheimischen Energieressourcen. Angeregt durch verschiedene Erhebungen in den Nachbarkantonen und im benachbarten Ausland hat der Kanton Thurgau das Potenzial für Grosswindanlagen in einer breit abgestützten Studie flächendeckend erhoben sowie mögliche Gebiete evaluiert. Die Studie – Grundlage für eine geordnete Windenergienutzung – zeigt: Es gibt genügend Wind im Kanton für eine wirtschaftliche Stromproduktion.

Die Windenergienutzung zählt zu den Technologien der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien mit den geringsten Umweltauswirkungen. Gleichzeitig bedingt sie eine sorgfältige Abwägung von Schutz- und Nutzungsinteressen. Bis sich ein erstes Projekt im Kanton Thurgau realisieren lässt, ist deshalb die Zusammenarbeit und Kompromissbereitschaft von allen Seiten gefragt.

Mit dieser Broschüre wollen wir die Diskussion um die zukünftige Stromversorgung anregen. Die Broschüre soll Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, das Thema Windenergie in unserem Kanton näherbringen und die energiepolitischen Hintergründe erläutern.



Regierungsrat  
Dr. Kaspar Schläpfer

## 2 | FRISCHER WIND IN DER ENERGIEDISKUSSION

### SO WURDE GEMESSEN UND EVALUIERT

Ein Blick in Richtung Schaffhausen und nach Süddeutschland hat vermuten lassen, dass auch im Kanton Thurgau günstige Windverhältnisse für die Windenergienutzung herrschen könnten. Die Studie zum Windenergiepotenzial im Kanton Thurgau zeigt nun, dass diese Einschätzung stimmt. In mehreren Gebieten im Kanton Thurgau gibt es genügend Wind, um wirtschaftlich Strom zu produzieren.

### BESTIMMUNG DES WINDENERGIEPOTENZIALS.

Mittels eines mehrstufigen Verfahrens konnte das Windenergiepotenzial auf Kantonsgebiet relativ genau bestimmt werden. Der erste Teil der Studie diente zum einen der Berechnung der Windgeschwindigkeiten und legte zum anderen die Windpotenzialgebiete anhand von Ausschlusskriterien und Mindestabständen fest. Der zweite Teil der Studie umfasst die Bewertung der Gebiete im Detail sowie eine Potenzialabschätzung.

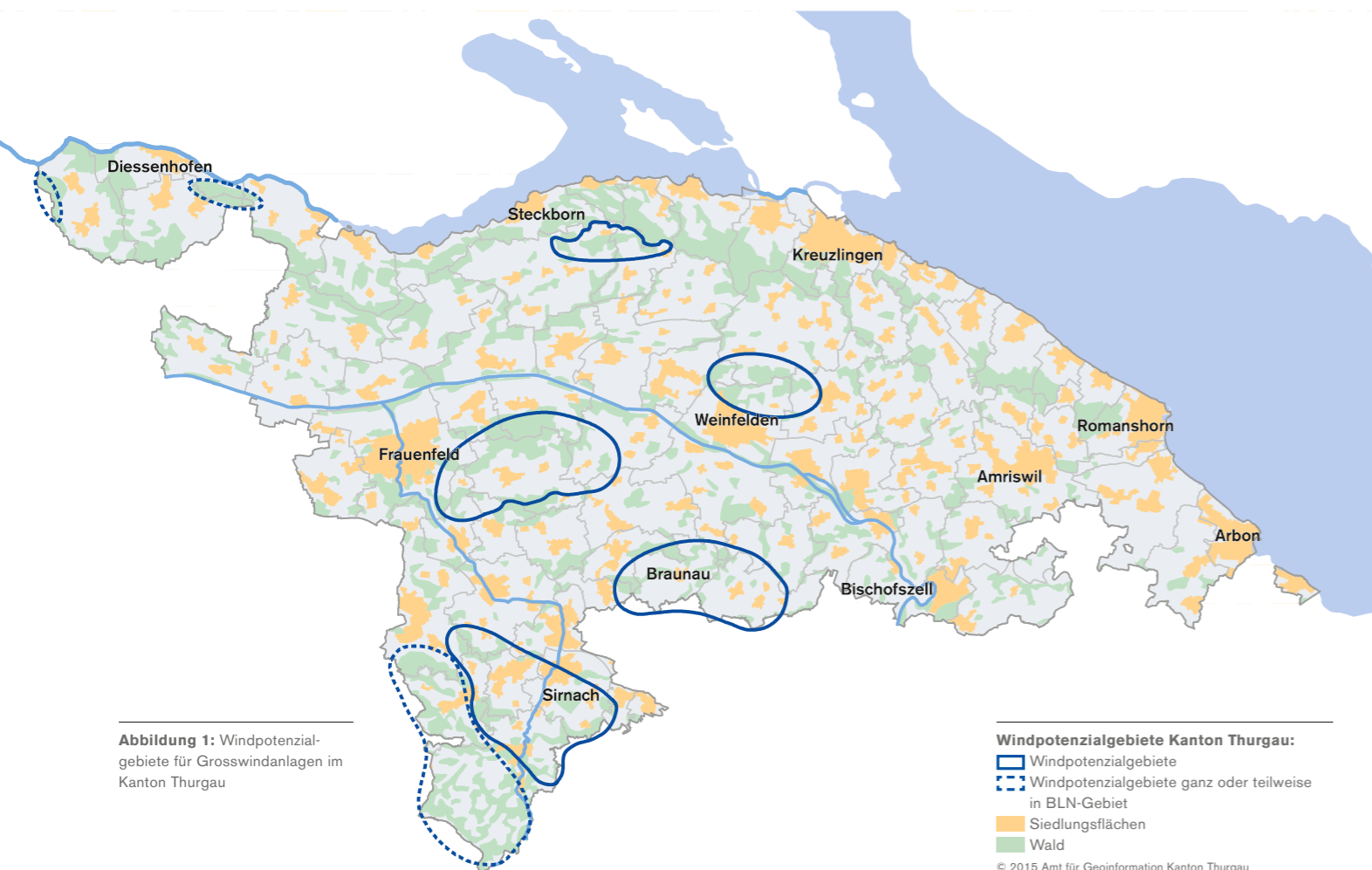


Abbildung 1: Windpotenzialgebiete für Grosswindanlagen im Kanton Thurgau

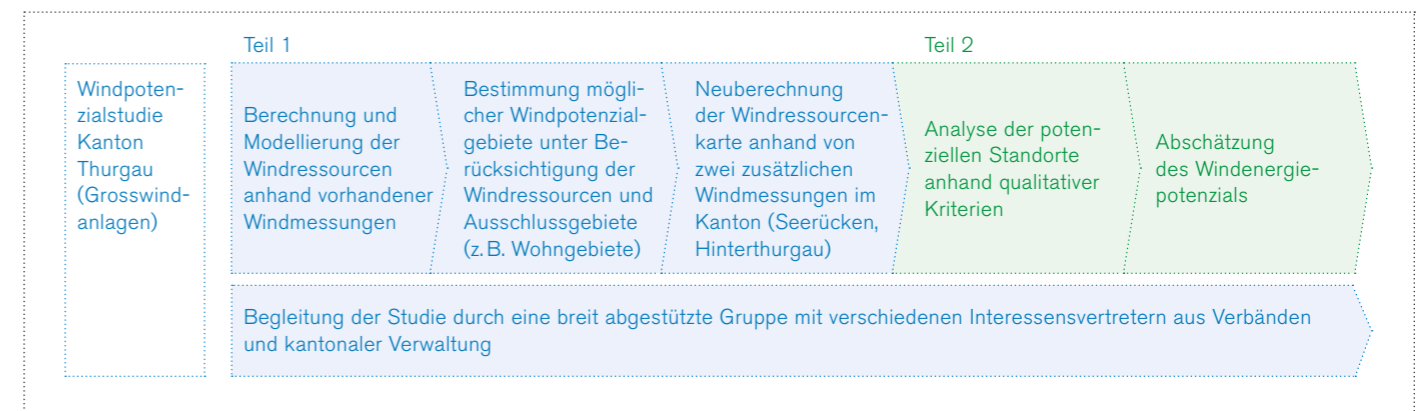


Abbildung 2: Ablauf der Abklärungen zum Windenergiepotenzial (Grosswindanlagen) im Kanton Thurgau

### WINDNUTZUNG NICHT ÜBERALL MÖGLICH.

Die Flächen, in denen eine Windenergienutzung nicht möglich ist, werden als Ausschlussflächen bezeichnet. Dabei handelt es sich beispielsweise um bewohnte Gebiete oder um Flächen, die aufgrund von Schutzbestimmungen eine Windenergienutzung nicht zulassen. Die Kombination der Windressourcenkarte mit den Ausschlussflächen und den dazugehörigen Minimalabständen ergab jene Flächen, die für die Windenergienutzung interessant sind.



**Abbildung 3:** Windmessungen mit LiDAR in Dippishausen und in der Region Fischingen

**BERECHNUNG DER WINDGESCHWINDIGKEITEN.** Die Windressourcenkarte wurde anhand von modellierten und gemessenen Windgeschwindigkeiten auf 100 Meter über dem Boden berechnet. Nach einer ersten Windressourcenberechnung mittels bestehender Winddaten, lieferten zusätzliche Windmessungen an zwei Standorten die Daten, um eine finale Windressourcenkarte in ausreichender Genauigkeit zu erstellen.

**NEUE MESSUNGEN ERMÖGLICHEN EIN UPDATE.** Die beiden zusätzlichen Messungen erfolgten in den Gebieten mit der unsichersten Datenlage, und zwar in Dippishausen und in der Region Fischingen mit Hilfe eines sogenannten LiDAR-Gerätes. Dieses sendet einen Laserstrahl in die Höhe, der an Luftpartikeln reflektiert und zum Gerät zurückgestrahlt wird. Die Signaländerung gibt dann Aufschluss über die Windverhältnisse bis zu einer Höhe von 200 Meter über dem Boden.

**MESSUNGEN BESTÄTIGEN DIE MODELLE.** Mit den zusätzlichen Windmessungen konnten die modellierten mittleren Windgeschwindigkeiten bestätigt oder sogar etwas höher angegeben werden. Die neu berechneten Windgeschwindigkeiten ausserhalb des Hinterthurgaus liegen im Durchschnitt leicht und im Hinterthurgau deutlich über den bisherigen Werten.

**BEURTEILUNG DER GEBIETE.** Während im ersten Teil der Studie die Windgeschwindigkeiten ermittelt und die Windpotenzialgebiete festgelegt wurden, so erfolgte im zweiten Teil die Bewertung der einzelnen Gebiete im Detail. Dazu wurden für jedes Windpotenzialgebiet exemplarisch Parklayouts mit Anzahl und Anordnung der Grosswindanlagen festgelegt. Dieses Vorgehen ermöglichte es, die Gebiete bezüglich verschiedener Kriterien umfassend zu beurteilen und das Potenzial für Grosswindanlagen sehr genau festzulegen.

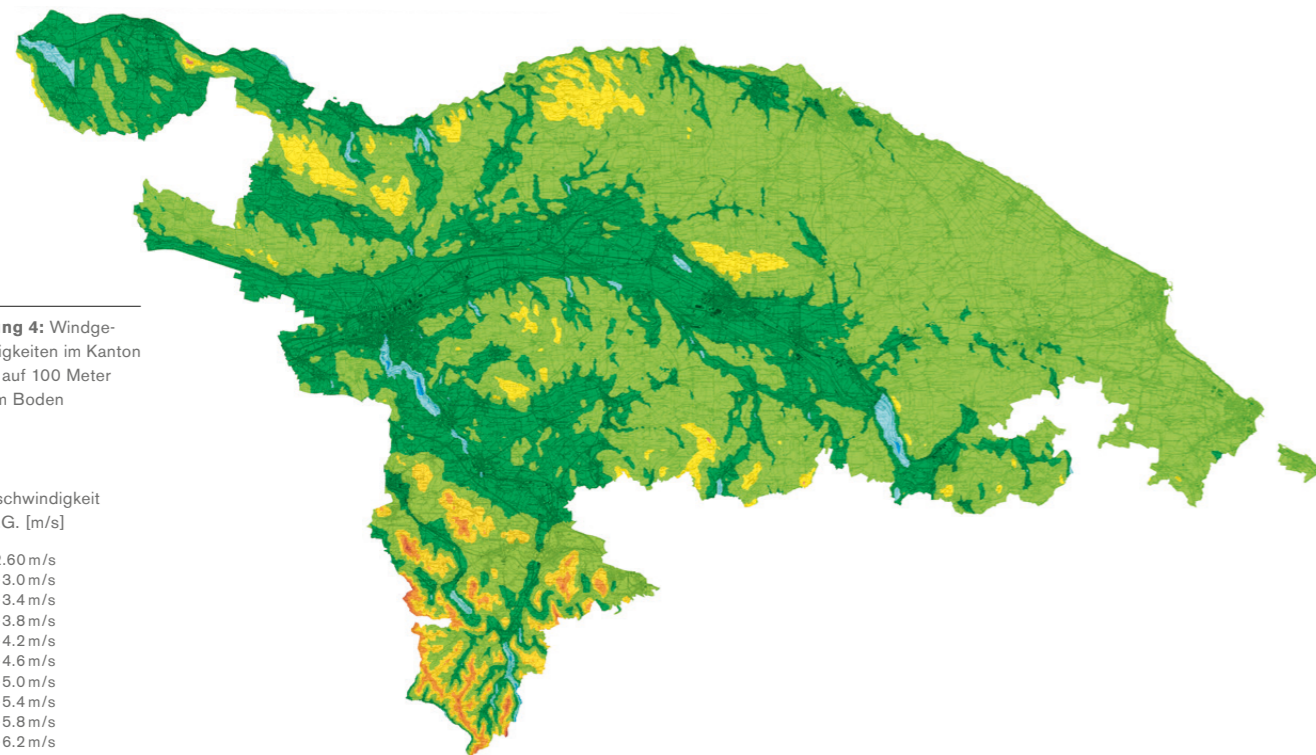
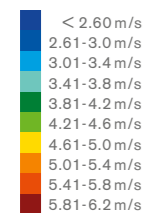
## AUFSCHLUSS- REICHE RESULTATE

**DAS POTENZIAL FÜR GROSSWINDANLAGEN: 145 – 230 GIGAWATTSTUNDEN (GWH) STROM.** Die geschätzten Windgeschwindigkeiten auf 100 Meter über dem Boden sind an vielen Standorten vielversprechend für die Nutzung von Windenergie. Auf den höchsten Erhebungen des Thurgauer Mittellandes (Seerücken, Thundorf, Hügel um Braunau-Wuppenau, Ottenberg, Rodebärg, Cholfirst) sind durchschnittliche Windgeschwindigkeiten um 5 Meter pro Sekunde (m/s) oder mehr zu erwarten. Auf den Hügeln und Kreten im Hinterthurgau liegen die Windgeschwindigkeiten sogar noch höher, wobei dort die Werte aufgrund der komplexen Topografie mit etwas mehr Unsicherheit behaftet sind.

> Bei einer Ausschöpfung des Windenergiepotenzials für Grosswindanlagen in sämtlichen acht Potenzialgebieten könnte der Kanton Thurgau bis zu 230 GWh Strom erzeugen. Dies entspricht rund 15% des Thurgauer Strombedarfs.

**Abbildung 4:** Windgeschwindigkeiten im Kanton Thurgau auf 100 Meter über dem Boden

Windgeschwindigkeit  
100 m ü.G. [m/s]

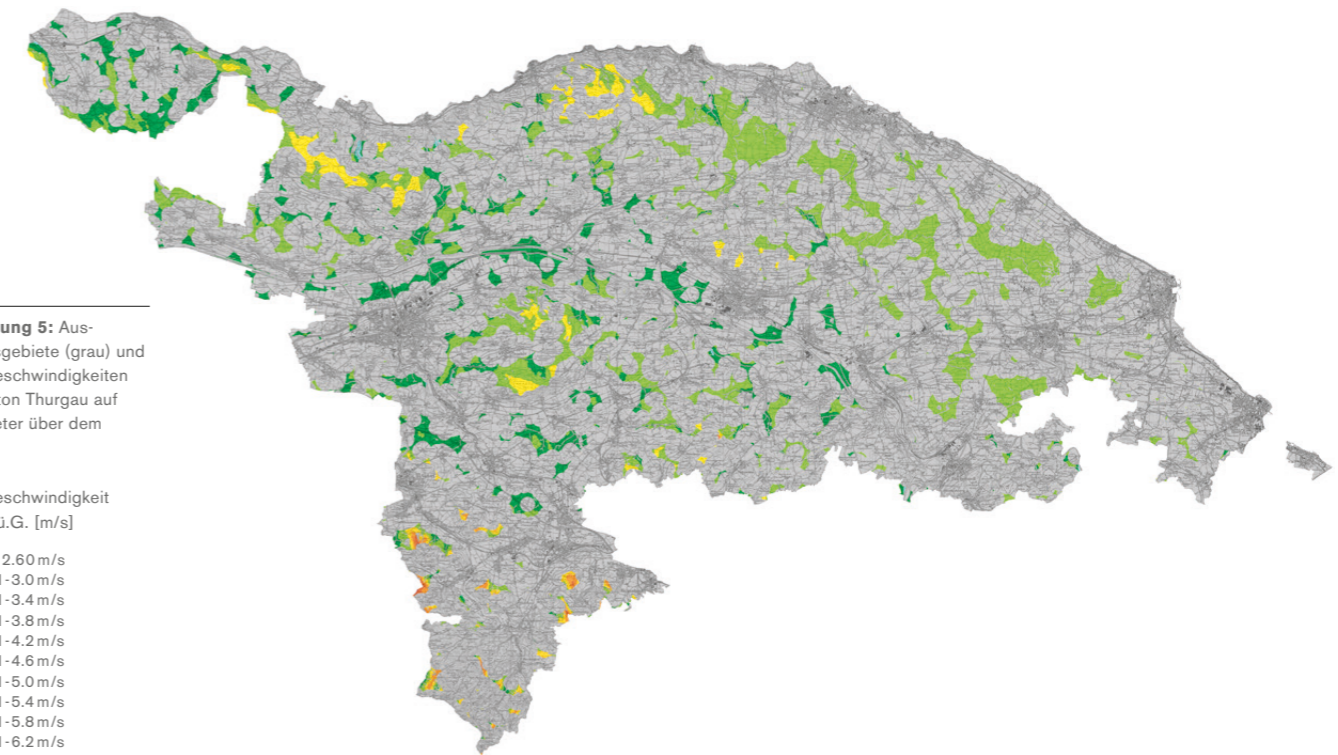
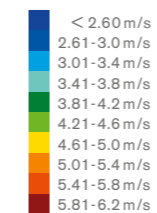


**POTENZIAL VON KLEINWINDANLAGEN.** Im Rahmen einer kantonalen Studie wurde bereits im Jahr 2002 das Potenzial von Kleinwindanlagen im Thurgau erhoben. Die Studie ergab damals ein Potenzial von 1.2 GWh pro Jahr, was dem jährlichen Stromverbrauch von etwa 270 Haushalten entspricht.

**ERWÄGUNGEN UND BEDENKEN.** Um dieses Potenzial auszuschöpfen, müssten Anlagen im Wald sowie in Landschaftsschutzgebieten errichtet werden können. Denn alle acht vorgeschlagenen Windpotenzialgebiete umfassen auch Waldflächen und drei Gebiete betreffen Landschaftsschutzgebiete von nationaler Bedeutung (sogenannte BLN-Gebiete). Windkraftanlagen im Wald sowie in BLN-Gebieten sind nicht von vornherein ausgeschlossen; es sei denn, die Schutzziele widersprechen einer derartigen Nutzung explizit. Schutz- und Nutzungsinteressen sind an diesen Standorten sorgfältig gegeneinander abzuwägen.

**Abbildung 5:** Ausschussgebiete (grau) und Windgeschwindigkeiten im Kanton Thurgau auf 100 Meter über dem Boden

Windgeschwindigkeit  
100 m ü.G. [m/s]



### 3 | INTERESSEN GEWICHTEN UND ABWÄGEN

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

Der Kanton Thurgau kann bei der Umsetzung seiner Windenergiepläne auf umfangreiche Erfahrungen aus anderen Kantonen und dem Ausland zurückgreifen. Das ist ein solides Fundament für den politischen Diskussions- und Abwägungsprozess. Dieser wird sich unter anderem um die Frage drehen, ob die Windenergienutzung in Schutzgebieten des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) und im Wald möglich sein soll.

**WINDENERGIEANLAGEN IM WALD.** Die Frage, ob man Windenergieanlagen im Wald errichten darf, wird in der Schweiz auch auf politischer Ebene diskutiert. Der Bundesrat ist im Jahr 2012 aufgrund eines Berichts zu einem entsprechenden Postulat aus dem Ständerat zum Schluss gekommen, dass die bestehenden rechtlichen Grundlagen den Bau von Windenergieanlagen im Wald und auf Waldweideflächen zulassen. Seit dieser Entscheidung existiert die pauschale Definition von Wald als Ausschlussgebiet nicht mehr. Der Ständerat hat nun zusätzlich eine Revision der Waldgesetzgebung verabschiedet, die unter anderem zum Ziel hat, das Waldgesetz um einen Artikel zur Bewilligung von Energieerzeugungs- und Energietransportanlagen zu ergänzen. Darin legt er fest, dass das Interesse an Energieanlagen gleichrangig zu betrachten ist wie andere nationale Interessen. Eine Interessenabwägung würde nach wie vor auf kantonaler Ebene erfolgen.

#### **ERFAHRUNGEN AUS EUROPA MIT WINDENERGIEANLAGEN IM WALD.**

Die Nachbarländer Deutschland, Österreich und Frankreich haben bereits über Jahre hinweg Erfahrungen mit Windenergieanlagen im Wald gesammelt. Es zeigt sich, dass die 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 und beträgt rund 80 x 50 m pro Windenergieanlage. Die Hälfte der Fläche wird nicht verdichtet und lässt sich nach dem Bau wieder aufforsten. Meist wird ein Mergelbelag verwendet, der nach wenigen Jahren wieder teilweise 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 (grössere Artenvielfalt).



**WINDENERGIEANLAGEN IM NATIONALEN INTERESSE.** Mit der Energiestrategie 2050 soll der Stromproduktion durch erneuerbare Energien und damit auch der Windenergienutzung nationales Interesse beigemessen werden. Damit wäre die Bedeutung von Energieerzeugung vergleichbar mit anderen nationalen Interessen, insbesondere mit Schutzinteressen in BLN-Gebieten, sodass der Bau von Windenergieanlagen in Schutzgebieten grundsätzlich möglich wird. Diese Regelung soll in erster Linie in Naturschutzgebieten die Voraussetzung für eine Interessenabwägung schaffen. Windenergieanlagen in BLN-Gebieten oder anderen Schutzgebieten kämen nur zustande, wenn die Interessenabwägung zu Gunsten der Windenergie ausfiele. Mit der Regelung lässt sich sicherstellen, dass diejenigen Anlagen realisiert werden, die mit möglichst wenigen Eingriffen in Natur- und Landschaft einen möglichst grossen Nutzen für die Stromproduktion erzielen.

#### SO WIRD IM KANTON THURGAU GEPLANT

**MÖGLICHKEITSORIENTIERT.** Als Grundlage für die Definition der Gebiete, in denen in Zukunft eine Windenergienutzung ermöglicht werden soll, dient die Potenzialstudie, deren Ergebnisse in den kantonalen Richtplan aufgenommen werden sollen.

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

**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 Thurgau 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.

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

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





## 4 | WINDENERGIENUTZUNG: PRO UND CONTRA

16

### MIT WIND

**WENIGER CO<sub>2</sub>.** Herstellung, Transport und Bau von Windenergieanlagen verursachen im Vergleich mit anderen Technologien nur sehr geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Stromerzeugung selber ist CO<sub>2</sub>-frei. Windenergie reduziert deshalb die CO<sub>2</sub>-Emissionen, wenn sie Strom aus Erdöl, Kohle und Gas ersetzt. Das ist ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

**WENIGER RISIKO.** Windenergie ist im Vergleich zu anderen Technologien der Elektrizitätserzeugung eine sehr sichere Form der Energiegewinnung. Unfälle geschehen sehr selten, und falls doch, sind die Auswirkungen lokal begrenzt.

**WENIGER RÜCKBAU-AUFWAND.** Eine Windenergieanlage kann nach Ablauf ihrer Betriebszeit (in der Regel 20 bis 25 Jahre) problemlos rückgebaut werden. Das Kapital dafür wird während der Betriebsdauer einer Anlage hinterlegt.

**WENIGER TRANSPORTVERLUST.** Bei Windenergieanlagen wird der Strom näher beim Stromkonsumenten produziert. Die Verluste beim Stromtransport über das Stromnetz sind deshalb geringer als bei zentralen Grosskraftwerken. Zudem sensibilisiert die lokale Stromproduktion Konsumentinnen und Konsumenten für die Themen Energieproduktion und Energieverbrauch.

**WENIGER ENGPÄSSE.** Windenergie ist die ideale Ergänzung zu anderen erneuerbaren Elektrizitätserzeugungsarten: In Mitteleuropa tritt Wind häufiger und intensiver während der Herbst- und Wintermonate auf, also in Perioden, in welchen die Erträge aus Wasserkraft und Sonnenenergie im Vergleich zum Sommerhalbjahr geringer ausfallen.

**WENIGER ABHÄNGIGKEIT.** Durch die Nutzung der einheimischen Energiequelle Wind wird der Kanton Thurgau vom globalen Energiemarkt unabhängiger und die Energieversorgung sicherer.

**WENIGER GELDABFLUSS AUS DER REGION.** Aufträge für Wegebau, Fundamente oder Service-Dienstleistungen gehen häufig an regional ansässige Firmen. Dies schafft Arbeitsplätze und erhöht die Wertschöpfung in der Region. Landwirtschaftliche Betriebe verschaffen sich ein zusätzliches wirtschaftliches Standbein und Gewerbesteuern fliessen in die kommunalen Kassen. Zudem bleiben Pachteinahmen zu einem grossen Teil in den Regionen und stärken die Kauf- und Steuerkraft vor Ort.

17

### GEGEN WIND

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

**TRANSPORTWEGE.** Für den Transport der Anlagenteile sind Wege auszubauen oder zu errichten. Nach Möglichkeit werden aber bestehende Wege genutzt. Die Kabel für den Anschluss ans öffentliche Stromnetz verlaufen entlang dieser Wege unterirdisch zum nächsten Anschlusspunkt.

**GERÄUSCHE.** Die an den Rotorblättern vorbeiziehende Luft verursacht Geräusche, die sich mit zunehmendem Wind verstärken. Bei starkem Wind nehmen aber auch die Umgebungsgläusche (durch Bäume, Sträucher etc.) zu, die oft lauter sind als die Windenergieanlagen.

**EISWURF.** Bei bestimmten Witterungsverhältnissen kann sich an den Rotorblättern Eis bilden. Wenn es wieder wärmer wird, können sich Eisstücke lösen.

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

**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. Die Einhaltung der Lärmschutzverordnung sowie Schallgutachten im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung sind zwingend. Zudem kann ein ausreichender Abstand zu bewohnten Gebäuden verhindern, dass Anwohner die Geräusche als störend empfinden. Gemäss Erfahrungswerten können Windenergieanlagen je nach Empfindlichkeitsstufe (Wohnbauten, Spitäler etc.) nicht näher als 350 – 700 Meter zu bewohnten Gebäuden geplant werden.

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

*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.

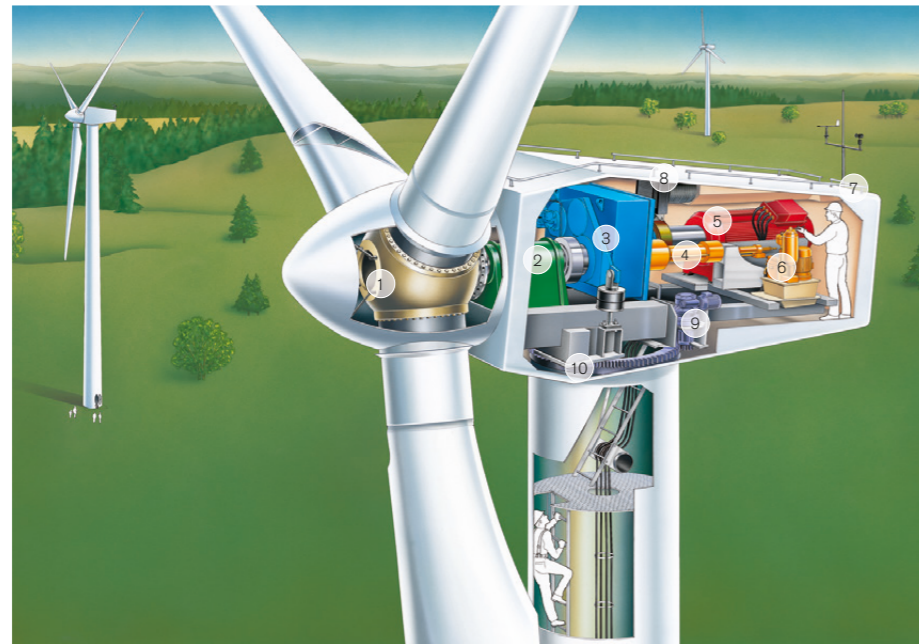
*Weniger Risiko für Vögel und Fledermäuse.* Durch die Standortwahl lässt sich das Kollisionsrisiko massgeblich reduzieren. Dazu müssen im Rahmen der UVP Vogelgutachten erstellt und Fledermauszählungen durchgeführt werden. Falls nötig, lässt sich eine Windenergieanlage bei Vogelzug oder hoher Flugaktivität der Fledermäuse temporär abschalten.

# 5 | SO FUNKTIONIERT DIE STROMGEWINNUNG AUS WINDENERGIE

18

**Abbildung 6:** Schnitt durch eine Windenergieanlage

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



Die Nutzung von Windenergie ist eine Jahrtausende alte 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 zurzeit die wichtigste und zukunftsreichste 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:** Kleinwindanlage bei einem Bauernhof im Schweizer Jura

**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 7–10 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:** Grosswindanlage im Schwarzwald bei Freiburg i. Br.

**DER LEISTUNGSSPORTLER.** Bei Grosswindanlagen beträgt die Nabenhöhe heute zwischen 80 und 150 Metern, 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 momentan 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 lassen sich rund 1000 Haushalte versorgen. Häufig werden Grosswindanlagen in Windparks zusammengefasst.

#### 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)

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

19

# 6 | DIE SCHWEIZ DENKT WEITER

Auf nationaler und kantonaler Ebene hat das Weiterdenken in Energiefragen längst begonnen. Die Klimaerwärmung sowie der Ersatz der wegfallenden Kernenergie erfordern neue Energielösungen. Die Frage «Wie viel Windenergie lässt sich im Kanton Thurgau nutzen?» ist vor diesem Hintergrund zu beurteilen.

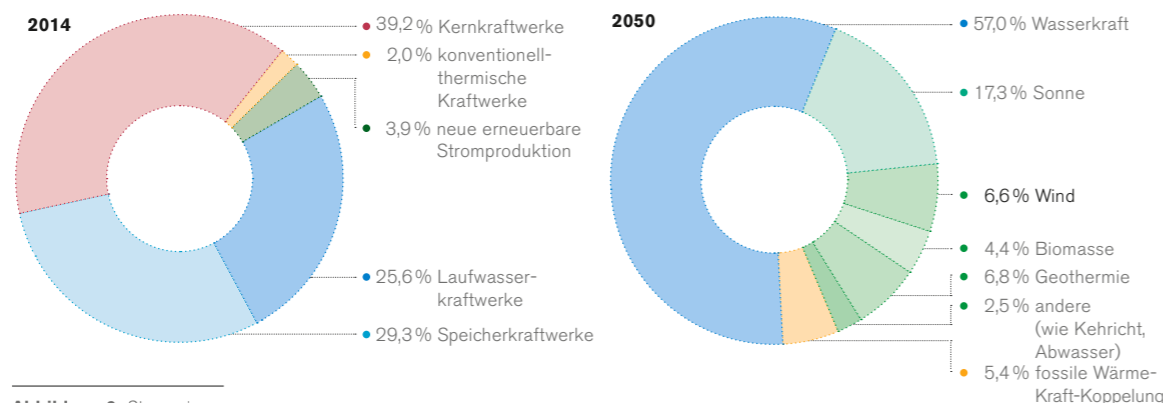
Unseren Strom in der Schweiz erzeugten im Jahr 2014 Wasserkraftwerke (54,9%), Kernkraftwerke (39,2%), konventionell-thermische Kraftwerke (2,0%) sowie neue erneuerbare Energien (3,9%). Dieser Mix wird sich in Zukunft stark verändern. Die Gründe dafür sind das gesetzlich festgelegte CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel der Schweiz und der vom Bundesrat beschlossene Ersatz der Kernenergie. Kernkraftwerke und konventionell-thermische Kraftwerke 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.

**ORIENTIERUNG AN DER 2000-WATT-GESELLSCHAFT.** Die Energieversorgung im Kanton Thurgau soll wirtschaftlich, ökologisch und nachhaltig sein. Langfristig orientiert sich der Kanton Thurgau deshalb an der 2000-Watt-Gesellschaft. Das bedeutet: Die durchschnittlich benötigte Dauerleistung pro Person beträgt nur noch 2000 Watt (heute rund 6300 Watt). Dieses Ziel soll im Zeitraum 2050 bis 2080 erreicht werden.

**POLITISCHES SCHWERPUNKTTHEMA.** Die Energieversorgung und die Ressourcen langfristig zu sichern, gehört zu den Schwerpunktthemen für die Legislatur 2012–2016 des Regierungsrats. Damit bekräftigt er die Bedeutung der Thurgauer Energiepolitik. Das Konzept zur verstärkten Förderung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz setzt die energiepolitischen Ziele in konkrete Massnahmen um. Zusätzlich hat der Regierungsrat das Konzept «Thurgauer Stromversorgung ohne Kernenergie» entwickelt, welches weitere Massnahmen bei der Energieeffizienz und bei den erneuerbaren Energien im Strombereich enthält.

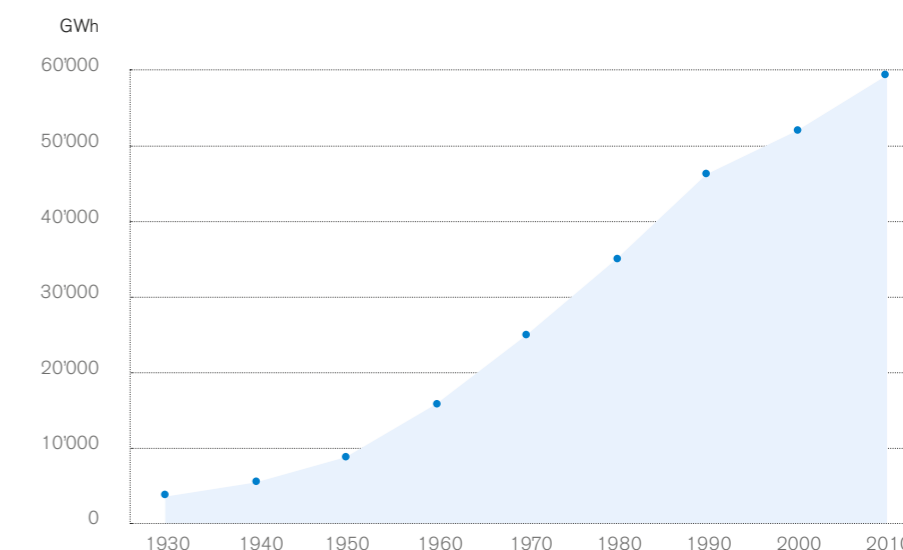
**STROMVERBRAUCH STEIGT.** Der Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz nimmt seit 1930 stetig zu. Es gilt deshalb nicht nur, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken und die wegfallende Kernenergie zu ersetzen, sondern auch, die stetig steigende Stromnachfrage zu decken. Für den Kanton Thurgau hat aus diesem Grund die Stabilisierung bzw. Reduktion der Stromnachfrage höchste Priorität. Je tiefer der Verbrauch, desto weniger Anlagen zur Stromproduktion müssen neu erstellt werden.

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



**Abbildung 9:** Strommix heute und in Zukunft, Nettoerzeugung, Angebotsvariante Erneuerbar 2050 (Datenquellen: Bundesamt für Energie 2013 und Bundesamt für Energie 2015)

## DIE SCHWEIZ BRAUCHT MEHR UND MEHR STROM



**Abbildung 10:** Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz (Datenquelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik, Bundesamt für Energie, 2013)

# 7 | DER NEUE SCHWEIZER STROMMIX

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

**DER MIX DER ZUKUNFT.** Nebst der Wasserkraft, die wir seit Jahrzehnten nutzen, 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 zusätzlich 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 weniger als 0,2% am Schweizer Strommix.

## ERNEUERBARE ENERGIEN HEUTE UND MORGEN

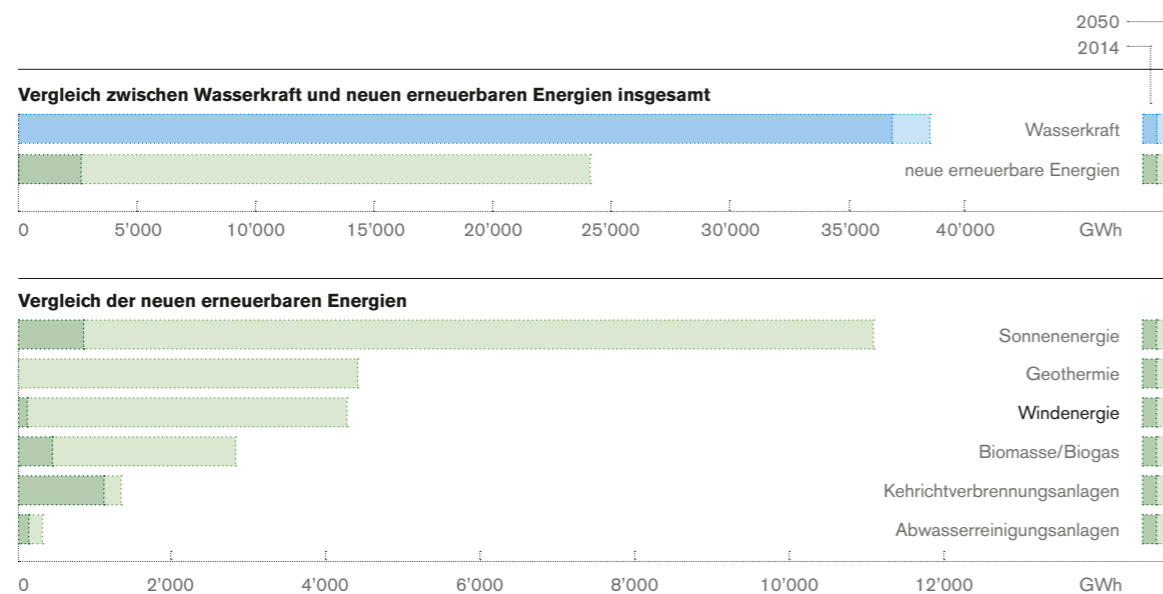


Abbildung 11: Strom aus erneuerbaren Energien heute und in Zukunft (Datenquellen: Bundesamt für Energie 2013 und Bundesamt für Energie 2015)



## 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.

Ende 2014 waren in der Schweiz 34 Grosswindanlagen mit einer Leistung von rund 60 MW in Betrieb. Sie erzeugten im Jahr 2014 rund 101 GWh Strom. Das reicht, um rund 22'000 Schweizer Haushalte mit Strom zu versorgen – es reicht aber nicht für die Zukunft.

### GANZ SCHÖN «WATT» LOS.

Eine Vielzahl von Windprojekten ist in Planung. Sie sollen der Schweiz in den nächsten Jahren geschätzte 624 GWh Windstrom bringen. Bis 2035 ist es laut einer Studie des Bundesamtes für Energie möglich, über 1723 GWh Windstrom zu erzeugen. Dazu müssen schweizweit Windenergieanlagen mit einer Leistung von insgesamt 860 MW gebaut werden. Unter optimalen Bedingungen liesse sich die Windstromproduktion im Jahre 2050 sogar auf über 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 während 20 Jahren eine bestimmte Vergütung für den ins Netz eingespeisten Strom. 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 der Windpotenzialstudie vom September 2014 hat der Kanton Thurgau erste Schritte zur zukünftigen Nutzung der Windenergie getan.

**UNTERSCHIEDLICHE WINDRICHTUNGEN.** Während einige Kantone von einer Positivplanung ausgehen und sogenannte Interessengebiete 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 Windenergieanlagen, die im Richtplan als Standorte festgelegt sind, zwischen 20 und 30% des gesamten Stromverbrauchs abdecken.

**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 10%. Deutschland verzeichnet dabei nicht nur die höchste Wachstumsrate, sondern ist auch punkto installierter Windenergieleistung europäischer Spitzenreiter.

**ZUSAMMEN-  
FASSEND**

**ENERGIEPOLITISCHE ZIELE ERREICHEN.** Windenergie kann einen wichtigen Beitrag leisten, um die energiepolitischen Ziele des Kantons Thurgau zu erreichen. Dazu gehören die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses und der Ersatz der wegfallenden Kernenergie durch die Nutzung von einheimischen Ressourcen und die Erhöhung der Energieeffizienz. Damit wird die Versorgungssicherheit erhöht. Innovation und Investitionen schaffen Arbeitsplätze und tragen zur regionalen Wertschöpfung bei.

**POTENZIAL NUTZEN.** Im Kanton Thurgau könnten Grosswindanlagen einen wesentlichen Beitrag zur Energieversorgung leisten: Bis zu 15 % des Strombedarfs im Kanton liessen sich durch nachhaltigen Strom aus Windenergieanlagen decken.

**DIE STROMRECHNUNG MACHEN.** Im Kanton Thurgau besteht ein Windenergiepotenzial von 145 – 230 Gigawattstunden (GWh) Strom, was dem Stromverbrauch von 30'000 bis 50'000 Haushalten entspricht.

**INTERESSENABWÄGUNG ERMÖGLICHEN.** Wo Wald oder Schutzgebiete von einer möglichen Windenergienutzung betroffen sind, gilt es, die verschiedenen Interessen sorgfältig abzuwägen.

**BEEINTRÄCHTIGUNGEN REDUZIEREN.** Die Nutzung der Windenergie ist mit Beeinträchtigungen von Mensch und Umwelt verbunden. Diese lassen sich durch gezielte Massnahmen minimieren.

**DAS GESPRÄCH SUCHEN.** Wichtig ist, dass Fakten wie auch Interessen offengelegt werden. Eine transparente Kommunikation ist unabdingbar. Die Öffentlichkeit sowie alle betroffenen Akteure sind deshalb frühzeitig in den Entscheidungsprozess einzubeziehen.

**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 und sicheren Energiezukunft 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 eingesetzte Energieaufwand.

**Erneuerbare Energien:** 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 wie Kohle, Öl und Erdgas, welche sich erst über Millionen von Jahren regenerieren.

**Kernenergie:** Energie, die durch Kernspaltung oder Kernfusion freigesetzt wird. Allerdings nutzen wir heute nur die Kernspaltung zur Energieerzeugung. 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. Kohlendioxid) durch menschliche Aktivitäten führt zu Veränderungen des Erdklimas. Die Folgen davon sind unter anderen das Schmelzen von Gletschern und Polareis, der Anstieg des Meeresspiegels, die Verschiebung der Klimazonen sowie die Zunahme von Wetterextremen.

**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 der Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien dient. 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/Treibhaus-effekt:** Treibhausgase in der Atmosphäre verhindern, dass die Erde alle Wärme der Sonne ins All abstrahlen kann. Die natürliche Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre sorgt für eine durchschnittliche Temperatur von 15 °C auf der Erde. Ist die Treibhausgaskonzentration zu hoch, führt dies zu einer Erhöhung der durchschnittlichen Temperatur.

**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 Kilowattstunde (kWh), also das Tausendfache der Wh. In dieser Einheit werden Strom, aber auch Heizwärmeleistungen abgerechnet. Messeinrichtungen wie der Stromzähler oder der Wärmehzähler 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 die Nutzung erneuerbarer Energien. 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

### WIND: FRISCHE ENERGIE VOM LAND

1. Auflage September 2015

#### HERAUSGEBER

Kanton Thurgau  
Departement für Inneres und Volkswirtschaft

#### MEHR INFORMATIONEN ZUR WINDPOTENZIALSTUDIE

[www.energie.tg.ch/windenergie](http://www.energie.tg.ch/windenergie)

#### BEZUGSADRESSE, AUSKÜNFTE

Kanton Thurgau  
Abteilung Energie  
Promenadenstrasse 8  
8510 Frauenfeld  
Telefon: 058 345 54 80  
E-Mail: [energie@tg.ch](mailto:energie@tg.ch)  
[www.energie.tg.ch](http://www.energie.tg.ch)

#### GESTALTUNG

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

#### ABBILDUNGEN

Abteilung Energie Kanton Thurgau – Seite 7 (Abb. 2), Seite 20 (Abb. 9), Seite 21 (Abb. 10), Seite 22 (Abb. 11)  
Amt für Geoinformation Kanton Thurgau – Seite 6 (Abb. 1)  
Aventa – Seite 19 (Abb. 7)  
bürobureau GmbH – Seite 1, 3, 13, 15, 23  
Infel Corporate Media – Seite 18 (Abb. 6)  
New Energy Scout GmbH – Seite 8 (Abb. 3), Seite 10 (Abb. 4), Seite 11 (Abb. 5), Seite 19 (Abb. 8)  
Shutterstock – Seite 16, 26

#### TEXTBEARBEITUNG

Abteilung Energie Kanton Thurgau  
Beat Reck  
New Energy Scout GmbH  
Nova Energie GmbH

#### NACHDRUCK

Quellenangaben erwünscht