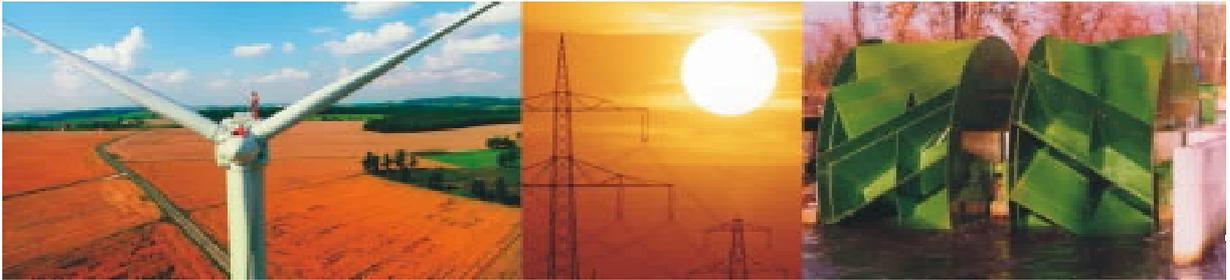


# D I P L O M A R B E I T

Fachhochschule Weihenstephan

Fachbereich Landschaftsarchitektur



## Das Potenzial der Wasser- und Windkraft in Vilsbiburg / Lkrs. Landshut als Beitrag zur Stromversorgung mit Erneuerbaren Energien

Verfasser: Reinhard Ostermeier

Oberglaim 52 • 84030 Ergolding

Betreuer: Prof. Dr. Ernst Schrimppf

FH Weihenstephan • 85350 Freising

# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>1</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>3</b>
<b>2 DANKSAGUNG</b> .....	<b>4</b>
<b>3 GRUNDLAGEN</b> .....	<b>5</b>
3.1 WASSERKRAFT .....	5
3.1.1 Systematisierung .....	5
3.1.2 Auswirkungen auf die Umwelt .....	6
3.2 WINDKRAFT .....	7
3.2.1 Systematisierung .....	7
3.2.2 Auswirkungen auf die Umwelt .....	7
3.3 NATURRÄUMLICHE GRUNDLAGEN .....	8
3.3.1 Klimadaten .....	8
3.3.2 Landschaftsräume .....	9
3.3.3 Landnutzung .....	9
3.4 SOZIOÖKONOMISCHE GRUNDLAGEN .....	10
3.4.1 Einwohnerzahl .....	10
3.4.2 Einkommensverhältnisse .....	10
3.4.3 Landwirtschaft .....	11
<b>4 DERZEITIGER STROMVERBRAUCH</b> .....	<b>11</b>
<b>5 BESTANDSAUFNAHME</b> .....	<b>13</b>
5.1 WASSERKRAFT .....	13
5.1.1 Große Vils und Zuflüsse .....	13
5.1.2 Bestehende Wasserkraftwerke .....	16
5.1.3 Potenzielle Standorte .....	16
5.2 WINDKRAFT .....	17
5.2.1 Winddaten .....	17
5.2.2 Potenzielle Standorte .....	21
5.3 UMFragungsmethodik .....	26
5.3.1 Ziele der Umfrage .....	26
5.3.2 Fragebogen .....	27
5.3.3 Durchführung der Umfrage .....	27
<b>6 BESTANDSERGEBNISSE</b> .....	<b>28</b>
6.1 WASSERKRAFT .....	28
6.1.1 Bestehende Wasserkraftwerke .....	28
6.1.2 Potenzielle Standorte .....	31
6.2 WINDKRAFT .....	32
6.2.1 Bewertungsschlüssel .....	32
6.2.2 Standortbewertung .....	34
6.2.3 Standortauswahl .....	35
6.3 UMFRAERGEERGEBNISSE .....	36
<b>7 ERMITTLUNG DES POTENZIALS</b> .....	<b>41</b>
7.1 ALLGEMEINES ZUM BEGRIFF „POTENZIAL“ .....	41
7.2 WASSERKRAFT .....	43
7.2.1 Potenzial der Großen Vils .....	45

7.2.2	Potenzial der kleineren Bäche.....	46
7.3	WINDKRAFT .....	47
7.3.1	Auswahl der Windkraftanlagen.....	48
7.3.2	Berechnung der Jahreserträge.....	49
7.3.3	Mögliche Ausbaustufen.....	50
7.4	BEISPIELHAFTE WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG.....	52
7.4.1	Wasserkraft.....	54
7.4.2	Windkraft.....	55
<b>8</b>	<b>HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN .....</b>	<b>57</b>
8.1	ALLGEMEIN .....	57
8.2	WASSERKRAFT .....	57
8.3	WINDKRAFT .....	59
<b>9</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>60</b>
<b>10</b>	<b>VERZEICHNIS DER LITERATUR, KARTEN UND ANSPRECHPARTNER..</b>	<b>63</b>
10.1	VERWENDETE LITERATUR .....	63
10.2	VERWENDETE KARTEN .....	64
10.3	ANSPRECHPARTNER.....	65
<b>11</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>65</b>
11.1	AUFNAHMEBÖGEN BESTEHENDER WASSERKRAFTWERKE.....	65
11.2	AUFNAHMEBOGEN POTENZIELLER WINDKRAFTSTANDORTE .....	69
11.3	POTENZIALBERECHNUNGEN WASSERKRAFT .....	70
11.3.1	Fallhöhe 1,20 m .....	70
11.3.2	Fallhöhe 1,60 m .....	71
11.3.3	Fallhöhe 1,70 m .....	72
11.3.4	Fallhöhe 2,00 m .....	73
11.4	POTENZIALBERECHNUNGEN WINDKRAFT .....	75
11.5	AUSWERTUNG UMFRAGE .....	76
11.6	KARTEN.....	76

# 1 Einleitung

Die Energieversorgung in den Industrieländern ist heute weitgehend geprägt durch den Einsatz fossiler Energieträger<sup>1</sup> und durch große zentrale Kraftwerke. Die daraus resultierenden Probleme wie die Belastung der Umwelt durch Schadstoffe, der Treibhauseffekt, die begrenzte Ressourcenverfügbarkeit usw. sind heute allgemein bekannt. Durch diese Art der Energieversorgung verursachen wir nicht nur, dass Energieressourcen zukünftig knapp werden, sondern auch, dass unsere Nachkommen mit unseren „Hinterlassenschaften“ zu kämpfen haben werden. Dies entspricht exakt dem Gegenteil dessen, was mit dem Begriff „**sustainable development**“ seit der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro als „nachhaltige Entwicklung“ oder auch als „Zukunftsfähigkeit“ propagiert wird. „Sustainable development“ ist die Bezeichnung für eine Entwicklung, in der die Bedürfnisse heutiger Generationen befriedigt werden sollen, ohne die Bedürfnisse kommender Generationen zu gefährden.“ (BUND / Misereor, 1998:24)

Wo aber liegt der Ausweg? Wie können wir eine „nachhaltige“ und „zukunftsfähige“ Energieversorgung sicherstellen? Wie können die Bedürfnisse heutiger **und** zukünftiger Generationen in Einklang gebracht werden?

Als nachhaltige Alternativen der Energieversorgung bieten sich die **Erneuerbaren Energien** an. Diese umfassen die Nutzung der Sonnenenergie in direkter (z.B. Photovoltaik) oder indirekter Form (z.B. Bioenergie, Wasser- und Windkraft), der geothermischen Energie und der Gezeitenenergie (vgl. Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:4).

In den vergangenen Jahren haben bereits einige andere bayerische Kommunen (Schalkham, Furth, Moosburg) ihr jeweiliges Potenzial der Deckung des Energiebedarfs aus Erneuerbaren Energien mittels Studien unter der Leitung von Prof. Dr. Ernst Schrimppf ermitteln lassen. Dabei hat sich herausgestellt, dass durch die konsequente Nutzung Erneuerbarer Energien erheblich mehr als der meist angenommene „kleine Bruchteil“ des Energiebedarfs gedeckt werden kann.

---

<sup>1</sup> Zu den fossilen Energieträgern zählen die fossil biogenen Energieträger (u.a. Braun- und Steinkohle, Erdöl, Erdgas) und die fossil mineralischen Energieträger (u.a. Uran, Thorium, Wasserstoff) (vgl. Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:4).

Angeregt durch den Arbeitskreis „Energie und Wasser“ der lokalen Agenda 21 hat sich die Stadt Vilsbiburg entschlossen, im Rahmen von Diplomarbeiten das Potenzial Erneuerbarer Energien im Bereich ihrer Gemarkung ermitteln zu lassen. Der Arbeitskreis „Energie und Wasser“ engagiert sich bereits seit einigen Jahren für eine nachhaltige Energiepolitik: unter anderem wurden neben Energie- und Stromspartipps, Vorträgen zu Bioenergie auch zwei solare Bürgerkraftwerke realisiert. Die Idee einer dezentralen Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien mit Beteiligung der Bürger ist in der Stadt Vilsbiburg also bereits umgesetzt worden.

Diese Diplomarbeit hat als Aufgabe, den möglichen Anteil der Wasser- und Windkraft zur Deckung des Strombedarfs der Stadt Vilsbiburg zu untersuchen. Ausgehend von einer knappen Darstellung naturräumlicher und sozioökonomischer Grundlagen werden existierende Wasserkraftanlagen sowie weitere geeignete Gewässerstandorte ermittelt und diese einer Bewertung unterzogen. Für die zukünftige Windkraftnutzung werden mögliche Standorte innerhalb der Gemarkung Vilsbiburg erkundet und bewertet. Die Untersuchungen sollen eine Abschätzung des Potenzials der Stromproduktion aus Wasser- und Windkraftanlagen ermöglichen. Konkrete Handlungsempfehlungen mit Beispielsrechnungen sollen der Stadt Vilsbiburg die Umsetzung der Ergebnisse nahe bringen. Begleitend wird in einer Umfrage unter den Bürgern der Stadt Vilsbiburg die Akzeptanz der Wasser- und Windkraft ermittelt.

## **2 Danksagung**

Ich möchte mich bei all jenen bedanken, die Zeit und Mühe aufgebracht haben und mir ihr Sachwissen zu Verfügung gestellt haben. Ohne sie wäre diese Diplomarbeit nicht zustande gekommen.

Franz Balk, Vilsbiburg • Günter Beermann, München • Adolf Brinnich, Wien • Walter Burger, Stadtverwaltung Vilsbiburg • Christiane Deser, Bundesverband Windenergie, Landesbüro Bayern • Alois Döbler, Vilsbiburg • Christian Gollwitzer, Seyboldsdorf • Josef Granich, Niedermühle • Josef Gruber, Lichtenburg • Andreas Lachhammer, Pocking • Josef Lehner, Wasserwirtschaftsamt Landshut • Felix Losada, Nordex, Norderstedt • Martin Reisser, VATech Escher Wyss, Ravensburg • Josef Reiter, Landratsamt Landshut • Dr. Ulrich Schraml, Freiburg • Dr. Michael Stadler, Gangkofen • Hermann Stadler, Hackelsberg • Peter Staudinger, Wasserwirtschaftsamt

Landshut • Manfred Steinhagen, Umweltbundesamt Berlin • Werner Thun, Stadtwerke Vilsbiburg • Hans Unterholzner, Gaindorf • Wolfgang Wackerbauer, Vilsbiburg • Georg Weixlgartner, Stadtverwaltung Vilsbiburg • Johann Wimmer, Landwirtschaftsamt Landshut

Besonders danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Ernst Schrimppf, FH Weihenstephan, und Herrn Helmut Haider, Erster Bürgermeister der Stadt Vilsbiburg!

## 3 Grundlagen

Die Darstellung der Grundlagen von Wasser- und Windkraftnutzung müssen leider sehr knapp bleiben. Für eine Vertiefung wird auf die jeweils angegebene Literatur verwiesen.

### 3.1 *Wasserkraft*

#### 3.1.1 Systematisierung

Die Wasserkraft wird bisher durch zwei Gruppen von Kraftwerken erschlossen: den **Wasserrädern** und den **Turbinen**. Sowohl bei den Wasserrädern (unterschlächlige, mittelschlächlige und ober- schlächlige Wasserräder), als auch bei den Turbinen (u.a. Pelton-, Durchström-, Francis- und Kaplan- turbine) können



Abbildung 1: Staudruckmaschine (Foto: [www.wicon.info](http://www.wicon.info))

jeweils diverse Varianten unterschieden werden. Die Wasserräder wurden immer mehr von den Turbinen verdrängt, für spezielle Anwendungen scheint es aber in den vergangenen Jahren zu einer „Renaissance des Wasserrads“ (vgl. Günther, 2000:204) gekommen zu sein.

Zu diesen beiden konventionellen Methoden kommt nun eine weitere, sehr erfolgversprechende Variante, die **Staudruckmaschine**<sup>2</sup> des Wiener Adolph Brinnich. Äußerlich mehr an ein Wasserrad erinnernd, sei sie physikalisch als eine Art Niederdruckturbine einzustufen, so der Konstrukteur. Entscheidende Vorteile seien die wesentlich geringeren Gesamtherstellungskosten, der bessere Wirkungsgrad, der Verzicht auf eine aufwändige Regelung und das bessere Verarbeiten von Schwemmgut (vgl. Brinnich, 2001:70-74). In Österreich existiert eine Pilotanlage der Staudruckmaschine, die erste Anlage in Bayern ist momentan in Planung.<sup>3</sup> Es bleibt zu hoffen, dass diese erfolgversprechende Neuerung möglichst bald das Versuchsstadium verlässt und sich im Alltag bewähren kann.

(Vgl. Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003; König / Jehle, 1997 und Pálffy, 1998)

### 3.1.2 Auswirkungen auf die Umwelt

Die Frage der Umweltverträglichkeit von Wasserkraftwerken wird besonders bei größeren Anlagen häufig kontrovers diskutiert. Durch den Betrieb von Wasserkraftanlagen können mehrere Umweltwirkungen auftreten, die sich vor allem auf folgende drei Problembereiche erstrecken (vgl. Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003: 367-372):

- 1. Stauhaltungen:** z.B. verminderte Schleppkraft des Gewässers, erhöhte Sedimentation, Erhöhung der Wassertemperatur, Rückgang des Sauerstoffgehalts, verstärkte Schadstoffanreicherung im Staubecken.
- 2. Barrierewirkung von Wehr- und Turbinenanlagen:** z.B. Einschränkung der Fortpflanzung bestimmter Fischarten, verminderte Artenvielfalt oberhalb des Wehrs.
- 3. Ausleitungsstrecken:** z.B. verminderter Abfluss im ursprünglichen Gewässerbett, Verlust der periodischen Abflussschwankungen, schlechtere Wasserqualität, verstärktes Algenwachstum.

Das **Umweltbundesamt in Berlin** kommt in seiner „Stellungnahme zum Konzept der Wasserkraft-Staudruckmaschine“ zum Schluss, dass „aufgrund der teilweisen Vermeidung bzw. Abschwächung von Beeinträchtigungen der Gewässer (...) gegenüber der vergleichbaren Wasserkraftnutzung mittels Niederdruckturbinen (...) die Förderung dieser Technologie aus gewässerökologischer Sicht zu empfehlen [ist]“

---

<sup>2</sup> Nähere Informationen zur Staudruckmaschine sind zu finden unter [www.wicon.info](http://www.wicon.info) .

<sup>3</sup> Herr Andreas Lachhammer plant derzeit den Bau einer Staudruckmaschine bei Pocking, Niederbayern.



signifikant zu unterscheiden. Konstruktive Verbesserungen haben diese Geräuschemissionen in den letzten Jahren erheblich reduziert. Durch genügend Abstand zu Wohngebäuden und entsprechende Typenwahl können die einschlägigen Anforderungen der Technischen Anleitung zum Schutz vor Lärm (TA Lärm) eingehalten werden.

Ebenso geht vom aerodynamisch bedingten **Infraschall** (Frequenzbereich 0,6 bis 1,5 Hz) bei Einhaltung der Abstände gemäß den Vorgaben der TA Lärm keine Belastung für den Menschen aus.

Der sog. **Diskoeffekt** durch Lichtreflexe an den Rotorblättern kann durch reflexionsarme Oberflächengestaltung heute weitgehend minimiert werden.

Unter **Schattenwurf** versteht man den sich bewegenden Schlagschatten, der bei Sonnenschein von den Rotorblättern ausgeht. Dieser kann für die Anwohner unter Umständen belastend wirken. Durch vorherige Simulation, entsprechende Standortwahl und nötigenfalls zeitweises Abschalten kann diese Belastung stark verringert werden.

Die Beeinflussung des **Landschaftsbilds** durch Windkraftanlagen wird kontrovers diskutiert und ist immer auch an subjektive Assoziationen des Betrachters gebunden. „Dabei gehen von den Windkraftanlagen zwei Landschaftsbild-beeinträchtigende Wirkungen aus; zum Einen werden die Dimensionen des Landschaftsbilds verändert und zum Anderen resultiert eine große Fernwirkung.“ (Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:323) Durch computergestützte Planungsmethoden kann die Wirkung auf das Landschaftsbild bereits während der Planung abgeschätzt und optimiert werden. Zudem ist auch durch technische Details (z.B. Farbgebung, Bauform des Turms, Anzahl der Rotorblätter ... ) eine Beeinflussung der subjektiv empfundenen Beeinträchtigung möglich.

Auf weitere Umweltauswirkungen (z.B. Eisabwurf, Vogelschlag ... ) kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Dazu sei auf die genannte Literatur verwiesen.

### **3.3 Naturräumliche Grundlagen**

#### **3.3.1 Klimadaten**

Die Klimadaten wurden von Herrn Alois Döbler (mündliche Mitteilung vom 13. Oktober 2003) bezogen, der in Vilsbiburg eine private Wetterstation betreibt (siehe Kapitel 5.2.1.2). Nach Auswertung der Daten der Jahre 1993 bis 2002 ergab sich für diesen

Zeitraum ein mittlerer jährlicher Niederschlag von 914 mm und eine mittlere Jahrestemperatur von 11,1 °C.

### 3.3.2 Landschaftsräume

Die Stadt Vilsbiburg liegt etwa 70 km nordöstlich von München und gehört zum Landkreis Landshut im Regierungsbezirk Niederbayern. Das Gebiet der Stadt Vilsbiburg umfasst eine Fläche von 68,85 km<sup>2</sup>. In der **Übersichtskarte** (siehe Anhang, Kapitel 11.6) ist das Gebiet der Stadt Vilsbiburg als Ausschnitt der Topografischen Karte im Maßstab 1:50.000 dargestellt.

Das Untersuchungsgebiet ist geologisch betrachtet ein Teil des südbayerischen Tertiären Hügellandes. Diluvialer Löss bedeckt je nach Lage in unterschiedlicher Mächtigkeit die Schotter des früheren Tertiärmeers. An Bergkuppen und steileren Hängen kann der tertiäre Schotter bzw. Kies zum Teil an die Oberfläche treten. Die durchschnittliche Ackerzahl liegt im Landkreis Landshut um 55, für die im Rahmen der Standortuntersuchung für Windkraftanlagen bewerteten Flächen ergab sich eine mittlere Ackerzahl von 54 (vgl. Kapitel 5.2.2.2.7 und Landwirtschaftsamt Landshut, 2003:2).

Die **Reliefkarte** (siehe Anhang, Kapitel 11.6) stellt das Relief des Gebiets der Stadt Vilsbiburg dar. Die von den Gewässern gebildeten Täler treten als Einschnitte zwischen den Hügelformationen deutlich hervor. Die Täler der Großen Vils bzw. der kleineren Bäche geben der Landschaft eine charakteristische Gliederung. Die Hügelketten werden flankiert vom Tal der Großen Vils, nördlich davon vom Tal der Kleinen Vils und südlich davon vom Tal der Bina. Wie die Flusstäler laufen die Hügelketten von Südwesten nach Nordosten.

Die Höhenlage über Normalnull schwankt zwischen 430 m bei Solling und 512 m bei Rumpfung. Die Durchschnittshöhe liegt bei ca. 467 m.

### 3.3.3 Landnutzung

Die verschiedenen Nutzungsarten verteilten sich am Stichtag 31. Dezember 2000 wie in Tabelle 2 dargestellt.

Nutzungsart	Fläche	prozentualer Anteil
Landwirtschaftsflächen	5.031 ha	73,1%
Waldflächen	1.031 ha	15,0%
Gebäude- und Freiflächen	421 ha	6,1%
Verkehrsflächen	288 ha	4,2%
Wasserflächen	53 ha	0,8%
Betriebsflächen	38 ha	0,6%
Flächen anderer Nutzung	12 ha	0,2%
Erholungsflächen	11 ha	0,2%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>6.885 ha</b>	<b>100 %</b>

Tabelle 2: Landnutzung (vgl. Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2002:7)

land und ca. 79 % Ackerland (vgl. Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2002:7).

Der Anteil der Landwirtschaftsflächen (1980: 77,0 % und 2000: 73,1 %) nimmt tendenziell ab, während der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen (1980: 7,1 % und 2000: 10,6 %) kontinuierlich steigt.

Die landwirtschaftlich genutzten Flächen<sup>4</sup> können wiederum aufgegliedert werden in ca. 21 % Dauergrün-

### 3.4 Sozioökonomische Grundlagen

#### 3.4.1 Einwohnerzahl

Insgesamt hat die Stadt Vilsbiburg derzeit (Auskunft von Herrn Burger, Stadtverwaltung Vilsbiburg vom 4. Juli 2003) ca. 11.400 Einwohner, ca. 8.000 leben direkt in der Stadt Vilsbiburg, ca. 3.400 im Umland der Stadt. Die Einwohnerdichte beträgt damit 166 Einwohner / km<sup>2</sup>. Die Bevölkerungsdichte Bayerns lag im Jahr 2001 bei 175 Einwohner / km<sup>2</sup>, die des Regierungsbezirks Niederbayern dagegen nur bei 115 Einwohner / km<sup>2</sup> (vgl. Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2003:1). Betrachtet man die Entwicklung der Stadt Vilsbiburg seit 1970, so zeigt sich ein moderates Wachstum der Bevölkerung (siehe Tabelle 3).

Stichtag	Einwohner
27. Mai 1970	9.263
25. Mai 1987	9.908
31. Dezember 2000	11.147

Tabelle 3: Einwohnerentwicklung (vgl. Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2002:1)

#### 3.4.2 Einkommensverhältnisse

Für den 30. Juni 2000 liegen die in Tabelle 4 ersichtlichen Daten über sozialversicherungspflichtig beschäftigte Arbeitnehmer im Gebiet der Stadt Vilsbiburg vor. Die größten Anteile stellen das produzierende Gewerbe (46,4 %) und der Dienstleistungssektor (37,7 %), gefolgt von der Kategorie „Handel, Gastgewerbe und Verkehr“

<sup>4</sup> Daten beziehen sich auf das Jahr 1999, da für 2000 keine entsprechenden Zahlen vorlagen.

mit 15,7 % aller sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer. Der Anteil der Land- und Forstwirtschaft ist dagegen mit 0,2 % verschwindend gering. Knapp zwei Drittel aller Arbeitsplätze werden von Bürgern aus dem Gebiet der Stadt Vilsbiburg wahrgenommen, während bei etwa einem Drittel der Arbeitsplätze auswärtige Pendler beschäftigt sind.

Kategorie	Anzahl Beschäftigte	prozentualer Anteil
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	10	0,2 %
produzierendes Gewerbe	2.772	46,4 %
Handel, Gastgewerbe und Verkehr	941	15,7 %
sonstige Dienstleistungen	2.249	37,7 %
<b>Beschäftigte am Arbeitsort</b>	<b>5.973</b>	<b>100,0 %</b>
Beschäftigte am Wohnort	3.927	65,7 %
Pendlersaldo	2.046	34,3 %

Tabelle 4: sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

### 3.4.3 Landwirtschaft

Land- und Forstwirtschaft nehmen zusammen 88,1 % (Stichtag 31. Dezember 2000) der Gebietsfläche der Stadt Vilsbiburg in Anspruch (siehe Kapitel 3.3.3). Im Mai 2001 gab es im Untersuchungsgebiet 179 landwirtschaftliche Betriebe, deren Betriebsgrößen sich wie folgt verteilen:

Betriebsgröße	Anzahl
unter 2 ha	4
2 ha bis unter 5 ha	16
5 ha bis unter 10 ha	16
10 ha bis unter 20 ha	49
20 ha bis unter 30 ha	38
30 ha bis unter 50 ha	35
50 ha oder mehr	21
<b>Summe</b>	<b>179</b>

Tabelle 5: Landwirtschaft (vgl. Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2003a:171)

Über zwei Drittel der landwirtschaftlichen Betriebe hat eine Betriebsgröße unter 30 ha. Betrachtet man aber die Entwicklung des Anteils von Betrieben mit einer Größe von 30 ha oder mehr (1971: Anteil 9 %, 2001: Anteil 32 %), so lässt sich eine deutliche Tendenz zur Vergrößerung der landwirtschaftlichen Betriebe ablesen (vgl. Bay.

Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2002:8). Der Spruch „Wachse oder weiche!“ scheint in der Landwirtschaft nach wie vor seine Gültigkeit zu haben.

## 4 Derzeitiger Stromverbrauch

Das Gebiet der Stadt Vilsbiburg wird von zwei Energieversorgungsunternehmen (EVU) beliefert: das Kerngebiet der Stadt Vilsbiburg versorgen die Stadtwerke Vilsbi-

burg, ein kommunaler Eigenbetrieb, das Umland versorgt E.ON Bayern. Anhand der Daten der Energieversorgungsunternehmen und der Angaben der Wasserkraftwerksbetreiber bezüglich ihres Eigenverbrauchs ist die Entwicklung des Stromverbrauchs der letzten Jahren ersichtlich:

<b>EVU<sup>5</sup></b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>
Stadtwerke Vilsbiburg	36.720.655 kWh	37.790.765 kWh	38.983.052 kWh	40.982.587 kWh	42.685.776 kWh
E.ON Bayern	7.790.799 kWh	7.183.383 kWh	7.456.901 kWh	6.770.350 kWh	6.836.183 kWh
<b>Summe</b>	<b>44.511.454 kWh</b>	<b>44.974.148 kWh</b>	<b>46.439.953 kWh</b>	<b>47.752.937 kWh</b>	<b>49.521.959 kWh</b>

Tabelle 6: Stromverbrauch (nach Mitteilungen von Herrn Thun, Stadtwerke Vilsbiburg vom 9. Juli 2003, von Herrn Burger, Stadtverwaltung Vilsbiburg vom 29. Juli 2003 und 11. August 2003 und von den Wasserkraftwerksbesitzern, siehe Kapitel 11.1)

Laut Auskunft von Herrn Thun, Stadtwerke Vilsbiburg (vom 9. Juli 2003) beträgt der Anteil der Stromabnehmer seit Jahren unverändert bei den privaten Haushalten 28,5 % und beim Gewerbe 71,5 %. Von E.ON Bayern liegen keine entsprechenden Daten vor.

Zur Einschätzung der genannten Daten wird zunächst der durchschnittliche Jahresverbrauch an elektrischer Energie pro Einwohner für das Jahr 2001 ermittelt:

<b>EVU</b>	<b>Jahresverbrauch</b>	<b>versorgte Einwohner</b>	<b>Jahresverbrauch pro Einwohner</b>
Stadtwerke Vilsbiburg	42.685.776 kWh	8.000	5.336 kWh
E.ON Bayern	6.836.183 kWh	3.400	2.011 kWh
<b>Summe / Durchschnitt</b>	<b>49.521.959 kWh</b>	<b>11.400</b>	<b>4.344 kWh</b>

Tabelle 7: Stromverbrauch pro Einwohner

Es zeigt sich beim Vergleich der Werte für das von den Stadtwerken Vilsbiburg versorgte Gebiet (5.336 kWh pro Einwohner und Jahr) mit dem Wert des von E.ON Bayern versorgten Gebiets (2.011 kWh pro Einwohner und Jahr) ein deutlicher Unterschied, der vor allem auf eine wesentlich höhere Anzahl an Industrie- und Gewerbebetrieben (mit einem erhöhten Strombedarf) im eigentlichen Stadtgebiet zurückzuführen ist.

Berücksichtigt man zudem, dass nach Angabe der Stadtwerke Vilsbiburg das Verhältnis ihrer Stromabnehmer seit Jahren unverändert 28,5 % für Haushalte und

---

<sup>5</sup> Es wurde jeweils der Eigenverbrauch der in das Netz der Stadtwerke Vilsbiburg einspeisenden Wasserkraftwerke von insgesamt 70.520 kWh bzw. der in das Netz von E.ON Bayern einspeisenden Wasserkraftwerke von insgesamt 164.600 kWh berücksichtigt (vgl. Kapitel 6.1.1).

71,5 % für Gewerbe beträgt, so erhält man als Pro-Kopf-Verbrauch für die Haushalte im Stadtgebiet 1.521 kWh. Im Vergleich mit einem Verbrauch von 1.100 kWh in der Stadt Freising ist dieser Wert relativ hoch, eventuell kann dies auf eine weniger starke städtische Prägung Vilsbiburgs im Vergleich zu Freising zurückzuführen sein. Generell ist der Strombedarf ländlicher Privathaushalte in der Regel deutlich höher als der städtischer Privathaushalte (vgl. Schrimppf, 2000:6, Band 1).

Der für den ländlichen Teil des Gebiets der Stadt Vilsbiburg ermittelte Pro-Kopf-Stromverbrauch von 2.011 kWh ist im Vergleich mit Daten aus anderen ländlichen Gebieten<sup>6</sup> als durchschnittlich anzusehen.

In der Bundesrepublik Deutschland lag der Pro-Kopf-Stromverbrauch im Jahr 2000 bei 6.050 kWh (vgl. VDEW 2001). Sämtliche in Vilsbiburg ermittelten Werte liegen deutlich unterhalb dieses Durchschnitts, was auf eine im Vergleich zum Bundesgebiet weniger starke Industrialisierung zurückzuführen sein dürfte.

## 5 Bestandsaufnahme

Die im folgenden genannten bestehenden bzw. potenziellen Standorte zur Nutzung der Wasser- und Windkraft sind in den **Standortkarten** (siehe Anhang, Kapitel 11.6) zu finden.

### 5.1 Wasserkraft

#### 5.1.1 Große Vils und Zuflüsse

Die Große Vils durchfließt das Gebiet der Stadt Vilsbiburg von Südwest nach Nordost. Sie entspringt westlich von Taufkirchen an der Vils und mündet bei Vilshofen in die Donau.

Sie gehört zum Flussgebiet der Donau und ist als Gewässer II. Ordnung eingestuft. Das zuständige Wasserwirtschaftsamt Landshut misst mit dem „Pegel



Abbildung 3: Pegel Vilsbiburg  
(Foto: Reinhard Ostermeier)

<sup>6</sup> Schalkham 1.985 kWh pro Person und Jahr und Furth 2.200 kWh pro Person und Jahr (vgl. Schrimppf, 2000:6, Band 1)

Vilsbiburg“, der am flussabwärts gelegenen Ortsausgang Vilsbiburgs liegt, Abflusswerte und Wasserstände. Man erfasst hierbei die gewässerkundlichen Hauptzahlen, die aus den kontinuierlichen Messungen von **Wasserstand** (gemessen in m, Abkürzung **W**) und **Abfluss** (gemessen in m<sup>3</sup>/s, Abkürzung **Q**) ermittelt werden. Es sind folgende Hauptzahlen gebräuchlich:

NNW, NNQ	niedrigstes Tagesmittel aller Jahre
NW, NQ	niedrigstes Tagesmittel eines Jahres
MNW, MNQ	Mittel der NW, NQ aller Jahre
MW, MQ	Mittel eines oder aller Jahre
MHW, MHQ	Mittel der HW, HQ aller Jahre
HW, HQ	höchster Wert eines Jahres
HHW, HHQ	höchster Wert aller Jahr

Tabelle 8: gewässerkundliche Hauptzahlen (vgl. Bay. Landesamt für Wasserwirtschaft, 1998:69)

NNQ	0,417 m <sup>3</sup> /s (am 4. Februar 1990)
MNQ	0,960 m <sup>3</sup> /s
MQ	2,63 m <sup>3</sup> /s
MHQ	52,4 m <sup>3</sup> /s
HHQ	151 m <sup>3</sup> /s (am 9. Juli 1954)

Für die Große Vils liegen die aus Tabelle 9 ersichtlichen gewässerkundlichen Hauptzahlen vor.

Tabelle 9: Hauptzahlen Große Vils (vgl. Bay. Landesamt für Wasserwirtschaft, 2002:186)

Daneben sind gerade im Hinblick auf eine Nutzung der Wasserkraft die **Dauertabellen der Abflüsse** von

Bedeutung. Hierbei wird die Unter- bzw. Überschreitungsdauer (gemessen in Tagen) einem gemessenen Abflusswert zugeordnet. Erst dadurch wird ersichtlich, an wie vielen Tagen eines Jahres ein bestimmter Abflusswert unter- bzw.

Unterschreitungs- dauer [Tage]	Überschreitungs- dauer [Tage]	unter- bzw. über- schrittener Abfluss [m <sup>3</sup> /s]
364	1	31,0
363	2	22,9
362	3	19,0
361	4	16,2
360	5	14,3
...	...	...
...	...	...
...	...	...
3	362	0,700
2	363	0,610
1	364	0,530
0	365	0,417

Tabelle 10: Ausschnitt der Dauertabelle der Großen Vils (vgl. Bay. Landesamt für Wasserwirtschaft, 2002:186)

überschritten wird. So erhält man für die Jahre 1940 bis 1997 als Mittelwert aus 58 Kalenderjahren die Dauertabelle für die Große Vils (Tabelle 10), die an dieser Stelle nur ausschnittsweise wiedergegeben ist.

In der grafischen Darstellung dieser Daten ergibt sich die **Dauerkurve der Abflüsse**:

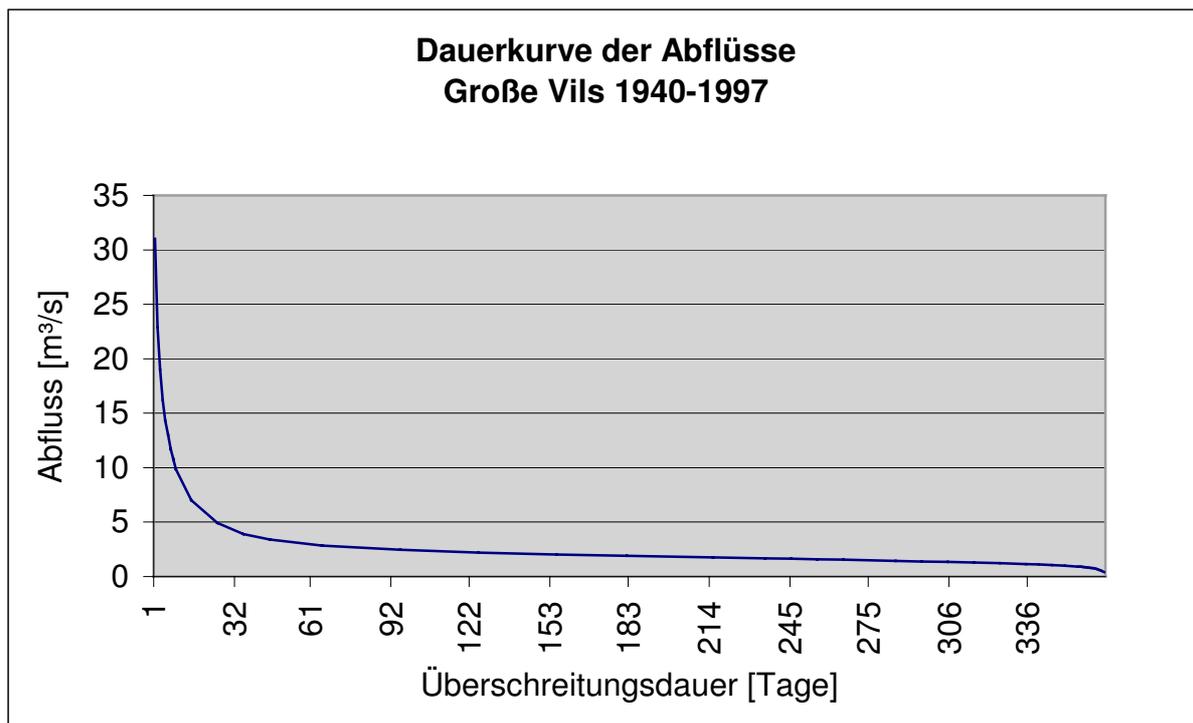


Abbildung 4: Dauerkurve der Abflüsse Große Vils

Diese Werte werden im weiteren zur Bewertung bestehender Anlagen und zur Ermittlung des Potenzials verwendet.

Alle anderen Fließgewässer sind kleinere Bäche und Zuflüsse zur Großen Vils. Folgende Bäche sind in der topografischen Karte genannt und münden im Untersuchungsgebiet in die Große Vils (Reihenfolge flussabwärts):

Maierbach / Kurzbach • Haarbach • Pfaffenbach • Schaidhamer Graben • Rettenbach / Asbachl • Schachtengraben • Kreuzaigner Graben • Frauengraben • Eiselsberger Graben • Steindlgraben / Assanggraben

Daneben gibt es noch einige weitere kleine Bäche und Gräben, die namentlich nicht mehr in der topografischen Karte genannt sind und noch geringere Abflusswerte aufweisen dürften.

Für keinen dieser Bäche liegen beim Wasserwirtschaftsamt Landshut Abflussdaten vor (mündliche Mitteilung von Herrn Staudinger, Wasserwirtschaftsamt Landshut vom 28. Oktober 2003). Sollen die Bäche in weitere Berechnungen mit einbezogen werden, so müssen die Abflusswerte geschätzt werden. Im folgenden wird deshalb für diese Bäche ein mittlerer Abfluss  $MQ = 0,1 \text{ m}^3 / \text{s}$  angenommen.

### 5.1.2 Bestehende Wasserkraftwerke

Das Landratsamt Landshut führt im sog. „Wasserbuch“ sämtliche Wasserrechte in seinem Verwaltungsgebiet (mündliche Mitteilung von Herrn Reiter, Landratsamt Landshut vom 4. April 2003).

Die Inhaber von Wasserrechten im Gebiet der Stadt Vilsbiburg wurden anhand eines Fragebogens interviewt. Die Fragen bezogen sich auf eine eventuell vorhandene Anlage zur Nutzung der Wasserkraft (Anlagentyp, Baujahr, Leistung ... ), auf die Wirtschaftlichkeit (Ausfallzeiten, Reparaturen... ) und auf gewässerbezogene Daten (Abfluss, Fallhöhe... ). Schließlich wurde auch nach der persönlichen Motivation zum Betrieb des Wasserkraftwerks gefragt.

Im Anhang, Kapitel 11.1 sind die entsprechenden Aufnahmebögen zu finden. In Kapitel 6.1.1 wird auf die hierbei ermittelten Ergebnisse näher eingegangen.

### 5.1.3 Potenzielle Standorte

Bei der Untersuchung potenzieller Standorte für die Nutzung der Wasserkraft kommen zuerst **alte Mühlenstandorte** in Betracht, deren Nutzung eingestellt wurde. Gerade aus Ortsnamen im Untersuchungsgebiet ist eine ehemalige Nutzung leicht ersichtlich: „Streunweitmühle“, „Derndlmühl“ und „Mühlen“ führen das Wort „Mühle“ bereits in ihren Namen. Sind auch derzeit keine Wasserrechte mehr an den ehemaligen Mühlenstandorten vorhanden, können sie dennoch eventuell für eine Nutzung der Wasserkraft interessant sein.

Ebenso sind **Sohlschwellen** im Gewässer hierbei interessant. Ein Querbauwerk wie die Sohlschwelle soll als Maßnahme der Flussregulierung die nachteiligen Wirkungen zu starker Tiefenerosion verhindern. Wird die Höhendifferenz, die bisher durch eine Sohlschwelle energetisch gesehen „vergeudet“ wurde, zukünftig durch ein Wasserkraftwerk genutzt, so könnte sich durch den Wegfall des Unterhalts der Sohlschwelle, an deren Stelle das Wasserkraftwerk tritt, ein Einsparpotenzial für den staatlichen Gewässerunterhalt durch das Wasserwirtschaftsamt ergeben. Ein Wasserrecht müsste in diesem Fall neu erteilt werden.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Die Betrachtung potenzieller Standorte ohne bestehende Wasserrechte kann durchaus sinnvoll sein, wie sich im Gespräch mit Herrn Lachhammer (9. Mai 2003) herausstellte. Zwar dürfte die Genehmigung aufwändiger sein als an Standorten mit bestehenden Wasserrechten, unmöglich scheint dies aber nicht zu sein.

Schließlich könnte auch durch **Aufstau** die Wasserkraft nutzbar gemacht werden. Der Anstieg des Grundwasserspiegels und daraus folgende Vernässung angrenzender landwirtschaftlicher Flächen sowie eventuelle Überflutungen benachbarter Keller dürften jedoch sowohl bezüglich der Genehmigung als auch bezüglich einer Schadensersatzpflicht des künftigen Kraftwerksbetreibers sehr problematisch sein.<sup>8</sup> Die Möglichkeit eines künstlichen Aufstaus wurde deshalb in den weiteren Untersuchungen außer Betracht gelassen.

Die örtlichen Verhältnisse wurden in einer Begehung des Flusslaufs im Gebiet der Stadt Vilsbiburg ermittelt.

## **5.2 Windkraft**

### **5.2.1 Winddaten**

#### **5.2.1.1 Winddaten aus Windkarten**

Der Wind ist, anders als andere klimatische Faktoren, eine vektorielle Größe, die durch Richtung und Betrag beschrieben wird. Der Richtung des „Vektors Wind“ entspricht die **Windrichtung**, also die Richtung aus welcher der Wind kommt, während der Betrag die **Windgeschwindigkeit** ist (vgl. BayFORKLIM, 1996:30).

Die Messstationen des Deutschen Wetterdienstes zeichnen Winddaten auf. Da diese Daten nur „punktuell“ für den Ort der Messstation gelten, werden sie mit Hilfe von Rechenmodellen wie dem Statistischen Windfeldmodell (SWM) oder dem Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP) „in die Fläche gerechnet“ (vgl. BINE, 1999). Der Bayerische Solar- und Windatlas (vgl. Bay. Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, 2001) beinhaltet auf diese Weise erstellte Karten, welche für ganz Bayern die Windgeschwindigkeiten als Jahresmittelwert in 10 m, 30 m und 50 m Höhe über Grund darstellen.

Für das Gebiet der Stadt Vilsbiburg kann nach dem Bayerischen Solar- und Windatlas für eine Höhe von 50 m über Grund eine Windgeschwindigkeit von 2,6 bis 3,8 m/s im Jahresmittel angenommen werden (vgl. Abbildung 5). Die genauere lokale Einschätzung erweist sich wegen des Maßstabs von 1 : 500.000 als schwierig.

---

<sup>8</sup> Vom Aspekt des Naturschutz aus gesehen dürften sich weniger Probleme ergeben, da hierbei vernässte Flächen in der landwirtschaftlich geprägten Flur eher eine Seltenheit darstellen. Auch die Durchgängigkeit für Fische ließe sich mit technischen Hilfsmittel (z.B. Fischtreppe) trotz eines Aufstaus gewährleisten.

Im Bayerischen Solar- und Windatlas wird darauf hingewiesen, dass solche Windkarten

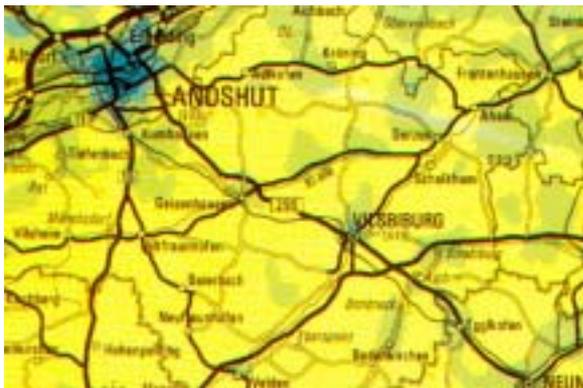


Abbildung 5: Windgeschwindigkeiten in Bayern, Jahresmittel in 50 m über Grund, M 1:500.000 (Ausschnitt aus Bay. Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, 2001: Kartenanhang)

allenfalls zur ersten groben Abschätzung dienen können, für genauere Ertragsprognosen aber unbedingt ein standortspezifisches Windgutachten nötig ist.

In der Fachwelt werden die Rechenmodelle, auf denen solche Windkarten basieren, zunehmend kritisch betrachtet (vgl. Strack / Winkler, 2002).

Die Betreiber des Windparks Gangkofen<sup>9</sup> (Auskunft von Herrn Dr. Stadler vom 9. Juli 2003) haben bei standortspezifischen

Windmessungen die Erfahrung gemacht, dass auch bei Standorten, die relativ nahe beieinander liegen und zunächst als ähnlich in ihren Windverhältnissen eingeschätzt wurden, die Messergebnisse oft gravierende Unterschiede im Windpotenzial zeigen. Zudem ist zu Bedenken, dass die Windleistung proportional zur 3. Potenz der Windgeschwindigkeit ist (vgl. Kapitel 7.3). Demnach entspricht einer Fehleinschätzung der Windgeschwindigkeit um 10 % einer Fehleinschätzung der Windleistung um ca. 30 % (vgl. Gasch, 1996:116).

**Vor einer Entscheidung für eine Investition in eine Windkraftanlage an einem bestimmten Standort muss in jedem Fall ein detailliertes Windgutachten**, wie es zum Beispiel der Deutsche Wetterdienst anbietet, **erstellt werden**. Es sollte mit einer mindestens einjährigen Messung die örtlichen Windverhältnisse erfassen (vgl. DEWI, 2001:34 und Ammonit, 2000).

Der Bundesverband Windenergie hat zur Sicherung von Qualität und Vergleichbarkeit „Mindeststandards für Windgutachten“ festgelegt (vgl. BWE, 2003:33).

### 5.2.1.2 Winddaten aus örtlichen Messungen

Wegen eingeschränkter Übertragbarkeit wurde im folgenden auf die Verwendung von Daten der nächstgelegenen Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes in Freising bzw. am Flughafen München II in Erding verzichtet und stattdessen auf die Daten einer privaten lokalen Wetterstation zurückgegriffen.

---

<sup>9</sup> Der Windpark Gangkofen liegt etwa 15 km östlich von Vilsbiburg und wurde von einer privaten Anlegergemeinschaft finanziert.

Herr Alois Döbler betreibt in Vilsbiburg seit den 1970er Jahren eine private Wetterstation. Diese befindet sich in der Reitelbauerstraße im Norden der Stadt Vilsbiburg und liegt 449 m über Normalnull. Seit 2002 werden die Daten elektronisch erfasst, eine Auswertung ist dadurch erheblich leichter möglich. Alle nachfolgenden Daten beziehen sich (wenn nicht anders angegeben) auf das Jahr 2002.

Die **Windrichtung** war zu 58 % aus westlichen Richtungen (Südwest, West, Nordwest), zu 39 % aus östlichen Richtungen (Nordost, Ost, Südost), die restlichen 3 % verteilten sich auf Nord- und Südwinde.

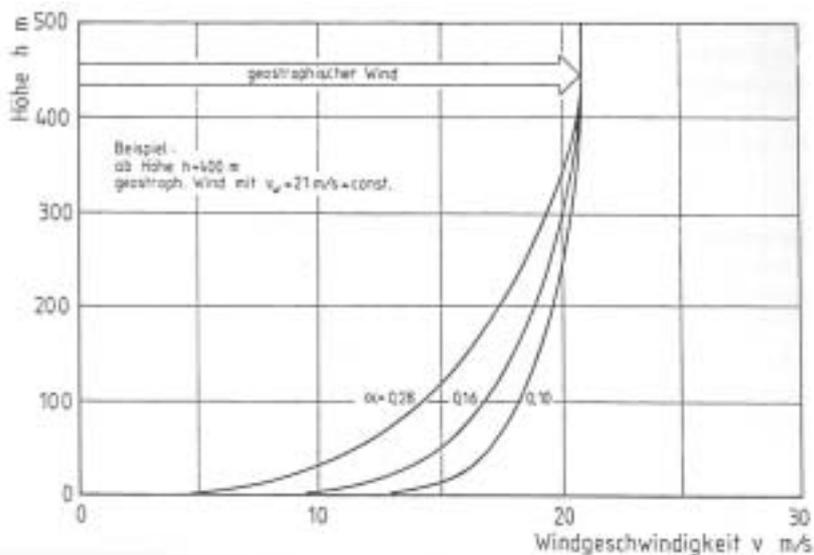


Abbildung 6: Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe (aus Hau, 1996:476)

Daneben ist die **Windgeschwindigkeit** für die Nutzung der Windenergie von Bedeutung. Es ist zu beachten, dass die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zunimmt (vgl. Abbildung 6). Durch die Reibung an der Erdoberfläche wird die Windgeschwindigkeit

bis auf Null unmittelbar an der Erdoberfläche abgebremst, während mit zunehmender Höhe die Windgeschwindigkeit steigt. Der „ungestörte“ Wind stellt sich erst in großer Höhe (je nach Wetterlage in 300 bis 1000 m über Grund) ein und wird als „geostrophischer Wind“ bezeichnet (vgl. Hau, 1996:475).

Zu einer Abschätzung der Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe kann der **Potenzansatz nach Hellmann** dienen (vgl. Hau, 1996:475):

$$v_H = v' \cdot \left( \frac{H}{H'} \right)^\alpha$$

- $v_H$  Windgeschwindigkeit in Höhe H
- $v'$  Windgeschwindigkeit in Referenzhöhe H'
- H Höhe, deren Windgeschwindigkeit gesucht ist

- $H'$     Referenzhöhe  
 $\alpha$     Hellmann-Exponent (Höhenwindexponent)

Zur Zuordnung des Hellmann-Exponenten wird das folgende Diagramm (Abbildung 7) zu Hilfe genommen:

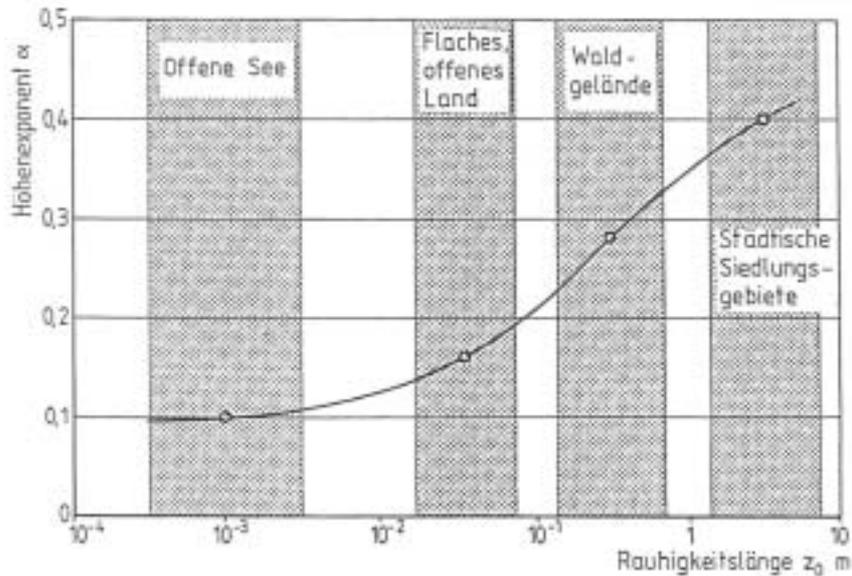


Abbildung 7: Hellmann-Exponenten (aus Hau, 1996:476)

Für die Messstation in der Reitelbauerstraße wurde ein Hellmann-Exponent von  $\alpha = 0,3$  gewählt. Die Station befindet sich zwar in einem Siedlungsgebiet, die Einordnung in die Kategorie „städtische Siedlungsgebiete“ (mit  $\alpha = 0,4$ ) erscheint aber wegen der geringen Bauhöhen als „übertrieben“. Es wurde daher mit  $\alpha = 0,3$  ein kleinerer Exponent gewählt. Für die weiteren Berechnungen kann dies als „Sicherheit“ gelten, da mit einem kleiner gewählten Hellmann-Exponenten auch die ermittelten Windgeschwindigkeiten in Höhe  $H$  kleiner sind. Dies kann vor überzogenen Ertragsprognosen bewahren.

Die Daten der Windgeschwindigkeit der Messstation in der Reitelbauerstraße stehen für das Jahr 2002 als Tagesmittelwerte zur Verfügung und beziehen sich auf eine Referenzhöhe von 6 m über Grund. Da eine direkte Auswertung nach der Häufigkeitsverteilung der Windstärke durch das Programm der Wetterstation von Herrn Döbler nicht möglich war, musste der „Umweg“ über tägliche Mittelwerte genommen werden.

Für das Jahr 2002 lagen 359 Tagesmittelwerte vor, für 6 Tage fehlten die Daten aufgrund von Messfehlern. Die einzelnen Tagesmittelwerte wurden zunächst auf später

Windgeschwindigkeit [m/s]	Häufigkeit
über 28	0,0%
27,0	0,0%
26,0	0,6%
25,0	0,0%
24,0	0,3%
23,0	0,3%
22,0	0,6%
21,0	0,3%
20,0	0,3%
19,0	0,8%
18,0	0,6%
17,0	0,8%
16,0	0,3%
15,0	0,0%
14,0	0,6%
13,0	1,1%
12,0	1,1%
11,0	1,4%
10,0	1,9%
9,0	0,6%
8,0	2,2%
7,0	3,9%
6,0	1,1%
5,0	3,1%
4,0	2,8%
3,0	6,7%
2,5	5,0%
unter 2,5	63,8%

Tabelle 11: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit in 64 m Höhe

relevante Höhen hochgerechnet. Die hierbei gewählten Höhen von 50 m, 64 m, 88 m und 114,5 m ergeben sich aus der Vergleichshöhe des Bayerischen Solar- und Windatlas und den Nabhöhen von Windkraftanlagen, die in den Kapiteln 7.3 bzw. 11.4 zur Ertragsprognose verwendet werden. Dazu wurde der Potenzansatz nach Hellmann mit einem Hellmann-Faktor von  $\alpha = 0,3$  verwendet. Anschließend wurden für die jeweiligen Höhen die **Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit** ermittelt. Dafür wurden die Tage gezählt, an denen eine bestimmte Windgeschwindigkeit erreicht wurde. Für eine Nabhöhe von 64 m ergibt sich die in Tabelle 11 ersichtliche Häufigkeitsverteilung. Die entsprechenden Werte für die anderen Nabhöhen befinden sich in Kapitel 11.4.

Errechnet man aus den vorliegenden Daten der Messstation in der Reitelbauerstrasse die mittlere Windgeschwindigkeit im Jahresmittel in 50 m Höhe über Grund, so erhält man einen Wert von 3,1 m/s. Nach der entsprechenden Windkarte im Bayerischen Solar- und Windatlas kann man direkt in der Stadt Vilsbiburg einen Wert von 2,6 bis 3,0 m/s erwarten (vgl. Bay. Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, 2001).

## 5.2.2 Potenzielle Standorte

Anders als bei der Wasserkraft beschränkt sich die Bestandsaufnahme bei der Windkraft auf die Erfassung potenzieller Standorte, da bisher keine Windkraftanlagen<sup>10</sup> im Untersuchungsgebiet bestehen.

<sup>10</sup> Gemeint sind in diesem Zusammenhang Windkraftanlagen zur Stromerzeugung; Windräder zum Antrieb von Wasserpumpen waren früher in Niederbayern öfter anzutreffen.

### **5.2.2.1 Methodik**

Zunächst wurde mit Hilfe von topografischen Karten in den Maßstäben 1:50.000 und 1:25.000 Standorte, welche von ihrer topografischen Lage her geeignet erschienen, ausgewählt. Die topografischen Karten lagen nicht nur in gedruckter Form, sondern auch digital vor. Die mit den digitalen Karten erstellbaren dreidimensionalen Ansichten und Reliefkarten (siehe Kapitel 11.6) erleichterten die Standortauswahl erheblich. Anschließend wurden vor Ort die im folgenden Kapitel genannten Kriterien an jedem Standort untersucht. Die Ergebnisse wurden tabellarisch in einem Aufnahmebogen zusammengefasst und sind im Anhang, Kapitel 11.2 zu finden.

### **5.2.2.2 untersuchte Kriterien**

Die Erfassung potenzieller Standorte erfolgte anhand von sieben Kriterien, die im folgenden dargestellt werden sollen. Besondere Bedeutung kommt hierbei den Kriterien Höhenlage, Windschatten und Stauwirkung sowie der topografische Lage zu, da hiervon die Erträge der Windkraftanlage direkt abhängen.

#### *5.2.2.2.1 Kriterium Höhenlage*

Wie in Kapitel 5.2.1.2 bereits beschrieben, steigt die Windgeschwindigkeit mit der Höhe an. Je höher ein Standort im Vergleich zur Umgebung liegt, desto weniger stark werden die örtlichen Windgeschwindigkeiten von negativen Einflüssen aus der Umgebung gemindert.

Daher wurde die Höhe jedes potenziellen Standorts mit Hilfe der digitalen Ausgabe der topografischen Karte im Maßstab 1:25.000 ermittelt.

#### *5.2.2.2.2 Kriterium Windschatten und Stauwirkung*

In Bodennähe wird der Wind durch die Strömungswiderstände der Erdoberfläche in Richtung, Gleichförmigkeit und Geschwindigkeit beeinflusst. Die Oberflächenstruktur der Erde wird auch als „Orographie“ bezeichnet. Die Windgeschwindigkeit verringert sich in Bodennähe umso mehr, je größer die Rauigkeit der Geländeoberfläche ist. Ein Maß für die Rauigkeit ist die „Rauigkeitslänge“. In Tabelle 12 sind einige Werte der Rauigkeitslänge exemplarisch angegeben.

Oberfläche	Rauhigkeitslänge
Meer	0 m
Flachland	0,03 m
Flächen mit niedrigem Bestand	0,1 m
Flächen mit hohem Bestand	0,2 m
Wald	0,4 m
Dörfer, Vororte	0,7 m
Wälder, Städte	1-2 m

Tabelle 12: Rauigkeitslängen (aus Mielke, 1995:11)

Nach Robert Gasch (1996:102) „kann angesetzt werden, dass sich eine geschlossene Baumgruppe in der Höhe  $H$  (...) in Windrichtung (...) um ein Fünffaches der Höhe  $H$  als Störung auswirkt und in Abwindrichtung bis zum fünfzehnfachen Wert der Höhe  $H$  die Windströmung stört (...). Bauwerke verhalten sich ähnlich in ihrer Auswirkung auf die Windströmung (...).“

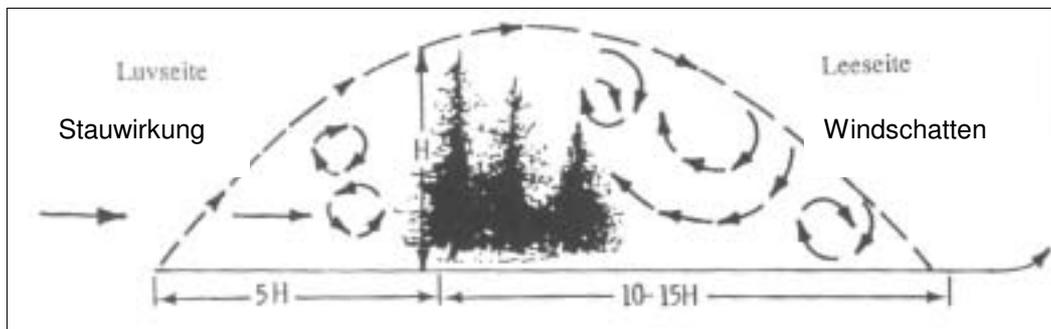


Abbildung 8: Hindernisse (aus Gasch, 1996:102)

Um die Einflüsse der Orographie an einem potenziellen Standort messbar zu machen, wurden für die acht Windrichtungen Nord, Nordost, Ost, Südost, Süd, Südwest, West und Nordwest mit Hilfe eines Neigungsmessers die Beschattungs- bzw. Stauwinkel gemessen.

Als messbare Größe für den Windschatten dient der **Beschattungswinkel**, während für die Stauwirkung der **Stauwinkel** verwendet wird. In Abbildung 9 werden beide Begriffe grafisch erläutert.

Nach Kapitel 5.2.1.2 sind als Hauptwindrichtungen Nordwest, West und Südwest zu nennen. Als Messwert für den **Windschatten** wurde daher der Mittelwert aus den Beschattungswinkeln von Nordwest, West und Südwest genommen. Entsprechend wurde für die **Stauwirkung** des Windes der Mittelwert aus den Stauwinkeln aus Nordost, Ost und Südost als Messwert angenommen.

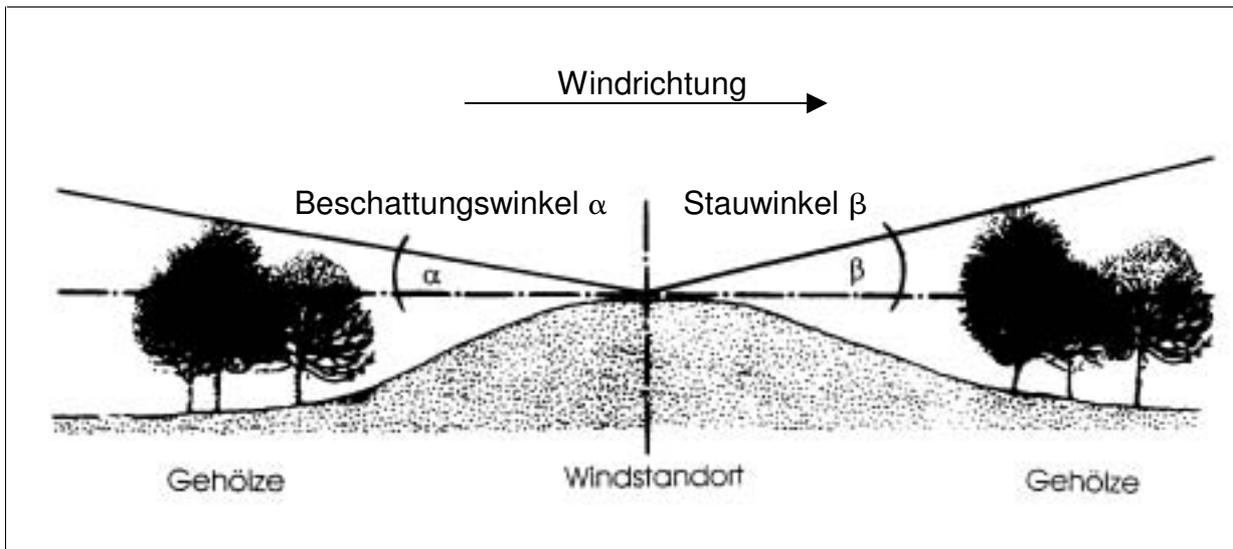


Abbildung 9: Beschattungs- und Stauwinkel (modifiziert übernommen aus Schrimppff, 2000:143, Band1)

#### 5.2.2.2.3 Kriterium topografische Lage

Die örtliche Topografie beeinflusst die Windverhältnisse erheblich. Auf Bergrücken und Kuppen finden sich durch die Höhendifferenz zur Umgebung und die Beschleunigung des Windes infolge der Verdrängung bessere Windverhältnisse als in der

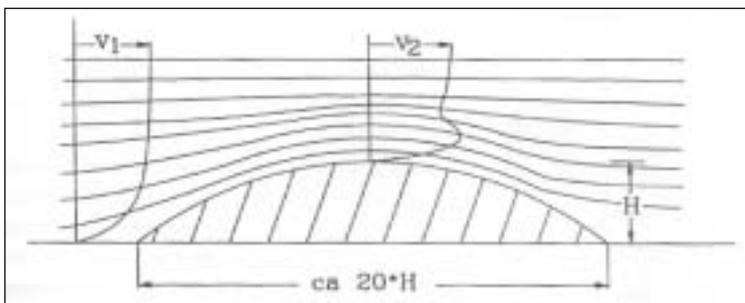


Abbildung 10: erhöhte Windgeschwindigkeit auf Kuppen (aus Gasch, 1996:103)

Umgebung (siehe Abbildung 10). Als besonders günstig können langgestreckte, quer zum Wind stehende Bergrücken gelten, dort kann unter Umständen eine bis zu doppelt so hohe Windgeschwindigkeit als vor dem Berg gemessen werden. Als ideal werden hierbei Hangneigungen von 1:3 bis 1:4 betrachtet. Bei steilen Hügeln dagegen kann es wegen auftretender Verwirbelungen zu Problemen kommen (vgl. Mielke, 1995:11). Die topografische Lage jedes untersuchten Standorts wurde hierzu untersucht und beschrieben.

#### 5.2.2.2.4 Kriterium Erschließung

Nach Auskunft von Herrn Beermann (7. Juli 2003) ist für Kranarbeiten während des Aufbaus einer Windkraftanlage ein Weg von mindestens 4,5 m Breite erforderlich.

Eine Achslast von 12 t muss zudem zulässig sein.<sup>11</sup> Mit Hilfe einer topografischen Karte im Maßstab 1:25.000 und einer Besichtigung der örtlichen Straßenverhältnisse wurde die Entfernung der nächsten Straße mit einer Breite von mindestens 4,5 m ermittelt.

#### *5.2.2.2.5 Kriterium Entfernung Wohngebäude*

Von Windkraftanlagen können Beeinträchtigungen auf die Umgebung ausgehen (siehe Kapitel 3.2.2). Deshalb wurden vor Ort mit Hilfe topografischer Karten die Abstände zur nächsten Wohnbebauung und deren jeweilige Himmelsrichtung ermittelt. Gebäude in den Richtungen Nordwest, Nord und Nordost sind bei geringer Entfernung zur Windkraftanlage sowohl Schattenwurf, als auch Geräuschemissionen ausgesetzt. Gebäude, die zwar relativ nahe an der Windkraftanlage, nicht aber in einer nördlichen Richtung davon stehen, sind „nur“ den Geräuschemissionen ausgesetzt. Mit zunehmendem Abstand des Gebäudes von der Windkraftanlage verringert sich die Belastung.

#### *5.2.2.2.6 Kriterium Entfernung Mittelspannungsleitung*

Sollen die geplanten Windkraftanlagen nicht im Inselbetrieb<sup>12</sup> genutzt werden, sondern der produzierte Strom in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden, ist ein Anschluss an eine Mittelspannungsleitung herzustellen. Die Kosten hat der Betreiber der Windkraftanlage zu tragen, deshalb sind hierdurch Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage möglich.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> Nach Auskunft von Herrn Beermann (7. Juli 2003) ist es jedoch egal, ob die Straße ein einfacher Kiesweg ist oder eine Asphaltdecke hat. Die Schäden an einem Kiesweg sind wesentlich leichter zu reparieren als an einer Asphaltdecke.

<sup>12</sup> Inselbetrieb bedeutet, dass der produzierte Strom in unmittelbarer Nähe der Windkraftanlage verbraucht wird und nicht in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird.

<sup>13</sup> Ob die vorhandene Mittelspannungsleitung technisch in der Lage ist, die Stromproduktion der Windkraftanlage aufzunehmen, kann nur durch eine aufwändige Netzberechnung durchgeführt werden. Widrigenfalls sind hier Investitionen in die Netzkapazität nötig. Nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sind diese Kosten zwar von den Energieversorgungsunternehmen (EVU) zu tragen, laut Auskunft von Herrn Beermann (7. Juli 2003) hat sich in der Praxis aber herausgestellt, dass das EEG an dieser Stelle nicht eindeutig genug formuliert ist und es manche EVUs diesbezüglich auf Gerichtsverhandlungen ankommen lassen. Für Investoren einer Windkraftanlage sind damit verbundene Verzögerungen und Prozesskosten oftmals ein Anlass, vom Projekt Abstand zu nehmen. Im Rahmen dieser Standortanalyse ist eine Untersuchung der Netzkapazität für die Vielzahl der Standorte nicht möglich gewesen.

#### 5.2.2.2.7 Kriterium Bodengüte

Die Bodengüte wurde anhand der in der Landwirtschaft verwendeten Kennzahlen Bodenzahl und Ackerzahl ermittelt. Die beim Landwirtschaftsamt Landshut vorliegenden Bodenschätzungskarten im Maßstab 1:5.000 verzeichnen diese Werte für jedes Flurstück.

Die Bodengüte beeinflusst über den Kauf- bzw. Pachtpreis für die Flächen das Investitionsvolumen. Da aber nur relativ kleine Flächen für die Errichtung einer Windkraftanlage benötigt werden, ist dieses Kriterium eher nachrangig.<sup>14</sup>

### 5.3 Umfragemethodik

#### 5.3.1 Ziele der Umfrage

Bisher wurden im Rahmen der Bestandsaufnahme vor allem Zahlen und „harte Fakten“ betrachtet, die Bürger Vilsbiburgs wurden jedoch (bis auf die befragten Wasserkraftwerksbesitzer) weitgehend unberücksichtigt gelassen. Es ist jedoch sinnvoll, auch den Faktor „Mensch“ im Rahmen einer Bestandsaufnahme einzubeziehen. Berührungspunkte zwischen den Bürgern Vilsbiburgs und den Erneuerbaren Energien gibt es auf vielfältige Weise:

- Als Verbraucher sind die Bürger der Grund, weshalb überhaupt Energie zur Verfügung gestellt werden muss.
- Im freien Strommarkt haben sie als Kunden die Möglichkeit, durch die Wahl ihres Stromlieferanten auf die Zusammensetzung „ihres“ Stroms Einfluss zu nehmen.
- Als Nachbarn einer Wind- oder Wasserkraftanlage oder als Erholungssuchende sind sie eventuell mit deren Auswirkungen auf die Umwelt konfrontiert.
- Als Betreiber oder Investoren können sie auch finanziell an Wind- und Wasserkraftanlagen beteiligt sein.
- Als mündige Bürger, Wähler oder Entscheidungsträger in der Politik haben sie die Möglichkeit, Einfluss auf die politischen Voraussetzungen auf dem Energiemarkt zu nehmen.
- Als Arbeitgeber oder Arbeitnehmer können Sie mit Erneuerbaren Energien im Berufsleben in Kontakt kommen.

---

<sup>14</sup> Nach Hau (1996:567) kann als Richtwert ein Flächenbedarf des Fundaments zwischen 200 und 400 m<sup>2</sup>, abhängig von der Anlagengröße, angesetzt werden.

Wegen dieser Vielfalt an Berührungspunkten zwischen „Mensch“ und „Technik“ ist es sinnvoll, dieses Verhältnis näher zu betrachten. Im Rahmen einer Umfrage sollte vor allem untersucht werden, wie die Akzeptanz und die Einschätzung der Bürger Vilsbiburgs bezüglich den Erneuerbaren Energien Wind- und Wasserkraft ist.

### **5.3.2 Fragebogen**

Der Fragebogen wurde so aufgebaut, dass nach einer kurzen erläuternden Einleitung mit Anweisungen zur Rückgabe zunächst allgemeine Fragen zu Erneuerbaren Energien, dann Fragen zur Wasser- und zur Windkraft und abschließend Fragen zur Person gestellt wurden. Die Fragen sind in Kapitel 6.3 zu finden.

### **5.3.3 Durchführung der Umfrage**

Um eine gewisse Repräsentativität der Umfrage zu gewährleisten, ist eine hohe Anzahl an verteilten Fragebögen wünschenswert. Andererseits schränken jedoch die im Rahmen dieser Diplomarbeit zur Verfügung stehenden finanziellen und personellen Ressourcen diese Anzahl ein. Nach Abwägung beider Faktoren erschien eine Anzahl von ca. 2.000 Fragebögen realisierbar. Mit einem Einwohnerstand von ca. 11.400 würden ca. 17,5 % der Bürger einen Fragebogen erhalten. Die Verteilung wurde mit einem wöchentlich erscheinenden lokalen Anzeigenblatt, dem „Vilstalboten“ durchgeführt, der über ein eigenes Verteilersystem in die Haushalte gebracht wird. Durch eine Auswahl bestimmter Verteilergebiete aus dem Verteilersystem konnte auch sichergestellt werden, dass das Verhältnis der Bürger, die direkt in der Stadt Vilsbiburg leben (ca. 8.000, entsprechend ca. 70 % aller Einwohner) zu den Bürgern außerhalb der Stadt Vilsbiburg (ca. 3.400, entsprechend ca. 30 % aller Einwohner) eingehalten werden konnte. Insgesamt wurden 1.920 Fragebögen verteilt.

Die Verteilung erfolgte ab dem 17. Juni 2003, die Rückgabe wurde bis spätestens 31. Juli 2003 erbeten.

## 6 Bestandsergebnisse

### 6.1 *Wasserkraft*

#### 6.1.1 **Bestehende Wasserkraftwerke**

Die folgenden Daten stammen aus der Befragung der Wasserkraftwerksbesitzer (siehe Kapitel 5.1.2 und Kapitel 11.1). Alle Inhaber von Wasserrechten nutzen diese derzeit. Während man früher die Wasserkraft direkt zum Betrieb von Sägewerken bzw. von Getreidemühlen nutzte, wird heute zuerst elektrischer Strom erzeugt, der dann wiederum zum Teil selbst verbraucht, zum Teil in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird. Da nach Angaben der Kraftwerksbesitzer die Vergütung des eingespeisten Stroms<sup>15</sup> geringer ist als die Kosten für den Strombezug bei einem Energieversorgungsunternehmen, speisen fünf von sechs Kraftwerksbesitzern nur den überschüssigen, nicht selbst verbrauchten Strom in das öffentliche Stromnetz ein, da sie bei kompletter Einspeisung demnach mehr bezahlen würden.<sup>16</sup> Lediglich ein Kraftwerksbetreiber speist „der Einfachheit halber“ den gesamten produzierten elektrischen Strom in das Netz der Stadtwerke Vilsbiburg ein.

Bei den Anlagen handelt es sich durchwegs um Francis-Turbinen, die in der Zeit zwischen ca. 1930 und 1950 errichtet wurden. Insgesamt wird dieser Turbinentyp als langlebig und robust bewertet. Während zwei Anlagen momentan als nicht überholungsbedürftig eingeschätzt werden, haben andere Kraftwerke bereits umfangreiche Überholungen hinter sich oder sind mittlerweile in einem Zustand, der eine Modernisierung oder Überholung demnächst nötig macht. Bei einer Anlage wurde angegeben, dass eigentlich statt einer Überholung ein kompletter Neubau anstehen würde. In Anbetracht der hohen Kosten<sup>17</sup>, die eine Überholung bzw. ein Neubau (basierend auf konventioneller Technik der Wasserkraftnutzung) verursachen würde, sehen viele Kraftwerksbesitzer keine Möglichkeit des Weiterbetriebs mehr, sollte eine Bau-

---

<sup>15</sup> Diese Vergütung ist durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geregelt und beträgt für Strom aus Wasserkraft mind. 7,67 Cent/kWh (15 Pfennig/kWh).

<sup>16</sup> Am Beispiel eines Wasserkraftwerks mit einer Jahresproduktion von 100.000 kWh und einem Eigenverbrauch von 15.000 kWh soll das verdeutlicht werden.

Variante 1: Verkauf 100.000 kWh à 7,67 Cent an EVU, Zukauf von 15.000 kWh à 12 Cent von EVU ergibt einen Jahresgewinn von 5.870 €.

Variante 2: Verkauf von 85.000 kWh à 7,67 Cent an EVU, kein Zukauf, ergibt einen Jahresgewinn von 6.520 €.

<sup>17</sup> Etliche Kraftwerksbesitzer haben bereits entsprechende Angebote für eine Überholung bzw. einen Neubau eingeholt.

maßnahme nötig werden. Zwar sind viele Betreiber der Wasserkraft durch die Familientradition auch emotional verbunden oder sehen einen Vorteil in der autarken Stromversorgung bei einem Ausfall des öffentlichen Netzes, aber bei anstehenden Investitionskosten in den genannten Größenordnungen erscheint ihnen ein wirtschaftlicher Betrieb nach einer Modernisierung unmöglich. Eine zusätzliche Belastung ergibt sich bei einigen Kraftwerksbetreibern durch die Pflicht zum Gewässerunterhalt, der in den jeweiligen Wasserrechten begründet ist.

Weitere Einzelheiten können den Aufnahmebögen in Kapitel 11.1 und der Tabelle 13 entnommen werden, in der die wichtigsten Kennzahlen der Wasserkraftwerke zusammengefasst wurden.

Kraftwerksbetreiber	Fallhöhe [m]	Nennleistung [kW]	Durchschnittsleistung [kW]	Jahresbetriebsdauer [Tage]	Jahresertrag [kWh]	davon Eigenverbrauch [kWh]	davon Netzeinspeisung [kWh]
Stadler	1,20	-	6 *	350	50.400 *	20.000 *	30.400 *
Granich	1,70	16	12	350	100.800 *	15.800 *	85.000
Unterholzner	1,60	16 + 11	16 *	364	140.000	70.000	70.000
Balk	2,00	20	8,4 *	360	73.000	0	73.000
Wackerbauer	1,60	25	18	360	155.520 *	70.520 *	85.000
Gruber	1,70	-	7	350	58.800	58.800	0
<b>Summen</b>					<b>578.520</b>	<b>235.120</b>	<b>343.400</b>

Tabelle 13: Zusammenstellung wichtiger Kennzahlen der Wasserkraftwerke (vgl. Kapitel 11.1). Mit \* bezeichnete Daten mussten mangels Angaben aus vorhandenen Daten abgeleitet bzw. abgeschätzt werden. Bei leeren Feldern wurden von den Betreibern keine Angaben gemacht.

Kraftwerksbetreiber	Fallhöhe [m]	Jahresertrag [kWh]	Effizienz [kWh/m]
Stadler	1,20	50.400	42.000
Granich	1,70	100.800	59.294
Unterholzner	1,60	140.000	87.500
Balk	2,00	73.000	36.500
Wackerbauer	1,60	155.520	97.200
Gruber	1,70	58.800	34.588

Tabelle 14: Effizienz der Wasserkraftwerke

Betrachtet man die Summen in Tabelle 13, so können, bezogen auf das gesamte Untersuchungsgebiet, als Jahresertrag aus Wasserkraft ca. 578.000 kWh angesetzt werden, etwa 41 % davon werden von den Kraftwerksbetreibern selbst verbraucht, der Rest von etwa 59 % wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Insgesamt werden derzeit 1,2 % des Gesamtstrombedarfs<sup>18</sup> der Stadt Vilsbiburg von der Wasserkraft gedeckt.

Auffallend ist, dass die einzelnen Jahreserträge der Wasserkraftwerke stark voneinander abweichen. Besonders deutlich wird das, wenn man in Tabelle 14 den Jahresertrag pro Meter Fallhöhe (im folgenden „Effizienz“ genannt) betrachtet, wodurch die einzelnen Anlagen besser vergleichbar werden. Gerade die Betreiber weniger effizienter Anlagen beklagen die mangelnde Rentabilität (vgl. Kapitel 11.1).

Für die teilweise schlechte Effizienz lassen sich sowohl anstehende Überholungen (Kraftwerke Stadler, Gruber), als auch die Problematik des undichten Flutkanals nennen. Der nordwestlich von Wolferding von der Großen Vils ausgeleitete Flutkanal, der zur Entlastung im Hochwasserfall dient, ist laut Auskunft von Herrn Lehner, Wasserwirtschaftsamt Landshut (15. Juli 2003), derzeit undicht. Es fließt ständig zuviel Wasser aus der Großen Vils in den Flutkanal, womit der Ertrag des Wasserkraftwerks Balk gemindert wird. Auch der noch außerhalb des Gebiets der Stadt Vilsbiburg bei Vilssöhl ausgeleitete Flutgraben, der bei Johanneskirchen wieder in die Große Vils mündet, könnte eventuell mehr Wasser als erwünscht führen, was wiederum die Erträge der betroffenen Wasserkraftwerke (Stadler, Granich) mindern würde.

Es ist zu befürchten, dass gerade die wenig effizienten Anlagen kurz vor dem Ausstehen sind, wenn nicht kostengünstigere Modernisierungsvarianten eingesetzt werden.

<sup>18</sup> Gesamtstrombedarf bezogen auf das Jahr 2001.

## 6.1.2 Potenzielle Standorte

Der Flusslauf der Großen Vils ist oberhalb der Stadt Vilsbiburg von geringer Dynamik geprägt, das Wasser fließt sehr langsam. Es finden sich zudem keine sichtbaren Höhenunterschiede in Form von Sohlswellen oder Abstürzen.

Auch unterhalb der Stadt Vilsbiburg ist der Flusslauf weitgehend ohne besondere Dynamik, lediglich auf dem kurzen Abschnitt zwischen Rechtersberg und Solling liegen einige kleinere Sohlswellen. Da diese aber erstens nur sehr klein sind (maximal 30 cm Höhe) und zweitens mehrere hundert Meter auseinander liegen, wären sie nur durch einen Aufstau zu einer wirtschaftlich nutzbaren



Abbildung 11: nordwestlich von Wolferding von der Großen Vils ausgeleiteter Flutkanal (Foto: Reinhard Ostermeier)

Höhendifferenz zusammenzufassen. Aus den in Kapitel 5.1.3 genannten Gründen wird von einem Aufstau aber abgeraten. Zudem erscheint es auch aus ökologischen Gründen nicht wünschenswert, den letzten verbliebenen Rest an Dynamik und Ursprünglichkeit der ansonsten sehr „behäbigen“ Großen Vils zu zerstören.

Im Gebiet der Stadt Vilsbiburg besitzt die Große Vils zwei größere Wehre, das bereits erwähnte undichte Wehr nordwestlich von Wolferding und das in der Nähe der Stadthalle gelegene sog. „Pfarrerwehr“. Da beide Wehre beträchtliche Höhendifferenzen aufweisen, mögen sie zunächst als geeignete Standorte für Wasserkraftwerke erscheinen. Beide Wehre dienen als Streichwehre jedoch der Hochwasserentlastung und zweigen in eigene Flutkanäle ab. Würde man diese Wehre nun zur Stromproduktion nutzen, würden die bestehenden Wasserkraftwerke, die direkt an der Großen Vils anliegen, weniger Strom produzieren. Die Wehre scheiden daher als Standorte für Wasserkraftwerke aus.

Die oben genannten alten Mühlenstandorte Streunweitmühle, Derndlmühl und Mühlen (siehe Kapitel 5.1.3), die sich aus den Ortsnamen herleiten, weisen keinerlei Bau-

ten mehr auf, die auf die ehemalige Nutzung schließen lassen würden. Auch sind keinerlei Höhendifferenzen mehr erkennbar. Es ist zu vermuten, dass nach Aufgabe dieser alten Mühlen andere Standorte ihre Fallhöhen vergrößerten.

Standorte für Wasserkraftwerke, die zusätzlich zu den bereits bestehenden Anlagen möglich wären, sind also unter der genannten Prämisse, keinen neuen Aufstau zu akzeptieren, an der Großen Vils nicht zu finden.

Die in Kapitel 5.1.1 genannten kleineren Bäche im Gebiet der Stadt Vilsbiburg können wegen fehlender Abflusswerte nur dann in weitere Berechnungen einbezogen werden, wenn man einige Annahmen macht. Bezüglich der Abflusswerte wird ein mittlerer Abfluss  $MQ = 0,1 \text{ m}^3 / \text{s}$  angenommen (siehe Kapitel 5.1.1), die Fallhöhe wird pauschal mit 1,0 m angesetzt. Selbstverständlich ermöglichen diese Voraussetzungen keine Wasserkraftwerke in den Dimensionen, wie sie an der Großen Vils bestehen. Man könnte aber dennoch eine Vielzahl kleinerer „Haus-Wasserkraftwerke“ an den Bächen vorsehen, die direkt anliegende Gebäude mit Strom versorgen. In den Standortkarten (Kapitel 11.6) werden 28 mögliche Standorte vorgeschlagen, wobei jeweils darauf geachtet wurde, dass ein Gebäude als „Verbraucher“ des produzierten Stroms benachbart ist. Diese Anzahl ist als exemplarisch zu betrachten und könnte eventuell noch vergrößert werden.

## 6.2 *Windkraft*

### 6.2.1 **Bewertungsschlüssel**

Die im Rahmen der Bestandsaufnahme ermittelten Daten mussten anhand eines Schlüssels bewertet werden. Um eine Vergleichbarkeit mit der Studie „Potenziale Erneuerbarer Energien in Moosburg 2000“ (Schrimppf, 2000:142-145, Band 1) zu gewährleisten, wurde der dort verwendete Bewertungsschlüssel übernommen und um das Kriterium der Höhenlage erweitert.

Folgender Bewertungsschlüssel wurde verwendet:

#### **Kriterium Höhenlage**

<b>Gewichtung</b>	<b>Bewertung</b>	<b>Höhe über Normalnull</b>
<b>4 X</b>	0	< 450 m
	1	450 - 470 m
	2	471 - 490 m
	3	> 490 m

### Kriterium Windschatten

Gewichtung	Bewertung	Beschattungswinkel
4 x	0	> 30%
	1	21 - 30 %
	2	11 - 20 %
	3	≤ 10 %

### Kriterium Stauwirkung

Gewichtung	Bewertung	Stauwinkel
2 x	0	> 30%
	1	21 - 30 %
	2	11 - 20 %
	3	≤ 10 %

### Kriterium topografische Lage

Gewichtung	Bewertung	Erläuterung
4 x	0	sehr schlecht (z.B. Tallage ohne Düseneffekt)
	1	schlecht (z.B. keine Tallage und kein Hochpunkt)
	2	gut (z.B. Hochpunkt, aber keine Kuppensituation)
	3	sehr gut (z.B. Kammlage, Kuppe, Gipfel)

### Kriterium Erschließung

Gewichtung	Bewertung	Entfernung
2 x	0	> 500 m
	1	251-500 m
	2	51-250 m
	3	≤ 50 m

### Kriterium Entfernung Wohngebäude

Gewichtung	Bewertung	Entfernung und Richtung
2 x	0	< 200 m in NW, N, NO
	1	< 200 m in alle anderen Richtungen
	2	200-400 m
	3	> 400 m

### Kriterium Entfernung Mittelspannungsleitung

Gewichtung	Bewertung	Entfernung
2 x	0	> 1000 m
	1	501-1000 m
	2	101-500 m
	3	≤100 m

### Kriterium Bodengüte

Gewichtung	Bewertung	Bodentyp
1 x	0	Biotop, Wald
	1	Acker, Grünland
	2	ertragsschwache landwirtschaftliche Fläche
	3	degradierter Boden

## 6.2.2 Standortbewertung

Alle 31 untersuchten Standorte wurden mit dem im vorigen Kapitel erläuterten Schlüssel bewertet und jeweils eine Ertragsbewertung und eine Gesamtbewertung gebildet.

Die **Ertragsbewertung** beinhaltet alle Faktoren, die direkten Einfluss auf den Jahresertrag einer Windkraftanlage haben: Höhenlage, Windschatten, Stauwirkung und topografische Lage gehen mit ihrer jeweiligen Gewichtung in die Bewertung ein. Die **Gesamtbewertung** dagegen berücksichtigt alle Faktoren mit ihrer jeweiligen Gewichtung. Diese Auswertung findet sich im Anhang, Kapitel 11.2.

Besonders aufgefallen sind bei der Standortbewertung folgende Aspekte:

Das Untersuchungsgebiet weist viele kleine Dörfer bzw. bäuerliche Einzelanwesen auf. Nachteilig wirkt sich dies auf das Kriterium Gebäudeentfernung aus, da oft Wohngebäude nah an geeigneten Windkraftstandorten stehen. Ein Vorteil ergibt sich aber daraus, dass das Mittelspannungsnetz und die Straßenanbindung auch kleine Siedlungen oft im geforderten Umfang erschließen.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte kann es deshalb bei einer Realisierung nötig sein, von den potenziellen Standorten, an denen die genannten Kriterien ermittelt wurden, geringfügig örtlich abzuweichen. Dadurch kann z.B. an einem Standort die Einhaltung der TA Lärm (siehe Kapitel 3.2.2) optimiert werden.

### 6.2.3 Standortauswahl

Standortnummer	Ortsbeschreibung	Ertragsbewertung	Gesamtbewertung
11	-Hochpunkt nordöstlich Wimpasing (Funkturn)	42	53
13	-Hochpunkt zwischen Zeiling und Wimpasing	42	51
24	-Hochpunkt nördlich Holzen	42	51
27	-Hochpunkt westlich Grub	42	51
1	-Höhenrücken zwischen Thalham und Seyboldsdorf	38	55
3	-Hochpunkt nördlich Oed	38	45
5	-Hochpunkt nordöstlich Hörasdorf	38	51
6	-Hochpunkt westlich Hörasdorf	38	55
8	-Höhenrücken zwischen Hörasdorf und Weißenberg	38	51
9	-Höhenrücken zwischen Weißenberg und Loh	38	47
17	-Hochpunkt bei Kapelle	38	49
22	-Hochpunkt nordöstlich Kienberg	38	45
23	-Hochpunkt westlich Schußreit	38	47
25	-Hochpunkt südöstlich Wachsenberg	38	51
28	-Hochpunkt westlich Anzenberg	38	47
29	-Hochpunkt östlich Rofoldsreit	38	47
31	-Hochpunkt nördlich Rumpfung	38	51
2	-Höhenrücken zwischen Geiselsdorf und Giersdorf	34	49
7	-Hochpunkt südlich Marxbauer	34	47
10	-Höhenrücken zwischen Loh und Schußöd	34	43
12	-Höhenrücken westlich Schaidham	34	47
14	-Hochpunkt südwestlich Pfaffenbach	34	49
15	-Hochpunkt südlich Pfaffenbach	34	47
16	-Hochpunkt südlich Klause	34	43
18	-Hochpunkt westlich Loh	34	51
19	-Hochpunkt östlich Blashub	34	49
21	-Hochpunkt nordöstlich Brandlmaierbach	34	49
30	-Hochpunkt nordöstlich Thal I	34	43
26	-Hochpunkt nordöstlich Stadl	30	39
4	-Tallage nördlich Mühlen	26	41
20	-Tallage westlich Gaidorf	26	39

Tabelle 15: Rangfolge der potenziellen Windkraftstandorte

In die weiteren Potenzialberechnungen (Kapitel 7.3 und 11.4) werden die genannten 17 besten Standorte einbezogen. Die „Ersatzstandorte“ könnten zwar auch genutzt werden, es wird jedoch vorgeschlagen, auf diese nur beim Ausscheiden eines anderen Standorts zurückzugreifen, um ein verträgliches Verhältnis von Anlagenzahl und Landschaftsbild zu gewährleisten.

Ordnet man die 31 untersuchten Standorte zuerst nach der Ertragsbewertung, anschließend nach der Gesamtbewertung, so erhält man eine Rangfolge nach Tabelle 15.

Es ergeben sich 17 Standorte mit einer sehr guten Ertragsbewertung von mindestens 38 Punkten (in der Tabelle **dunkelgraue Zeilen**). Als „Ersatzstandorte“ mit einer Ertragsbewertung von mindestens 34 Punkten ergeben sich nochmals elf Standorte (in der Tabelle **hellgraue Zeilen**). Alle anderen Standorte scheidern wegen ihrer zu schlechten Bewertung aus.

Einer der vier besten Standorte, der Hochpunkt nordöstlich von Wimpasing ist bereits durch einen Funkturm genutzt. Ob eine Windkraftanlage an diesem Standort den Funkverkehr beeinträchtigt oder durch technische Mittel Abhilfe (vgl. Hau,1996:564) geschaffen werden kann, muss im Rahmen einer eingehenderen Untersuchung geklärt werden. Sollte dieser Standort ausscheiden, kann auf einen der Ersatzstandorte zurückgegriffen werden.

### **6.3 Umfrageergebnisse**

Von 1.920 verteilten Fragebögen wurden 95 Stück zurückgegeben. Das entspricht einer Rücklaufquote von 4,9 %. Bezogen auf die Gesamteinwohnerzahl von 11.400 taten somit 0,83 % der Bürger ihre Meinung kund. Bedingt durch diese Werte kann die Umfrage zwar keine Repräsentativität beanspruchen, eine gewisse Tendenz in der Meinung der Bürger kann aber abgeleitet werden.

Die gesamte Auswertung der Umfrage findet sich im Anhang, Kapitel 11.5. Im folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Fragen jeweils zunächst vorgestellt und dann kurz diskutiert.

#### **Frage 1**

Sie sind Besitzer bzw. Anteilseigner	
• eines Solarkollektors zur Warmwasserbereitung.	23,4 %
• eines Solargenerators (Photovoltaikanlage) zur Stromerzeugung.	13,1 %
• einer sonstigen Anlage zur Nutzung Erneuerbarer Energiequellen. (Bei der möglichen Beschreibung wurden dreimal Holzofen, zweimal Windkraftanlage und einmal Pelletheizung genannt.)	5,6 %
• Nein, ich habe keine derartige Anlage.	57,9 %
<b>Summe</b>	<b>100,0 %</b>

Mehrfachnennungen waren möglich!

Solarkollektoren sind im Vergleich zu Solargeneratoren und sonstigen Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien häufiger anzutreffen. Bei den Nennungen unter „sonstige Anlagen“ wurde häufig Holz als Vertreter nachwachsender Rohstoffe genannt. Außerdem wurde auch zweimal „Windkraftanlage“ genannt. Eine Größenordnung dieser Windkraftanlagen wurde hierbei aber nicht angegeben. Die Mehrheit der Befragten findet sich aber in der Gruppe, welche keine Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energiequellen bzw. Anteile daran besitzt.

## Frage 2

Besitzen Sie Anteile an Fonds, welche in Erneuerbare Energien (z.B. Windparks) investieren?	
• Ja, solche Fondsanteile besitze ich.	7,6 %
• Nein, ich könnte mir jedoch eine solche Geldanlage vorstellen.	41,3 %
• Nein, solche Fonds lehne ich ab.	7,6 %
• Nein, solche Fonds interessieren mich nicht.	26,1 %
• Ich weiß nicht.	17,4 %
Summe	100,0 %

Eine Mehrheit von über 41 % der Befragten kann sich eine Beteiligung an Fonds, die in regenerative Energien investieren, vorstellen, fast 8 % besitzen bereits entsprechende Fondsanteile. Dem steht jedoch ein Anteil von nahezu 34 % gegenüber, der solche Fonds ablehnt bzw. daran kein Interesse hat. Über 17 % der Befragten sind sich diesbezüglich unsicher.

## Frage 3

Halten Sie es für sinnvoll, die Energieversorgung statt durch wenige große Kraftwerke (z.B. Atomkraftwerke, Kohlekraftwerke ...) durch viele kleine Kraftwerke, welche Erneuerbare Energiequellen nutzen, sicherzustellen?	
• Ja, das halte ich für ausgesprochen sinnvoll.	70,2 %
• Nein, davon halte ich nichts.	16,0 %
• Ich weiß nicht.	13,8 %
Summe	100,0 %

Eine absolute Mehrheit von knapp über 70 % der Befragten hält eine Dezentralisierung der Energieversorgung und Nutzung der Erneuerbaren Energien für sinnvoll.

## Frage 4

Wären Sie bereit, für Strom aus Erneuerbaren Energiequellen mehr zu bezahlen als für konventionell erzeugten Strom (z.B. aus Atomkraftwerken, Kohlekraftwerken ... )?	
• Ja, ich wäre bereit, bis zu 10 % mehr zu bezahlen.	43,6 %
• Ja, ich wäre bereit, bis zu 20 % mehr zu bezahlen.	9,6 %
• Ja, ich wäre bereit, über 20 % mehr zu bezahlen.	0,0 %
• Nein, ich würde nicht mehr zahlen.	46,8 %
Summe	100,0 %

Eine Mehrheit von knapp über 53 % der Befragten ist bereit, für Strom aus Erneuerbaren Energiequellen mehr zu bezahlen als für konventionell produzierten Strom. Ein Anteil von 43,6 % wäre bereit, bis zu 10 % mehr zu zahlen. 9,6 % der Befragten können sich sogar eine Mehrbelastung bis zu 20 % vorstellen. Keine Zustimmung aber

fand ein Mehrpreis von über 20 %. Dem steht ein Anteil von knapp 47 % gegenüber, der für Strom aus regenerativen Energiequellen nicht mehr zu zahlen bereit ist.

### Frage 5

Sind Ihnen im Gebiet der Stadt Vilsbiburg Standorte von Wasserkraftwerken bekannt, welche derzeit Strom in das öffentliche Netz einspeisen?	
Ja.	33,7 %
Nein.	66,3 %
Summe	100,0 %

Nur etwa einem Drittel der Befragten sind Wasserkraftwerke im Stadtgebiet bekannt, wohingegen zwei Drittel davon nichts wissen.

### Frage 6

Sehen Sie bei der Nutzung der Wasserkraft zur Erzeugung elektrischen Stroms Probleme?	
Ja, es könnte Probleme mit der Landwirtschaft geben.	8,5 %
Ja, es könnte Probleme mit der Fischerei geben.	17,9 %
Ja, es könnte Probleme mit dem Naturschutz geben.	23,1 %
Nein, ich sehe keine Probleme.	45,3 %
Ich weiß nicht.	5,1 %
Summe <sup>19</sup>	99,9 %

Mehrfachnennungen waren möglich!

Insgesamt steht ein Anteil von über 49 % der Befragten, welcher Probleme mit Landwirtschaft, Fischerei oder Naturschutz sieht, einem nahezu ebenso großen Anteil von knapp über 45 % gegenüber, welcher keine Probleme befürchtet.

### Frage 7

Ist Ihnen die Staudruckmaschine des Herrn Brinnich bekannt?	
Ja, diese ist mir bekannt.	1,1%
Nein, das sagt mir nichts.	98,9 %
Summe	100,0 %

Kaum eine andere Frage brachte ein solch eindeutiges Ergebnis. Die technologische Neuerung der Staudruckmaschine ist unter den Befragten praktisch unbekannt, lediglich einer Person war sie bekannt. Immerhin notierte einer der Befragten neben seine Antwort, er werde sich kundig machen.

---

<sup>19</sup> Rundungsfehler ergeben eine Summe ungleich 100 %.

### Frage 8

Würden Sie sich finanziell an einem Kleinwasserkraftwerk im Gebiet der Stadt Vilsbiburg beteiligen, wenn Sie am bescheidenen Gewinn (vergleichbar der Verzinsung eines Sparbuchs) beteiligt wären?	
Ja, einmalig mit bis zu 5.000 €.	32,6 %
Ja, einmalig mit bis zu 10.000 €.	4,3 %
Ja, einmalig mit einem Betrag über 10.000 €.	0 %
Nein, eine solche Beteiligung kommt für mich nicht in Frage.	63,0 %
Summe <sup>20</sup>	99,9 %

Knapp 37 % der Befragten kann sich eine finanzielle Beteiligung an Wasserkraftanlagen vorstellen, wobei Summen bis 5.000 € klar favorisiert werden. Beträge über 10.000 € war keiner der Befragten zu investieren bereit. 63 % lehnen eine finanzielle Beteiligung hingegen ganz ab.

### Frage 9

Haben Sie schon einmal direkt unter einer Windkraftanlage gestanden?	
Ja.	44,2 %
Nein.	55,8 %
Summe	100,0 %

Etwa 44 % der Befragten haben schon einmal direkt unter einer Windkraftanlage gestanden, knapp 56 % dagegen haben dies noch nicht.

### Frage 10

Stören Windkraftanlagen Ihrer Meinung nach das Erscheinungsbild der Landschaft?	
Ja, sie stören das Landschaftsbild in unerträglicher Weise.	6,9 %
Ja, aber ich halte dies für verträglich.	10,3 %
Es kommt auf den einzelnen Standort an, ob das Landschaftsbild gestört wird.	47,1 %
Nein, ich finde das Landschaftsbild dadurch nicht gestört.	34,5 %
Ich weiß nicht.	1,1 %
Summe <sup>21</sup>	99,9 %

Knapp 7 % der Befragten empfinden Windkraftanlagen in der Landschaft als unerträglich störend, knapp über 10 % zwar als störend, aber verträglich. Eine Mehrheit von knapp über 47 % macht eine Störung des Landschaftsbilds vom einzelnen Standort abhängig, während 34,5 % der Befragten keine Störung des Landschaftsbilds empfinden.

<sup>20</sup> Rundungsfehler ergeben eine Summe ungleich 100 %.

<sup>21</sup> siehe vorige Fußnote

### Frage 11

Es hat sich mittlerweile ein Mindestabstand von 400 m zu Wohngebäuden als Standard für die Errichtung von Windkraftanlagen durchgesetzt. Die Belastung der Anwohner durch Lärmentwicklung und Schattenwurf liegt so unterhalb geforderter Grenzwerte. Würden Sie eine Windkraftanlage befürworten, welche im Abstand von mindestens 400m von Ihrer Wohnung errichtet wird?	
Ja, damit wäre ich einverstanden.	59,6 %
Nein, ich wäre gegen die Windkraftanlage.	20,2 %
Ich weiß nicht.	20,2 %
Summe	100,0 %

Eine absolute Mehrheit von knapp 60 % der Befragten wäre bei Einhaltung entsprechender Mindestabstände mit einer Errichtung einer Windkraftanlage in der Nähe des eigenen Wohnorts einverstanden. Gegen eine Errichtung bzw. unentschlossen sind jeweils knapp über 20 %.

### Frage 12

Würden Sie sich finanziell an einem Windkraftwerk im Gebiet der Stadt Vilsbiburg beteiligen, wenn Sie am bescheidenen Ertrag (vergleichbar der Verzinsung eines Sparbuchs) beteiligt wären?	
• Ja, einmalig mit bis zu 5.000 €.	30,9 %
• Ja, einmalig mit bis zu 10.000 €.	4,3 %
• Ja, einmalig mit einem Betrag über 10.000 €.	3,2 %
• Nein, eine solche Beteiligung kommt für mich nicht in Frage.	61,7 %
Summe <sup>22</sup>	100,1 %

Im Vergleich mit der weiter oben gestellten analog lautenden Frage bezogen auf Investitionen bei der Wasserkraft fallen Ähnlichkeiten auf. Die Mehrheit der Befragten (fast 62 %) steht auch hier Beteiligungen ablehnend gegenüber. Knapp über 38 % können sich eine Beteiligung vorstellen, wobei bei der Windkraft, anders als bei der Wasserkraft, auch Beträge über 10.000 € für immerhin 3,2 % der Befragten in Frage kommen würden.

### Frage 13

Alter	
• unter 15 Jahre	0 %
• 15-25 Jahre	3,2 %
• 26-44 Jahre	30,5 %
• 45-64 Jahre	47,4 %
• mehr als 64 Jahre	18,9 %
Summe	100,0 %

<sup>22</sup> Rundungsfehler ergeben eine Summe ungleich 100 %.

Der Vergleich mit den Daten von „STATISTIK kommunal 2002“<sup>23</sup> (vgl. Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2002:1) ergibt, wenngleich die Alterskategorien beider Erhebungen auch nicht exakt übereinstimmen, dass die Jugendlichen in dieser Befragung unterrepräsentiert sind, demgegenüber die Altersgruppe 45 - 64 Jahre überproportional stark an der Umfrage teilgenommen hat.

#### Frage 14

Geschlecht	
• weiblich	35,6 %
• männlich	64,4 %
Summe	100,0 %

Eine Mehrheit von knapp über 64 % der Befragten ist männlich, Frauen sind hier eindeutig in der Minderheit. In der realen Bevölkerung haben die Frauen hingegen einen Anteil von 51 % (vgl. Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2002:1).

#### Frage 15

Wohnort	
• Ich wohne direkt in der Stadt Vilsbiburg.	64,9 %
• Ich wohne auf dem Land, jedoch im Gemeindegebiet der Stadt Vilsbiburg	35,1 %
• Ich wohne anderswo.	0 %
Summe	100,0 %

Das durch die Verteilung berücksichtigte Verhältnis der Bürger in der Stadt Vilsbiburg (ca. 70 % aller Einwohner) zu den Bürgern außerhalb der Stadt Vilsbiburg (ca. 30 % aller Einwohner) konnte unter den Befragten in etwa eingehalten werden.

## 7 Ermittlung des Potenzials

### 7.1 Allgemeines zum Begriff „Potenzial“

Der Begriff des „Potenzials“ Erneuerbarer Energien kann verschieden definiert werden. Mit dem **theoretischen Potenzial** wird „das innerhalb einer gegebenen Region zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. innerhalb eines bestimmten Zeitraums theore-

<sup>23</sup> Für den 31. Dezember 2000 gibt diese Statistik folgende Daten an: Alter unter 6 Jahren: 6,8 % / Alter von 6-15 Jahren: 11,4 % / Alter von 15-18 Jahren: 3,3 % / Alter von 18-25 Jahren: 7,7 % / Alter von 25-30 Jahren: 6,6 % / Alter von 30-40 Jahren: 17,0 % / Alter von 40-50 Jahren: 13,9 % / Alter von 50-65 Jahren: 17,2 % / 65 oder mehr Jahre: 16,0 %

tisch physikalisch nutzbare Energieangebot“ (Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:21) beschrieben.

Da technische, ökologische, strukturelle und administrative Hindernisse die volle Erschließbarkeit dieses theoretischen Potenzials verhindern, kommt ihm keine praktische Relevanz zu. Das **technische Potenzial** umfasst den Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung dieser Restriktionen nutzbar ist.

Das **wirtschaftliche Potenzial** einer regenerativen Energiequelle umfasst den „Anteil des technischen Potentials (...), der im Kontext der gegebenen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen wirtschaftlich genutzt werden kann“ (Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:22). Zudem ist die Wirtschaftlichkeit selbst eine relative Größe, da sie von einer Reihe unterschiedlicher Parameter (z.B. Zinssatz, Abschreibungsdauer, Eigenkapitalanteil ... ) abhängig ist. Wichtig ist hierbei aber, aus welcher Sicht die Wirtschaftlichkeit betrachtet wird. Es ist zu unterscheiden zwischen dem wirtschaftlichen Potenzial aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht.

Bei **volkswirtschaftlicher Betrachtungsweise** werden nach R. Gasch „Aspekte der allgemeinen Energiewirtschaft, der externen Kosten<sup>24</sup>, der energetischen Amortisation<sup>25</sup> und der Beschäftigungseffekte behandelt. Hier gelten Bewertungsansätze, die den betriebswirtschaftlichen Rahmen der Firmen übersteigen. Zum Beispiel fließen gesundheits- und beschäftigungspolitische Aspekte in Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für den ‚Staat als Ganzes‘ mit ein. Politische Wünschbarkeiten also, die letztlich über Gesetze, Verordnungen, Steuerregelungen etc. Nachdruck erhalten.“ (Gasch, 1996:360)

Bei **betriebswirtschaftlicher Betrachtungsweise** der Wirtschaftlichkeit kann man sich wiederum auf den Hersteller oder den Betreiber einer Anlage zur Nutzung Erneuerbarer Energien beziehen. Hierbei wird der Ertrag einer einzelnen Anlage bzw. eines Anlagenparks betrachtet, ohne die genannten übergeordneten Zusammenhänge zu berücksichtigen.

---

<sup>24</sup> „Die externen Kosten von Energie sind die Kosten, die nicht über die Energiepreise vom Verursacher bezahlt werden, sondern von der Allgemeinheit getragen werden müssen. Dies umfasst (...) Gesundheits- und Gebäudeschäden, den Ressourcenverbrauch, das Risiko von Unfällen in Atomanlagen, die Belastung der Umwelt (...), auch die Kosten politischer Spannungen und militärischer Auseinandersetzungen um endliche Ressourcen (...).“ (Alt / Claus / Scheer, 1998:64). Diese externen Kosten sind leider nur sehr schwer zu beziffern (vgl. Gasch, 1996:361).

<sup>25</sup> Die energetische Amortisationszeit ist die in Jahren gemessene Zeitspanne, in der ein Kraftwerk die Menge an Energie produziert hat, die zu seiner Herstellung aufgebracht wurde (vgl. Gasch, 1996:364).

Schließlich beschreibt das **erschließbare Potenzial** „den zu erwartenden tatsächlichen Beitrag (...) zur Energieversorgung“ (Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:23). Dieses erschließbare Potenzial kann geringer sein als das wirtschaftliche Potenzial, wenn etwa begrenzte Herstellerkapazitäten den Ausbau verzögern. Ebenso kann es aber auch größer sein als das wirtschaftliche Potenzial, wenn etwa durch Subventionen eingegriffen wird (vgl. Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:23).

## 7.2 **Wasserkraft**

Das **theoretische Potenzial** der Leistung der Wasserkraft kann durch folgende Gleichung ermittelt werden (vgl. Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:33):

$$P_{th} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$P_{th}$	theoretisches Potenzial der Leistung [W]
$\rho$	Dichte des Wassers [kg / m <sup>3</sup> ]
$g$	Erdbeschleunigung [m / s <sup>2</sup> ]
$Q$	Abfluss [m <sup>3</sup> / s]
$H$	Höhendifferenz zwischen Ober- und Unterwasserspiegel [m]

Da in dieser Gleichung die Faktoren  $g = 9,81 \text{ m / s}^2$  (Erdbeschleunigung) und  $\rho = 1000,0 \text{ kg / m}^3$  (Dichte des Wassers) konstant sind, ist das theoretische Potenzial nur vom Abfluss  $Q$  und der Höhendifferenz  $H$  abhängig.

Das **technische Potenzial** der Wasserkraft umfasst den Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen, strukturellen, ökologischen und weiterer nicht-technischer Restriktionen nutzbar ist (vgl. voriges Kapitel). Konkret wurden folgende Einschränkungen berücksichtigt:

- **Gesamtwirkungsgrad:** Verluste entstehen z.B. an Turbine, Getriebe, Generator und Transformator. Bei modernen und richtig dimensionierten Wasserkraftanlagen ist mit einem Gesamtwirkungsgrad im Jahresdurchschnitt von 0,70 bis 0,90 zu rechnen (vgl. Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:358). Zur weiteren Berechnung wurde daher der Mittelwert von 0,80 angenommen.
- **Stillstandszeiten:** Wie sich in der Befragung der Kraftwerksbesitzer (siehe Kapitel 11.1) zeigte, kann eine mittlere jährliche Stillstandszeit (für Wartung und Repa-

ratur) von 10 Tagen angenommen werden. Dies wird berücksichtigt durch den Faktor s:

$$s = \frac{355 \text{Tage}}{365 \text{Tage}} = 0,97$$

- **Durchgängigkeit für Fische:** Bisher wurden von den Kraftwerksbetreibern offenbar keine Maßnahmen zur Erhaltung der Durchgängigkeit für Fische gefordert. Da dies aber in Zukunft nötig sein könnte, wird für eine Fischtreppe ein Abfluss von  $0,1 \text{ m}^3 / \text{s}$  berücksichtigt (Auskunft von Herrn Lehner, Wasserwirtschaftsamt Landshut vom 15. Juli 2003).

Ausgehend von der oben genannten Gleichung für das theoretische Potenzial kann das **technische Potenzial** der Leistung des Wassers folgendermaßen errechnet werden:

$$P_{\text{te}} = \rho \cdot g \cdot (Q - 0,1 \text{m}^3 / \text{s}) \cdot H \cdot \eta \cdot s$$

$P_{\text{te}}$	technisches Potenzial der Leistung [W]
$\rho$	Dichte des Wassers [ $\text{kg} / \text{m}^3$ ]
$g$	Erdbeschleunigung [ $\text{m} / \text{s}^2$ ]
$Q$	Abfluss [ $\text{m}^3 / \text{s}$ ]
$H$	Höhendifferenz zwischen Ober- und Unterwasserspiegel [m]
$\eta$	Gesamtwirkungsgrad (angenommener Wert: 0,80)
$s$	Faktor für Stillstandszeiten (angenommener Wert: 0,97)

Das **wirtschaftliches Potenzial** der Wasserkraft ist stark abhängig von der Ausbauleistung und –wassermenge des Wasserkraftwerks. Wie aus der Dauerkurve der Abflüsse ersichtlich ist, variiert der Abfluss der Großen Vils (vgl. Kapitel 5.1.1). Die **Ausbauwassermenge** bezeichnet diejenige Abflussmenge, welche bei der Planung der Wasserkraftanlage zugrundegelegt wird. Zur gewählten Ausbauwassermenge gehört die dazu direkt proportionale **Ausbauleistung**.

Eine Anlage, die auf eine relativ kleine Überschreitungsdauer und damit eine relativ große Ausbauwassermenge ausgelegt ist, kann über einen gewissen Zeitraum betrachtet zwar mehr Energie zur Verfügung stellen als ein Wasserkraftwerk mit größerer Überschreitungsdauer und kleinerer Ausbauwassermenge, verursacht aber höhere Kosten. Hier ist also zwischen Kosten und Nutzen (Ertrag) abzuwägen.

Gewöhnlich wird eine Überschreitungsdauer zwischen 60 und 180 Tagen gewählt (vgl. Pálffy, 1998:74). Dabei wird in einer wirtschaftlichen Untersuchung von mehreren Varianten die optimale Ausbauwassermenge gesucht.

### 7.2.1 Potenzial der Großen Vils

Zur Berechnung der möglichen Jahreserträge der Wasserkraft im Gebiet der Stadt Vilsbiburg wurden für die sechs vorhandenen Wasserkraftwerke mit den vier Fallhöhen von 1,20 m, 1,60 m, 1,70 m und 2,00 m mit Hilfe der Dauertabelle der Abflüsse der Großen Vils (siehe Kapitel 5.1.1) das theoretische, technische und wirtschaftliche Potenzial errechnet. Das wirtschaftliche Potenzial wurde für zwei Ausbauwassermengen<sup>26</sup> ermittelt: für eine Überschreitungsdauer<sup>27</sup> von 65 Tagen ergibt sich eine Ausbauwassermenge von 2,75 m<sup>3</sup> / s, für eine Überschreitungsdauer von 182 Tagen eine Ausbauwassermenge von 1,80 m<sup>3</sup> / s. Die Berechnungen finden sich im Anhang, Kapitel 11.3.

In Tabelle 16 sind die wichtigsten Ergebnisse der Potenzialermittlung aufgeführt:

Kraftwerksbetreiber	Fallhöhe [m]	wirtschaftliches Potenzial [kWh] bei Ausbauwassermenge von...		derzeitige Jahreserträge [kWh]
		1,80 m <sup>3</sup> / s	2,75 m <sup>3</sup> / s	
Stadler	1,20	124.920	152.280	50.400
Granich	1,70	178.440	216.984	100.800
Unterholzner	1,60	170.136	204.168	140.000
Balk	2,00	210.288	255.504	73.000
Wackerbauer	1,60	170.136	204.168	155.520
Gruber	1,70	178.440	216.984	58.800
<b>Summe</b>	-	<b>1.032.360</b>	<b>1.250.088</b>	<b>578.520</b>
Anteil am Gesamtstrombedarf 2001	-	2,1%	2,5%	1,2%

Tabelle 16: Jahreserträge der Wasserkraft an der Großen Vils

Deckt der aus Wasserkraft produzierte Strom derzeit einen Anteil von 1,2 % des gesamten Strombedarfs der Stadt Vilsbiburg des Jahres 2001, so kann dieser Anteil durch den Einsatz modernerer Anlagen (je nach Ausbauwassermenge) auf 2,1 % bzw. sogar 2,5 % gesteigert werden.

Interessant ist auch, um wie viel Prozent des derzeitigen Jahresertrags sich die einzelnen Wasserkraftwerke steigern können (Tabelle 17):

<sup>26</sup> Diese Ausbauwassermenge berücksichtigt bereits einen Abfluss von 0,1 m<sup>3</sup> / s für eine Fischtreppe.

<sup>27</sup> Die gewählten Überschreitungsdauern orientieren sich an den üblicherweise gewählten Größen zwischen 60 und 180 Tagen (vgl. Pálffy, 1998:74).

Kraftwerksbetreiber	mögliche Steigerung in % des derzeitigen Jahresertrags bei Ausbauwassermenge von...		derzeitige Jahreserträge [kWh]
	1,80 m <sup>3</sup> / s	2,75 m <sup>3</sup> / s	
Stadler	148%	202%	50.400
Granich	77%	115%	100.800
Unterholzner	22%	46%	140.000
Balk	188%	250%	73.000
Wackerbauer	9%	31%	155.520
Gruber	203%	269%	58.800

Tabelle 17: mögliche Steigerung der Jahreserträge

Bei drei der sechs Wasserkraftwerke ist bei einer Ausbauwassermenge von 2,75 m<sup>3</sup> / s eine Steigerung von über 200 % des derzeitigen Jahresertrags möglich, bei einem sogar eine Steigerung um fast 270 %.

Die Große Vils ist zwar bezüglich der Anzahl der Wasserkraftwerke und der genutzten Höhendifferenzen gut ausgebaut, die Effizienz der meisten Anlagen ist aber noch stark ausbaufähig.

## 7.2.2 Potenzial der kleineren Bäche

Für die in Kapitel 6.1.2 an den kleineren Bächen vorgeschlagenen 28 „Haus-Wasserkraftwerke“ wurden ein mittlerer Abfluss MQ = 0,1 m<sup>3</sup> / s und eine Fallhöhe von 1,00 m angenommen. Leider ist für solch „geringe“ Kenndaten die konventionelle Wasserkrafttechnik kaum noch geeignet. Turbinen scheiden hierbei gänzlich aus, auch Wasserräder sind wegen der kleinen Fallhöhe kaum geeignet. Eventuell ergibt sich durch die Weiterentwicklung der Staudruckmaschine eine technische Möglichkeit, diese Bäche zu nutzen.

Solange also die notwendige Technik nicht zur Verfügung steht, sind die folgenden Berechnungen eher hypothetisch. Sie sollen aber dennoch klären, ob ein Potenzial zur Stromerzeugung vorliegt.

Das technische Potenzial der Leistung wird analog der Gleichung aus Kapitel 7.2 berechnet, auf die Minderung des Abflusses für eine Fischtreppe wird verzichtet.

$$P_{te} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta \cdot s$$

$P_{te}$	technisches Potenzial der Leistung [W]
$\rho$	Dichte des Wassers [kg / m <sup>3</sup> ]
$g$	Erdbeschleunigung [m / s <sup>2</sup> ]

Q	Abfluss [m <sup>3</sup> / s]
H	Höhendifferenz zwischen Ober- und Unterwasserspiegel [m]
η	Gesamtwirkungsgrad (angenommener Wert: 0,80)
s	Faktor für Stillstandszeiten (angenommener Wert: 0,97)

Es ergibt sich somit ein technisches Potential einer Leistung von ca. 0,76 kW pro Anlage. Wenn man als jährliche Betriebsdauer 365 Tage x 24 h = 8.760 h ansetzt, so erhält man ca. 6.660 kWh Jahresertrag.

Bei angenommenen 28 „Haus-Wasserkraftwerken“ ergäbe sich damit ein Jahresertrag von etwa 186.480 kWh. Dies entspricht ca. 0,4 % des Gesamtstromverbrauchs der Stadt Vilsbiburg im Jahr 2001. Jedes dieser „Haus-Wasserkraftwerke“ könnte damit einen Drei-Personen-Haushalt im ländlichen Bereich des Untersuchungsgebiets bzw. sogar einen Vier-Personen-Haushalt direkt in der Stadt Vilsbiburg mit Strom versorgen.<sup>28</sup>

### 7.3 Windkraft

Das **theoretische Potenzial** der Leistung der Windkraft kann nach folgender Gleichung berechnet werden (vgl. Hau, 1996:61):

$$P_{th} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot F$$

$P_{th}$	theoretisches Potenzial der Leistung [W]
$\rho$	Dichte der Luft [kg / m <sup>3</sup> ]
$v$	Windgeschwindigkeit [m / s]
$F$	Querschnittsfläche, die der Wind durchströmt (von Rotorblättern überstrichene Fläche) [m <sup>2</sup> ]

Die Leistung der Windkraft hängt also von der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit ab, deshalb wirken sich Fehler in der Abschätzung der Windgeschwindigkeit fatal auf die Ertragsprognosen aus.

<sup>28</sup> Zugrundegelegt wurde ein Pro-Kopf-Jahresverbrauch von 2.011 kWh bzw. 1.521 kWh (vgl. Kapitel 4).

Das **technische Potenzial** der Windkraft berücksichtigt, dass vom theoretischen Potenzial nur ein Teil zur Verfügung steht. Von einer Windkraftanlage können nur knapp 60 % der im Wind enthaltenen mechanischen Leistung entzogen werden, wie A. Betz in seiner Forschungsarbeit ermittelt hat. Nach ihm ist deshalb der sog. „Betz-Faktor“ bezeichnet, der auch **idealer Leistungsbeiwert**  $c_p$  genannt wird:  $c_p = 16 / 27 = 0,593$  (vgl. Hau, 1996:63).

Daneben sind noch weitere Verluste durch die verschiedenen Umwandlungsschritte der mechanischen in die elektrische Energie (Getriebe, Generator ... ) zu berücksichtigen. Diese Verluste mindern den genannten idealen Leistungsbeiwert von knapp 60 %. „Gegenwärtig käufliche Windenergiekonverter können deshalb nur rund 30 bis maximal 45 % der im Wind enthaltenen Energie in nutzbare elektrische Energie umwandeln.“ (Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:299)

Alle diese Verluste werden vom sog. **Anlagenleistungsbeiwert**  $c_{pA}$  berücksichtigt. So ergibt sich als **technisches Potenzial** der Leistung des Windes:

$$P_{te} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot F \cdot c_{pA}$$

$P_{th}$	theoretisches Potenzial der Leistung [W]
$\rho$	Dichte der Luft [kg / m <sup>3</sup> ]
$v$	Windgeschwindigkeit [m / s]
$F$	Querschnittsfläche, die der Wind durchströmt (von Rotorblättern überstrichene Fläche) [m <sup>2</sup> ]
$c_{pA}$	Anlagenleistungsbeiwert [-]

Das **wirtschaftliche Potenzial** ist ähnlich wie bei den Wasserkraftwerken durch einen Vergleich mehrerer Ausbauprodukte zu ermitteln. Hierbei sind die Nennleistung und der zu erwartende Jahresertrag einer Windkraftanlage zu berücksichtigen (siehe Kapitel 7.4.2).

### 7.3.1 Auswahl der Windkraftanlagen

Für die Berechnung des Potenzials der Windkraft wurden drei Windkraftanlagen ausgewählt, die unterschiedliche Größenordnungen repräsentieren.

Hersteller	Enercon	Enercon	Nordex
Typ	E-40 / 6.44	E-58 / 10.58	Südwind S70
Nennleistung	600 kW	1000 kW	1500 kW
Nabenhöhe <sup>29</sup>	64 m	88 m	114,5 m
Rotordurchmesser	44 m	58,6 m	70 m
Turm	Stahlrohrturm	Stahlrohrturm	Gitterturm
Anlagen in Deutschland <sup>30</sup>	780	103	156
Einschaltwindgeschwindigkeit	2,5 m/s	2,5 m/s	3 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit	28-34 m/s <sup>31</sup>	28-34 m/s <sup>32</sup>	25 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	12,0 m/s	12,0 m/s	12,5 m/s

Tabelle 18: Auswahl der Windkraftanlagen (aus: BWE, 2003)

Es handelt sich dabei um Anlagen, die bereits häufig installiert wurden und deren Zuverlässigkeit sich im Alltag erwiesen hat.

### 7.3.2 Berechnung der Jahreserträge

Die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit wurde, wie in Kapitel 5.2.1.2 dargestellt, aus den Daten einer lokalen Wetterstation ermittelt.

Charakteristisch für jede Windkraftanlage ist ihre jeweilige **Leistungskennlinie**. An der Leistungskennlinie einer Windkraftanlage kann abgelesen werden, welche Leistung bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit erzeugt wird (siehe Abbildung 12).

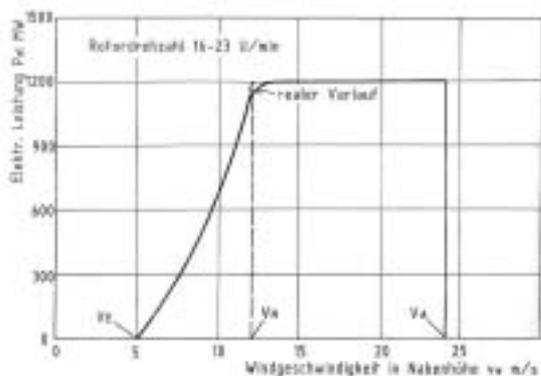


Abbildung 12: berechnete Leistungskennlinie der WKA-60 (aus Hau, 1996:398)



Abbildung 13: Nordex Südwind S70 (aus Nordex, 2003)

<sup>29</sup> Es wird die gewählte Nabenhöhe angegeben, meist werden mehrere Nabenhöhen vom Hersteller angeboten.

<sup>30</sup> Stichtag 31. Dezember 2002

<sup>31</sup> Für die weiteren Berechnungen wurde der niedrigere Wert von 28 m/s gewählt.

<sup>32</sup> siehe vorige Fußnote

Am Beispiel der Leistungskennlinie der WKA-60 sind Einschaltwindgeschwindigkeit ( $V_E$ ), Nennwindgeschwindigkeit ( $V_N$ ) und Abschaltwindgeschwindigkeit ( $V_A$ ) abzulesen:

- **Einschaltwindgeschwindigkeit:** Windgeschwindigkeit, bei der die Windkraftanlage beginnt, Leistung abzugeben.
- **Nennwindgeschwindigkeit:** Windgeschwindigkeit, bei der die Nennleistung erreicht wird.
- **Abschaltwindgeschwindigkeit:** Windgeschwindigkeit, bei der die Windkraftanlage zum Schutz vor Überlastung abgeschaltet wird.

Zur Berechnung der Jahreserträge wurden jeweils anlagenspezifisch in einer Tabelle (siehe Kapitel 11.4) die Windgeschwindigkeit, bezogen auf die jeweilige Nabenhöhe, die dazugehörige Häufigkeit der Windgeschwindigkeit und die dazugehörige Leistung der Windkraftanlage (vgl. BWE, 2003)<sup>33</sup> in je einer Spalte aufgeführt. Die vierte Spalte mit dem Energieertrag ergab sich aus dem Produkt „Häufigkeit x Leistung x 8.760 h“<sup>34</sup>. Summiert man alle einzelnen Werte des Energieertrags, so erhält man den Jahresenergieertrag einer Windkraftanlage.

Stillstandszeiten aufgrund zu niedriger Windgeschwindigkeit sind hierbei bereits einkalkuliert. Es wird aber noch ein zusätzlicher Sicherheitsabschlag von 10 % abgezogen, der eventuelle Reparaturzeiten und den relativ kurzen Messzeitraum der zugrundeliegenden Winddaten von nur einem Jahr berücksichtigt.

Es ergeben sich folgende Jahresenergieerträge (vgl. Kapitel 11.4):

Anlagentyp	Enercon E-40 / 6.44	Enercon E-58 / 10.58	Nordex Südwind S70
Nennleistung	600 kW	1000 kW	1500 kW
Jahresertrag	587.000 kWh <sup>35</sup>	1.098.000 kWh	1.560.000 kWh

Tabelle 19: Nennleistung und Jahreserträge der vorgeschlagenen Anlagen

### 7.3.3 Mögliche Ausbaustufen

Im folgenden sollen beispielhaft drei verschiedene Ausbaustufen vorgestellt werden, die sich in der Größe der gewählten Anlagentypen unterscheiden. Hierbei wird unterstellt, dass die in Kap. 11.4 ermittelten Jahresleistungen der drei gewählten Anlagen

<sup>33</sup> Leistungskennlinie wurde linear bis zur Abschaltwindgeschwindigkeit verlängert.

<sup>34</sup> 8.760 h ergeben sich aus 365 Tagen x 24 h.

<sup>35</sup> Der Vergleich mit dem Jahresertrag einer 500-kW-Windkraftanlage im Windpark Gangkofen von ca. 600.000 kWh (Mitteilung von Herrn Dr. Stadler vom 9. Juli 2003) lässt den Wert plausibel erscheinen.

auf allen 28 ermittelten Standorten Gültigkeit haben, was sicher nicht gegeben ist, jedoch im Durchschnitt möglicherweise zutreffen könnte.

Die Ausbaustufe 1 dürfte aufgrund ihrer geringeren Nabenhöhen wesentlich leichter akzeptiert werden als Ausbaustufen mit größeren Nabenhöhen. Auch die wirtschaftliche Realisierbarkeit dürfte hier einfacher sein, da das Investitionsvolumen wesentlich kleiner ist. Die höheren Ausbaustufen sollen aber aufzeigen, welche Erträge unter Ausnutzung größerer Anlagendimensionen technisch möglich sind.

Als mögliche Standorte werden die 17 besten Standorte aus Kapitel 6.2.3 gewählt. Die „Ersatzstandorte“ könnten zwar auch genutzt werden, es wird jedoch vorgeschlagen, auf diese nur bei einem Ausscheiden eines anderen Standorts zurückzugreifen, um ein verträgliches Verhältnis von Anlagenzahl und Landschaftsbild zu gewährleisten. Dennoch wird im folgenden auch für eine Gesamtanlagenzahl von 28 Windkraftanlagen (unter Berücksichtigung der 17 besten Standorte **und** der elf Ersatzstandorte) der mögliche Jahresertrag ermittelt. In Tabelle 20 sind die Jahreserträge für 17 und für 28 Anlagen in (Klammern) dargestellt:

	<b>Ausbaustufe 1</b>	<b>Ausbaustufe 2</b>	<b>Ausbaustufe 3</b>
Anlagentyp	Enercon E-40 / 6.44	Enercon E-58 / 10.58	Nordex Südwind S70
Nennleistung	600 kW	1.000 kW	1.500 kW
Nabenhöhe	64 m	88 m	114,5 m
Rotordurchmesser	44 m	58,6 m	70 m
Anlagen	17 (28)	17 (28)	17 (28)
Jahresertrag pro Anlage	587.000 kWh	1.098.000 kWh	1.560.000 kWh
gesamter Jahresertrag	9.979.000 kWh (16.436.000 kWh)	18.666.000 kWh (30.744.000 kWh)	26.520.000 kWh (43.680.000 kWh)
Anteil am Gesamt-Strombedarf 2001	20,2 % (33,2 %)	37,7 % (62,1 %)	53,6 % (88,2 %)

Tabelle 20: Jahreserträge der Windkraft

Es wird für alle Ausbaustufen eine Einzelaufstellung vorgeschlagen, da in einer Aufstellung als „Windpark“, auch wenn nur zwei oder drei Anlagen nebeneinander stehen, die Abstände der Anlagen<sup>36</sup> zueinander kaum zu realisieren sind: die günstigen Standorte sind oftmals so kleinräumig, dass bei Einhaltung nötiger Abstände die Anlagen außerhalb einer günstigen Position stehen müssten.

<sup>36</sup> Nach Kaltschmitt / Wiese / Streicher (2003:309) sollen bei der Aufstellung als Windpark die einzelnen Anlagen in Hauptwindrichtung zwischen dem acht- und zehnfachen des Rotordurchmessers voneinander entfernt stehen, quer zur Hauptwindrichtung zwischen dem vier- und fünffachen des Rotordurchmessers.

Durch den Einsatz von Windkraftanlagen könnte an den 17 besten Standorten abhängig von der Ausbaustufe ein Anteil von etwa **20 %** bis zu knapp **54 %** des Gesamtstrombedarfs des Jahres 2001 gedeckt werden.

Bezieht man die Ersatzstandorte in die Berechnungen ein, so ergibt sich, dass je nach Ausbaustufe ein Anteil von etwa **33 %** bis **88 %** des Gesamtstrombedarfs von 2001 durch Windkraft produziert werden kann.

#### **7.4 Beispielhafte Wirtschaftlichkeitsberechnung**

In Anbetracht der Begrenztheit und der Umweltproblematik der konventionellen Energieträger kann die Nutzung regenerativer Energiequellen nicht allein unter wirtschaftlichen Aspekten gesehen werden. Das heißt aber nicht, dass die Nutzung Erneuerbarer Energien „um jeden Preis“ sinnvoll ist. Weder aus betriebswirtschaftlicher, noch aus volkswirtschaftlicher Sicht sind exorbitante Energiepreise tragbar. Jedoch sind volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Rentabilität zwei verschiedene Sichtweisen, die auch zu verschiedenen Einschätzungen kommen können (vgl. Hau, 1996:621 und Kapitel 7.1). Wenn im folgenden auf die **betriebswirtschaftliche Rentabilität** für den Betreiber näher eingegangen wird, orientiert sich diese immer an den gegebenen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen. „Ob dieser Rahmen wirklich am Gemeinwohl orientiert ist, ist eine andere Frage. Darüber zu entscheiden, ist eine politische Aufgabe und nicht die Sache eines kaufmännisch arbeitenden Betreibers.“ (Hau, 1996:621)

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen können nur beispielhaft sein. Jeder Standort, egal ob Wind- oder Wasserkraftanlage, weist eine Vielzahl an Faktoren auf, die in eine solche Berechnung eingehen müssen und dennoch an jedem Standort verschieden sein können. Im Rahmen dieser Untersuchung scheint es am sinnvollsten, anhand von Durchschnittssätzen, die auf Erfahrungen anderer Projekte beruhen, exemplarisch für einige Anlagentypen die Wirtschaftlichkeit zu berechnen. Bei der Betrachtung eines konkreten Standorts können entsprechende Aussagen erst nach intensiver Recherche einschlägiger Faktoren gemacht werden.

Es gibt eine Reihe **öffentlicher Förderprogramme**, die teils als Zuschüsse, teils als zinsverbilligte Darlehen Investitionen in Erneuerbare Energien unterstützen. Einen Überblick hierzu verschafft die Broschüre „Erneuerbare Energien und nachhaltige

Entwicklung, Förderüberblick, Ansprechpartner und Adressen“ des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002).

Mit dem **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)** vom 29. März 2000 hat die Bundesregierung zusätzlich zu den bestehenden Programmen ein neues wirkungsvolles Instrument für den Vorrang von Strom aus Erneuerbaren Energieträgern geschaffen. Derzeit wird dieses Gesetz überarbeitet. „Es handelt sich nicht um ein Förderprogramm im herkömmlichen Sinn, sondern um eine Vorrangregelung mit Kaufpflicht und einer Fließquote. Das EEG (...) verpflichtet die Netzbetreiber, regenerativ erzeugten Strom aufzunehmen und 20 Jahre lang zu gesetzlich festgelegten Mindestpreisen zu vergüten (Kaufpflicht). (...) Die Vergütung ist degressiv gestaltet, d.h. sie liegt für neue Anlagen in einigen Sparten je nach Jahr ihrer Inbetriebnahme auf einem niedrigeren Niveau. Die Vergütungen werden über einen Verteilmechanismus bis zu den Netzbetreibern verteilt, die die Stromkunden beliefern. Die Netzbetreiber müssen die Vergütung für den insgesamt eingespeisten EEG-Strom jeweils anteilig mittragen (sogenannte Fließquote).“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2002:6-8)

Dabei wird **Strom aus Wasserkraft** mit 7,67 Cent pro kWh für Anlagen bis zu 500 kW installierter elektrischer Leistung vergütet. Bei größeren Anlagen werden 7,67 Cent pro kWh nur für den Teil des eingespeisten Stroms gezahlt, der dem Verhältnis von 500 kW zur tatsächlichen elektrischen Leistung der Anlage entspricht. Für den Rest des eingespeisten Stroms werden 6,65 Cent pro kWh bis zur Obergrenze von 5 MW vergütet.

Für **Strom aus Windkraft** werden 9,0 Cent pro kWh mindestens für die ersten 5 Jahre, 6,1 Cent pro kWh nach Erreichen eines Referenzertrages gezahlt. Der Referenzertrag wird durch die in den ersten 5 Jahren eingespeiste Strommenge ermittelt. Somit reduziert sich der Vergütungssatz an windreichen Standorten schneller als an anderen Standorten. Für Windanlagen, die ab dem 1.1.2002 neu in Betrieb gehen, reduziert sich der Ausgangssatz jedes Jahr um 1,5 %. Für Windkraftanlagen im Offshore-Bereich (mindestens drei Seemeilen vor der Küste) gilt der höhere Vergütungssatz für 9 Jahre (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2002:6-8).

### 7.4.1 Wasserkraft

Bei den untersuchten Wasserkraftwerken im Gebiet der Stadt Vilsbiburg steht zum Teil eine Modernisierung an. Exemplarisch soll die Modernisierung eines Standorts mit der Fallhöhe 2,00 m, einer Ausbauleistung von 42 kW und einem Jahresertrag von ca. 255.500 kWh (vgl. Kapitel 11.3.4) bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit untersucht werden. Die Finanzierung soll ohne Fremdkapital erfolgen, sämtliche Aufwendungen stellen Eigenkapital des Betreibers dar, das jährlich mit 6 % verzinst werden soll.

Nach H. Hersel (1996:16) können als Anhaltswert für eine Modernisierung von Wasserkraftwerken mit **konventioneller Kraftwerkstechnik**<sup>37</sup> bis zu einer Größe von 100 kW Kosten von 5.000 bis 10.000 DM / kW angesetzt werden. Geht man vom oberen Grenzwert aus, so entspricht dies ca. 5.100 € / kW. Die Modernisierungskosten für eine Ausbauleistung von 42 kW würden somit 214.200 € betragen. Es wird von einer Betriebs- und Abschreibungsdauer von 60 Jahren ausgegangen, für den jährlichen Betriebsaufwand (Personal, Instandhaltung, Rückstellungen für Erneuerungen, Rechengutbeseitigung, Versicherung ... ) werden 10.000 €<sup>38</sup> angesetzt.

Zieht man vergleichend zur Modernisierung mit konventioneller Kraftwerkstechnik eine **Staudruckmaschine** in Betracht, so werden als Modernisierungskosten ein Drittel der Kosten konventioneller Technik, also  $214.200 \text{ €} / 3 = 71.400 \text{ €}$  angesetzt<sup>39</sup>. Als erwartete Betriebsdauer werden ebenfalls 60 Jahre angesetzt, der jährliche Betriebsaufwand ebenfalls mit 10.000 € kalkuliert.

In Tabelle 21 werden beide Varianten der Modernisierung verglichen:

---

<sup>37</sup> Unter den gegebenen Voraussetzungen dürfte eine Francis-Schachtturbine oder Durchströmturbine (vgl. Kaltschmitt / Wiese / Streicher, 2003:347-353) bzw. auch ein mittel- oder unterschlächtiges Wasserrad am besten geeignet sein. Ein oberschlächtiges Wasserrad scheidet wegen der zu geringen Fallhöhe aus (vgl. König / Jehle, 1997:193-222 und Hersel, 1996:15).

<sup>38</sup> In Kaltschmitt / Wiese / Streicher (2003:363) werden als jährlicher Betriebsaufwand 1 bis 4 % der Investitionskosten genannt, bei kleinen Anlagen ist er tendenziell höher.

<sup>39</sup> Im Gespräch mit Herrn Andreas Lachhammer (9. Mai 2003) stellte sich heraus, dass bei einem Vergleich der Schätzwerte die Kosten für die **Neuerrichtung** einer Staudruckmaschine bei etwa einem Viertel der entsprechenden Kosten konventioneller Kraftwerkstechnik liegen. Zur vorsichtigen Schätzung einer **Modernisierung** wird daher angenommen, dass eine Staudruckmaschine ein Drittel der Kosten konventioneller Kraftwerkstechnik verursacht.

	<b>konventionelle Kraftwerkstechnik</b>	<b>Staudruckmaschine</b>
<b>Modernisierungskosten</b>	<b>214.200 €</b>	<b>71.400 €</b>
<b>Jahreskosten</b>		
jährlicher Betriebsaufwand	10.000 €	10.000 €
Abschreibungskosten (60 Jahre)	3.570 €	1.190 €
Verzinsung (6 % der Modernisierungskosten)	12.852 €	4.284 €
<b>Summe Jahreskosten</b>	<b>26.422 €</b>	<b>15.474 €</b>
Jahresenergieertrag kWh	255.500	255.500
<b>Stromerzeugungskosten pro kWh</b>	<b>10,34 Cent</b>	<b>6,06 Cent</b>

Tabelle 21: Stromerzeugungskosten Wasserkraft

Die Variante der Modernisierung mit einer Staudruckmaschine ist im gegebenen Beispiel mit Stromerzeugungskosten von 6,06 Cent / kWh erheblich wirtschaftlicher als der Einsatz konventioneller Kraftwerkstechnik mit 10,34 Cent / kWh. Da die Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz in diesem Fall bei 7,67 Cent / kWh liegt, ist bei Einsatz einer Staudruckmaschine eine Einspeisung des gesamten produzierten Stroms in das öffentliche Stromnetz zu empfehlen. Dadurch könnte die Differenz von 7,67 Cent – 6,06 Cent = 1,61 Cent als zusätzlicher Gewinn pro kWh verbucht werden, was bei einem Jahresenergieertrag von 255.500 kWh einem Betrag von ca. 4.100 € entspricht. Die schon berücksichtigte Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals von 6 % erhöht sich dadurch auf ca. 11,7 %.

Bei der Verwendung der konventionellen Kraftwerkstechnik ist eine Einspeisung in das öffentliche Stromnetz derzeit nicht zu empfehlen, da dies einen Verlust verursachen würde.

Somit kann die Modernisierung des im Beispiel vorgestellten Wasserkraftwerks bei Einsatz einer Staudruckmaschine gewinnbringend sein.

## 7.4.2 Windkraft

Auch die Wirtschaftlichkeit einer Windkraftanlage kann im Rahmen dieser Untersuchung nur beispielhaft betrachtet werden. Es werden die genannten drei Anlagentypen (siehe Kapitel 7.3.1) mit ihren berechneten Jahreserträgen (siehe Kapitel 7.3.2) betrachtet. Die Finanzierung soll durch private Investoren erfolgen, die ihr eingesetztes Kapital mit einer „Sparbuchverzinsung“ von 4 % anlegen möchten.

Unter Investitionskosten fallen der Ab-Werk-Preis<sup>40</sup> (vgl. BWE, 2003:80-117) für die Windkraftanlage (inklusive Lieferung und Montage) und zusätzliche Kosten für die Installation (Fundament, Zuwegung, Netzanschluss, Planung ... ) an. Diese werden im vorliegenden Beispiel mit 20 % des Ab-Werk-Preises angenommen.<sup>41</sup>

Für die laufenden Betriebskosten (Wartung, Pacht, Instandsetzung, Versicherung ... ) werden 2 % der Investitionskosten angesetzt (vgl. Kaltschmitt / Wiese / Streicher 2003:315-316). Bei einer angenommenen Betriebsdauer von 20 Jahren erhalten die Anteilseigner jährlich 5 % des eingesetzten Kapitals als Tilgung zurück, zusätzlich eine jährliche Verzinsung von 4 %.

Anlagentyp	Enercon E-40 / 6.44	Enercon E-58 / 10.58	Nordex Südwind S70
Nabenhöhe	64,0 m	88,0 m	114,5 m
<b>Investitionskosten</b>			
Ab-Werk-Preis	545.000 €	1.240.000 €	1.700.000 €
zusätzliche Kosten für Installation (20 % vom Ab-Werk-Preis)	109.000 €	248.000 €	340.000 €
<b>Summe Investitionskosten</b>	<b>654.000 €</b>	<b>1.488.000 €</b>	<b>2.040.000 €</b>
<b>Jahreskosten</b>			
Betriebskosten (2 % der	13.080 €	29.760 €	40.800 €
Verzinsung (4 % der Investitionskosten)	26.160 €	59.520 €	81.600 €
Tilgung (5 % der Investitionskosten)	32.700 €	74.400 €	102.000 €
<b>Summe Jahreskosten</b>	<b>71.940 €</b>	<b>163.680 €</b>	<b>224.400 €</b>
Jahresenergieertrag kWh	587.000	1.098.000	1.560.000
<b>Stromerzeugungskosten pro kWh</b>	<b>12,26 Cent</b>	<b>14,91 Cent</b>	<b>14,38 Cent</b>

Tabelle 22: Stromerzeugungskosten Windkraft

Betrachtet man in Tabelle 22 die resultierenden Stromerzeugungskosten, so liegen diese mit 12,26 bis 14,91 Cent / kWh über der Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das derzeit als Anfangsvergütung für Anlagen, die 2003 in Betrieb gehen, 8,87 Cent / kWh vorsieht. Eine Einspeisung in das öffentliche Stromnetz nach dem EEG ist also in diesem Beispiel nicht zu empfehlen. Dass die Stadtwerke Vilsbiburg als „Ökostrom Vilsbiburg“ zum Nettopreis von 13,55 Cent / kWh Strom aus Fotovoltaikanlagen anbieten, zeigt aber, dass durch Kreativität in der Vermarktung und Information der Bürger und Stromkunden auch höhere Stromer-

<sup>40</sup> Die Ab-Werk-Preise des Herstellers Enercon wurden der Marktübersicht Windenergie 2003 (BWE, 2003:80-117) entnommen, der Ab-Werk-Preis des Herstellers Nordex konnte nur durch Vergleich mit anderen Anlagen gleicher Größenordnung ermittelt werden, da Nordex auch auf Anfrage hin (Herr Felix Losada vom 27. November 2003) keine unverbindlichen Ab-Werk-Preise nennen wollte.

<sup>41</sup> W. Eggersgluß (2002:12) setzt diese zusätzlichen Kosten mit 20 bis 40 % des Ab-Werk-Preises an, in der Studie „Potenziale Erneuerbarer Energien in Moosburg 2000“ (Schrimpf, 2000:106, Band 2) werden sie mit ca. 8 % bzw. ca. 14 % angesetzt. In Anbetracht der zum Teil guten Erschließung des Untersuchungsgebiets erscheint ein Wert von 20 % angemessen.

zeugungskosten aus Windkraftanlagen diese nicht zum Scheitern verurteilen müssen.

Zudem sind auch zukünftige Entwicklungen auf dem Markt zu berücksichtigen. Bei den Anlagenkosten sind „mittel- bzw. langfristig (...) Kostensenkungen von 10 % bzw. 25 %, bei einer entsprechenden Massenproduktion ggf. auch mehr“ möglich (Kaltschmitt / Wiese 1997:296). Zudem scheint es wahrscheinlich, dass die Strompreise künftig steigen werden. „Nach Ansicht des Inhabers des Energiewirtschaftlichen Lehrstuhls der Universität Essen, Dieter Schmitt, (...) versuchen die Unternehmer, die durch die Liberalisierung des Energiemarktes vor fünf Jahren eingebrochenen Marktpreise für Strom wieder nach oben zu korrigieren.“ (Tagesschau, 2003)

Durch zukünftige Entwicklungen ist es also durchaus möglich, dass eine Nutzung des vorhandenen Potenzials der Windenergie im Gebiet der Stadt Vilsbiburg lukrativer wird.

## **8 Handlungsempfehlungen**

### **8.1 Allgemein**

- Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten der Bevölkerung und den Betroffenen (z.B. Wasserkraftwerksbesitzer, Stadtwerke Vilsbiburg, ... ) zugänglich gemacht werden. Dazu könnte auch die Homepage der Stadt Vilsbiburg genutzt werden.
- Wie die Umfrage gezeigt hat, besteht bei den Bürgern Vilsbiburgs ein Interesse, in die Nutzung regenerativer Energien zu investieren. Dazu bedarf es sachkundiger Aufklärung und Information, um Enttäuschungen zu vermeiden. Hierzu könnten Informationsveranstaltungen, z.B. in Zusammenarbeit mit einer örtlichen Bank, angeboten werden.

### **8.2 Wasserkraft**

- Allgemein wird empfohlen, an der Grossen Vils keine neuen Standorte zur Nutzung der Wasserkraft zu erschließen, sondern die Effizienz der bestehenden Wasserkraftwerke zu steigern.
- Bei anstehenden Modernisierungen oder Neubauten von Wasserkraftwerken würden viele Betreiber angesichts der hohen Kosten die Nutzung der Wasser-

kraft aufgeben. Vor allem im Hinblick auf die erheblich geringeren Kosten ist der Einsatz der Staudruckmaschine zu empfehlen.

- Der Öffentlichkeit ist weitgehend unbekannt, dass im Gebiet der Stadt Vilsbiburg Strom aus Wasserkraft hergestellt wird. Diesem Umstand sollte durch eine bewusste Öffentlichkeitsarbeit bezüglich der Nutzung der Wasserkraft im Stadtgebiet entgegengetreten werden. Geeignete Maßnahmen könnten etwa Führungen für Schulklassen und andere Interessierte oder auch ein „Tag der offenen Tür“ bzw. „Tag des offenen Wasserkraftwerks“ sein.
- Es erscheint sinnvoll, dass die sechs Wasserkraftwerksbesitzer einen Zusammenschluss bilden, um ihre Erfahrungen auszutauschen und ihre Interessen gemeinsam vertreten zu können. Gerade im Umgang mit Behörden oder großen Energieversorgungsunternehmen kann eine Gruppe bisweilen mehr erreichen als eine Einzelperson. Auch bei anstehenden Investitionen kann man als Gruppe bessere Konditionen aushandeln. Die angesprochene Öffentlichkeitsarbeit könnte auch von einer solchen Interessengemeinschaft übernommen werden. Überdies könnte durch gegenseitige Hilfe der Kraftwerksbesitzer etwa die Pflicht zum Gewässerunterhalt leichter erfüllt werden. Eine derartige Interessengemeinschaft könnte, sofern sie von den Kraftwerksbesitzern nicht selbst gegründet wird, auch mit Hilfe der Stadtverwaltung bzw. der kommunalen Agenda 21 initiiert werden.
- Die Flutkanäle sollten daraufhin überprüft werden, ob sie nur soviel Wasser als unbedingt nötig führen. Die Undichtigkeit der angesprochenen Wehre sollte möglichst bald behoben werden, da dadurch die betroffenen Wasserkraftwerke weniger Strom produzieren können und deren Wirtschaftlichkeit gefährdet ist.
- Wasserkraftwerke könnten künftig statt durch einen Einzelnen auch durch eine Investorengemeinschaft betrieben werden. Dass dazu unter den Bürgern der Stadt Vilsbiburg ein Interesse besteht, hat die Umfrage gezeigt. Möglich wäre auch, dass der jetzige Alleinbetreiber sich für anstehende Investitionen Kapital von privaten Teilhabern sichert, die dann wiederum am Ertrag beteiligt wären. Die Erfahrungen bei den „Solaren Bürgerkraftwerken“, die auch von einer Anlegergemeinschaft finanziert wurden, könnten auch bei der Wasserkraft zum Einsatz kommen.

- Die Stadtwerke Vilsbiburg könnten im Rahmen ihres Angebots „Ökostrom“ auch den aus der Wasserkraft produzierten Strom verkaufen. Hier hat die Umfrage gezeigt, dass ein Anteil von knapp über 53 % der Befragten bereit ist, einen Mehrpreis für Strom aus Erneuerbaren Energiequellen zu zahlen.
- Die vorgeschlagene Nutzung der kleineren Bäche durch „Haus-Wasserkraftwerke“ zur dezentralen Versorgung einzelner Wohngebäude sollte im Hinblick auf die technische Entwicklung (z.B. der Staudruckmaschine) weiter verfolgt werden.
- In einer Informationsveranstaltung sollten staatliche Förderprogramme publik gemacht werden.
- Die Stadt Vilsbiburg könnte eigene Fördermöglichkeiten für die Nutzung der Wasserkraft anbieten.

### **8.3 Windkraft**

- Der Windpark Gangkofen könnte als Vorbild für den Betrieb von Windkraftanlagen in einer Anlegergemeinschaft dienen. Die Umfrage hat eine Bereitschaft eines Teils der Bevölkerung aufgedeckt, in Windkraftanlagen zu investieren. Es sollte Kontakt zu dieser bereits existierenden Anlegergemeinschaft aufgenommen werden, um auf die dort gesammelten Erfahrungen zurückgreifen zu können.
- Überdies kämen den Bürgern Vilsbiburgs aber auch die eigenen Erfahrungen aus den „Solaren Bürgerkraftwerken“ zugute.
- Daneben ist ebenso eine Investition eines Einzelnen bzw. einer Firma möglich, die eventuell den produzierten Strom selbst verbrauchen kann.
- Auf jeden Fall sollte die Bevölkerung über eine geplante Windkraftanlage umfassend informiert und aufgeklärt werden, um etwaigen Vorbehalten und Befürchtungen entgegenzuwirken. Auch diesbezüglich ist eine Anlegergemeinschaft sicher von Vorteil, da das Projekt dann eine breitere Basis in der Bevölkerung hat.
- Die Vermarktung des Stroms aus Windkraftwerken könnte von den Stadtwerken Vilsbiburg, z.B. in Form eines „Wind-Power“-Tarifs, übernommen werden.
- Vor einer endgültigen Investition hat in jedem Fall eine mindestens einjährige Messung der örtlichen Windverhältnisse zu erfolgen.

- Mit der Aufstellung eines Bebauungsplans kann die Stadt Vilsbiburg Flächen für Windkraftanlagen als Sondergebiet festsetzen und damit Planungssicherheit für eventuelle Investoren sicherstellen (vgl. Bay. Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, 2001:53-54).
- Zudem könnte eine Informationsveranstaltung über staatliche Förderprogramme aufklären.
- Die Stadt Vilsbiburg könnte ein eigenes Förderprogramm für die Nutzung der Windkraft entwickeln.

## 9 Zusammenfassung

Die Probleme bei der Nutzung fossiler Energieträger zur Energieversorgung sind vielfältig (begrenzte Verfügbarkeit, schädliche Wirkungen auf die Umwelt ... ). Ihre Nutzung belastet heutige wie zukünftige Generationen gleichermaßen.

Immer mehr werden deshalb als nachhaltige und zukunftsfähige Alternativen zu den fossilen Energieträgern die Erneuerbaren Energien in Betracht gezogen. Deren möglicher Beitrag zu unserer Energieversorgung wird verschieden bewertet<sup>42</sup>.

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, welchen Anteil die Erneuerbaren Energien Wind- und Wasserkraft zur Stromversorgung der Stadt Vilsbiburg leisten können.

### Wasserkraft

Es existieren bereits sechs Wasserkraftwerke an der **Großen Vils** im Stadtgebiet, wobei etwa 41 % des produzierten Stroms von den Kraftwerksbetreibern selbst verbraucht wird, die restlichen 59 % werden in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

Die Wasserkraftwerke stammen aus den 1930er bis 1950er Jahren und sind in unterschiedlich gutem Zustand, was nicht zuletzt an der sehr unterschiedlichen Effizienz der einzelnen Kraftwerke ablesbar ist. Während einige Anlagen bereits um-

---

<sup>42</sup> Ein von der Universität Stuttgart im Auftrag der Bayerischen Staatsregierung erstelltes Prognose-Gutachten hält für das Jahr 2020 einen Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch in Bayern von insgesamt 11 % für realisierbar. „Windkraft, Photovoltaik, Solarkollektoren, Wärmepumpen und Erdwärme können dabei zusammen 0,5 % beisteuern“ (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, 2002:14). Ein Gutachten der EU-Kommission dagegen betrachtet für die Erneuerbaren Energien im Jahr 2050 einen Anteil von 95 % des Primärenergieverbrauchs als möglich (vgl. Bündnis 90 / Die Grünen im Bayerischen Landtag, 2001:39).

fangreiche Überholungen hinter sich haben, würden diese bei anderen eigentlich anstehen. Die hohen Kosten, die eine Überholung mit konventioneller Technik verursachen würde, lassen aber viele Kraftwerksbesitzer vor diesem nötigen Schritt zurückschrecken.

Anhand des ermittelten Potenzials lässt sich aber klar ablesen, dass erhebliche **Steigerungen** möglich wären: um **bis zu 269 %** (je nach Wasserkraftwerk) **der bisherigen Jahreserträge** ließen sich die Erträge steigern, wenn die Wasserkraftwerke modernisiert würden. Der **Jahresertrag aller sechs Wasserkraftwerke** könnte **von derzeit 1,2 % auf 2,5 % des Gesamtstrombedarfs** von 2001 der Stadt Vilsbiburg gesteigert und damit **mehr als verdoppelt** werden.

Anhand einer exemplarischen Wirtschaftlichkeitsberechnung hat sich die neue Technik der **Staudruckmaschine** des Wieners Adolf Brinnich als wesentlich günstiger bezüglich der Investitionskosten im Vergleich zur konventionellen Kraftwerkstechnik erwiesen. Für viele Besitzer kleinerer Wasserkraftanlagen dürften sich damit neue Perspektiven eröffnen, die Anlagen zukünftig wirtschaftlich betreiben zu können. Zudem hat die Staudruckmaschine auch ökologische Vorteile gegenüber der konventionellen Kraftwerkstechnik.

Neben der Großen Vils wurden auch die zahlreichen **kleineren Bäche** in die Überlegungen mit einbezogen. Da Messwerte fehlten, mussten die Gewässerdaten geschätzt werden. Es zeigte sich aber, dass selbst eine angenommene Wassermenge von nur  $0,1 \text{ m}^3 / \text{s}$  bei einer Fallhöhe von nur 1,00 Meter über ein Jahr betrachtet einen **Ertrag von ca. 6.660 kWh je Anlage** erwirtschaften könnte. Jedes dieser „**Haus-Wasserkraftwerke**“ könnte damit einen Drei-Personen-Haushalt im ländlichen Bereich des Untersuchungsgebiets bzw. sogar einen Vier-Personen-Haushalt direkt in der Stadt Vilsbiburg mit Strom versorgen. Mit der angenommenen Anzahl von 28 solcher „Haus-Wasserkraftwerke“ lässt sich ein Anteil von **0,4 % des Gesamtstrombedarfs** des Jahres 2001 abdecken.

Allerdings ist die konventionelle Turbinen-Technologie für solche „Haus-Wasserkraftwerke“ kaum geeignet, vielleicht könnte aber auf diesem Gebiet eine verkleinerte Staudruckmaschine Erfolg bringen.

## Windkraft

Es wurden insgesamt 31 Standorte im Gebiet der Stadt Vilsbiburg auf ihre Eignung zur Errichtung von Windkraftanlagen untersucht. Betrachtet wurden dabei die Höhenlage, der Windschatten und die Stauwirkung durch Hindernisse, die topografische Lage, die Erschließung, die Entfernung zum nächsten Wohngebäude und zur nächsten Mittelspannungsleitung sowie die Bodengüte. Die untersuchten Kriterien führten zu einer Bewertung der einzelnen Standorte, wobei sich 17 davon als besonders geeignet für die Errichtung von Windkraftanlagen herausstellten. Elf Standorte wurden als „Ersatzstandorte“ klassifiziert. In drei Ausbaustufen wurde ermittelt, welche Jahreserträge mit verschiedenen großen Windkraftanlagen bei den vorhandenen Windverhältnissen, die aus einer lokalen Wetterstation stammen, möglich sind. Die Ergebnisse reichen unter **Berücksichtigung der 17 besten Standorte** von **etwa 20 % bis zu knapp 54 % des Gesamtstrombedarfs** der Stadt Vilsbiburg, unter **zusätzlicher Berücksichtigung der Ersatzstandorte** sogar von **etwa 33 % bis 88 % des Gesamtstrombedarfs**.

## Resümee

In der folgenden Tabelle sind die möglichen maximalen Jahreserträge durch die Nutzung von Wind- und Wasserkraft zusammenfassend dargestellt:

	Anteil am Gesamtstrombedarf	
	von	bis
Wasserkraft Große Vils	2,1 %	2,5 %
Wasserkraft kleine Bäche	0,4 %	0,4 %
Windkraft	20,2 %	88,2 %
<b>Summe</b>	<b>22,7 %</b>	<b>91,1 %</b>

Tabelle 23: Zusammenstellung Jahreserträge Wind- und Wasserkraft

**Die Stadt Vilsbiburg könnte durch die Nutzung der in ihrer Gemarkung vorhandenen Wind- und Wasserkraft bis zu 91 % ihres gesamten derzeitigen Strombedarfs<sup>43</sup> decken.**

---

<sup>43</sup> Strombedarf bezogen auf das Jahr 2001

## 10 Verzeichnis der Literatur, Karten und Ansprechpartner

### 10.1 *Verwendete Literatur*

- Alt, F., Claus, J., Scheer, H. (Hrsg.) (1998): Windiger Protest, Konflikte um das Zukunftspotential der Windkraft; Bochum, 189 S.
- Ammonit Gesellschaft für Messtechnik mbH (2000): Windmessung für eine korrekte Energieprognose; Berlin, 30 S.
- Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (Hrsg.) (2002): Statistik kommunal 2002, Stadt Vilsbiburg; München, 13 S.
- Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (Hrsg.) (2003): Bayern-Kaleidoskop; München, 32 S.
- Bay. Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (Hrsg.) (2003a): Gemeindedaten 2002; München, Seitenzahl unbekannt
- Bay. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.) (1998): Spektrum Wasser 1, Hochwasser; München, 80 S.
- Bay. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.) (2002): Gewässerkundliches Jahrbuch 2001; München, Seitenzahl unbekannt
- Bay. Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie (Hrsg.) (2001): Bayerischer Solar- und Windatlas; München, 60 S.
- Bay. Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie (Hrsg.) (2002): Erneuerbare Energien, Dr. Otto Wiesheu, Standpunkte; München, 25 S.
- BayFORKLIM Bay. Klimaforschungsverbund (Hrsg.) (1996): Bayerischer Klimaatlas; München, 57 S.
- BINE Fachinformationszentrum Karlsruhe (Hrsg.) (1999): Windprognose im Binnenland; Bonn, 4 S.
- Brinnich, A. (2001): Wasserkraft-Staudruckmaschine, Neues konkurrenzlos wirtschaftliches Kraftwerkskonzept, in: Wasserwirtschaft, Heft Nr. 91 (2001), S. 70-74
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2002): Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung, Förderüberblick, Ansprechpartner und Adressen; Berlin, 42 S.
- BUND / Misereor (Hrsg.) (1998): Zukunftsfähiges Deutschland, Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung; Basel-Boston-Berlin, 466 S.
- Bündnis 90 / Die Grünen im Bayerischen Landtag (2001): Neuer Wind für Bayern, Impulse für die Windkraft; München, 50 S.
- BWE Bundesverband Windenergie (Hrsg.) (2003): Windenergie 2003, Marktübersicht; Osnabrück, 296 S.
- DEWI Deutsches Windenergie-Institut (im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2001): Weiterer Ausbau der Windenergienutzung im Hinblick auf dem Klimaschutz, Teil 1; Wilhelmshaven, 106 S.

- Eggersglüß, W. (2002): Wirtschaftlichkeit von Windenergieanlagen, in: Bauen für die Landwirtschaft, Heft Nr. 1 (2002), S. 11-13
- Gasch, R. (Hrsg.) (1996): Windkraftanlagen, Grundlage und Entwurf; Stuttgart, 390 S.
- Günther, T. (2000): Renaissance des Wasserrades, in: Wasserwirtschaft, Heft Nr. 90 (2000), S. 204-205
- Hau, E. (1996): Windkraftanlagen, Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit; London-Paris-Tokyo, 665 S.
- Hersel, H. (1996): Nutzung der Wasserkraft, Planungsgrundlagen und Wirtschaftlichkeit kleiner Wasserkraftanlagen, in: Bauen für die Landwirtschaft, Heft Nr. 1 (1996), S. 10-16
- Kaltschmitt, M., Wiese, A., Streicher, W. (Hrsg.) (2003): Erneuerbare Energien, Systemaspekte, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte; Berlin-Heidelberg-New York, 692 S.
- Kaltschmitt, M., Wiese, A. (Hrsg.) (1997): Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte; Berlin-Heidelberg-New York, 540 S.
- König, F., Jehle, C. (1997): Bau von Wasserkraftanlagen, praxisbezogene Planungsgrundlagen; Heidelberg, 253 S.
- Landwirtschaftsamt Landshut (Hrsg.) (2003): Die Landwirtschaft im Landkreis Landshut einschließlich der kreisfreien Stadt Landshut; Landshut, 10 S.
- Mielke, B. (1995): Räumliche Steuerung von Windenergieanlagen; Dortmund, 50 S.
- Nordex (2003): Planungsordner (CD-ROM); Norderstedt
- Pálffy, S., u.a. (1998): Wasserkraftanlagen, Klein- und Kleinstkraftwerke; Reningen-Malmsheim, 276 S.
- Schrimppf, E. (Hrsg.) (2000): Potenziale Erneuerbarer Energien in Moosburg 2000, Seminararbeit FH Weihenstephan, FB Landschaftsarchitektur; Freising, Band 1: 248 S., Band 2: 151 S.
- Strack, E., Winkler, W. (2002): Analyse der Unsicherheiten bei der Ertragsberechnung von Windparks, in: Deutsches Windenergie-Institut (Hrsg.) (2002): DEWEK 2002 Tagungsband; Wilhelmshaven, S. 9-13
- Tagesschau (2003), Meldung vom 12. Dezember 2003: Strompreise steigen wieder; Download unter [www.tagesschau.de/aktuell/meldungen](http://www.tagesschau.de/aktuell/meldungen), 1 S.
- Umweltbundesamt Berlin (2002): Stellungnahme zum Konzept einer Wasserkraft-Staudruckmaschine aus energiewirtschaftlicher und gewässerökologischer Sicht; Berlin, 2 S.
- VDEW Verband der Elektrizitätswirtschaft (2001), Pressemitteilung vom 7. Mai 2001: Energieausbeute in Europa weit vor USA; Download unter [www.strom.de](http://www.strom.de), 1 S.

## **10.2 Verwendete Karten**

- Bayerisches Landesvermessungsamt München (Hrsg.): Topografische Karten 1:25.000; 7539 Geisenhausen (2001), 7540 Vilsbiburg (2001), 7639 Velden (1995), 7640 Egglkofen (1999)

- Bayerisches Landesvermessungsamt München (Hrsg.) (2001): Bayern 3D 1:25.000, digitale Karte
- Bayerisches Landesvermessungsamt München (Hrsg.) (2002): Bayern Süd 1:50.000, digitale Karte

### **10.3 Ansprechpartner**

- Balk Franz, Vilsbiburg, Telefon 08741-960688
- Beermann Günter, München, Telefon 089-7913653
- Brinnich Adolf, Wien, Fax 0043-19851406
- Burger Walter, Stadtverwaltung Vilsbiburg, Telefon 08741-30533
- Deser Christiane, Bundesverband Windenergie, Landesbüro Bayern, Neukirchen, Telefon 09961-9429652
- Döbler Alois, Vilsbiburg, Telefon 08741-8446
- Gollwitzer Christian, Seyboldsdorf, Telefon 08741-2581
- Granich Josef, Niedermühle, Telefon 08741-4441
- Gruber Josef, Lichtenburg, Telefon 08741-4116
- Lachhammer Andreas, Pocking<sup>44</sup>
- Lehner Josef, Wasserwirtschaftsamt Landshut, Telefon 0871-85280
- Losada Felix, Nordex, Norderstedt, Telefon 040-50098200
- Reisser Martin, VATEch Escher Wyss, Ravensburg, Telefon 0751-832899
- Reiter Josef, Landratsamt Landshut, Telefon 0871-708301
- Dr. Schraml Ulrich, Institut für Forstpolitik, Freiburg, Telefon 0761-2033721
- Prof. Dr. Schrimppf Ernst, Fachhochschule Weihenstephan, Fachbereich Landschaftsarchitektur, Freising, Telefon 08161-715113
- Stadler Hermann, Hackelsberg, Telefon 08741-8203
- Dr. Stadler Michael, Windpark Gangkofen, Telefon 08724-220
- Staudinger Peter, Wasserwirtschaftsamt Landshut, Telefon 0871-8528108
- Steinhagen Manfred, Umweltbundesamt Berlin, Telefon 030-89032574
- Thun Werner, Stadtwerke Vilsbiburg, Telefon 08741-964412
- Unterholzner Hans, Gaindorf, Telefon 08741-4581
- Wackerbauer Wolfgang, Vilsbiburg, Telefon 08741-4559
- Weixlgartner Georg, Stadtverwaltung Vilsbiburg, Telefon 08741-30538
- Wimmer Johann, Landwirtschaftsamt Landshut, Telefon 0871-6030

## **11 Anhang**

### **11.1 Aufnahmebögen bestehender Wasserkraftwerke**

Leere Felder in der Befragung bedeuten, dass der Kraftwerksbesitzer zur Frage keine Angabe machen konnte. Die Reihenfolge der Fragebögen entspricht der Abfolge der Kraftwerke flussabwärts.

---

<sup>44</sup> Die Telefonnummer kann bei Bedarf beim Verfasser dieser Diplomarbeit erfragt werden.

1	Aufnahmedatum	8. Oktober 2003	11. April 2003
2	Name	<b>Stadler Hermann</b>	<b>Granich Josef</b>
3	Adresse	Hackelsberg 37	Niedermühle 35
5	Anlagentyp	Francis-Turbine	Francis-Turbine
6	Baujahr	1950	1934
7	Leistung [kW]	schwankt von 4 bis 7 kW	Nennleistung 16 kW, durchschnittlich 12 kW
8	Stromproduktion [kWh]		ca. 12kW x 350 Tage = 100.800 kWh
9	Jahresbetriebsstunden	ca. 350 Tage	ca. 350 Tage
10	Ausfallzeiten	ca. 2 Wochen pro Jahr	ca. 2 Tage pro Jahr Wartung / Reparatur, 2 bis 15 Tage wegen Hochwasser
11	Wirtschaftlichkeit	kein wirtschaftlicher Betrieb möglich, da Gewässerunterhalt teuer	
12	Vergütung		
13	Reparaturen		kaum
14	Überholungsbedürftigkeit	Anlage überholungsbedürftig, Angebot (35.000 €) liegt vor	nein
15	Förderung		
16	Einspeisungsnetz / Inselbetrieb	Einspeisung des nicht selbst verbrauchten Stroms	Einspeisung des nicht selbst verbrauchten Stroms (Einspeisung ca. 85.000 kWh pro Jahr in das Netz der EON Bayern)
17	Übergabepunkt		ca. 150 m Entfernung
18	Gewässer	Große Vils	Große Vils
19	Abfluss		ca. 1,5 m <sup>3</sup> / s
20	Fließgeschwindigkeit		
21	Ausleitung (Anteil an Gewässerbreite)		
22	Schwankungen Wasserstand		
23	Fallhöhe	1,20 m	1,70 m
24	Motivation		
25	Zufriedenheit Würden Sie anderen Wasserkraftnutzung empfehlen?		
26	Bereitschaft für Neuinvestitionen	Überholung der Anlage mit 35.000 € zu teuer, Weiterbetrieb unsicher, falls Überholung unausweichlich	
27	Sind Ihnen geeignete alte Standorte bekannt?		
28	Sind Ihnen geeignete neue Standorte bekannt?		

1	Aufnahmedatum	11. April 2003	13. Mai 2003
2	Name	<b>Unterholzner Hans</b>	<b>Balk Franz</b>
3	Adresse	Gaindorf 15	Veldener Straße 29, Vilsbiburg
5	Anlagentyp	2 Francis-Turbinen	2 Francis-Turbinen
6	Baujahr	ca. 1940	1936
7	Leistung [kW]	16 kW und 11 kW	zusammen maximal 20 kW
8	Stromproduktion [kWh]	140.000 kWh / a	
9	Jahresbetriebsstunden	große Turbine läuft das ganze Jahr über,	ca. 360 Tage

		kleine Turbine ca. 150 Tage pro Jahr	
10	Ausfallzeiten	1 Tag Wartung pro Jahr	ca. 1 Woche pro Jahr
11	Wirtschaftlichkeit		Unkosten übersteigen den Erlös
12	Vergütung		
13	Reparaturen	kaum	kaum
14	Überholungsbedürftigkeit	Leitwerke und Wellen wurden erst vor einigen Jahren erneuert, ansonsten keine Überholungsbedürftigkeit	nein
15	Förderung		nein
16	Einspeisungsnetz / Inselbetrieb	Einspeisung des nicht selbst verbrauchten Stroms (Einspeisung ca. 70.000 kWh pro Jahr in das Netz der EON Bayern)	der Einfachheit halber komplette Einspeisung ins Stromnetz der Stadtwerke Vilsbiburg <sup>45</sup>
17	Übergabepunkt	im Betriebshaus	im Betriebshaus
18	Gewässer	Große Vils	Große Vils
19	Abfluss	ca 1,6 m <sup>3</sup> /s	maximal 2 m <sup>3</sup> /s, als Problem wird der undichte Flutkanal angesprochen, dessen Ausleitung am Standort fehlt
20	Fließgeschwindigkeit		
21	Ausleitung (Anteil an Gewässerbreite)	100 % der Gewässerbreite mündet in Turbine, ein Hochwasserkanal / Wehrkanal ist aber vorhanden	100 % der Gewässerbreite mündet in Turbine
22	Schwankungen Wasserstand	extreme Schwankungen, ablesbar an der Gesamtleistung der Anlage, die zwischen 8 und 25 kW schwankt, besonders wenig Wasser im August	
23	Fallhöhe	1,60 m	2,00 m
24	Motivation	Tradition, Idealismus, Sicherheit durch Möglichkeit der autarken Stromversorgung des Stalls	Idealismus
25	Zufriedenheit Würden Sie anderen Wasserkraftnutzung empfehlen?		
26	Bereitschaft für Neuinvestitionen		ja, wenn Rahmenbedingungen besser wären, d.h. mehr Entgelt und weniger Pflichten zum Gewässerunterhalt (Ausräumen des Flussbetts, Fällen von Bäumen), wie sie aus dem hier vorliegenden „alten“ Wasserrecht resultieren
27	Sind Ihnen geeignete alte Standorte bekannt?		nein
28	Sind Ihnen geeignete neue Standorte bekannt?		nein

<sup>45</sup> Nach Auskunft von Herrn Thun, Stadtwerke Vilsbiburg (9. Juli 2003 und 21. Oktober 2003) betrug im Jahr 2002 die Einspeisung 67.000 kWh, im Jahr 2001 82.000 kWh, im Jahr 2000 70.000 kWh. Im folgenden wird der Mittelwert von 73.000 kWh angenommen.

1	Aufnahmedatum	13. Mai 2003	23. Oktober 2003
2	Name	<b>Wackerbauer Wolfgang</b>	<b>Gruber Josef</b>
3	Adresse	Kindlmühle 3, Vilsbiburg	Lichtenburg
5	Anlagentyp	Francis-Turbine	2 Francis-Turbinen
6	Baujahr	1949	ca. 1930
7	Leistung [kW]	Nennleistung 25 kW, durchschnittlich 18 kW	derzeit ca. 7 kW, da eine Turbine defekt ist
8	Stromproduktion [kWh]	Aussage schwierig, da zusätzlich ein Dieselgenerator Strom ins Netz einspeist	7 kW x 355 Tage x 24 h = 59.640 kWh
9	Jahresbetriebsstunden	ca. 360 Tage x 24 h = 8640 h	ca. 350 Tage
10	Ausfallzeiten	ca. 5 Tage pro Jahr wegen Hoch- und Niedrigwasser, ca. 1/2 Tag pro Jahr wegen Wartungsarbeiten	ca. 10 Tage pro Jahr wegen Reparatur
11	Wirtschaftlichkeit	Stromproduktion primär für Eigenverbrauch im Sägewerk, Rest wird eingespeist	wirtschaftlicher Betrieb derzeit nicht möglich, da Vergütung zu gering
12	Vergütung	ca. 17 Pfennig / kWh	
13	Reparaturen	fallen kaum an	
14	Überholungsbedürftigkeit	demnächst soll das Leitwerk überholt werden	Neubau würde anstehen (wird auf ca. 500.000 € geschätzt)
15	Förderung	möglich bei Neuinvestition und Renovierung	
16	Einspeisungsnetz / Inselbetrieb	Einspeisung des nicht selbst verbrauchten Stroms in das Netz der Stadtwerke Vilsbiburg <sup>46</sup>	momentan wird der gesamte produzierte Strom selbst verbraucht, da eine Turbine defekt ist
17	Übergabepunkt	in 100m Entfernung	
18	Gewässer	Große Vils	Große Vils
19	Abfluss		
20	Fließgeschwindigkeit		
21	Ausleitung (Anteil an Gewässerbreite)	100 % der Gewässerbreite mündet in Turbine	100 %
22	Schwankungen Wasserstand	groß	
23	Fallhöhe	1,60 m	1,70 m
		wirtschaftliche Gründe, Idealismus	
24	Motivation	ja	Problem der Unterhaltspflicht am Gewässer
25	Zufriedenheit Würden Sie anderen Wasserkraftnutzung empfehlen?	ja, auch an anderem Standort	prinzipiell ja, wenn Rahmenbedingungen (Vergütung, Gewässerunterhaltspflicht) besser und Investitionskosten nicht so hoch wären; unter den derzeitigen Bedingungen keine Bereitschaft für Neuinvestition
26	Bereitschaft für Neuinvestitionen		
27	Sind Ihnen geeignete alte Standorte bekannt?		
28	Sind Ihnen geeignete neue Standorte bekannt?		

<sup>46</sup> Nach Auskunft von Herrn Thun, Stadtwerke Vilsbiburg (9. Juli 2003 und 21. Oktober 2003) betrug im Jahr 2002 die Einspeisung 88.000 kWh, im Jahr 2001 85.000 kWh, im Jahr 2000 87.000 kWh, im Jahr 1999 81.000 kWh. im folgenden wird der Mittelwert von 85.000 kWh angenommen.

## **11.2 Aufnahmebogen potenzieller Windkraftstandorte**

## 11.3 Potenzialberechnungen Wasserkraft

Grau hinterlegte Felder der Tabellen bezeichnen jeweils die gewählte Überschreitungsdauer, Ausbauwassermenge und –leistung.

### 11.3.1 Fallhöhe 1,20 m

Überschreitungsdauer [Tage]	überschnittener Abfluss [m³/s]	Abfluss abzüglich 0,1 m³/s (Fischtrappe)	Dauer [Tage]	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 1,80 m³/s	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 2,75 m³/s	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 1,80 m³/s	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 2,75 m³/s
				Leistung [kW]				Arbeit [kWh]			
1	31,0	30,9	1	365	282	16	25	8.760	6.768	384	600
2	22,9	22,8	1	270	208	16	25	6.480	4.992	384	600
3	19,0	18,9	1	224	173	16	25	5.376	4.152	384	600
4	16,2	16,1	1	191	147	16	25	4.584	3.528	384	600
5	14,3	14,2	1	168	130	16	25	4.032	3.120	384	600
6	13,0	12,9	1	153	118	16	25	3.672	2.832	384	600
7	11,7	11,6	1	138	106	16	25	3.312	2.544	384	600
8	10,8	10,7	1	127	98	16	25	3.048	2.352	384	600
9	9,86	9,76	6	116	89	16	25	16.704	12.816	2.304	3.600
15	7,00	6,90	10	82	63	16	25	19.680	15.120	3.840	6.000
25	4,92	4,82	10	58	44	16	25	13.920	10.560	3.840	6.000
35	3,90	3,80	10	46	35	16	25	11.040	8.400	3.840	6.000
45	3,39	3,29	20	40	30	16	25	19.200	14.400	7.680	12.000
65	2,85	2,75	30	34	25	16	25	24.480	18.000	11.520	18.000
95	2,45	2,35	30	29	21	16	21	20.880	15.120	11.520	15.120
125	2,20	2,10	30	26	19	16	19	18.720	13.680	11.520	13.680
155	2,03	1,93	27	24	18	16	18	15.552	11.664	10.368	11.664
182	1,90	1,80	33	22	16	16	16	17.424	12.672	12.672	12.672
215	1,75	1,65	20	21	15	15	15	10.080	7.200	7.200	7.200
235	1,66	1,56	10	20	14	14	14	4.800	3.360	4.320	3.360
245	1,63	1,53	10	19	14	14	14	4.560	3.360	3.360	3.360
255	1,59	1,49	10	19	14	14	14	4.560	3.360	3.360	3.360
265	1,55	1,45	10	18	13	13	13	4.320	3.120	3.120	3.120
275	1,50	1,40	10	18	13	13	13	4.320	3.120	3.120	3.120
285	1,45	1,35	10	17	12	12	12	4.080	2.880	2.880	2.880
295	1,39	1,29	10	16	12	12	12	3.840	2.880	2.880	2.880
305	1,34	1,24	10	16	11	11	11	3.840	2.640	2.640	2.640
315	1,28	1,18	10	15	11	11	11	3.600	2.640	2.640	2.640
325	1,22	1,12	10	14	10	10	10	3.360	2.400	2.400	2.400
335	1,15	1,05	5	14	10	10	10	1.680	1.200	1.200	1.200
340	1,11	1,01	5	13	9	9	9	1.560	1.080	1.080	1.080

345	1,06	0,96	5	12	9	9	9	1.440	1.080	1.080	1.080
350	0,994	0,894	5	12	8	8	8	1.440	960	960	960
355	0,912	0,812	1	11	7	7	7	264	168	168	168
356	0,901	0,801	1	11	7	7	7	264	168	168	168
357	0,871	0,771	1	10	7	7	7	240	168	168	168
358	0,856	0,756	1	10	7	7	7	240	168	168	168
359	0,821	0,721	1	10	7	7	7	240	168	168	168
360	0,791	0,691	1	9	6	6	6	216	144	144	144
361	0,754	0,654	1	9	6	6	6	216	144	144	144
362	0,700	0,600	1	8	5	5	5	192	120	120	120
363	0,610	0,510	1	7	5	5	5	168	120	120	120
364	0,530	0,430	1	6	4	4	4	144	96	96	96
365	0,417	0,317	0	5	3	3	3	0	0	0	0
<b>Jahresertrag</b>								<b>276.528</b>	<b>205.464</b>	<b>124.920</b>	<b>152.280</b>

### 11.3.2 Fallhöhe 1,60 m

Überschreitungsdauer [Tage]	überschrittener Abfluss [m³/s]	Abfluss abzüglich 0,1 m³/s (Fischtrappe)	Dauer [Tage]	Leistung [kW]				Arbeit [kWh]			
				theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 1,80 m³/s	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 2,75 m³/s	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 1,80 m³/s	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 2,75 m³/s
1	31,0	30,9	1	487	376	22	33	11.688	9.024	528	792
2	22,9	22,8	1	359	278	22	33	8.616	6.672	528	792
3	19,0	18,9	1	298	230	22	33	7.152	5.520	528	792
4	16,2	16,1	1	254	196	22	33	6.096	4.704	528	792
5	14,3	14,2	1	224	173	22	33	5.376	4.152	528	792
6	13,0	12,9	1	204	157	22	33	4.896	3.768	528	792
7	11,7	11,6	1	184	141	22	33	4.416	3.384	528	792
8	10,8	10,7	1	170	130	22	33	4.080	3.120	528	792
9	9,86	9,76	6	155	119	22	33	22.320	17.136	3.168	4.752
15	7,00	6,90	10	110	84	22	33	26.400	20.160	5.280	7.920
25	4,92	4,82	10	77	59	22	33	18.480	14.160	5.280	7.920
35	3,90	3,80	10	61	46	22	33	14.640	11.040	5.280	7.920
45	3,39	3,29	20	53	40	22	33	25.440	19.200	10.560	15.840
65	2,85	2,75	30	45	33	22	33	32.400	23.760	15.840	23.760
95	2,45	2,35	30	38	29	22	29	27.360	20.880	15.840	20.880
125	2,20	2,10	30	35	26	22	26	25.200	18.720	15.840	18.720
155	2,03	1,93	27	32	24	22	24	20.736	15.552	14.256	15.552
182	1,90	1,80	33	30	22	22	22	23.760	17.424	17.424	17.424
215	1,75	1,65	20	27	20	20	20	12.960	9.600	9.600	9.600
235	1,66	1,56	10	26	19	19	19	6.240	4.560	4.560	4.560
245	1,63	1,53	10	26	19	19	19	6.240	4.560	4.560	4.560
255	1,59	1,49	10	25	18	18	18	6.000	4.320	4.320	4.320

265	1,55	1,45	10	24	18	18	18	5.760	4.320	4.320	4.320
275	1,50	1,40	10	24	17	17	17	5.760	4.080	4.080	4.080
285	1,45	1,35	10	23	16	16	16	5.520	3.840	3.840	3.840
295	1,39	1,29	10	22	16	16	16	5.280	3.840	3.840	3.840
305	1,34	1,24	10	21	15	15	15	5.040	3.600	3.600	3.600
315	1,28	1,18	10	20	14	14	14	4.800	3.360	3.360	3.360
325	1,22	1,12	10	19	14	14	14	4.560	3.360	3.360	3.360
335	1,15	1,05	5	18	13	13	13	2.160	1.560	1.560	1.560
340	1,11	1,01	5	17	12	12	12	2.040	1.440	1.440	1.440
345	1,06	0,96	5	17	12	12	12	2.040	1.440	1.440	1.440
350	0,994	0,894	5	16	11	11	11	1.920	1.320	1.320	1.320
355	0,912	0,812	1	14	10	10	10	336	240	240	240
356	0,901	0,801	1	14	10	10	10	336	240	240	240
357	0,871	0,771	1	14	9	9	9	336	216	216	216
358	0,856	0,756	1	13	9	9	9	312	216	216	216
359	0,821	0,721	1	13	9	9	9	312	216	216	216
360	0,791	0,691	1	12	8	8	8	288	192	192	192
361	0,754	0,654	1	12	8	8	8	288	192	192	192
362	0,700	0,600	1	11	7	7	7	264	168	168	168
363	0,610	0,510	1	10	6	6	6	240	144	144	144
364	0,530	0,430	1	8	5	5	5	192	120	120	120
365	0,417	0,317	0	7	4	4	4	0	0	0	0
<b>Jahresertrag</b>								<b>368.280</b>	<b>275.520</b>	<b>170.136</b>	<b>204.168</b>

### 11.3.3 Fallhöhe 1,70 m

Überschreitungsdauer [Tage]	überschrittener Abfluss [m³/s]	Abfluss abzüglich 0,1 m³/s (Fischtreppe)	Dauer [Tage]	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	Leistung [kW]		Arbeit [kWh]			
						wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 1,80 m³/s	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 2,75 m³/s	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	wirtschaftliches Potenzial Aus- bauwassermenge 1,80 m³/s	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 2,75 m³/s
1	31,0	30,9	1	517	400	23	36	12.408	9.600	552	864
2	22,9	22,8	1	382	295	23	36	9.168	7.080	552	864
3	19,0	18,9	1	317	245	23	36	7.608	5.880	552	864
4	16,2	16,1	1	270	208	23	36	6.480	4.992	552	864
5	14,3	14,2	1	238	184	23	36	5.712	4.416	552	864
6	13,0	12,9	1	217	167	23	36	5.208	4.008	552	864
7	11,7	11,6	1	195	150	23	36	4.680	3.600	552	864
8	10,8	10,7	1	180	138	23	36	4.320	3.312	552	864
9	9,86	9,76	6	164	126	23	36	23.616	18.144	3.312	5.184
15	7,00	6,90	10	117	89	23	36	28.080	21.360	5.520	8.640
25	4,92	4,82	10	82	62	23	36	19.680	14.880	5.520	8.640
35	3,90	3,80	10	65	49	23	36	15.600	11.760	5.520	8.640
45	3,39	3,29	20	57	43	23	36	27.360	20.640	11.040	17.280

65	2,85	2,75	30	48	36	23	36	34.560	25.920	16.560	25.920
95	2,45	2,35	30	41	30	23	30	29.520	21.600	16.560	21.600
125	2,20	2,10	30	37	27	23	27	26.640	19.440	16.560	19.440
155	2,03	1,93	27	34	25	23	25	22.032	16.200	14.904	16.200
182	1,90	1,80	33	32	23	23	23	25.344	18.216	18.216	18.216
215	1,75	1,65	20	29	21	21	21	13.920	10.080	10.080	10.080
235	1,66	1,56	10	28	20	20	20	6.720	4.800	4.800	4.800
245	1,63	1,53	10	27	20	20	20	6.480	4.800	4.800	4.800
255	1,59	1,49	10	27	19	19	19	6.480	4.560	4.560	4.560
265	1,55	1,45	10	26	19	19	19	6.240	4.560	4.560	4.560
275	1,50	1,40	10	25	18	18	18	6.000	4.320	4.320	4.320
285	1,45	1,35	10	24	17	17	17	5.760	4.080	4.080	4.080
295	1,39	1,29	10	23	17	17	17	5.520	4.080	4.080	4.080
305	1,34	1,24	10	22	16	16	16	5.280	3.840	3.840	3.840
315	1,28	1,18	10	21	15	15	15	5.040	3.600	3.600	3.600
325	1,22	1,12	10	20	14	14	14	4.800	3.360	3.360	3.360
335	1,15	1,05	5	19	14	14	14	2.280	1.680	1.680	1.680
340	1,11	1,01	5	19	13	13	13	2.280	1.560	1.560	1.560
345	1,06	0,96	5	18	12	12	12	2.160	1.440	1.440	1.440
350	0,994	0,894	5	17	12	12	12	2.040	1.440	1.440	1.440
355	0,912	0,812	1	15	11	11	11	360	264	264	264
356	0,901	0,801	1	15	10	10	10	360	240	240	240
357	0,871	0,771	1	15	10	10	10	360	240	240	240
358	0,856	0,756	1	14	10	10	10	336	240	240	240
359	0,821	0,721	1	14	9	9	9	336	216	216	216
360	0,791	0,691	1	13	9	9	9	312	216	216	216
361	0,754	0,654	1	13	8	8	8	312	192	192	192
362	0,700	0,600	1	12	8	8	8	288	192	192	192
363	0,610	0,510	1	10	7	7	7	240	168	168	168
364	0,530	0,430	1	9	6	6	6	216	144	144	144
365	0,417	0,317	0	7	4	4	4	0	0	0	0
<b>Jahresertrag</b>								<b>392.136</b>	<b>291.360</b>	<b>178.440</b>	<b>216.984</b>

### 11.3.4 Fallhöhe 2,00 m

Überschreitungsdauer [Tage]	überschrittener Abfluss [m³/s]	Abfluss abzüglich 0,1 m³/s (Fischtrappe)	Dauer [Tage]	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 1,80 m³/s	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 2,75 m³/s	theoretisches Potenzial	technisches Potenzial	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 1,80 m³/s	wirtschaftliches Potenzial Ausbauwassermenge 2,75 m³/s
1	31,0	30,9	1	608	470	27	42	14.592	11.280	648	1.008
2	22,9	22,8	1	449	347	27	42	10.776	8.328	648	1.008
3	19,0	18,9	1	373	288	27	42	8.952	6.912	648	1.008
4	16,2	16,1	1	318	245	27	42	7.632	5.880	648	1.008

5	14,3	14,2	1	281	216	27	42	6.744	5.184	648	1.008
6	13,0	12,9	1	255	196	27	42	6.120	4.704	648	1.008
7	11,7	11,6	1	230	177	27	42	5.520	4.248	648	1.008
8	10,8	10,7	1	212	163	27	42	5.088	3.912	648	1.008
9	9,86	9,76	6	193	149	27	42	27.792	21.456	3.888	6.048
15	7,00	6,90	10	137	105	27	42	32.880	25.200	6.480	10.080
25	4,92	4,82	10	97	73	27	42	23.280	17.520	6.480	10.080
35	3,90	3,80	10	77	58	27	42	18.480	13.920	6.480	10.080
45	3,39	3,29	20	67	50	27	42	32.160	24.000	12.960	20.160
65	2,85	2,75	30	56	42	27	42	40.320	30.240	19.440	30.240
95	2,45	2,35	30	48	36	27	36	34.560	25.920	19.440	25.920
125	2,20	2,10	30	43	32	27	32	30.960	23.040	19.440	23.040
155	2,03	1,93	27	40	29	27	29	25.920	18.792	17.496	18.792
182	1,90	1,80	33	37	27	27	27	29.304	21.384	21.384	21.384
215	1,75	1,65	20	34	25	25	25	16.320	12.000	12.000	12.000
235	1,66	1,56	10	33	24	24	24	7.920	5.760	5.760	5.760
245	1,63	1,53	10	32	23	23	23	7.680	5.520	5.520	5.520
255	1,59	1,49	10	31	23	23	23	7.440	5.520	5.520	5.520
265	1,55	1,45	10	30	22	22	22	7.200	5.280	5.280	5.280
275	1,50	1,40	10	29	21	21	21	6.960	5.040	5.040	5.040
285	1,45	1,35	10	28	21	21	21	6.720	5.040	5.040	5.040
295	1,39	1,29	10	27	20	20	20	6.480	4.800	4.800	4.800
305	1,34	1,24	10	26	19	19	19	6.240	4.560	4.560	4.560
315	1,28	1,18	10	25	18	18	18	6.000	4.320	4.320	4.320
325	1,22	1,12	10	24	17	17	17	5.760	4.080	4.080	4.080
335	1,15	1,05	5	23	16	16	16	2.760	1.920	1.920	1.920
340	1,11	1,01	5	22	15	15	15	2.640	1.800	1.800	1.800
345	1,06	0,96	5	21	15	15	15	2.520	1.800	1.800	1.800
350	0,994	0,894	5	20	14	14	14	2.400	1.680	1.680	1.680
355	0,912	0,812	1	18	12	12	12	432	288	288	288
356	0,901	0,801	1	18	12	12	12	432	288	288	288
357	0,871	0,771	1	17	12	12	12	408	288	288	288
358	0,856	0,756	1	17	12	12	12	408	288	288	288
359	0,821	0,721	1	16	11	11	11	384	264	264	264
360	0,791	0,691	1	16	11	11	11	384	264	264	264
361	0,754	0,654	1	15	10	10	10	360	240	240	240
362	0,700	0,600	1	14	9	9	9	336	216	216	216
363	0,610	0,510	1	12	8	8	8	288	192	192	192
364	0,530	0,430	1	10	7	7	7	240	168	168	168
365	0,417	0,317	0	8	5	5	5	0	0	0	0
<b>Jahresertrag</b>								<b>459.792</b>	<b>343.536</b>	<b>210.288</b>	<b>255.504</b>

## **11.4 Potenzialberechnungen Windkraft**

## 11.5 Auswertung Umfrage

Frage	1 <sup>47</sup>	2	3	4	5	6	7	8
<b>Auswertung nach absoluter Stimmzahl<sup>48</sup></b>								
ungültig	1	3	1	1	3	7	2	3
Antwort 1 <sup>49</sup>	25	7	66	41	31	10	1	30
Antwort 2	14	38	15	9	61	21	92	4
Antwort 3	6	7	13	0		27		0
Antwort 4	62	24		44		53		58
Antwort 5		16				6		
Summe aller Stimmen	108	95	95	95	95	124	95	95
Summe gültiger Stimmen	107	92	94	94	92	117	93	92
<b>Auswertung nach prozentualem Stimmenanteil an den gültigen Stimmen</b>								
Antwort 1	23,4%	7,6%	70,2%	43,6%	33,7%	8,5%	1,1%	32,6%
Antwort 2	13,1%	41,3%	16,0%	9,6%	66,3%	17,9%	98,9%	4,3%
Antwort 3	5,6%	7,6%	13,8%	0,0%		23,1%		0,0%
Antwort 4	57,9%	26,1%		46,8%		45,3%		63,0%
Antwort 5		17,4%				5,1%		
Summe <sup>50</sup>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	100,0%	99,9%

Frage	9	10	11	12	13	14	15
<b>Auswertung nach absoluter Stimmzahl</b>							
ungültig	0	8	1	1	0	5	1
Antwort 1	42	6	56	29	0	32	61
Antwort 2	53	9	19	4	3	58	33
Antwort 3		41	19	3	29		0
Antwort 4		30		58	45		
Antwort 5		1			18		
Summe aller Stimmen	95	95	95	95	95	95	95
Summe gültiger Stimmen	95	87	94	94	95	90	94
<b>Auswertung nach prozentualem Stimmenanteil an den gültigen Stimmen</b>							
Antwort 1	44,2%	6,9%	59,6%	30,9%	0,0%	35,6%	64,9%
Antwort 2	55,8%	10,3%	20,2%	4,3%	3,2%	64,4%	35,1%
Antwort 3		47,1%	20,2%	3,2%	30,5%		0,0%
Antwort 4		34,5%		61,7%	47,4%		
Antwort 5		1,1%			18,9%		
Summe	100,0%	99,9%	100,0%	100,1%	100,0%	100,0%	100,0%

## 11.6 Karten

- Übersichtskarte, Maßstab 1 : 50.000
- Reliefkarte, Maßstab 1 : 50.000
- Standortkarte Teil Nord, Maßstab 1 : 25.000
- Standortkarte Teil Süd, Maßstab 1 : 25.000

<sup>47</sup> Bei der möglichen Beschreibung sonstiger Anlagen wurden genannt: 3x Holzofen, 1x Pelletheizung, 2x Windkraftanlage.

<sup>48</sup> Grau hinterlegte Felder bedeuten, dass bei einer Frage weniger als 5 Antworten zur Auswahl standen.

<sup>49</sup> Antwortnummern entsprechen der Abfolge der Antworten im Fragebogen.

<sup>50</sup> Abweichungen der prozentualen Summe von 100,0 % ergeben sich aus Rundungsfehlern, wenn mathematisch korrekt gerundet wird.

### 11.2 Aufnahmebogen potenzieller Windkraftstandorte

Standortnummer	Gauß-Krüger-Koordinaten Rechtswert	Gauß-Krüger-Koordinaten Hochwert	Ortsbeschreibung	Höhe über Normalnull	dazugehörige Bewertung (4x)	Beschattungswinkel N	Beschattungswinkel NW	Beschattungswinkel W	Beschattungswinkel SW	Stauwinkel S	Stauwinkel SO	Stauwinkel O	Stauwinkel NO	Windschatten (Mittelwert NW, W, SW)	dazugehörige Bewertung (4x)	Stauwirkung (Mittelwert SO, O, NO)	dazugehörige Bewertung (2x)	topografische Lage	dazugehörige Bewertung (4x)	Erschließung	dazugehörige Bewertung (2x)	Entfernung Wohngebäude und Fichtung (falls in NW, N, NO)	dazugehörige Bewertung (2x)	Entfernung Mittelspannungsnetz	dazugehörige Bewertung (2x)	Bodenzahl	Ackerzahl	Bodengüte (1x)	Etragsbewertung	Gesamtbewertung	
1	4524574	5371710	-Höhenrücken zwischen Thalham und Seyboldsdorf	496 m	3	0	3	4	2	0	0	2	5	3	3	2	3	HPoK	2	0 m	3	200 m	2	100 m	3	52	49	1	38	55	
2	4524544	5370835	-Höhenrücken zwischen Geiselsdorf und Giersdorf	490 m	2	3	5	5	3	3	5	0	2	4	3	2	3	HPoK	2	0 m	2	250 m	2	200 m	2	57	52	1	34	49	
3	4523184	5370780	-Hochpunkt nördlich Oed	493 m	3	10	5	3	3	5	10	4	10	4	3	8	3	HPoK	2	1000 m	0	200 m	2	700 m	1	56	50	1	38	45	
4	4527289	5369770	-Tallage nördlich Mühlen	450 m	1	5	5	7	5	3	7	5	3	6	3	5	3	Tal	1	500 m	1	500 m	3	100 m	3	65	61	1	26	41	
5	4530659	5369585	-Hochpunkt nordöstlich Hörasdorf	501 m	3	7	7	3	3	15	3	17	4	3	3	8	3	HPoK	2	250 m	2	250 m	2	200 m	2	58	55	1	38	51	
6	4530074	5369295	-Hochpunkt westlich Hörasdorf	498 m	3	5	8	2	2	5	2	5	3	5	3	3	3	HPoK	2	500 m	3	200 m	2	50 m	3	56	53	1	38	55	
7	4528579	5369215	-Hochpunkt südlich Marxbauer	480 m	2	0	2	2	15	3	3	7	3	6	3	4	3	HPoK	2	500 m	1	300 m	2	100 m	3	58	51	1	34	47	
8	4530799	5369135	-Höhenrücken zwischen Hörasdorf und Weißenberg	498 m	3	5	5	3	3	0	8	3	4	3	3	6	3	HPoK	2	200 m	2	200 m	2	400 m	2	58	53	1	38	51	
9	4531154	5368770	-Höhenrücken zwischen Weißenberg und Loh	493 m	3	3	7	5	3	3	4	12	10	5	3	9	3	HPoK	2	800 m	0	200 m	2	200 m	2	56	50	1	38	47	
10	4531449	5368315	-Höhenrücken zwischen Loh und Schußöd	486 m	2	3	5	3	3	3	3	5	12	4	3	7	3	HPoK	2	1000 m	0	200 m	2	200 m	2	60	56	1	34	47	
11	4528984	5367575	-Hochpunkt nordöstlich Wimpasing (Funkturm)	504 m	3	0	2	0	3	3	3	2	3	2	3	3	3	HPK	3	400 m	1	300 m	2	200 m	2	61	57	1	42	53	
12	4523264	5367545	-Höhenrücken westlich Schaidham	477 m	2	8	10	5	5	4	5	5	4	7	3	5	3	HPoK	2	200 m	2	200 m	2	200 m	2	55	49	1	34	47	
13	4528799	5367250	-Hochpunkt zwischen Zeiling und Wimpasing	496 m	3	0	0	0	3	3	3	3	3	1	3	4	3	HPK	3	700 m	0	250 m	2	400 m	2	56	53	1	42	51	
14	4521014	5367085	-Hochpunkt südwestlich Pfaffenbach	490 m	2	3	5	5	3	5	2	2	5	3	3	3	3	HPoK	2	0 m	3	500 m	3	600 m	1	59	52	1	34	49	
15	4521504	5366760	-Hochpunkt südlich Pfaffenbach	490 m	2	3	5	5	3	2	2	5	3	5	3	3	3	HPoK	2	200 m	2	300 m	2	200 m	2	65	61	1	34	47	
16	4527559	5366665	-Hochpunkt südlich Pfaffenbach	490 m	2	5	2	2	0	10	10	7	3	1	3	7	3	HPoK	2	500 m	1	150 m	1	500 m	2	62	57	1	34	43	
17	4528759	5366645	-Hochpunkt bei Kapelle	492 m	3	3	3	7	10	10	10	5	10	7	3	8	3	HPoK	2	500 m	1	300 m	2	200 m	2	59	54	1	38	49	
18	4522329	5366485	-Hochpunkt westlich Klause	480 m	2	5	3	3	7	5	10	2	7	4	3	6	3	HPoK	2	100 m	2	500 m	3	50 m	3	55	51	1	34	51	
19	4521999	5366220	-Hochpunkt östlich Blashub	488 m	2	2	2	6	2	2	2	2	5	2	3	3	3	HPoK	2	200 m	2	200 m	2	50 m	3	59	53	1	34	49	
20	4524749	5366145	-Tallage westlich Gaindorf	450 m	1	5	5	5	3	5	5	3	5	3	3	4	3	Tal	1	500 m	1	500 m	3	500 m	2	65	61	1	26	39	
21	4521089	5365670	-Hochpunkt nordöstlich Brandmaierbach	488 m	2	5	5	5	5	10	5	7	2	5	3	5	3	HPoK	2	0 m	3	400 m	2	200 m	2	55	52	1	34	49	
22	4527854	5365375	-Hochpunkt nordöstlich Kleinberg	497 m	3	7	7	5	5	7	7	5	7	6	3	6	3	HPoK	2	1100 m	0	300 m	2	800 m	1	60	54	1	38	45	
23	4527354	5364770	-Hochpunkt westlich Schußreit	504 m	3	5	2	3	5	3	7	15	5	3	3	9	3	HPoK	2	300 m	1	200 m	2	600 m	1	62	57	1	38	47	
24	4526159	5364420	-Hochpunkt nördlich Holzen	506 m	3	0	2	2	2	3	5	10	2	2	3	6	3	HPK	3	1000 m	0	250 m	2	300 m	2	53	46	1	42	51	
25	4526943	5364396	-Hochpunkt südöstlich Wachsenberg	498 m	3	5	5	5	5	10	7	5	5	5	3	6	3	HPoK	2	200 m	2	250 m	2	400 m	2	60	55	1	38	51	
26	4523999	5362785	-Hochpunkt nordöstlich Stadel	469 m	1	5	5	5	5	5	10	10	10	10	5	3	10	3	HPoK	2	200 m	2	100 m	0	200 m	2	66	61	1	30	39
27	4524759	5362685	-Hochpunkt westlich Grub	504 m	3	3	2	2	3	8	7	7	7	2	3	7	3	HPK	3	600 m	0	200 m	2	200 m	2	58	53	1	42	51	
28	4525730	5362580	-Hochpunkt westlich Anzenberg	504 m	3	10	3	10	5	2	5	2	8	3	3	8	3	HPoK	2	900 m	0	300 m	2	500 m	2	64	52	1	38	47	
29	4524519	5361970	-Hochpunkt östlich Anzenberg	502 m	3	3	0	5	2	8	5	15	2	3	8	3	HPoK	2	600 m	0	250 m	2	500 m	2	66	59	1	38	47		
30	4523739	5361800	-Hochpunkt nordöstlich Thal I	486 m	2	5	2	2	2	5	7	5	5	2	3	6	3	HPoK	2	900 m	0	300 m	2	200 m	2	57	51	1	34	43	
31	4524914	5361645	-Hochpunkt nördlich Rumpfung	512 m	3	8	2	2	2	5	3	3	3	2	3	3	3	HPoK	2	200 m	2	200 m	2	500 m	2	60	52	1	38	51	

Abkürzungen: HPK Hochpunkt mit Kuppensituation  
 HPoK Hochpunkt ohne Kuppensituation  
 Tal Tallage

## 11.4 Potenzialberechnungen Windkraft

Grau hinterlegte Felder der Tabellen bezeichnen den Bereich zwischen Einschalt- und Abschaltwindgeschwindigkeit.

**Enercon E-40 / 6.44**

Windgeschwindigkeit [m/s]	Häufigkeit	Leistung [kW]	Energieertrag [kWh]
über 28,0	0,00%	0,0	0
27,0	0,00%	0,0	0
26,0	0,56%	613,2	29.926
25,0	0,00%	613,2	0
24,0	0,28%	613,2	14.963
23,0	0,28%	613,2	14.963
22,0	0,56%	613,2	29.926
21,0	0,28%	613,2	14.963
20,0	0,28%	613,2	14.963
19,0	0,84%	613,2	44.888
18,0	0,56%	613,2	29.926
17,0	0,84%	613,2	44.888
16,0	0,28%	613,2	14.963
15,0	0,00%	613,2	0
14,0	0,56%	613,2	29.926
13,0	1,11%	613,2	59.851
12,0	1,11%	554,6	54.131
11,0	1,39%	508,1	61.991
10,0	1,95%	403,4	68.904
9,0	0,56%	292,6	14.280
8,0	2,23%	207,1	40.428
7,0	3,90%	134,8	46.050
6,0	1,11%	79,6	7.769
5,0	3,06%	40,8	10.951
4,0	2,79%	14,7	3.587
3,0	6,69%	1,7	996
2,5	5,01%	-0,5	-220
unter 2,5	63,80%	0,0	0
Summe			653.010
abzüglich 10 % Sicherheitsabschlag			-65.301
<b>Jahresertrag</b>			<b>587.709</b>

**Enercon E-58 / 10.58**

Windgeschwindigkeit [m/s]	Häufigkeit	Leistung [kW]	Energieertrag [kWh]
über 28,0	0,60%	0,0	0
27,0	0,28%	1035,1	25.258
26,0	0,00%	1035,1	0
25,0	0,28%	1035,1	25.258
24,0	0,56%	1035,1	50.515
23,0	0,28%	1035,1	25.258
22,0	0,56%	1035,1	50.515
21,0	0,56%	1035,1	50.515
20,0	0,56%	1035,1	50.515
19,0	0,56%	1035,1	50.515
18,0	0,56%	1033,9	50.457
17,0	0,00%	1034,4	0
16,0	0,28%	1031,3	25.165
15,0	0,84%	1030,2	75.414
14,0	0,84%	1027,2	75.194
13,0	0,84%	1016,2	74.389
12,0	1,39%	952,4	116.198
11,0	2,23%	854,8	166.865
10,0	0,56%	680,8	33.225
9,0	2,23%	516,2	100.767
8,0	2,79%	366,6	89.454
7,0	1,39%	232,8	28.403
6,0	2,51%	140,3	30.811
5,0	1,95%	75,8	12.947
4,0	5,01%	25,6	11.244
3,0	5,01%	2,6	1.142
2,5	4,74%	0,6	249
unter 2,5	62,67%	0,0	0
Summe			1.220.273
abzüglich 10 % Sicherheitsabschlag			-122.027
<b>Jahresertrag</b>			<b>1.098.246</b>

**Nordex Südwind S 70**

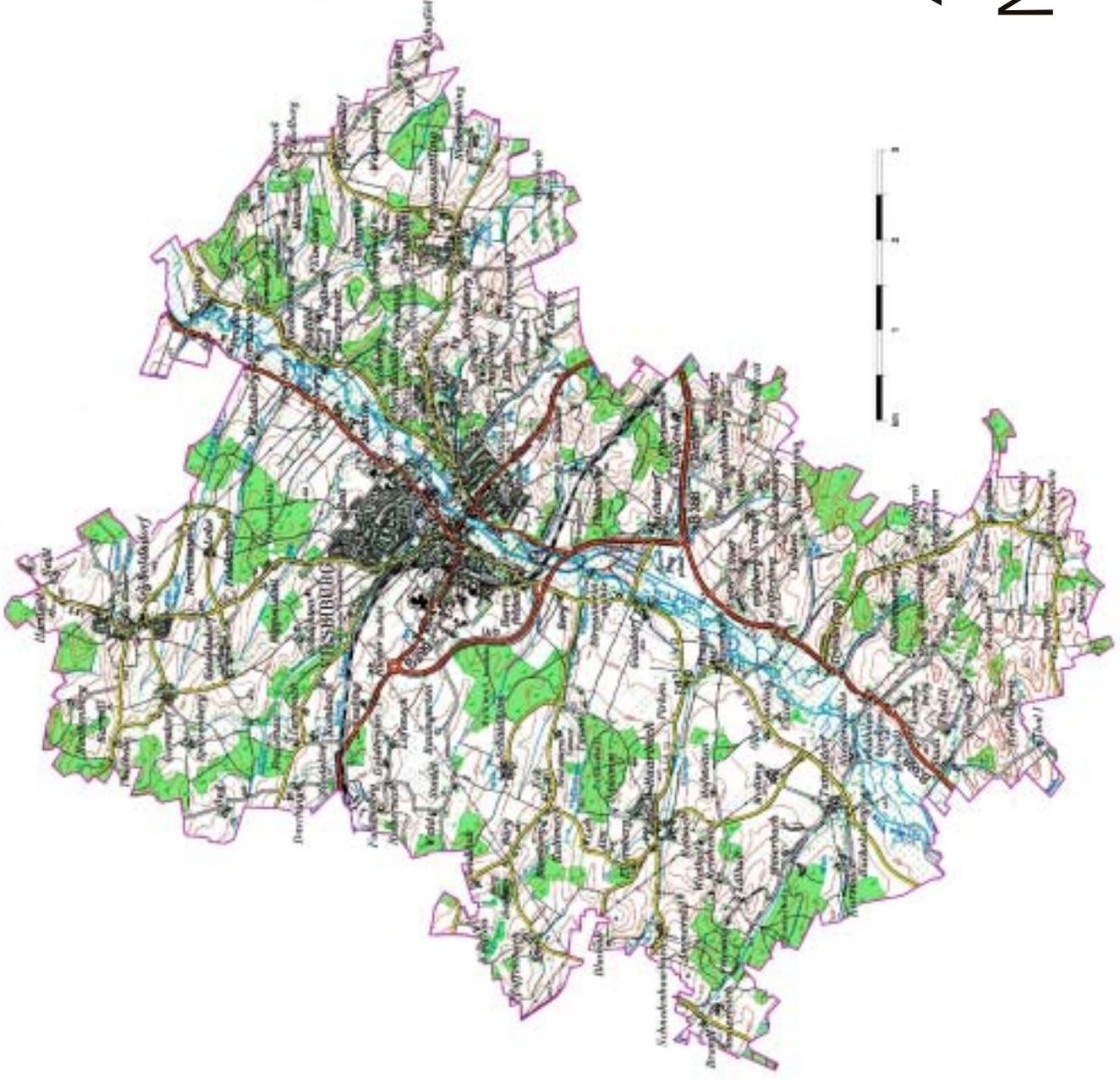
Windgeschwindigkeit [m/s]	Häufigkeit	Leistung [kW]	Energieertrag [kWh]
über 25,0	1,95%	0,0	0
24,0	0,28%	1.494,6	36.470
23,0	0,84%	1.494,6	109.410
22,0	0,56%	1.494,6	72.940
21,0	0,56%	1.494,6	72.940
20,0	0,28%	1.494,6	36.470
19,0	0,28%	1.494,6	36.470
18,0	0,00%	1.495,6	0
17,0	0,28%	1.510,7	36.863
16,0	1,11%	1.502,1	146.612
15,0	0,56%	1.503,9	73.394
14,0	0,84%	1.501,8	109.937
13,0	1,39%	1.497,2	182.667
12,0	1,95%	1.411,8	241.146
11,0	0,84%	1.271,4	93.071
10,0	1,39%	1.006,1	122.750
9,0	2,79%	727,8	177.591
8,0	1,95%	525,8	89.811
7,0	0,84%	326,3	23.886
6,0	3,06%	187,9	50.435
5,0	2,23%	86,0	16.788
4,0	5,29%	24,1	11.173
3,0	6,41%	-13,20	-7408,18
unter 3,0	64,30%	0,0	0
Summe			1.733.414
abzüglich 10 % Sicherheitsabschlag			-173.341
<b>Jahresertrag</b>			<b>1.560.073</b>

Anmerkung: Die Prozentangaben der Häufigkeit wurden im Tabellenkalkulationsprogramm intern mit mehr Nachkommastellen als hier angegeben berechnet.

## LEGENDE

### Landnutzung

- Nadelwald
- Laubwald
- Acker
- Wiese



Das Potenzial der Wasser- und Windkraft in Vilsbiburg

## Übersichtskarte

M 1 : 50.000

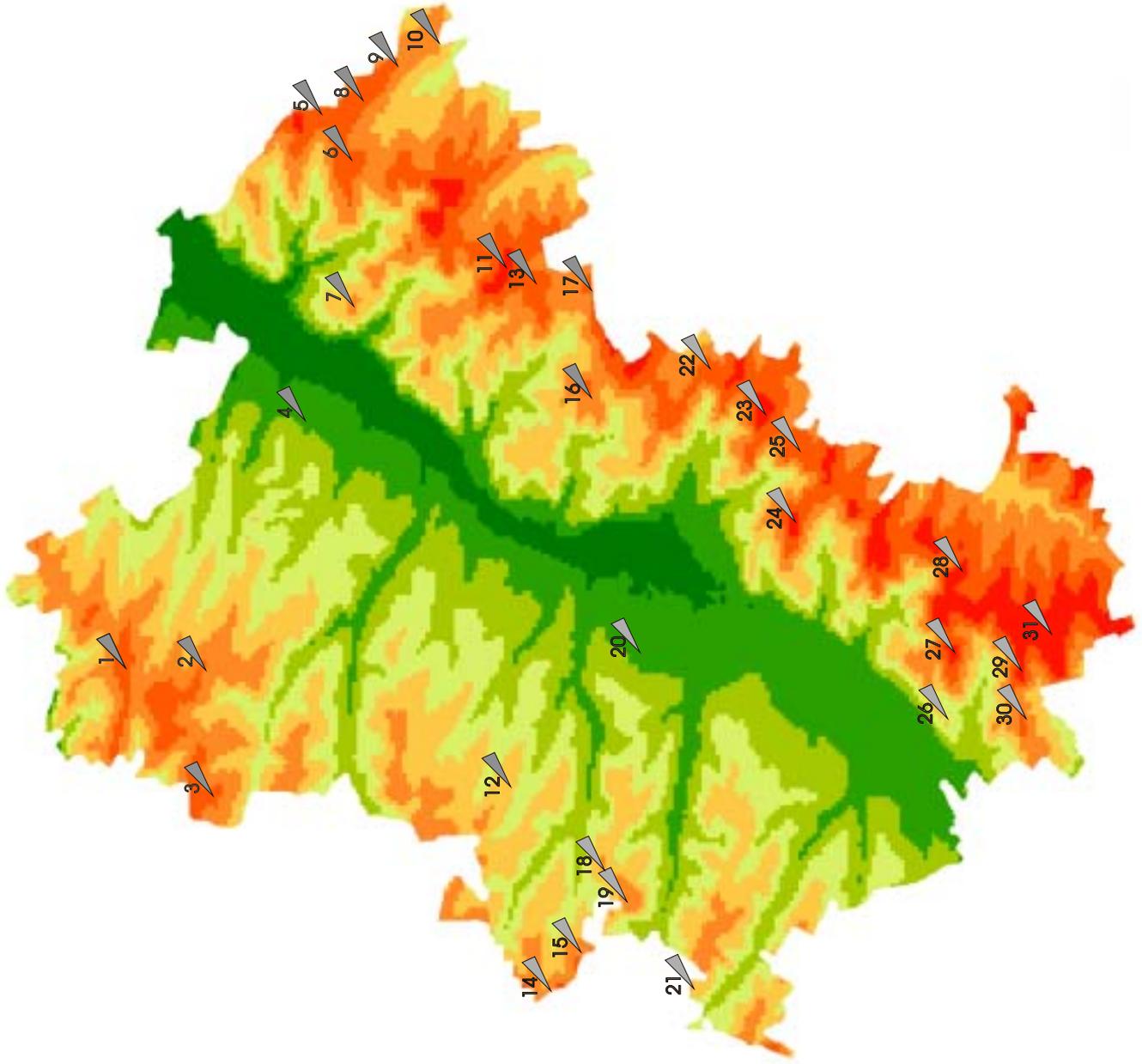
Quelle: Bayerisches Landesvermessungsamt  
München (Hrsg.) (2002): Bayern Süd  
1 : 50.000 (digitale Karte)

LEGENDE

Höhenlage über Normalnull



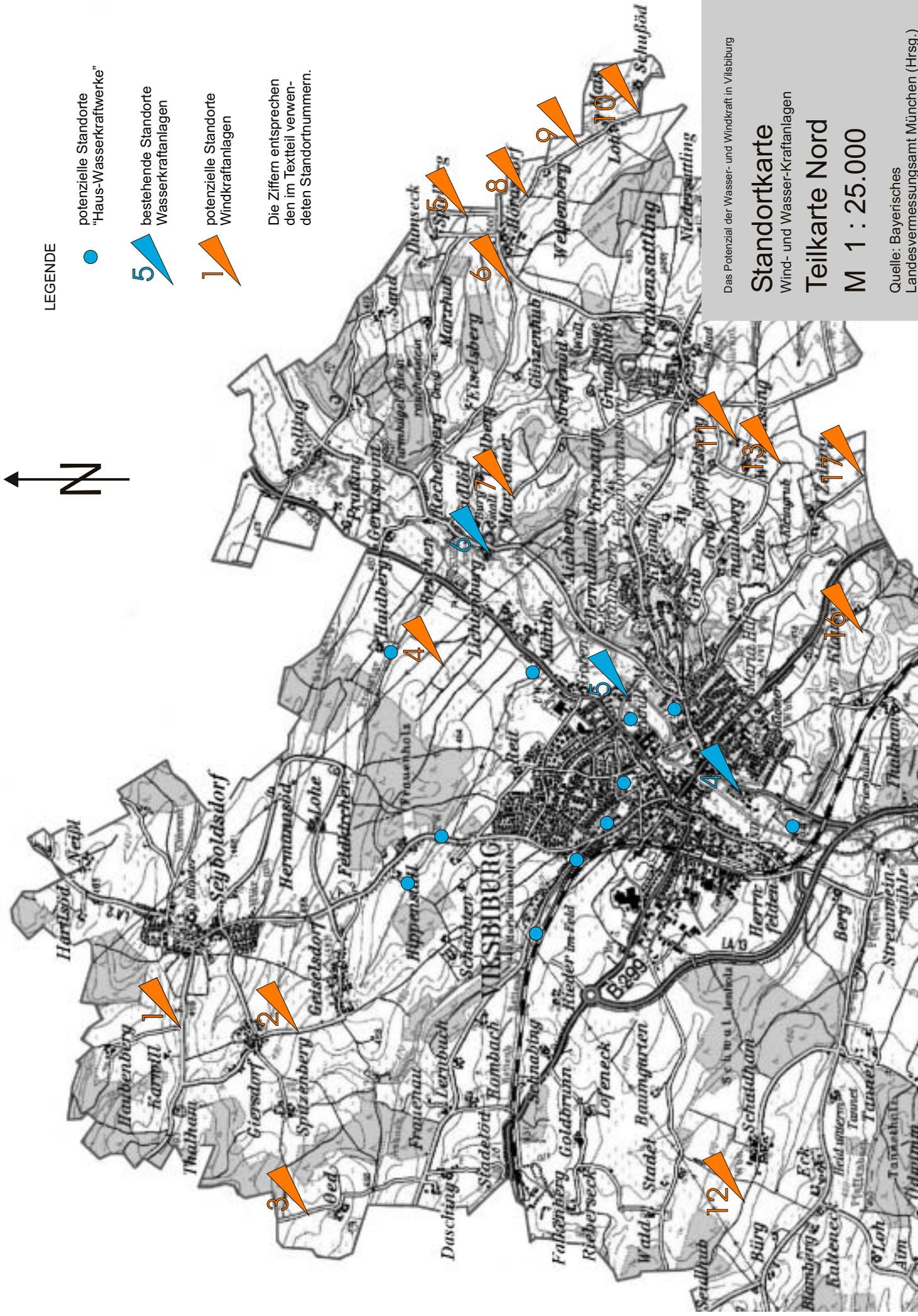
1 potentielle Standorte  
Windkraftanlagen



Das Potenzial der Wasser- und Windkraft in Vilsbiburg

# Reliefkarte M 1 : 50.000

Quelle: Bayerisches Landesvermessungsamt  
München (Hrsg.) (2002): Bayern Süd  
1 : 50.000 (digitale Karte)



LEGENDE

● potenzielle Standorte  
"Haus-Wasserkraftwerke"

5 bestehende Standorte  
Wasserkraftanlagen

1 potenzielle Standorte  
Windkraftanlagen

Die Ziffern entsprechen  
den im Textteil verwen-  
deten Standortnummern.



Das Potenzial der Wasser- und Windkraft in Vißbiburg

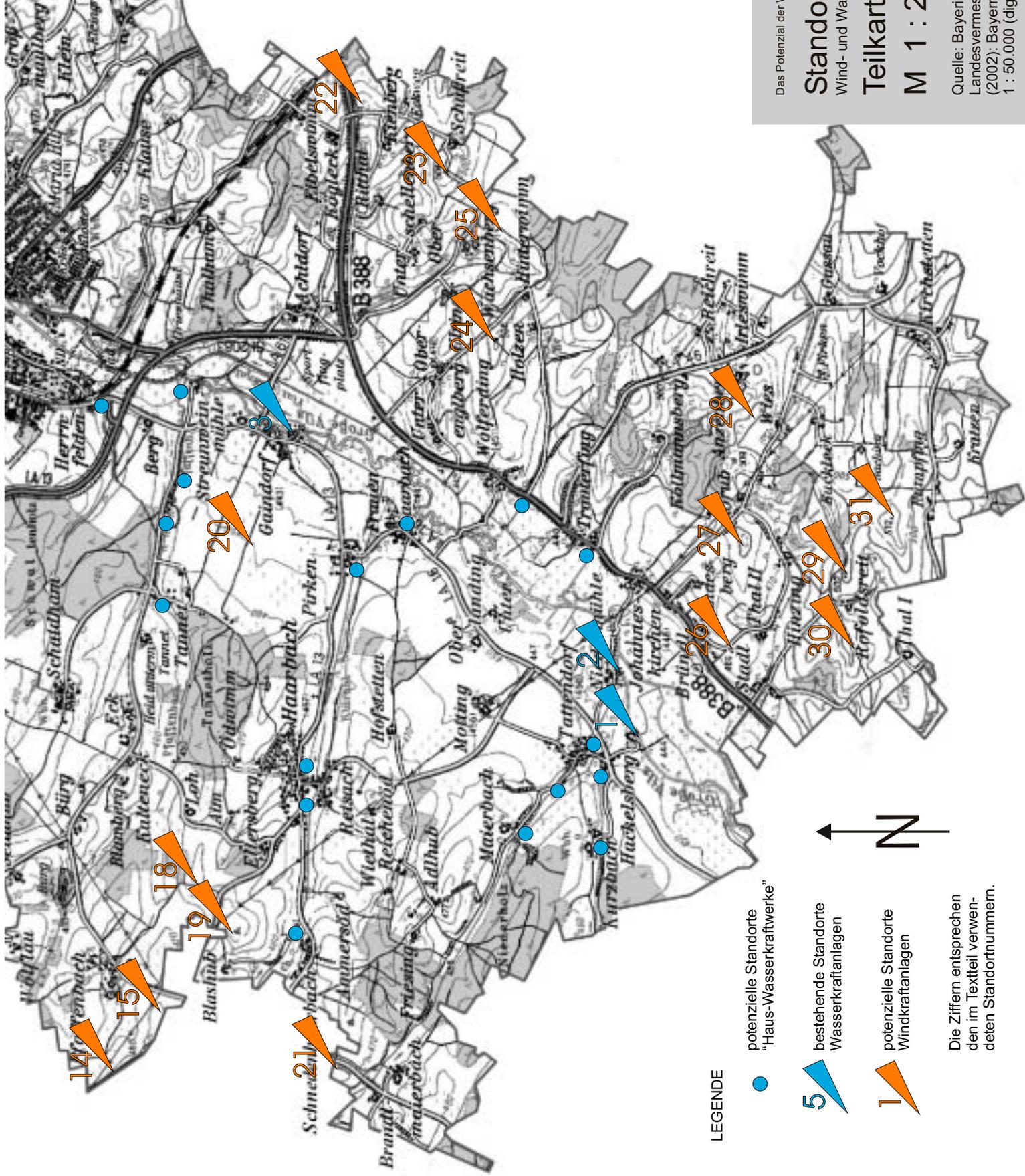
Standortkarte

Wind- und Wasser-Kraftanlagen

Teilkarte Nord

M 1 : 25.000

Quelle: Bayerisches  
Landesvermessungsamt München (Hrsg.)  
(2002); Bayern Süd  
1 : 50.000 (digitale Karte)



LEGENDE

-  potenzielle Standorte "Haus-Wasserkraftwerke"
-  5 bestehende Standorte Wasserkraftanlagen
-  1 potenzielle Standorte Windkraftanlagen

Die Ziffern entsprechen den im Textteil verwendeten Standortnummern.

Das Potenzial der Wasser- und Windkraft in Vilsbiburg

Standortkarte

Wind- und Wasser-Kraftanlagen

Teilkarte Süd

M 1 : 25.000

Quelle: Bayerisches Landesvermessungsamt München (Hrsg.) (2002); Bayern Süd 1 : 50.000 (digitale Karte)