



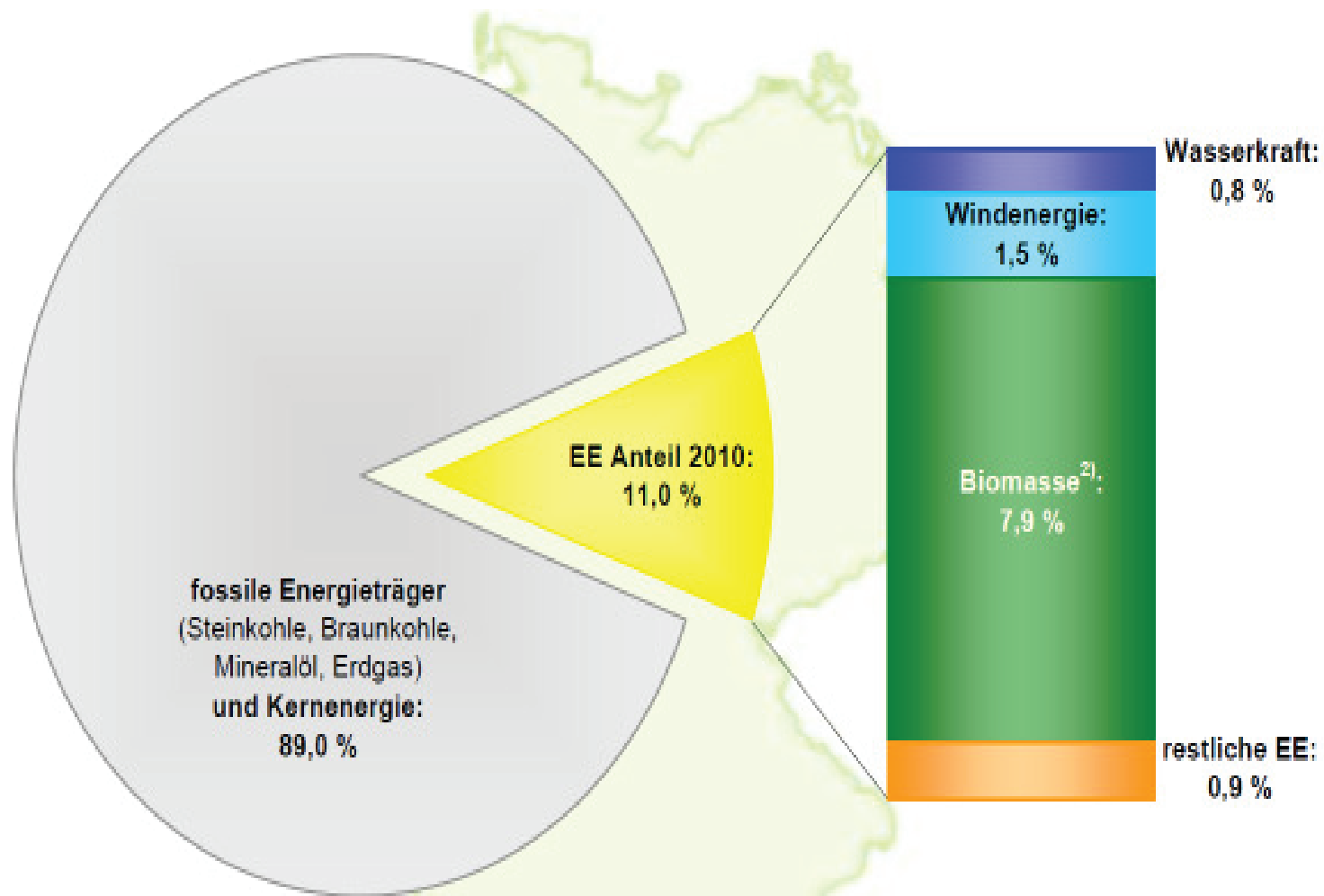
**„Institut für angewandte
Gewässerökologie GmbH
„Geschäftsbereich erneuerbare
Energien“**

Inhalt

- 1. Ausgangslage des Geschäftsbereichs
- 2. Schilfmahd
- 3. Wasserpflanzen und Ufergehölze
- 4. Wasserkraft
- 5. Wärmepumpentechnologie
- 6. Biogas im Sediment
- 7. Energiespeicherung in Seen

- **1. Ausgangslage des Geschäftsbereichs**
 - **1.1. Ziele der Bundesregierung**

EEV gesamt: 8.984 PJ¹⁾



1) Quelle: Energy Environment Forecast Analysis GmbH & Co KG (EEFA); 2) Feste und flüssige Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas, biogener Anteil des Abfalls, Biokraftstoffe;
Quelle: BMU-KI III 1 nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) und ZSW, unter Verwendung von Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB);

EE: Erneuerbare Energien; 1 PJ = 10¹⁵ Joule; Abweichungen in den Summen durch Rundungen; Stand: März 2011; Angaben vorläufig

1.1. Ziele der Bundesregierung

- Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch:
 - 2020: 18 %
 - 2030: 30 %
 - 2040: 45 %
 - 2050: 60 %

- **1. Ausgangslage des Geschäftsbereichs**
 - **1.2. erneuerbare Energiequellen**

1.2. erneuerbare Energiequellen

• Sonnenenergie

- Vorteile:

- unbegrenzte Energiequelle
- keine klimarelevanten Emissionen
- kein Abfall

- Nachteile:

- fehlende Grundlastfähigkeit
- in Deutschland kein sehr hoher Ertrag (starke Bewölkung, Regen und dichter Nebel) → größere Flächen notwendig → Flächenkonkurrenz

1.2. erneuerbare Energiequellen

• Biomasse, Biogas

- **Vorteile:**

- Grundlastfähigkeit
- nahezu geschlossener CO₂ -Kreislauf → das bei Verbrennung von Pflanzen freigesetzte CO₂ wird von nachwachsenden Energiepflanzen wieder gebunden
- Synergieeffekte bei Nutzung von Abfällen

- **Nachteile:**

- Eingriffe in Ökosysteme → Holzeinschlag in Wäldern.
- Gefährdung der Biodiversität – Monokultivierung durch Energiepflanzenanbau
- Flächenkonkurrenz gegenüber der Nahrungsmittelproduktion
- Erhöhter Düngemiteleinsatz (Stickstoff-, Phosphor-, Kalidünger etc.)
- Biogas: bei Nutzung von Abfällen (Gülle): Geruchsbelästigung der Anwohnerschaft

1.2. erneuerbare Energiequellen

• Windkraft

• Vorteile:

- keine klimarelevanten Emissionen
- kein Abfall bzw. Entsorgungsprobleme

• Nachteile:

- fehlende Grundlastfähigkeit
- Beeinträchtigung des Landschaftsbildes
- Schallemissionen und Schlagschatten: Beeinträchtigung der Anwohner
- sog. Vogelschlag: durchschnittlich 0,5 tote Vögel pro Anlage und Jahr

1.2. erneuerbare Energiequellen

- **Geothermie**

- **Vorteile:**

- Grundlastfähigkeit
- keine Emissionen
- kein Abfall

- **Nachteile:**

- Bohrungen:
- Gefahr von Verschmutzungen des Grundwassers und Trinkwassers: Bohrlochspülverfahren, Durchtrennung der stockwerkstrennende Schichten
- Gefahr der Beeinträchtigung der Stabilität des Untergrundes
- hohe Investitionskosten durch hydrogeologische Gutachten, Bohrungen selbst

1.2. erneuerbare Energiequellen

• Wasserkraft

• Vorteile:

- Grundlastfähigkeit
- keine Emissionen
- kein Abfall
- niedrige Betriebskosten, einfache Konstruktion, lange Lebensdauer
- Mehrzwecknutzung von vorhandenen Wehren, Staustufen (Schifffahrt, Hochwasserschutz)

• Nachteile:

- fehlende Durchgängigkeit bei Fehlen von Fischaufstiegsanlagen
- hohe Investitionskosten – v.a. durch Nebenkosten des Naturschutzes (wasserbauliche Maßnahmen, insbes. Fischaufstiegsanlagen)

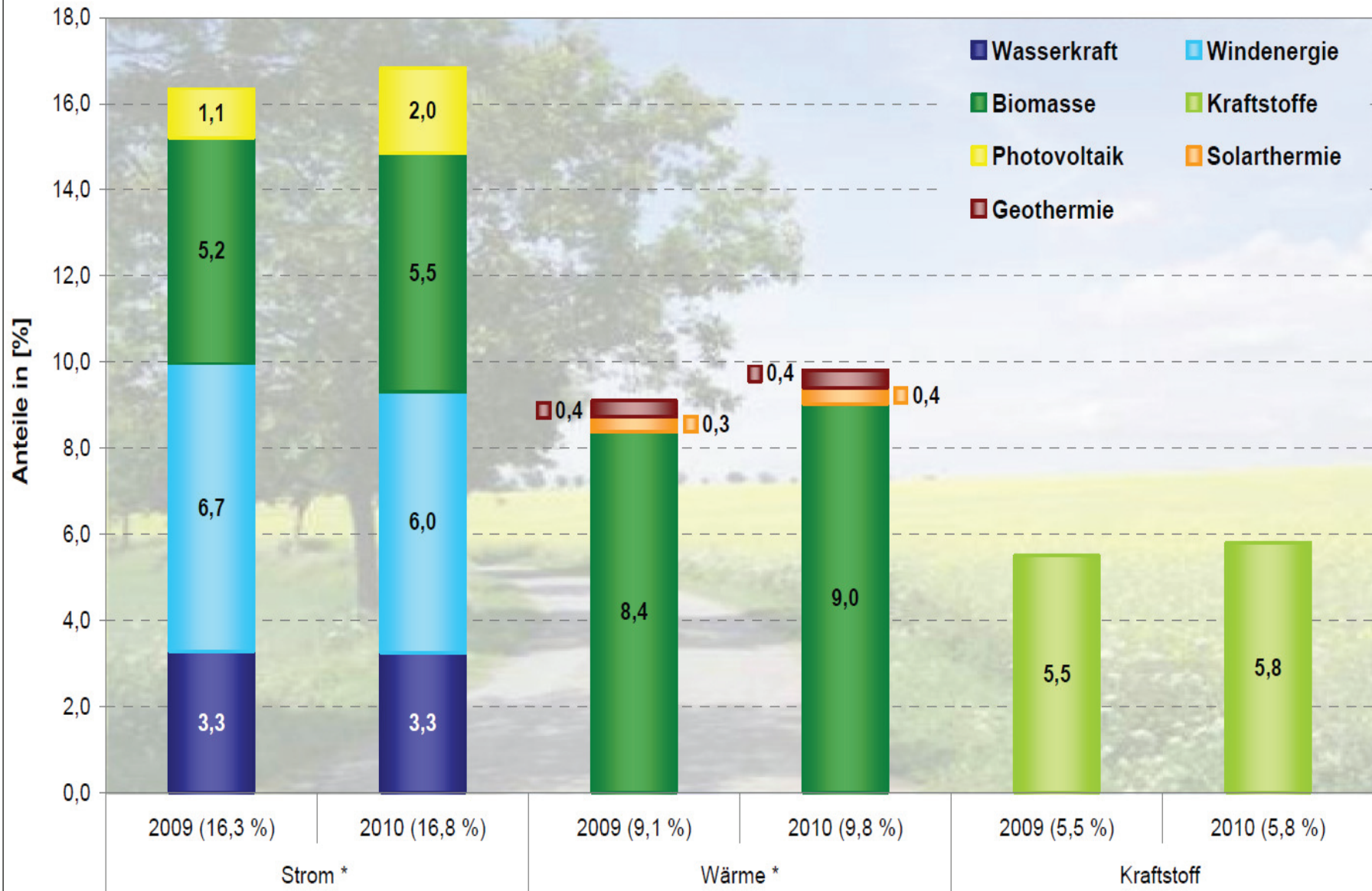
1.2. erneuerbare Energiequellen

- **Bedeutung der Grundlastfähigkeit**

- Grundlast: Möglichkeit der dauerhaften Versorgung mit Energie
- grundlastfähige und erneuerbare Energien: Biomasse und Biogas, Geothermie und Wasserkraft
- Wind und Sonnenenergie sind unbeständig (Schwachwindphasen und Nächte)
- Wind- und Sonnenstromerzeugung wachsen trotzdem bereits in den Mindestlastbereich hinein
- deshalb notwendig:
 - Ausbau der Stromnetze
 - Neue Lösungen zur Speicherung von Energie

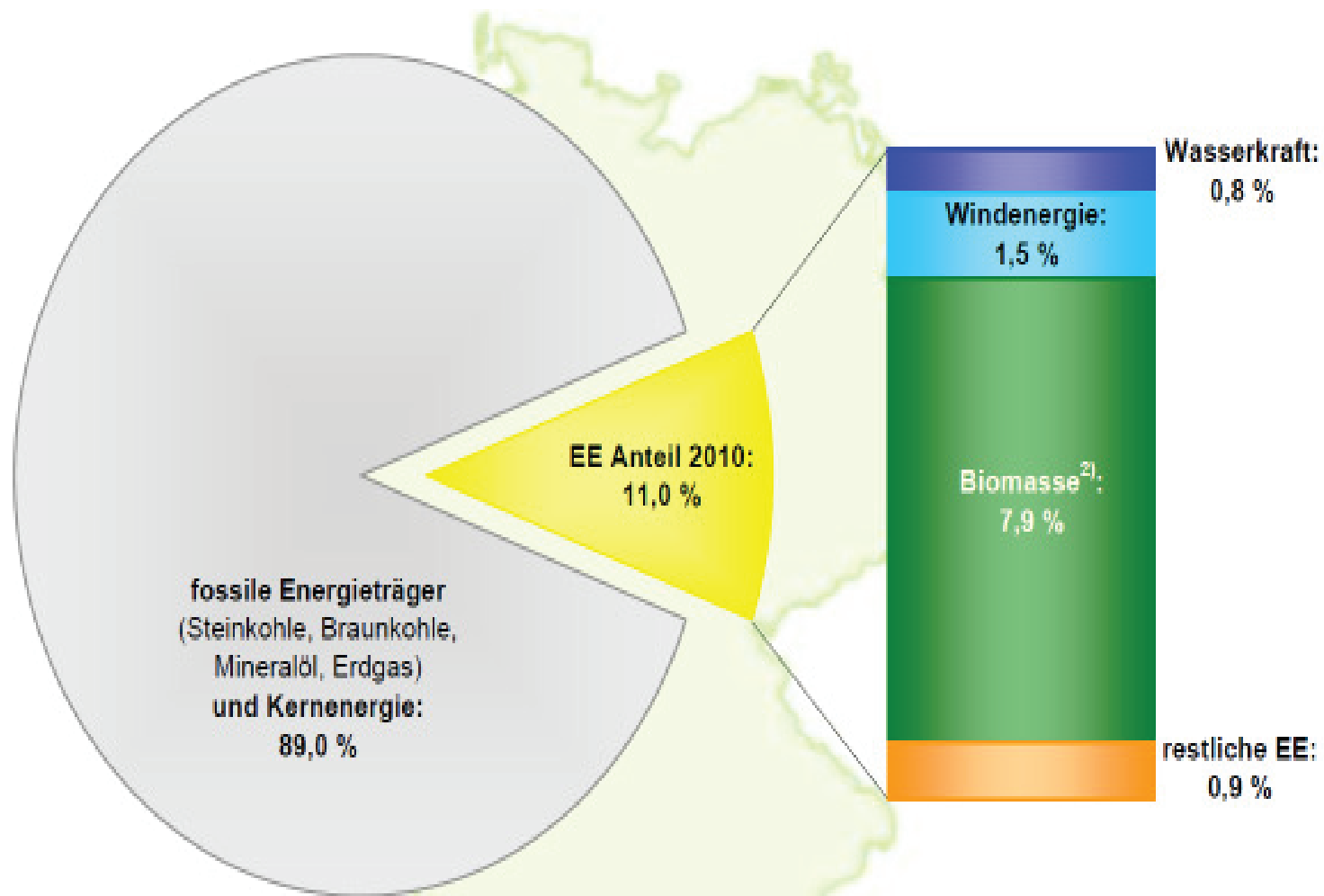
- **1. Ausgangslage des Geschäftsbereichs**
 - **1.2. Ist-Zustand der erneuerbaren Energien in Deutschland**

Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch 2009/2010



* Biomasse: Feste und flüssige Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas, biogener Anteil des Abfalls; aufgrund zu geringer Strommengen ist die Tiefengeothermie nicht dargestellt; Abweichungen in den Summen durch Rundungen; Quelle: BMU-KI III 1 nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Bild: BMU / Dieter Böhme; Stand: März 2011; Angaben vorläufig

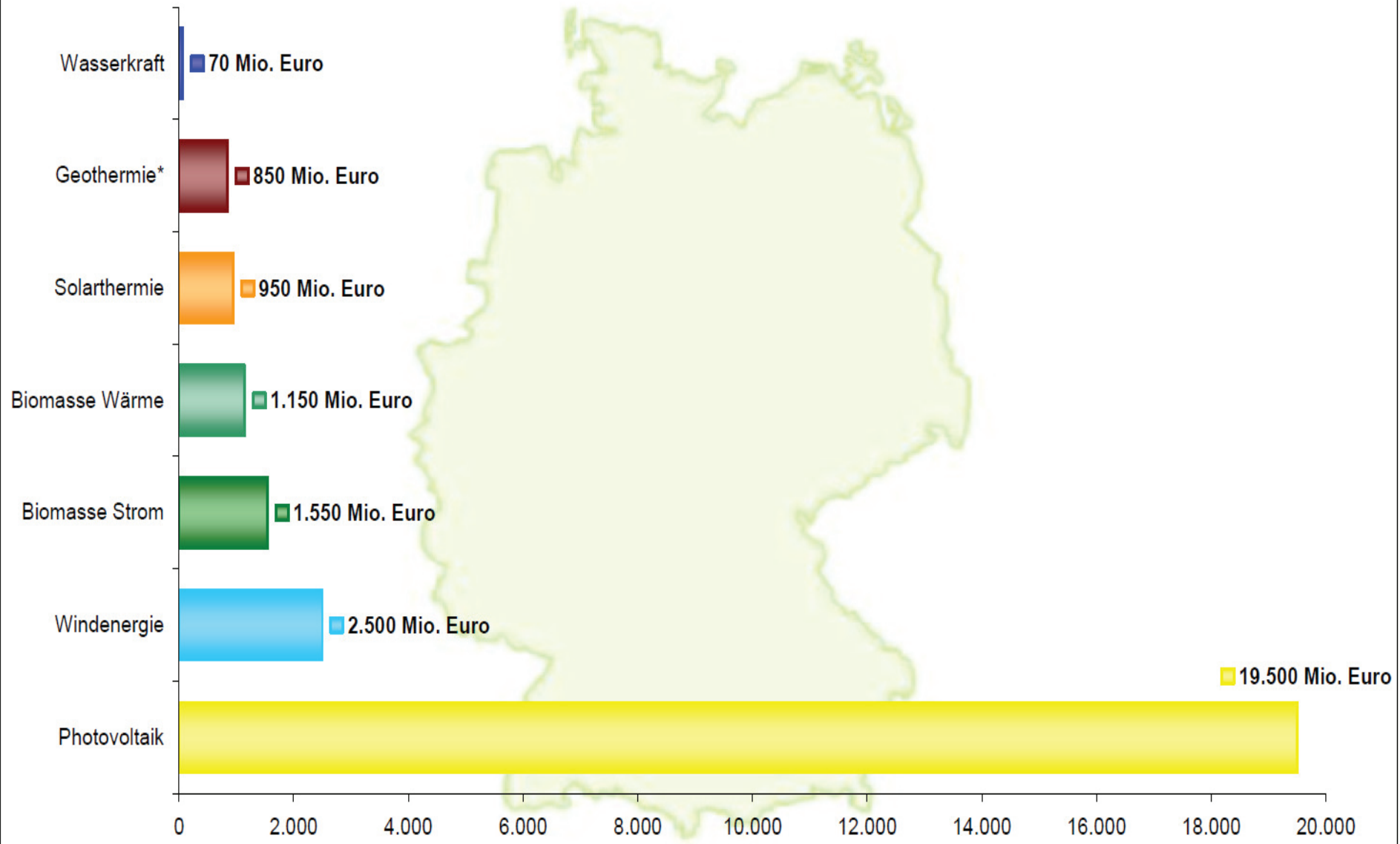
EEV gesamt: 8.984 PJ¹⁾



1) Quelle: Energy Environment Forecast Analysis GmbH & Co KG (EEFA); 2) Feste und flüssige Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas, biogener Anteil des Abfalls, Biokraftstoffe;
Quelle: BMU-KI III 1 nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) und ZSW, unter Verwendung von Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB);

EE: Erneuerbare Energien; 1 PJ = 10¹⁵ Joule; Abweichungen in den Summen durch Rundungen; Stand: März 2011; Angaben vorläufig

Investitionen in EE-Anlagen: 26,6 Mrd. Euro



* Großanlagen und Wärmepumpen; Abweichungen in den Summen durch Rundungen;

Quelle: BMU-KI III 1 nach Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW); Stand: März 2011; Angaben vorläufig

- **1. Ausgangslage des Geschäftsbereichs**
 - **1.3. Energiequellen an/in Seen**

1.4. Energiequellen in Seen

- (grundlastfähige) Energiequellen an/in Seen bzw. Flüssen:
- **Biomasse** - Biomasse in (Wasserpflanzen) und an Seen (Schilf, Ufergehölze)
- **Biogas** – Methan aus Sedimenten von Seen
- **Wärmepumpentechnik** - Nutzung der Wärme aus Seen
- **Wasserkraft** – Nutzung der kleinen Wasserkraft aus Zu- und Abflüssen an Seen

2. Schilfmahd



2. Schilfmahd

- **Ökologische Funktionen:**
- **Habitatfunktion:** Kinderstube der Fische, Brut- und Übernachtungsplatz für Vögel, Lebensraum für div. Tiergruppen (Insekten, Lurche usw)
- **Stoffspeicherfunktion/
Filtrationsfunktion**
- **Pufferfunktion** zw. Seefläche und Land gegenüber Nährstoffeinträgen
- **Uferschutz**
- **Sauerstoffversorgung**



2. Schilfmahd

- gesetzliche Rahmenbedingungen:
 - § 30 Abs. 2 Nr. 1 **BNatSchG** (= § 32 Abs. 1 Nr **BbgNatschG**):
 - **Uferbereich inklusive des Schilfgürtels = geschütztes Biotop**
 - erhebliche Beeinträchtigungen sind zu unterlassen
- § 39 Abs. 5 Satz 1 Nr. 3 **BNatSchG** (zum **Schutz wild lebender Tiere und Pflanzen**):
- Verbot Röhrichte in der Zeit vom 1. März bis zum 30. September zurückzuschneiden; außerhalb dieser Zeiten dürfen Röhrichte nur in Abschnitten zurückgeschnitten werden

2. Schilfmahd

- § 3 Fischereigesetz für das Land Brandenburg (**BbgFischG**):
- Inhalt des **Fischereirechts** auch die **ökologisch verträgliche Nutzung** abgestorbener Teile von Schilf- und Rohrbeständen

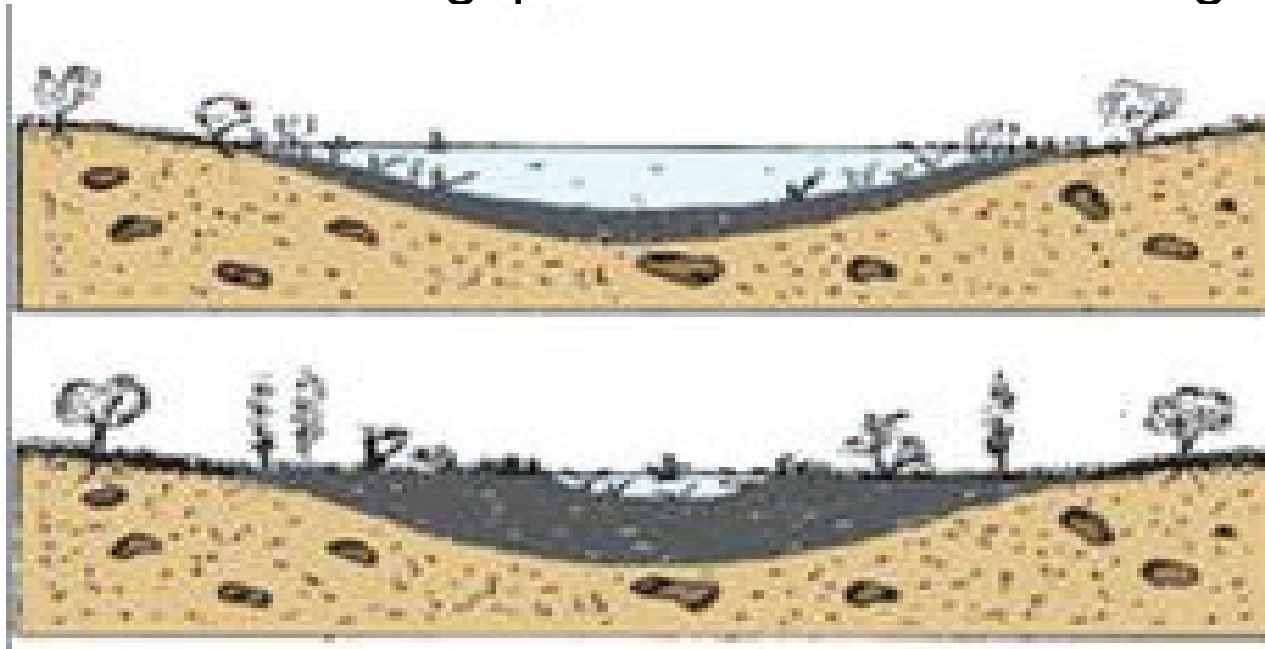
- § 1 Absatz 2 Nr. 11 der Fischereiordnung des Landes Brandenburg (**BbgFischO**):
- **Hegeplänen** der Fischer sollen Festlegungen zur Nutzung abgestorbener Teile von Schilf- und Rohrbeständen nach **Art, Menge und Zeitpunkt** enthalten

2. Schilfmahd

- Verordnungen über Naturschutzgebiete bzw. Landschaftsschutzgebiete
- bspw. Verordnung über das Naturschutzgebiet „Booßener Teichgebiet“
- § 5 Abs.1 Nr. 3 „Zulässige Handlungen“:
- der **landseitige** Schilfschnitt nur in der Zeit vom 31. Juli eines jeden Jahres bis zum 1. März
- § 6 Nr. 7 „Pflege-, Entwicklungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen“ (zum Schutz von Röhrichtrütern):
- **wasserseitige** Schilfmahd nur in der Zeit vom 15. August eines jeden Jahres bis zum 1. März

2. Schilfmahd

- „erhebliche“ Beeinträchtigung – sog. unbestimmter Rechtsbegriff – durch Fachwissen auszufüllen
- = Abwägung von Vorteilen und Nachteilen
- Vorteile: Verlandungsprozesse werden verlangsamt



2. Schilfmahd

- Vitalität des Schilfs wird erhöht – neues Schilf wächst besser nach (keine Verschattung des Neuschilfs durch das Altschilf)
- Selbstreinigungspotential der Gewässer wird verbessert (Neuschilf zieht zus. Nährstoffe aus dem Wasser)
- gespeicherte Nährstoffe in den abgestorbenen Halmen kehren nicht zurück ins Gewässer (0,2 – 0,6 g P/kg Trockenmasse)

2. Schilfmahd

- **Nachteile/Probleme:**
- **mechanischen Belastung des Schilfs** bei der Ernte:
- Frage der Erntetechnik (Amphibienfahrzeuge, Ballonreifen)
- **Schilf ist auch im Winter Lebensraum für viele Tiere:**
- Lebensraum „Schilf“ wird durch die Schilfmahd erhalten
- fehlende Schilfmahd hätte zur Folge, dass das Schilf durch die konkurrenzstärkeren Rohrkolben und Wasserschwaden verdrängt würde

2. Schilfmahd

- Verordnung des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Brandenburg vom 04.06.2007 über die **gewerbliche** Schilfnutzung im Land Brandenburg:
- **Erntevorschriften:**
- Grundlage ist individuelles Nutzungskonzept für jeden See
- Ernte nur im Winter: 1. Oktober – 28. Februar (außerhalb der Brutzeit)
- mosaikartig, maximal 30 % des Altschilfes, gleiche Fläche nur alle 3 – 5 Jahre
- Schnitt über Wasseroberfläche
- wasserseits sollte Streifen von 2-5 m stehen bleiben

2. Schilfmahd

- **Pro und Contra der Nutzung der Schilfgürtel als *Energiequelle***
- **Pro:**
 - keine Flächenkonkurrenz mit Biomasseanbau für Nahrungs- oder Futtermittel → Nutzung ungenutzter Ressourcen
 - Synergieeffekt = Schilf wird heutzutage als Abfall betrachtet – Kosten für Abtransport können eingespart werden, refinanziert werden
- **Contra:**
 - Eingriff in ein geschütztes Biotop → Reglementierungen müssen eingehalten werden → nicht überall kann geerntet werden → lange Wege → hohe Transportkosten

Nahwärmenetz + Hausanschlüsse



Stahlleitung im Kloster Hegne, Konstanz

Rohrsystem mit Stichleitungen zu den Abnehmern



Wärmeübergabe



2006/06/16

Standort
Heizanlage

Ergebnisse der Verbrennungsversuche

Biomasse - Blockheizkraftwerk der GMK,
Ges. für Motoren und Kraftanlagen mbH,
Friedland

Technische Daten:

Rostfeuerung

Verbrennungskapazität: bis 10 MW

Brennstoff

Holz hackschnitzel: 6.000 – 20.000 t/a

Energie-Produktion

ORC Turbine: 0,5 – 2,0 MWel

Fernwärmekapazität: 3,0 – 8,0 MW



Vorteile der Verbrennung von Schilf und Rohrglanzgras:

- guter Heizwert, ~10 % niedriger als bei Holz
- hohe Temperaturen bei beginnender Ascherweichung
→ höher als bei Holz
- niedrige Wassergehalte, bei Wintermahd auch ohne Trocknung
→ niedriger als bei Holz

Wichtmann (2009)

3. Wasserpflanzen



2009 06 04

3. Wasserpflanzen

- Unterhaltung der Fließgewässer
- Unterhaltsmaßnahmen:
- Krauten der Gewässersohle
- Böschungsmahd



3. Wasserpflanzen

• Probleme der Gewässerunterhaltung

- fehlende Beschattung (fehlende Baumbewuchs am Uferrand)
- hohe Nährstoffbelastung (Dünger der Landwirtschaft)
 - hierdurch Massenaufkommen von Makrophyten, Einengung des Abflussquerschnittes, Überschwemmungen
- Gewässerunterhaltung gehört nach dem WHG und BbgWG zu den Pflichtaufgaben der Wasser- und Bodenverbände, des Landes
- hohe Kosten – deshalb werden Makrophyten und die Böschungsmahd nicht abtransportiert

3. Wasserpflanzen

Stand der Technik der Gewässerunterhaltung



3. Wasserpflanzen

- Lagerung von Schnitt- und Mähgut auf dem Uferandstreifen stellt eine erhebliche Nährstoffquelle dar – Nährstoffe kehren zurück ins Gewässer (Wind, Regen)
- hierdurch abermaliges hohes Aufkommen von Wasserpflanzen – Wasser- und Bodenverbände beschäftigen sich jedes Jahr aufs Neue selbst
- Böschungen werden durch Ablagerungen steiler
- unerwünschte Düngung der Uferränder - Brennesselwuchs



2009 08 13



2009 08 13



2009 08 28

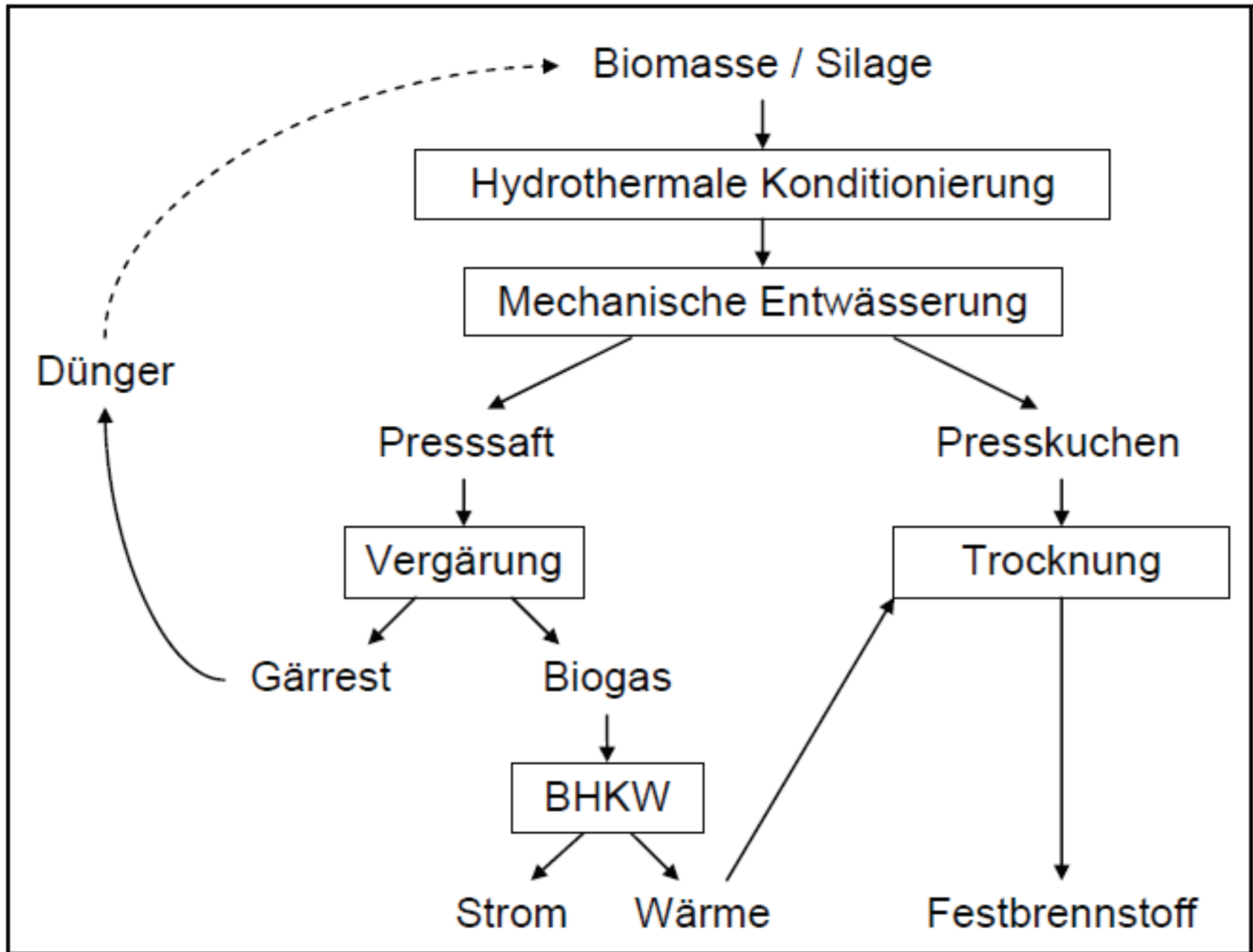




3. Wasserpflanzen

- aus dem Schnitt- und Mähgut:
- zu Biogas vergärbarer Presssaft und Trockensubstanz mit guter Brennstoffqualität für die Pelletproduktion





3. Wasserpflanzen

- **Probleme:**
- Anpassung eines Systems an die **schwierigen Bedingungen des Geländes vor Ort** (z.B. eine große Steigung der Böschung, ein feuchter und damit nachgebender Boden)
- Steine und Müll befinden sich im abgelagerten Schnitt und Mähgut – deswegen bspw. Sieb- und Rüttelanlage notwendig
- heterogene Biomasse (Wasserpflanzen, Holz)
- Zusammensetzung der Biomasse unterscheidet sich von Standort zu Standort
- Brenneigenschaften können schwanken - Verbrennungsanlagen müssen variabel sein
- lange Transportwege senken die Wirtschaftlichkeit – Abnehmer in näherer Umgebung notwendig

3. Wasserpflanzen

- Anpassung des Systems an die **naturschutzfachlichen Anforderungen**
- § 30 BNatSchG: Uferbereich = geschütztes Biotop
- Einflußfaktor „Erntezeitpunkt“ (Brutzeiten etc.)
- Verhinderung der Bodenverdichtung
- Zeitlassen zum Flüchten der Kleinstlebewesen im Mähgut erfordert 2. Anfahrt

4. Wasserkraft



Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Wasser- kraft	Wind- energie	Biomasse ¹⁾	biogener Anteil des Abfalls ²⁾	Photovoltaik	Geothermie	Gesamte Leistung
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW _p]	[MW]	[MW]
1990	4.403	55	85	499	1	0	5.042
1991	4.446	106	97	499	2	0	5.150
1992	4.489	174	105	499	3	0	5.270
1993	4.509	326	143	499	5	0	5.482
1994	4.529	618	178	499	6	0	5.830
1995	4.546	1.121	215	525	8	0	6.415
1996	4.563	1.546	253	551	11	0	6.923
1997	4.578	2.080	318	527	18	0	7.521
1998	4.600	2.871	432	540	23	0	8.466
1999	4.547	4.439	467	555	32	0	10.040
2000	4.600	6.104	579	585	76	0	11.944
2001	4.600	8.754	696	585	186	0	14.821
2002	4.620	11.994	825	585	296	0	18.320
2003	4.640	14.609	1.090	847	435	0	21.621
2004	4.660	16.629	1.445	1.016	1.105	0,2	24.855
2005	4.680	18.415	1.965	1.210	2.056	0,2	28.326
2006	4.700	20.622	2.619	1.250	2.899	0,2	32.091
2007	4.720	22.247	3.436	1.330	4.170	3,2	35.906
2008	4.740	23.897	3.969	1.440	5.979	6,6	40.032
2009	4.760	25.730	4.520	1.460	9.785	6,6	46.262

Anmerkungen: Bis einschließlich 1999 beinhalten die Angaben zur installierten elektrischen Leistung der Biomassenanlagen nur die „Kraftwerke der allgemeinen Versorgung“ sowie die „sonstigen EE-Einspeiser“;

Die Angaben zur installierten Leistung beziehen sich jeweils auf den Stand zum Jahresende, kumuliert;

¹⁾ feste und flüssige Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas;

²⁾ Anteil des biogenen Abfalls zu 50 % angesetzt;

Quelle: BMU-KI III 1 nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien- Statistik (AGEE-Stat);

Stand: Dezember 2010; Angaben vorläufig

4. Wasserkraft

- Wichtigste Gesetze:
- **EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRRL)**
- Begriff „guter ökologischer Zustand“ der EU-WRRRL wurde in das WHG und das EEG übernommen
- **Wasserhaushaltsgesetz – WHG, Landeswassergesetz**
- § 27 Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer, § 33 Mindestwasserführung, § 34 Durchgängigkeit oberirdischer Gewässer, § 35 Wasserkraftnutzung
- **Baugesetzbuch, Bauordnung des Landes**
- **Bundesnaturschutzgesetz, Landesnaturschutzgesetz**
- **Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung, Landesgesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung**
- **Landesfischereigesetze**

4. Wasserkraft

- **Gründe für fehlenden Zubau: Restriktive Rahmengesetzgebung im Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)**
- **§ 23 Absatz 5 EEG:** Der Strom aus Wasserkraft wird nur dann zusätzlich vergütet, wenn
- nach der Errichtung oder Modernisierung der Wasserkraftanlage **nachweislich ein guter ökologischer Zustand erreicht**
- oder der ökologische Zustand gegenüber dem vorherigen Zustand **wesentlich verbessert worden** ist.
- Eine wesentliche Verbesserung des ökologischen Zustandes liegt hiernach in der Regel dann vor, wenn
- die **Stauraumbewirtschaftung,**
- die **biologische Durchgängigkeit,**
- der **Mindestwasserabfluss,**
- die **Feststoffbewirtschaftung** oder
- die **Uferstruktur wesentlich verbessert** worden
- oder **Flachwasserzonen angelegt** oder **Gewässeralt- oder Seitenarme angebunden** worden sind,
- soweit die betreffenden Maßnahmen einzeln oder in Kombination **unter Beachtung der jeweiligen Bewirtschaftungsziele erforderlich** sind, um einen guten ökologischen Zustand zu erreichen.

4. Wasserkraft

- **Gründe für fehlenden Zubau: Restriktive Rahmengesetzgebung im Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)**
- **§ 23 Absatz 6 EEG:**
 - Eine Vergütung erfolgt ferner nur dann, wenn
 - die Anlage im räumlichen Zusammenhang mit einer ganz oder teilweise bereits bestehenden
 - oder vorrangig zu anderen Zwecken als der Erzeugung von Strom aus Wasserkraft neu zu errichtenden Staustufe oder Wehranlage
 - oder ohne durchgehende Querverbauung
 - errichtet worden ist.

4. Wasserkraft

- **§ 23 Absatz 5 EEG = EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL):**
- **IN-Kraft-Treten: Januar 2000**
- **bis zum Jahr 2015: Erreichung eines guten ökologischen Zustands**

- **§ 23 Absatz 5 EEG = § 33 WHG Mindestwasserführung**

- **§ 23 Absatz 6 EEG = § 34 WHG - Durchgängigkeit oberirdischer Gewässer**

4. Wasserkraft

- **Sonstige restriktive Regelungen:**
- **§ 35 WHG Wasserkraftnutzung**
- Die Nutzung von Wasserkraft darf nur zugelassen werden, wenn auch geeignete Maßnahmen zum **Schutz der Fischpopulation** ergriffen werden.
- **§ 30 BbgFischG - Fischwege**
- Wer Absperrbauwerke und andere Bauwerke in einem Gewässer herstellt oder bestehende Anlagen wesentlich verändert, die den Wechsel der Fische verhindern oder erheblich beeinträchtigen, **muß auf seine Kosten geeignete Fischwege anlegen und unterhalten. ...**
- **§ 30 BNatSchG: Gesetzlich geschützte Biotope**

4. Wasserkraft

- **Folge:**
- Kosten aus naturschutzrechtlichen Gründen verhindern Investitionen
- kaum Inanspruchnahme der EEG-Vergütungen
- EEG-Vergütung aber notwendig angesichts der hohen sonstigen Investitionskosten

4. Wasserkraft

- ca. **60000 Querverbauungen** an Flüssen in Deutschland
- **hoher Modernisierungsbedarf** insbesondere in Ostdeutschland
- bisher nur **7500 zur Stromproduktion** genutzt
- Anteil der Wasserkraftwerke an den Querverbauungen beträgt nur 13,6 Prozent
- mehr als 85 Prozent der fehlenden Durchgängigkeit von Gewässern nicht durch Wasserkraft bedingt

4. Wasserkraft

- **große finanzielle Aufwendungen** für die Querverbaubeseitigung
- **große finanzielle Aufwendungen** für die Instandhaltung von Querverbauungen, die bspw. zum Schutz vor Hochwasser aber bestehen bleiben müssen
- Landesämter gehen davon aus, dass die **Durchgängigkeit in naher Zukunft nicht gewährleistet** werden kann
- fortbestehende Querverbauungen werden somit nicht genutzt und **Energie „verschwendet“**
- **Refinanzierungsquellen für die Instandhaltung** von Querverbauungen werden nicht genutzt

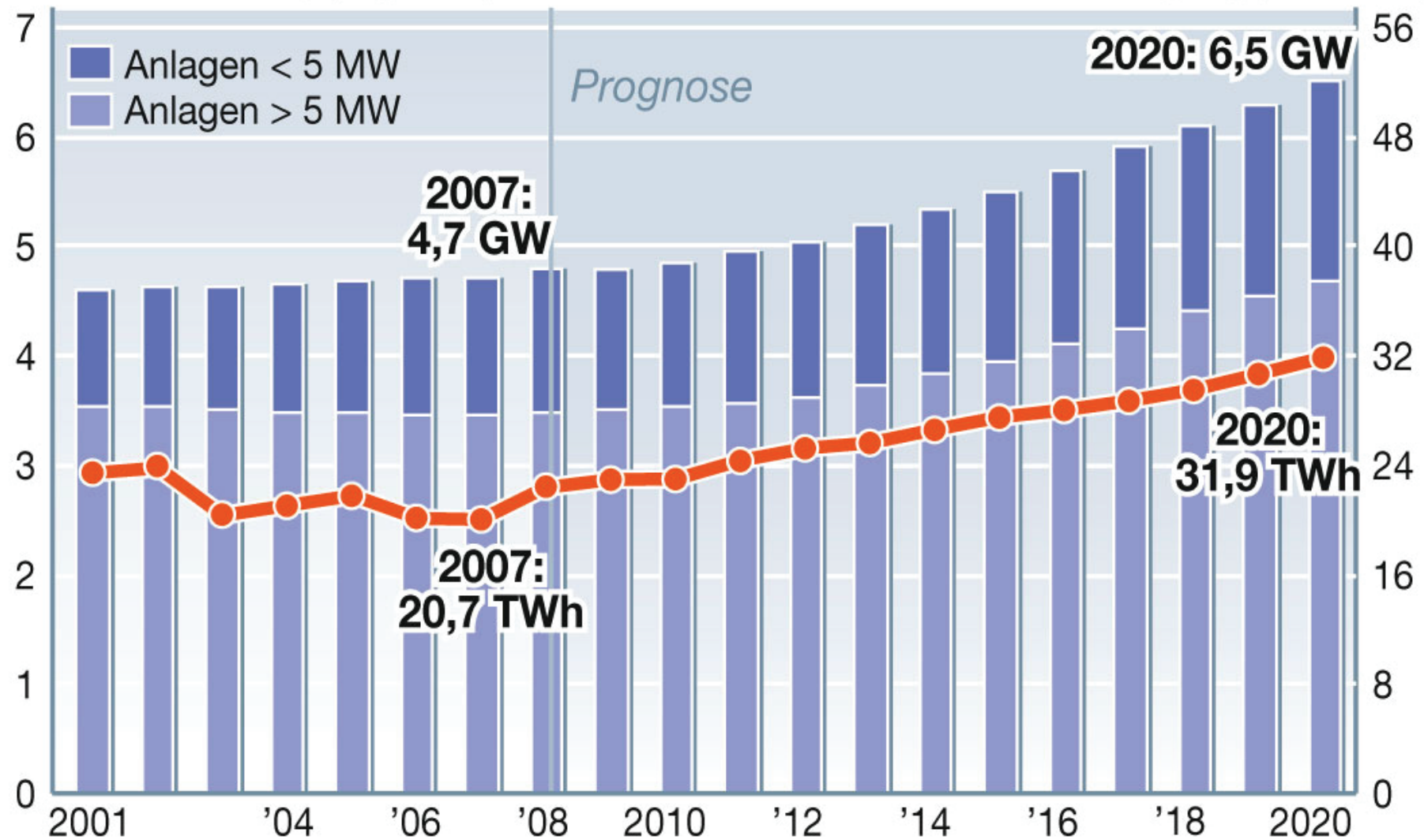
4. Wasserkraft

- **§ 35 Absatz 3 WHG (Wasserkraftnutzung):**
- Die zuständige Behörde prüft, ob an Staustufen und sonstigen **Querverbauungen**, die am 1. März 2010 bestehen und **deren Rückbau zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele nach Maßgabe der §§ 27 bis 31 auch langfristig nicht vorgesehen** ist, eine Wasserkraftnutzung nach den Standortgegebenheiten möglich ist.

Strom aus Wasserkraft in Deutschland bis 2020

installierte Leistung (Gigawatt)

Stromerzeugung (TWh/Jahr)



Quelle: Branchenprognose 2020
Stand: 1/2009

Wasserkraftanlagen

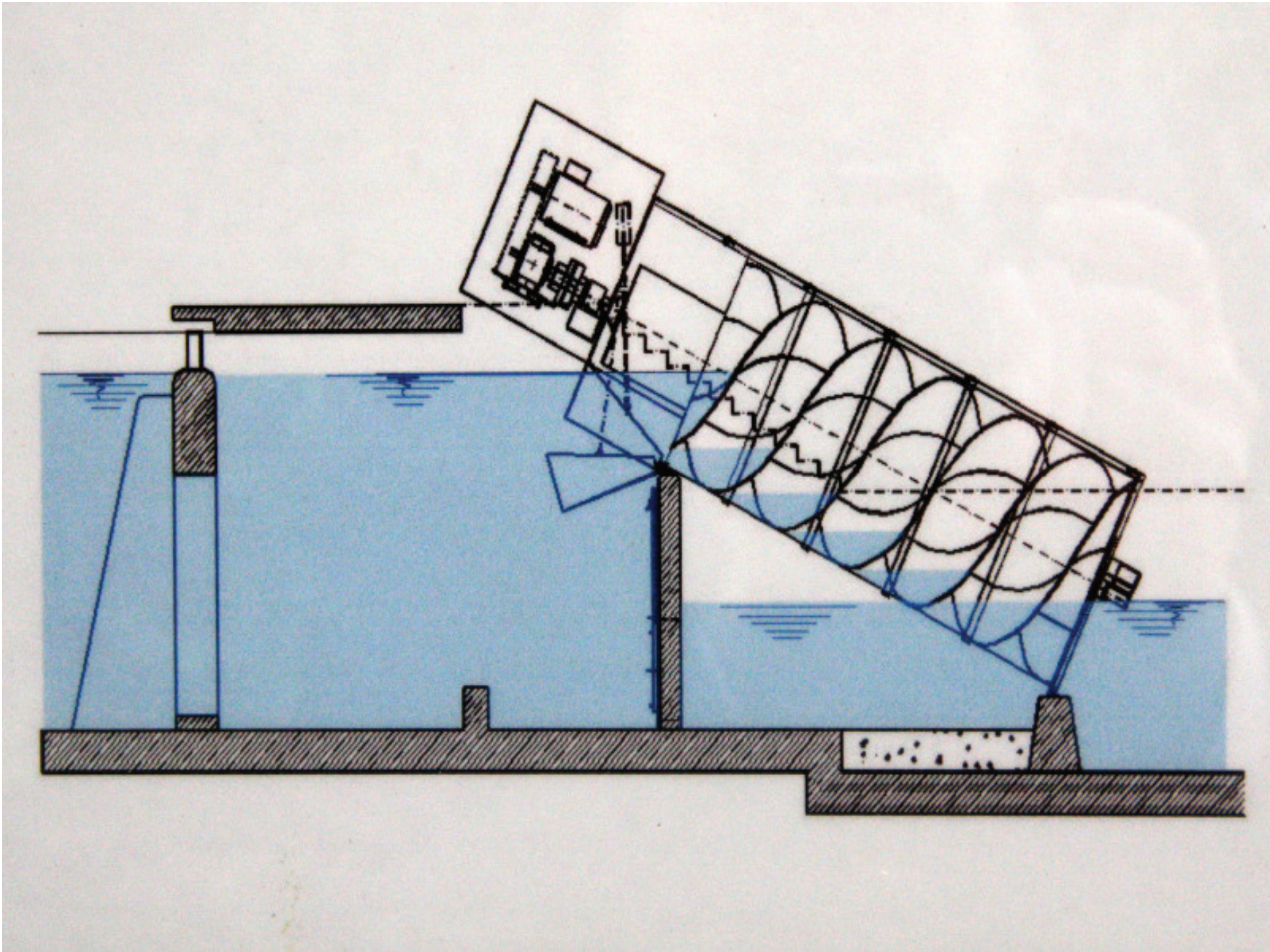
Wasserräder	Wasserturbinen
<p>Vorteil:</p> <ul style="list-style-type: none">- benötigen relativ geringes Gefälle und geringe Wassermengen- wenig empfindlich gegen schwankende Wassermengen und Treibgut- wenig wasserbauliche Maßnahmen notwendig (weniger Kosten !)	<p>Vorteil:</p> <ul style="list-style-type: none">- hohe Drehzahl- hoher Wirkungsgrad (90 % und mehr)
<p>Nachteil:</p> <ul style="list-style-type: none">- niedrige Drehzahl- niedrigerer Wirkungsgrad (80 %)- hoher Platzbedarf	<p>Nachteil:</p> <ul style="list-style-type: none">- benötigen relativ hohes Gefälle- empfindlich gegen schwankende Wassermengen und Treibgut- umfangreiche wasserbauliche Maßnahmen notwendig



Wasserkraftschnecke

Ort: Dreisam am Sandfang in Freiburg
Elektrische Leistung P_{el} : 85-90 Kilowatt
Fallhöhe h : 2,70-3,00 m





Technische Daten der Pilot- und Messanlage

Laufraddurchmesser: 4 250 mm

Laufräder, Breite gesamt: 4 000 mm

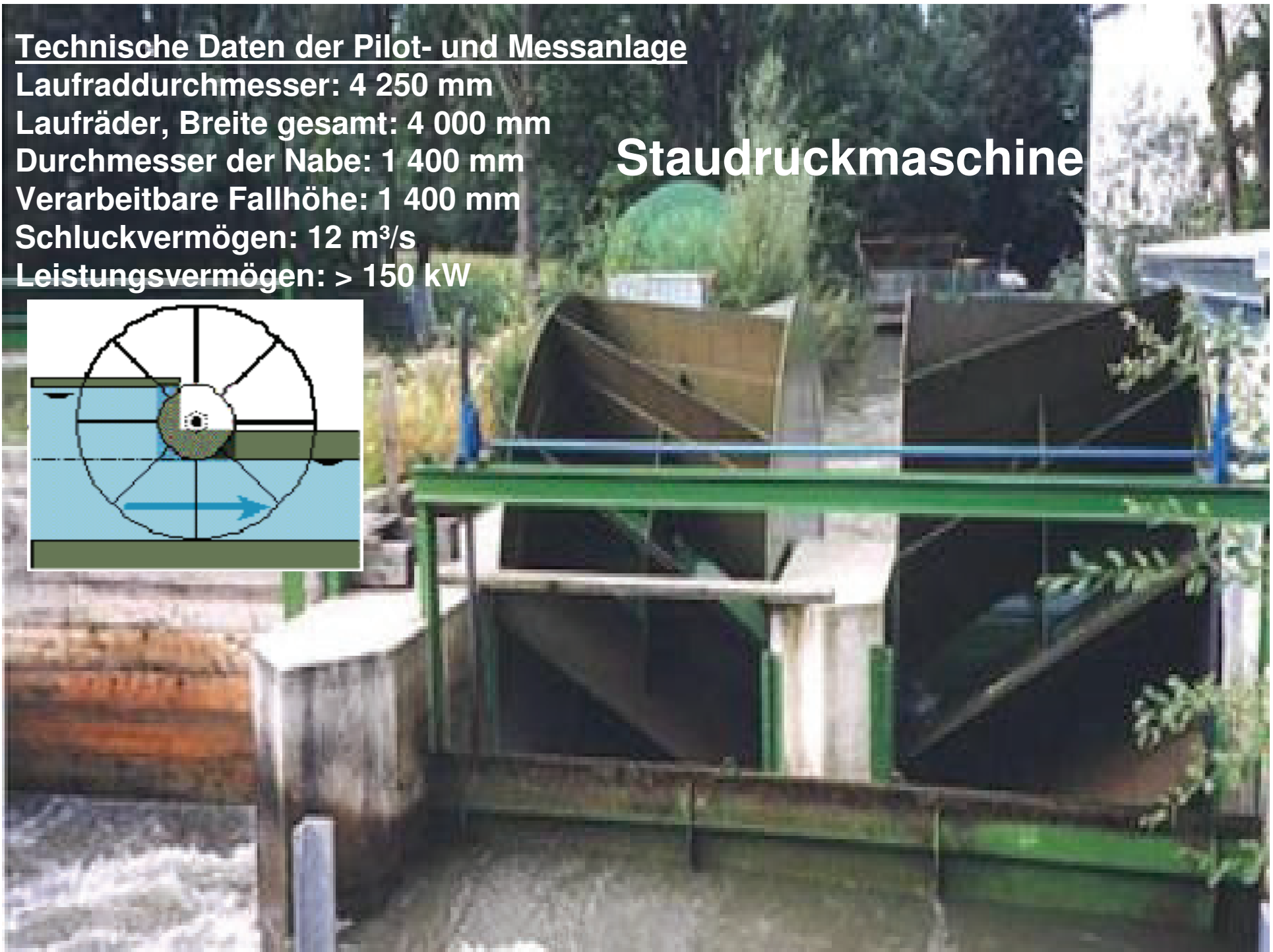
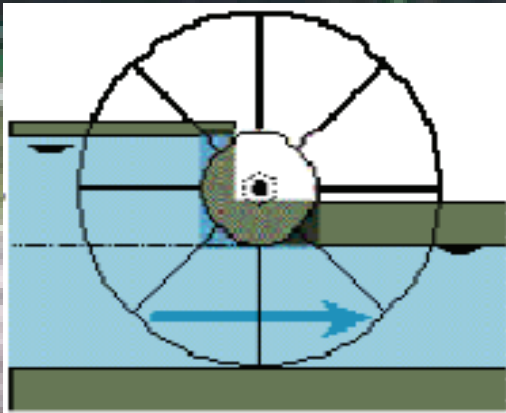
Durchmesser der Nabe: 1 400 mm

Verarbeitbare Fallhöhe: 1 400 mm

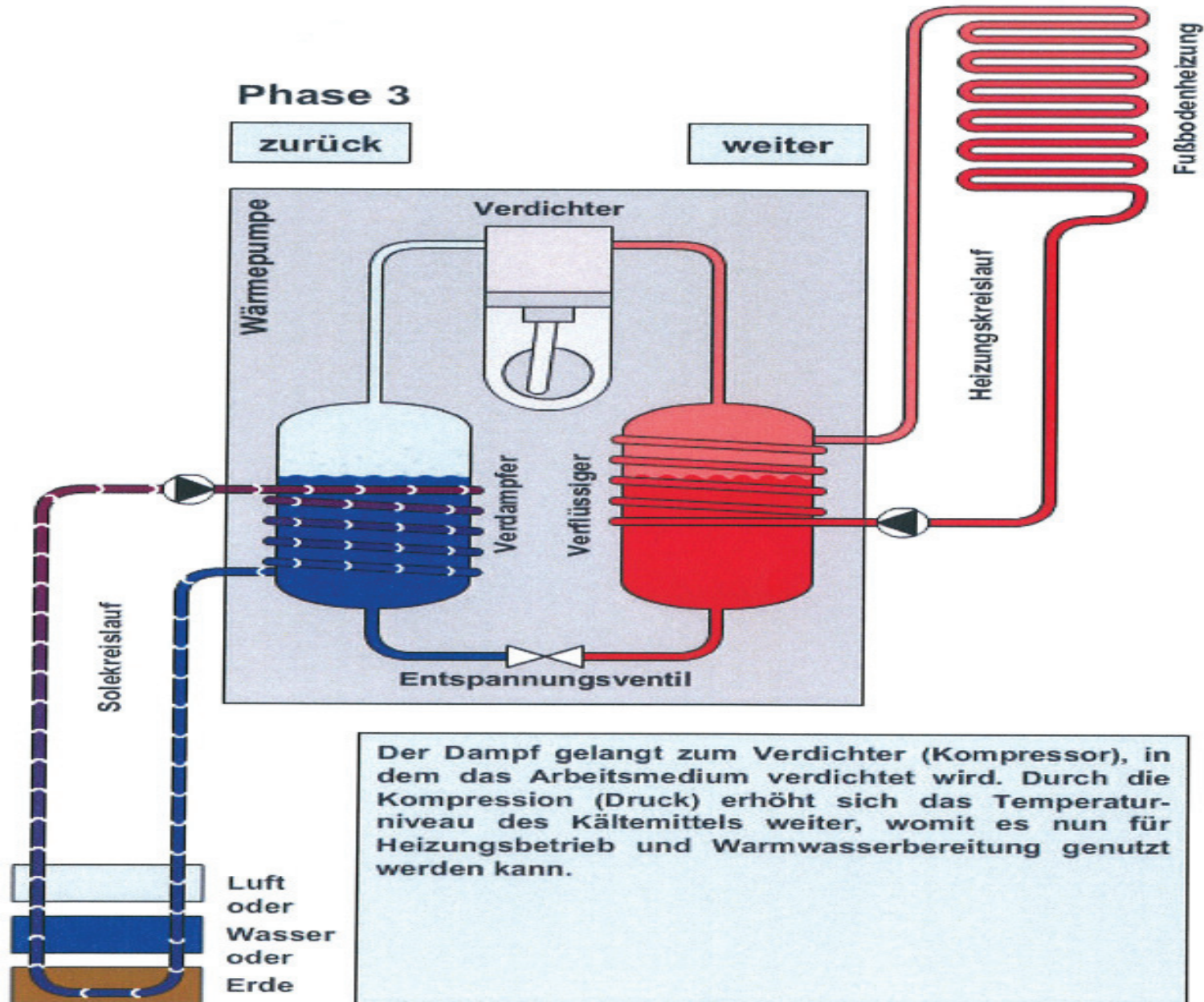
Schluckvermögen: 12 m³/s

Leistungsvermögen: > 150 kW

Staudruckmaschine

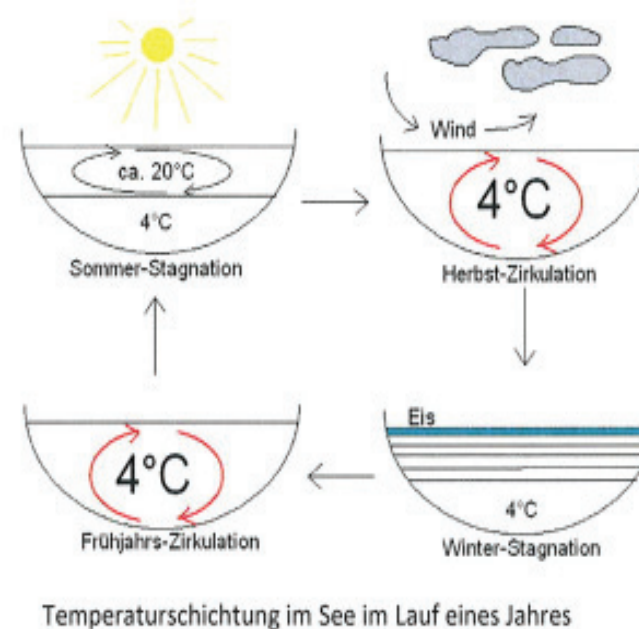
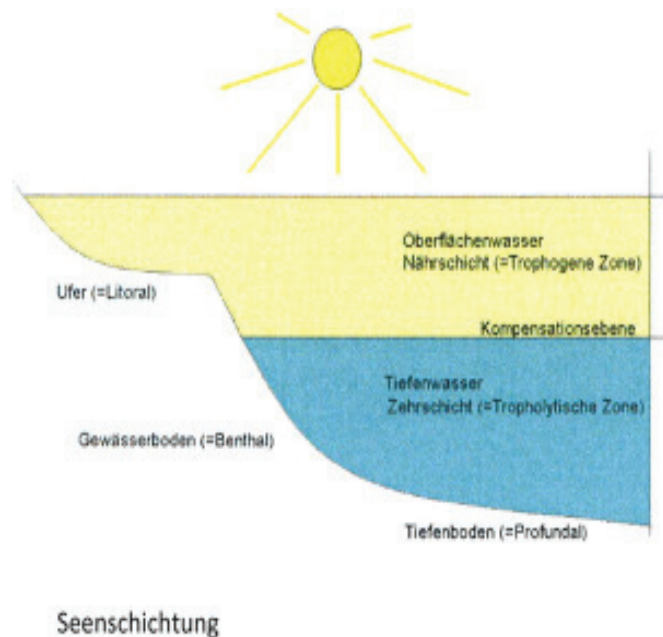


5. Wärmepumpentechnologie



5. Wärmepumpentechnologie

- Wärme eines Sees - Energiegewinnung durch Einsatz von Wärmepumpentechnik
- See = Wärmespeicher → Wärmeaufnahme über Luft und Boden

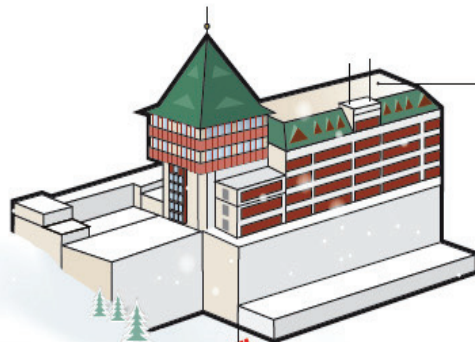


5. Wärmepumpentechnologie

Anwendungsbeispiel: St. Moritzersee



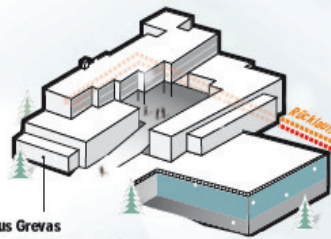
Geplant und gebaut wurde die Anlage vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ). Störungen können per Computer von Zürich aus behoben werden.



Badrutt's Palace Hotel

Mit dem Entscheid, die alten Ölheizungen aufzugeben und beim Wärmepumpenprojekt mitzumachen, wurde das Nobelhotel mit seinen über 160 Zimmern zum Ökopionier.

So wird das Hotel beheizt (in MWh/Jahr)



Schulhaus Grevas

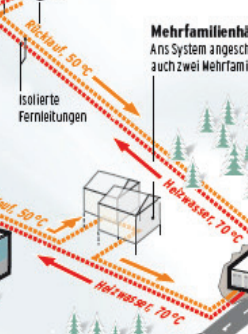
Das Schulhaus wurde 2007 an die Wärmepumpe angeschlossen. 36 Klassenzimmer, eine Doppelturnhalle, eine Aula und weitere Räume werden beheizt.

So wird die Schule beheizt (in MWh/Jahr)



Mehrfamilienhäuser

Ans System angeschlossen sind auch zwei Mehrfamilienhäuser.



2 Wärmepumpe

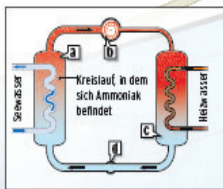
1 Wasserfassung

1 Wasserfassung

Von hier aus fliesst das Seewasser direkt zur Wärmepumpe. Die Wasserfassung steht auf dem Seeboden, wo das Wasser im Winter konstant vier Grad warm ist. In Spitzenzeiten fließen bis zu 4000 Liter pro Minute durch die Wasserleitung. Das entspricht der Wassermenge eines kleinen Bachs.

2 Wärmepumpe

Das unterirdische Bauwerk, in dem die Wärmepumpe steht, hat die Grösse einer 3½-Zimmer-Wohnung. Die Pumpe entzieht dem Wasser Wärme, im Winter etwa drei Grad, im Sommer mehr. Im Wärmepumpenkreislauf befindet sich das natürliche Kältemittel Ammoniak, das bereits bei tiefen Temperaturen verdampft.



- a) Verdampfen:** Das flüssige Ammoniak wird durch die Wärme des Seewassers verdampft.
- b) Verflüssigen:** Der Dampf wird durch den Kompressor verdichtet. Er erhitzt sich dadurch auf rund 90 Grad Celsius.
- c) Entspannen:** Das Heizwasser entzieht dem Dampf Energie. Er wird wieder flüssig.
- d) Verdichten:** Der Ursprungsdruck wird wiederhergestellt. Der Kreislauf beginnt erneut.

3 Wasserrückgabe

Das Rücklaufwasser wird zwei Meter über dem Grund in den See eingeleitet, damit der Schlick nicht aufgewirbelt wird. In dieser Tiefe beträgt die Wassertemperatur im Winter konstant vier Grad Celsius. Das von der Wärmepumpe auf ein Grad abgekühlte Wasser steigt zunächst nach oben, weil es weniger dicht ist als das

wärmere Wasser auf dem Seegrund. Auf dem Weg in höhere Schichten vermischt es sich nach und nach mit dem Umgebungswasser. Die «umgekehrten» Temperaturverhältnisse im See sind eine Folge der sogenannten Dichteanomalie des Wassers: Bei vier Grad Celsius ist Wasser am dichtesten und also am schwersten.



3 Wasserrückgabe

Quelle: EWZ, EWZ, EWZ

5. Wärmepumpentechnologie

- **Anwendungsbeispiel: St. Moritzersee**
- **Wasser-Ansaugstutzen** 50 Meter vom Ufer entfernt und **10 Meter unter der Seeoberfläche**
- 10 Meter unter der Seeoberfläche: **konstante Temperatur von 4 Grad Celsius**
- das Wasser wird zum Ufer und dann in die Wärmepumpenzentrale geführt
- durch Wärmepumpen wird das Wasser auf 70 Grad erhitzt
- Abgabe der Wärme an einen separaten Wärmekreislauf
- **Wasser wird auf ein Grad abgekühlt**
- das auf ein Grad abgekühlte Seewasser gelangt über eine zweite Leitung wieder zurück in den See

5. Wärmepumpentechnologie

- **Vorteile einer Wärmepumpe in Oberflächengewässer:**
- Keine (teure) Untersuchung der Erdschichten notwendig
- Keine Gefahr der Beeinträchtigung des Grundwassers (Gefahr der Durchtrennung der stockwerkstrennenden Schichten)
- Keine Beeinträchtigung der Stabilität des Untergrundes
- Keine teuren Bohrungen notwendig
- **positiver ökologischer Effekt: Wärmentzug im Sommer kann zu geringeren Verdunstungsverlusten führen**

5. Wärmepumpentechnologie

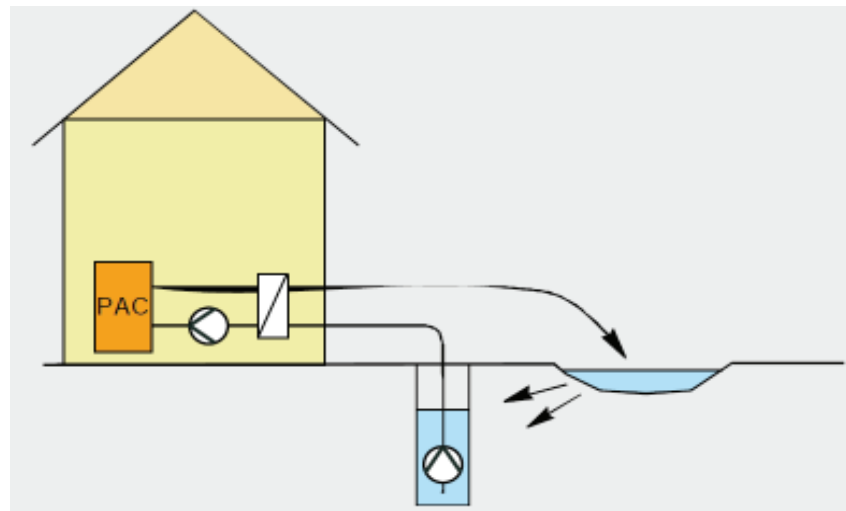
Filterbrunnenlösung:

Vorteil:

- durch Filterung – kein Problem mit der Wasserqualität

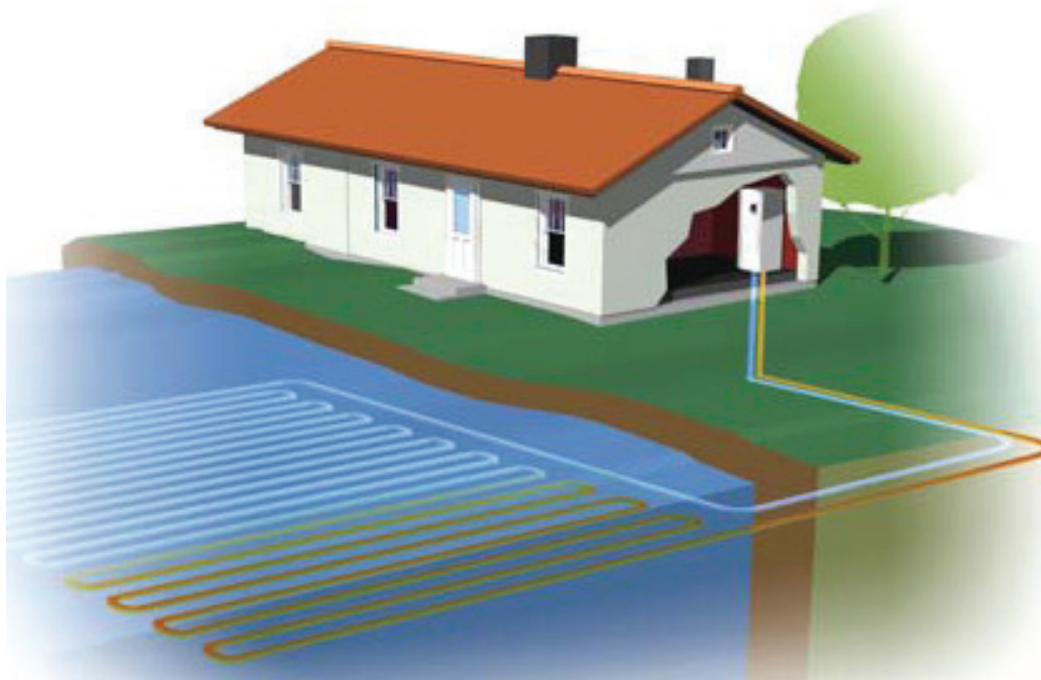
Nachteil:

- zus. Energie für Wasserpumpen – Problem bei großen Volumenströmen
- Wasserentnahme = bewilligungspflichtige Handlung nach dem WHG



5. Wärmepumpentechnologie

- **Wärmeaufnahme direkt im Gewässer**
- entweder durch sog. Flächenkollektoren (horizontale Absorption) oder (Erdwärme)Sonden als Kollektoren (vertikale Absorption)



Problem:

- größere Angriffsfläche für die Umweltbedingungen aus Gewässern (Wind, Wellen, Eis, Schlamm, Algen)

5. Wärmepumpentechnologie

- **Sondentechnik/Solekreislauf:**
- Problem:
- Wasserqualität (Korrosion, Verschmutzung: Schwebstoffe, Algen sind problematisch)
- Wandermuscheln als Störfaktor
- ausreichende Umströmung notwendig (Einsatzort der Sonde)
- Befestigung bei großer Strömung/Wind

5. Wärmepumpentechnologie

- **Kältemittel**
- Problem:
- wasserrechtliche Erlaubnis – hohe Auflagen an Sicherheit, da üblicherweise Frostschutzmittel im Solekreislauf und Gefahr von Havarien bestehen
- **Auslegung der Wärmepumpe/Entzugsleistung:**
- Positionierung der Wärmepumpen (Abstand zueinander, Beachtung Strömungsverhältnisse)
- Auswirkungen des Wärmeentzuges auf Flora und Fauna (insbesondere im Winter bei Abkühlung auf unter 4 Grad Celsius)

6. Biogas im Sediment



hier: das sog. Volta-Experiment

6. Biogas im Sediment

- **Sedimententfernung gehört zur Gewässerrestaurierung**
- in schiffbaren Gewässern:
- zur Sicherung der Fahrwassertiefen in Häfen und Wasserstraßen
- zur Sicherung von Stauanlagen oder Einrichtungen zum Hochwasserschutz
- **Baggeraushub ist mit hohen Kosten verbunden**
- **Refinanzierung der Kosten durch Nutzung des Methans**

6. Biogas im Sediment

- **Aufsteigen von Methan: klimaproblematisch**
- Beispiel Wohlensee (Stausee, nordwestlich der Stadt Bern)
- Fläche von 3.65 km², maximale Tiefe von 20 Metern
- **150 Tonnen Methangas** werden **pro Jahr** im Wohlensee produziert
- Pro Quadratmeter: im Mittel täglich über 150 Milligramm Methan
- bei einer Wassertemperatur von 17 Grad verdoppelt sich die Rate

7. Energiespeicherung in Seen

- **Speicherung von Strom aus der Windenergie (durch Pumpspeicherkraftwerke, Hybridkraftwerke)**
- Speicherung großer Strommengen außerhalb von Pumpspeicherkraftwerken → derzeit technisch äußerst anspruchsvoll
- Problem bei Pumpspeicherkraftwerken :
- Großteil der Windenergie wird in den Flachlandzonen im Norden von Deutschland erzeugt
- Pumpspeicherkraftwerke befinden sich naturgemäß in den Gebirgsregionen im Süden
- zur Speicherung der Energie aus den Flachlandzonen wären lange Trassen quer durch Deutschland notwendig
- → wirtschaftlich nicht rentabel
- → aus ökologischen Gesichtspunkten bedenklich
- → geringe Akzeptanz der betroffenen Bevölkerung („Elektrosmog“)

7. Energiespeicherung in Seen



Anwendungsbeispiel: Energiepark Sundern

Halde Sundern

Höhe	rund 50 Meter über Flur
Fläche	rund 58 Hektar
Volumen	ca. 9,1 Mio. m ³
Schüttbeginn	1996
Schüttende	2010

geplantes Kombikraftwerk

Speicherseevolumen	ca. 600.000 m ³
Fallhöhe	ca. 50 m
Leistung	10 MW bis 15 MW

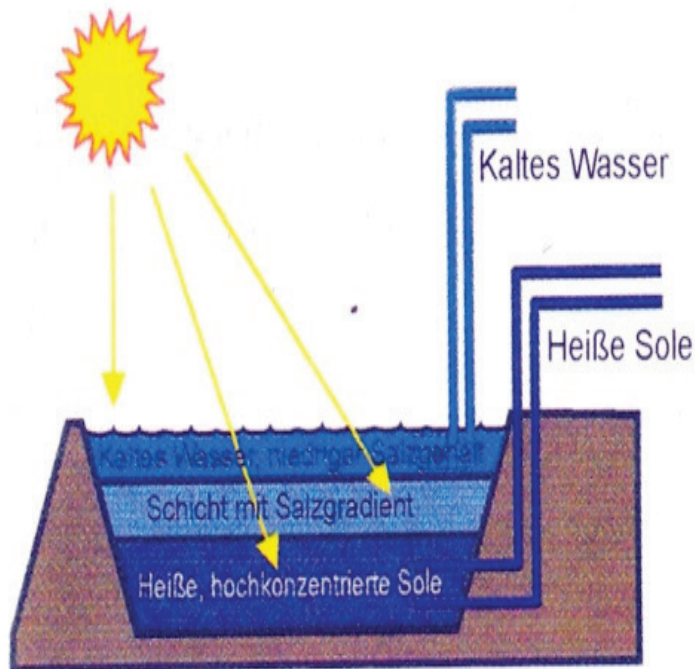
7. Energiespeicherung in Seen

- erste Überlegungen auch in der Lausitz (Amt Kleine Elster - Umfeld der F60 am Bergheider See) zur Errichtung eines Hybridkraftwerkes
- Regulierungsmöglichkeiten durch Einsatz von Windkraft, Sonnenenergie, Biogas und Pumpenspeicherbecken
- **Windkraft wird hierdurch grundlastfähig**



7. Energiespeicherung in Seen

- Speicherung der Wärme aus der Solarthermie (durch sog. Solarteiche)



Aufbau:

- flacher Salzsee mit **verschiedenen Salzkonzentrationen** (salzhaltigeres Wasser unten)
- stärkere Erwärmung des dichteren Salzwassers durch einfache Sonneneinstrahlung → **wärmeres Wasser kann nicht nach oben steigen** → **da Dichteunterschied** → **Wärme staut sich auf**
- Nutzung von ΔT mit Dampfprozess

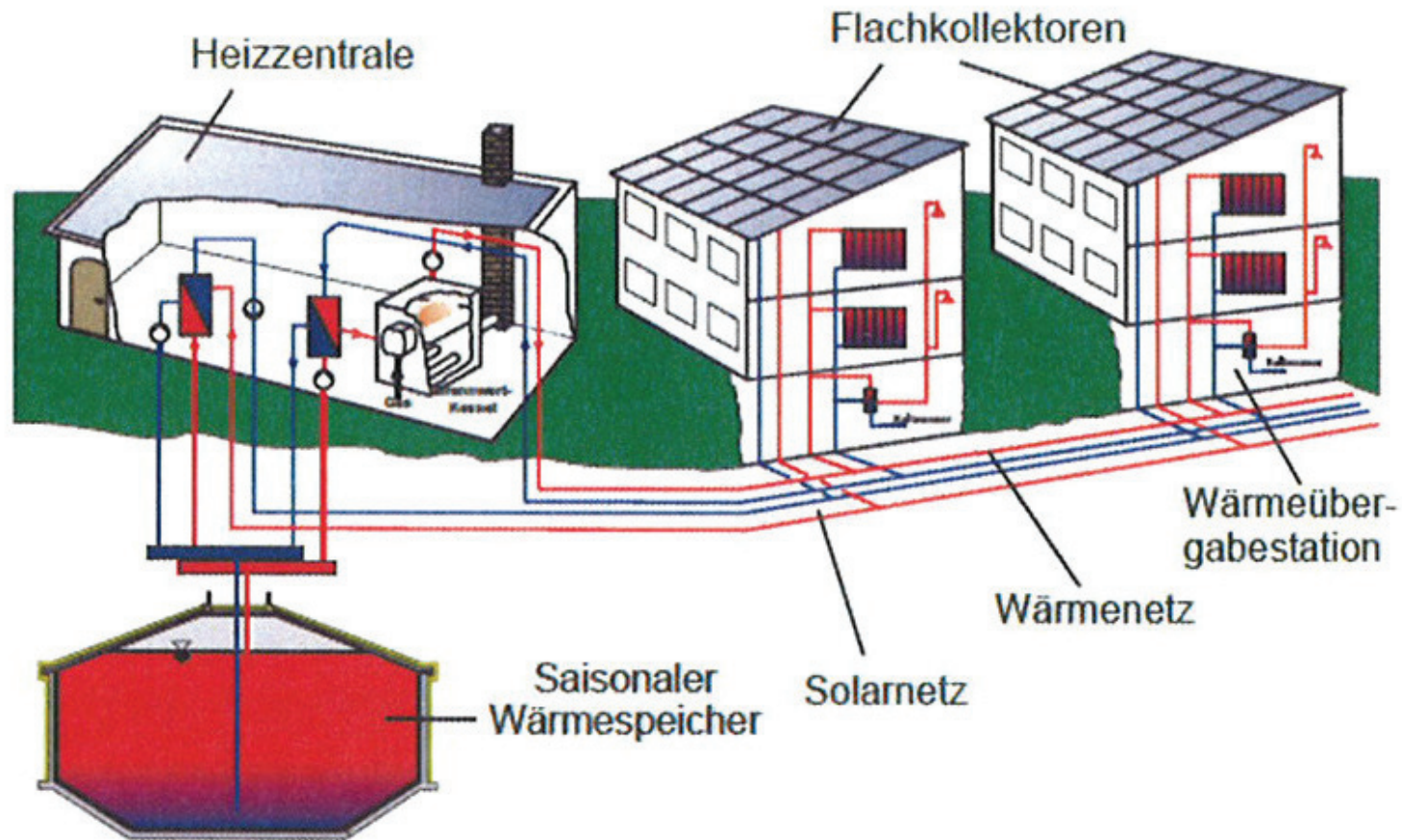
7. Energiespeicherung in Seen

- **Vorteile:**
 - einfache technische Umsetzung – geringer Investitionsaufwand im kleinem Maßstab
 - sog. 3-Welt-Technologie → da v.a. kostengünstig
 - Bsp.: Indien: Salztümpel von 10 x 10 m versorgen 50 – 100 Familien mit ausreichender Kochwärme für liefern
- **Nachteil:**
 - größere Fläche = größere Angriffsfläche
 - im Großmaßstab schwierig umzusetzen, da Wind/Wellen die unterschiedlichen Salzsichten durchwirbeln
 - geringere Sonneneinstrahlung / Wärme in Deutschland als in Indien

7. Energiespeicherung in Seen

Speicherung von Wärme aus der Solarthermie

Prinzip:



7. Energiespeicherung in Seen

Speicherung von Wärme aus der Solarthermie



Kies-Wasser-Wärmespeicher in Eggenstein

A scenic view of a lake with a forested hill in the background under a blue sky with white clouds. The text "Vielen Dank!" is overlaid in the center.

Vielen Dank!