

# **Entwicklung der Wasserkraftnutzung in Thüringen**

VDE-Symposium 16.10.2013, Erfurt

Prof. Dr. Udo Rindelhardt, Dresden

## Vorbemerkung

Beschränkung auf Wasserkraft als regenerative Energiequelle

-> keine Pumpspeicherwerke

Stromgeschichte Thüringens relativ gut aufgearbeitet

-> Danke an viele Fachleute für Veröffentlichungen und überlassene Unterlagen

# Inhalt

- Gebiet und Flussgebiete
- Anfänge der Stromerzeugung
- Entwicklung bis 1945
- Wasserkraftnutzung in der DDR
- Entwicklung seit 1990
- Perspektiven

# Territoriale Entwicklung Thüringens

- Thüringen um 1900: 8 Einzelstaaten und preußische Gebiete
- 1920: Zusammenschluss der Einzelstaaten zum Freistaat (Fläche 11763 km<sup>2</sup>)
- 1944: Gau Thüringen unter Einbeziehung des preußischen RB Erfurt
- 1945-1952: Land Thüringen
- Seit 1990: Freistaat Thüringen (Fläche 16172 km<sup>2</sup>)

# Naturräume und Flussgebiete Thüringens

- Thüringer Wald und Thüringer Becken

- Harz im Norden

- 65% Thüringens gehören zum Flussgebiet der Elbe

- 30% im Süden und Westen Weser-Flussgebiet

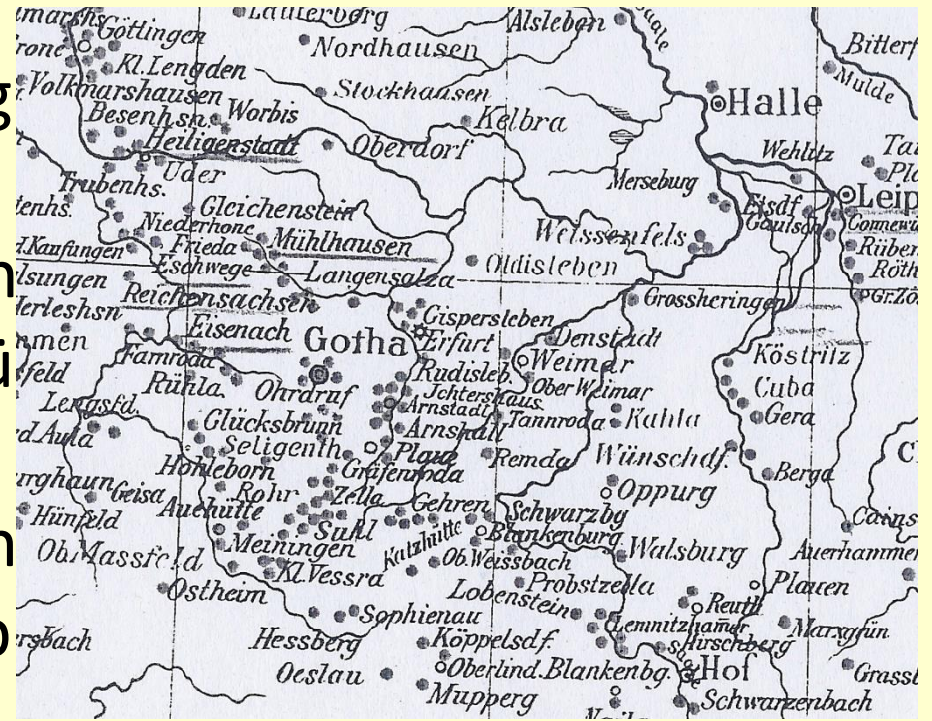
- Rest zum Flussgebiet des Rheins



# Abflussmengen

| Fluss         | MQ [m <sup>3</sup> /s]    |
|---------------|---------------------------|
| Saale         | 11,8 – 31,8               |
| Unstrut       | Bis 18,6                  |
| Ilm           | Bis 6                     |
| Weißer Elster | 10,5 - 17                 |
| Werra         | 14 – 27 (Meiningen-Vacha) |
| Steinach      | Bis 3                     |

# Anfänge der Stromerzeugung



- Ab Mitte des 19. Jahrhunderts Wasserturbinen in Mühlen
- 1861 Briegleb, Hansen Hersteller (Francisturbine)
- 1882 erste Stromerzeugung in Mühle Mihla (Werra) für Beleuchtungszwecke (Welt: 1880)
- 1898 erste öffentliche Stromerzeugung in Altengottern (Unstrut)

## Ab 1900: Aufbau von Überlandzentralen (Drehstrom)

1902 Gispersleben, Gera (ehem. Rostmühle, 2 Francisturbinen 530 PS )

1906 Bretleben, Unstrut (genossenschaftliche Überlandzentrale, 2 Turb. 250 PS)

1907 Camburg, Saale (Döbritsch)

1909 Langenberg, Weiße Elster  
(aufgegeben)

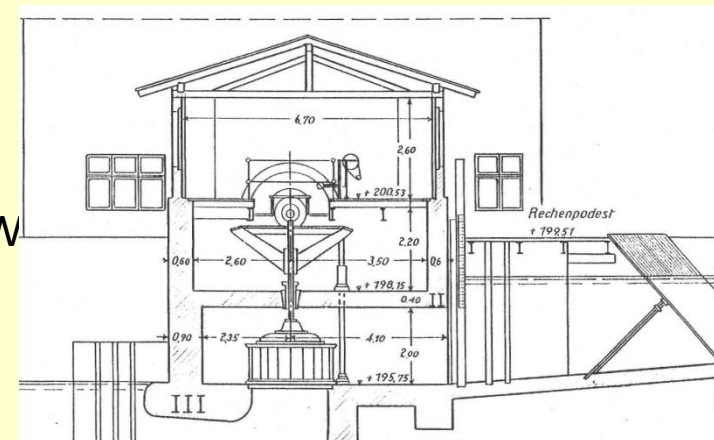
1910 Unterpreilipp, Saale (850 PS)



## Gewerbliche Nutzung in größerem Umfang

1906 Kartonagenfabrik Hohenwarthe, Saale (650 kW)

1910 Wintershall Berka, Werra (400 kW)





1906

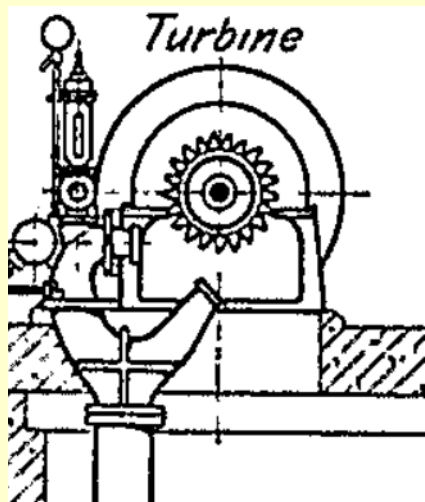
## Talsperre Neustadt zur Wasserversorgung von Nordhausen (damals Preußen)

Staumauer an der Thyra im Südharz (1905 !)

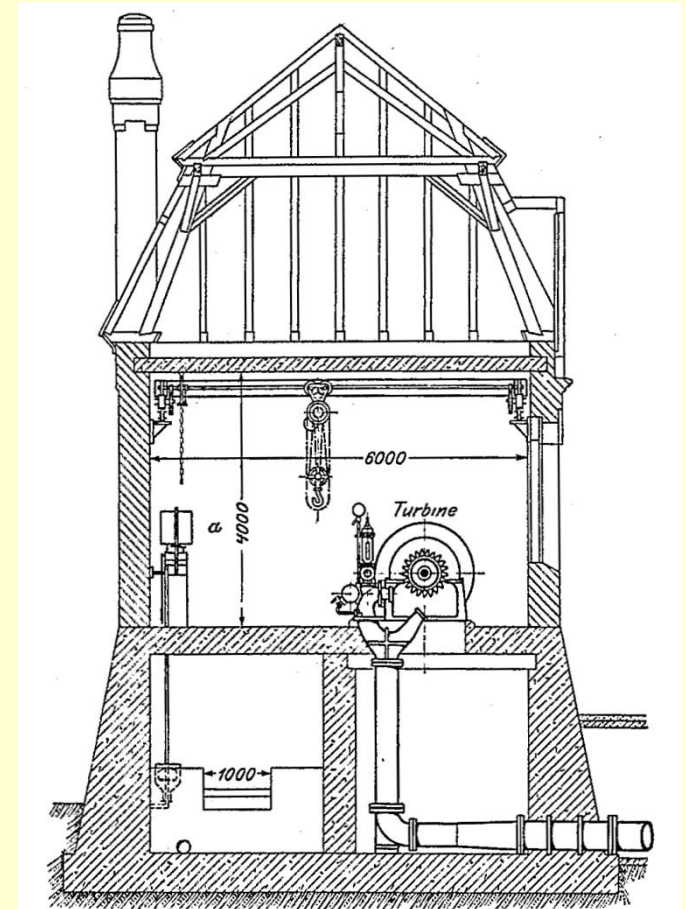
10,7 km Druckleitung mit  $\Delta H=180$  m zum Wasserwerk

1906

Pelton-turbine von Briegleb, Hansen & Co



Problem:  
Stromabsatz!



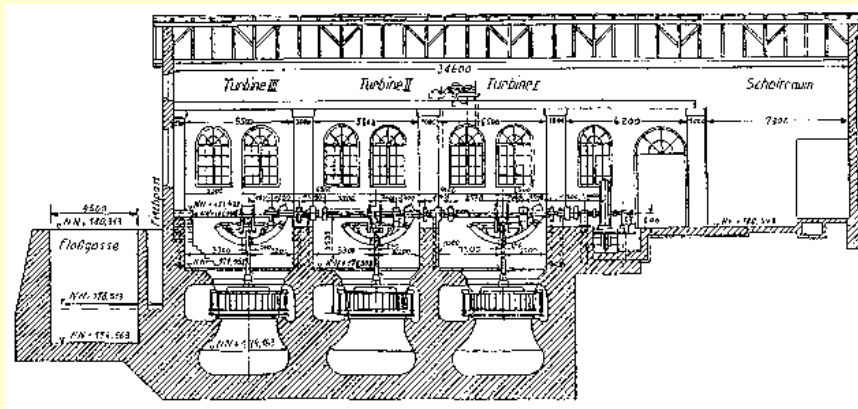
## Neubau der WKA Mihla (1910) und Falken (1913)



3 x 150 kW Francisturbinen (B&H)  
3 Generatoren (Siemens-Schuckert)

Strom: 1/3 lokaler Verbrauch  
2/3 Lieferung an ÜLZ Mühlhausen (Pr.)

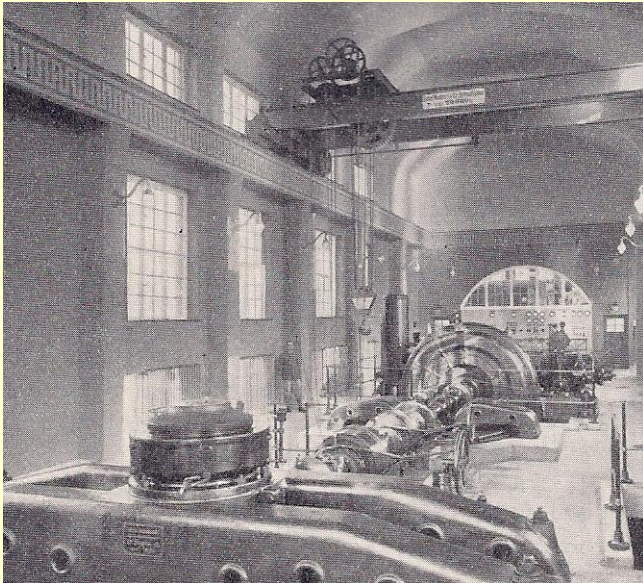
Quelle: E.on Thüringer Energie



3 x 268 PS Francisturbinen (AGK)  
Gemeinsame Welle  
1 Generator 430 kVA (Siemens-Schuckert)

90% des Stromes an ÜLZ  
Mühlhausen

## WKA Spichra (Werra, 1925)



Erstmals durch Land errichtet  
(1923 Thüringenwerk AG)

Flussverlegung (900 m) wegen  
geplantem Werra-Main-Kanal

Walzenwehr (MAN)

3 Turbinen mit 1170 kW  
Hersteller Neumeyer (München)  
Laufgrad: ähnlich Deriaz-Turbine

1 Welle (Reibungskupplungen)

Generator 1250 kVA (AEG)



Quelle: Thüringer Energie AG

## Ab 1920: Ausbaudiskussionen für Saale und Werra

### Bau des Weser-Main-(Donau)-Kanals zwischen Werra-Mündung und Bamberg

|             |                |
|-------------|----------------|
| Hann-Münden | 120 m          |
| Treffurt    | 175 m          |
| Meiningen   | 310 m Scheitel |
| Römhild     | 310 m          |
| Heldburg    | 290 m          |
| Bamberg     | 231 m          |

1000-t-Schiffe

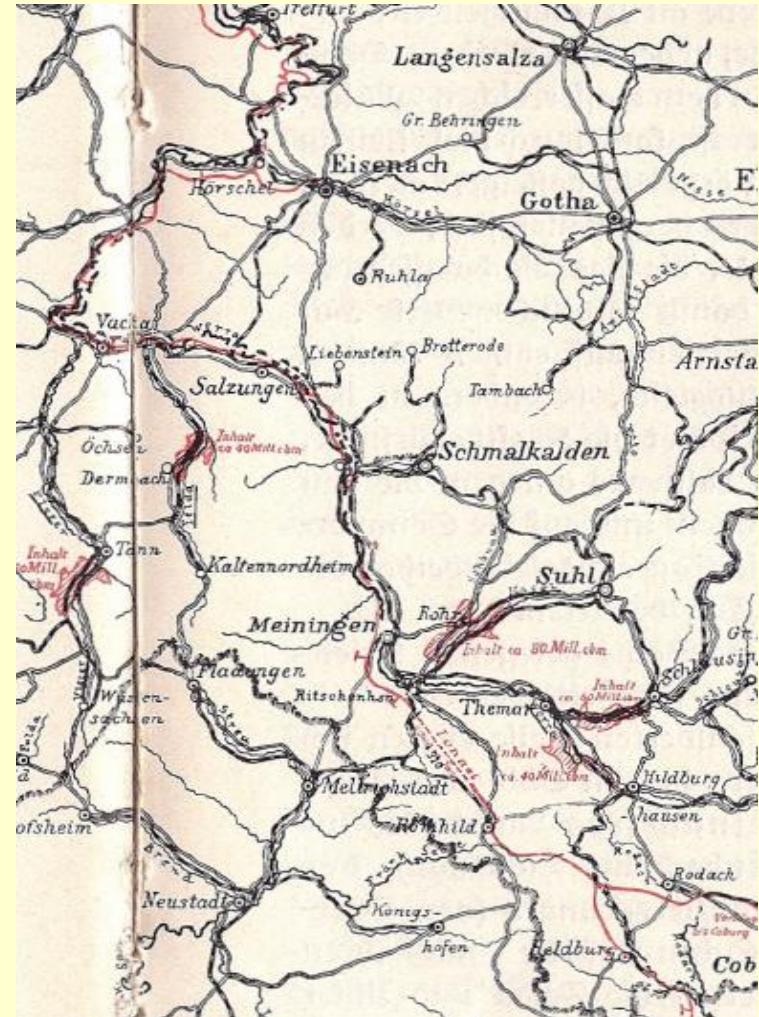
6 Talsperren in Thüringen (Speisung)

Strom in Thüringen:

178 GWh an 21 Schleusen

31 GWh an Talsperren

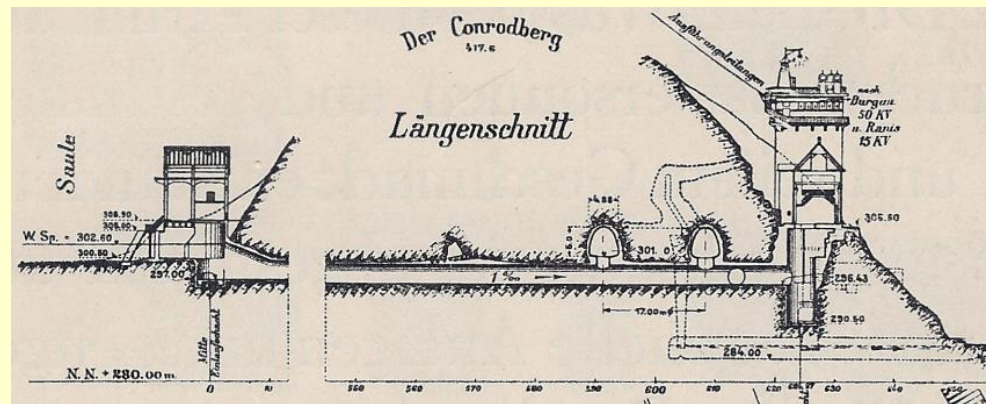
Planungen in Hessen erst 1961  
eingestellt!



### 3 Hauptakteure an der Saale

- **Carl Zeiss** (Eigenbedarf)  
1914 WKA Kunitz (200 kW)  
1914 Burgau (1000 kW)  
1920 Fernmühle Ziegenrück (150 kW)  
1920 WKA Wisenta (1200 kW)  
1922 WKA Conrod (2539 kW)  
1939 WKA Erw. Wisenta (2600 kW) + PSW

Weitere Planungen für WKA, u.a.  
in Pößneck und Uhlstädt-Zeutsch



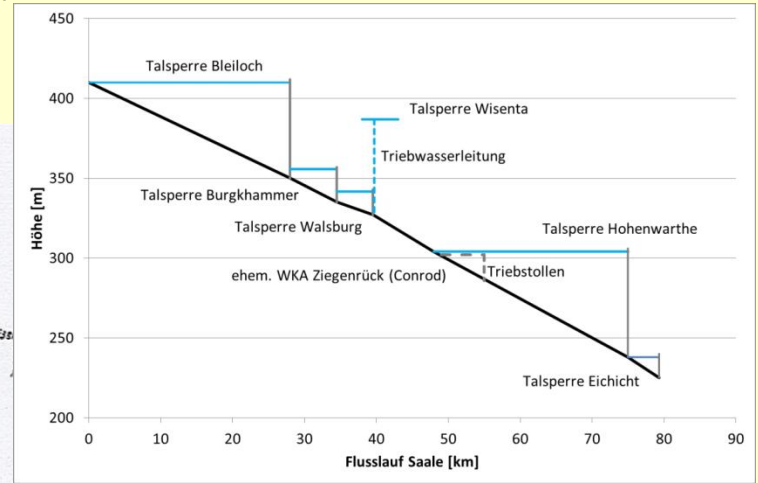
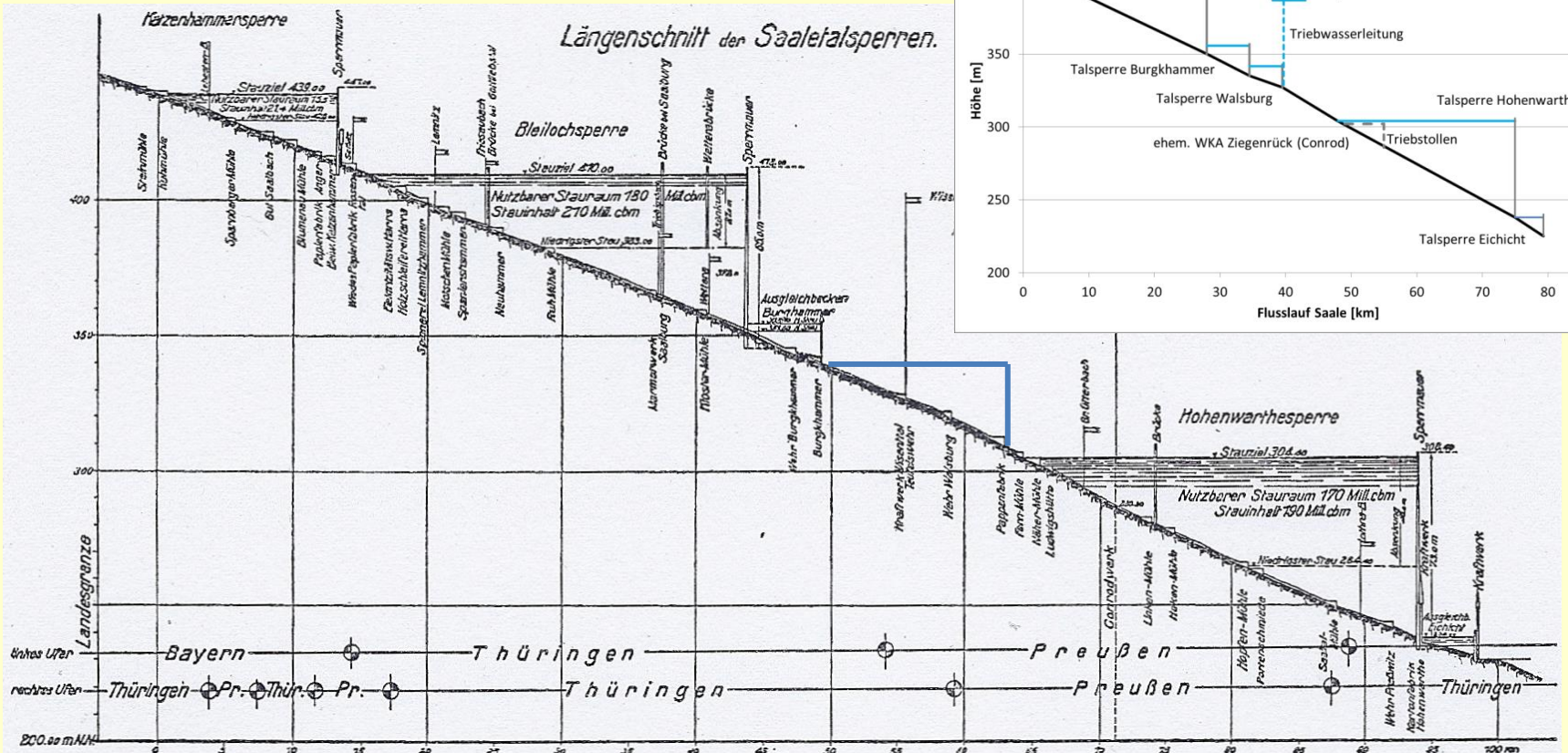
- **Freistaat Thüringen** (Hochwasserschutz und Spitzenstrom)
- **Preußen** (Reich: bis 70 m<sup>3</sup>/s für Mittellandkanal)

Letztlich setzt sich das Deutsche Reich durch!



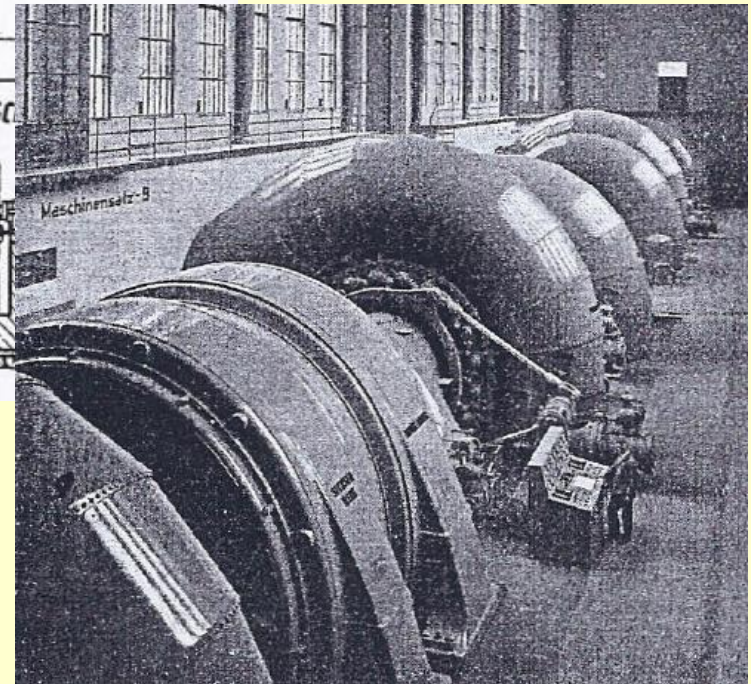
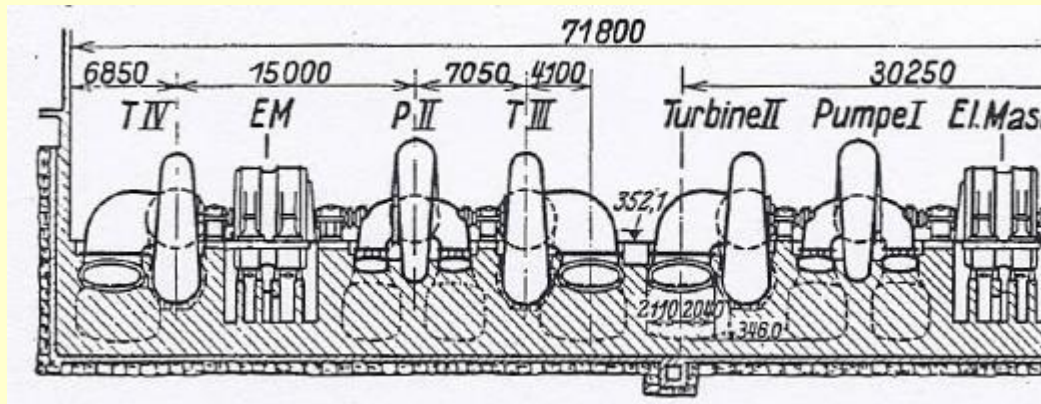
# Saalekaskade 1930

TS Katzenhammer (Blankenstein-Hirschberg) zunächst zurückgestellt  
 Dafür Option Talsperre Ziegenrück (Pappenfabrik) 30 m hoch, 25 GWh/a  
 offengehalten!



Stark schwankender Wasserstand in Bleiloch - (27 m) und Hohenwarthe –TS (40 m)  
-> Kompromisse bei Maschinenteknik zur Sicherung der Thüringer Wünsche für die Forderungen (Spitzenkraftwerk: 40 MW für täglich 4 h)

Bleiloch (1932): je 2 Turbinen pro Generator (40 MW)  
Zusätzlich: Pumpe und Motor auf gleicher Welle (Pumpbetrieb nur bei tiefsten Wasserstand!)



Ausgleichsbecken Burgkhammer:  
Sichert stabilen Mindestabfluss  
2 Kaplan-Turbinen: 2,2 MW

Hohenwarthe I (1941)

Zunächst nur Francis(Laufwasser)-Turbine 5,5 MW      20-30 GWh/a

Bis heute größte Laufwasserturbine in Ostdeutschland!

Spitzenkraftwerk bis 1945 unvollendet!



Quelle: Vattenfall



## Entwicklung bis 1945

Stand 1925: (Anteil 9,3% an gesamter verfügbarer Leistung)

|             | Anzahl | Leistung [kW] | Mittlere Leistung [kW] |
|-------------|--------|---------------|------------------------|
| Wasserräder | 1675   | 7820          | 4,6                    |
| Turbinen    | 740    | 20420         | 27,6                   |
| Summe       |        | 28240         |                        |

## Stromerzeugung

1927: 29 GWh (davon 50% in Spichra, Wisenta und Conrod)

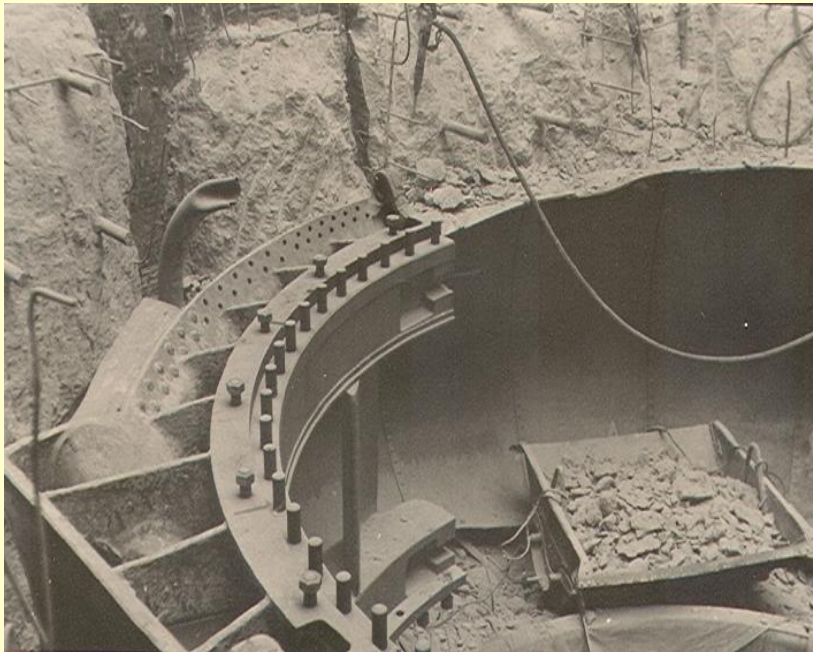
1937: 91 GWh (Zugang Bleiloch und Burgkhammer)

1944: 115 GWh (Zugang Hohenwarthe I)

## 1945 -1990

1945/46: Inbetriebnahme WKA Eichicht 3,4 MW

1946: 2 Maschinensätze Hohenwarthe I (je 20 MW)  
kurz vor Inbetriebnahme demontiert



### **Bestand 1946:**

34 WKA zur Stromerzeugung  
Leistung 25 MW  
+ Spitzenkraftwerk Bleiloch  
40 MW

### **Ausbaupotenzial 1946**

|                    |         |
|--------------------|---------|
| Optim. besteh. WKA | 10 GWh  |
| Neubau             | 110 GWh |
| Werrakanal         | 127 GWh |

Enteignungen und Übergang zur Planwirtschaft

Eingliederung der WKA in Energiewirtschaft

Wasser-Turbinenbau zunächst Turbowerk Meißen, ab 1955 Germania Karl-Marx-Stadt

1950 Neubauplanungen, z.B. nach 1955 (2. Fünfjahrplan)

Neu-Mihla 1,85 MW, Göringen 0,67 MW, Brettmühle Greiz 1,4 MW, Rasenmühle Jena 0,4 MW, Creuzburg 0,91 MW, 2 x Zeiss 2,8 MW

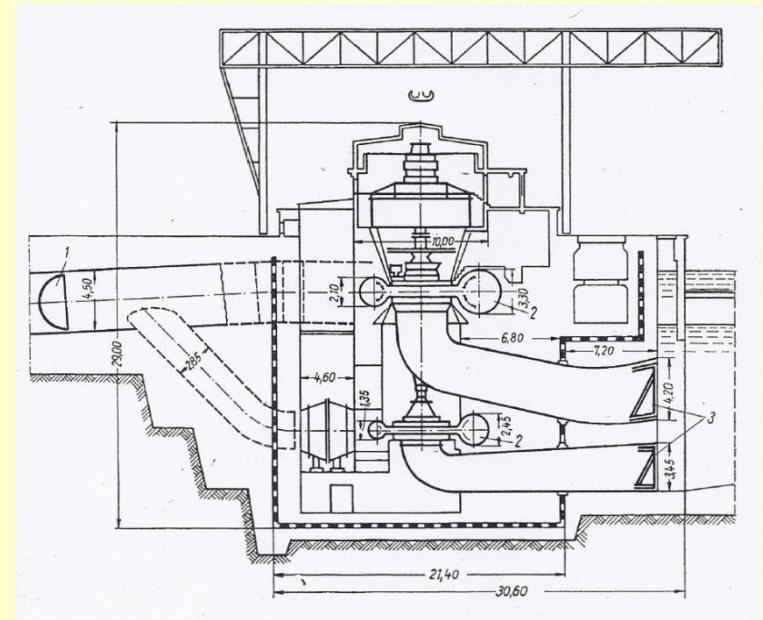
-> nichts verwirklicht!

Besonderheit: Bis 1989 (wenige) Netzverbindungen nach Hessen  
z.B. Steinmühle Wommen (176 kW)!

1956 -1963

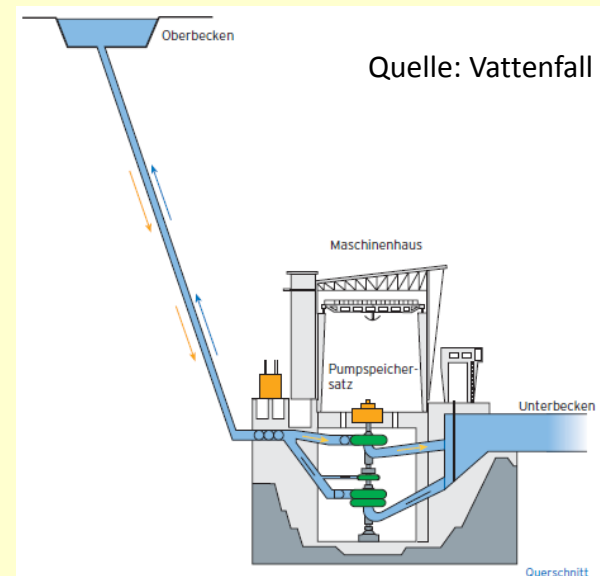
Wiederaufbau Hohenwarthe I mit teilweise rückgelieferten Komponenten 1959/60

Spitzenkraftwerk analog WKA Bleiloch  
2 vertikale Maschinensätze je 20 MW  
Motorgenerator neu (Sachsenwerk Dresden)  
Pumpen- und Turbinenspiralen mit schweiß-  
technischer Großreparatur instandgesetzt



Neubau PSW Amalienhöhe 1956/63  
(Hohenwarthe II)  
8 vertikale Maschinen je 40 MW

1960 Stilllegung WKA Konrod (Ziegenrück)



Neubauten:

1955 Greiz-Dölau (Nutzung  
vorhandener Maschinen)

1976 stillgelegt aus technol. Gründen

1963 WKA Luisenthal (Ohra-Talsperre)

Nach 1960

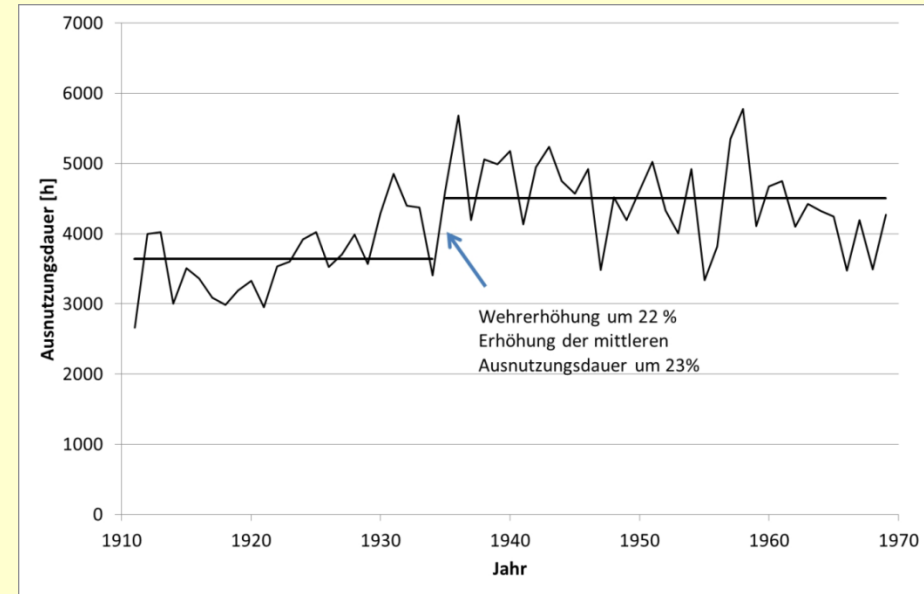
Massenhafte Stilllegung von WKA

WKA Mihla:

Ergebnisse von 60 Jahren

1979 Neumühle Sterner (Weiße Elster)

1988 Untermühle Herbsleben



**1989:**

Energiewirtschaft: 5 WKA der Saalekaskade, Döbritschen

Einige VEB: Zeiss Burgau, Schokolade Saalfeld-Obernitz, Pappenfabrik  
Ziegenrück



**E-Werk Peißker Eichicht!**  
**WKA 60 kW**

## Entwicklung seit 1990

1991 Wasserkraftpotenzialstudie Wirtschaftsministerium  
275 Standorte (Reaktivierung und Neubau)

-> Förderprogramm (bis 2006 143 WKA mit 13,6 MW)

|      | Studie 1991 |            | Studie 1999 |            |      |       |
|------|-------------|------------|-------------|------------|------|-------|
|      | Leistung/kW | Arbeit/GWh | Leistung/kW | Arbeit/GWh |      |       |
| 1991 |             |            |             |            |      |       |
| 220  |             |            |             |            |      |       |
| Bei  | Saale       | 14260      | 42,8        | 9143       | 27,4 | ekten |
|      | Unstrut     | 1505       | 4,5         | 1465       | 4,4  |       |
|      | Ilm         | 362        | 1,1         | 1513       | 4,5  |       |
|      | W. Elster   | 1756       | 5,3         | 2429       | 7,3  |       |
|      | Werra       | 10998      | 33,0        | 6516       | 19,5 |       |
|      | Sonst.      | 11831      | 35,5        |            |      |       |
|      | Summe       | 40712      | 122,2       | 21066      | 63,2 |       |

Saale ohne Saalekaskade, Arbeit berechnet für 3000 Volllaststunden

## Reaktivierung aufgebener WKA

Oldisleben (Unstrut), 265 kW

Jägersdorf (Saale), 270 kW

Ingersleben (Apfelstädt), 11 kW

Unterpreilipp (Saale), 960 kW





## Thüringer Energie AG

1998 WKA Spichra, 1270 kW  
Turbinen aufgearbeitet  
3 Getriebe und Generatoren

2000 WKA Falken, 410 kW  
2 Turbinen aufgearbeitet  
Getriebe und Generatoren neu

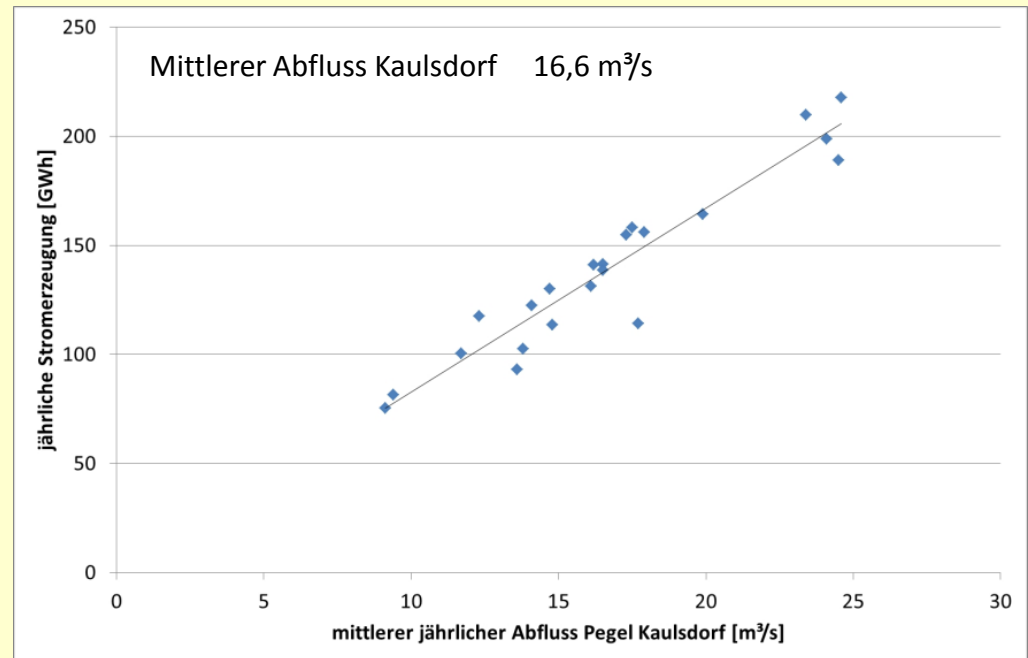
2006 WKA Mihla, 672 kW  
Neubau  
2 Split-Rohrturbinen



## Saalekaskade

Regelertrag (20 Jahre)

|               |         |
|---------------|---------|
| Bleiloch      | 47 GWh  |
| Burgkhammer   | 6 GWh   |
| Wisenta       | 11 GWh  |
| Hohenwarthe I | 68 GWh  |
| Eichicht      | 7 GWh   |
| Summe         | 139 GWh |



Schwankungsbreite 75 GWh – 210 GWh

Vattenfall

2002 WKA am Unterbecken PSW Goldisthal

Ossberger-Turbine 773 kW

# Thüringer Fernwasserversorgung

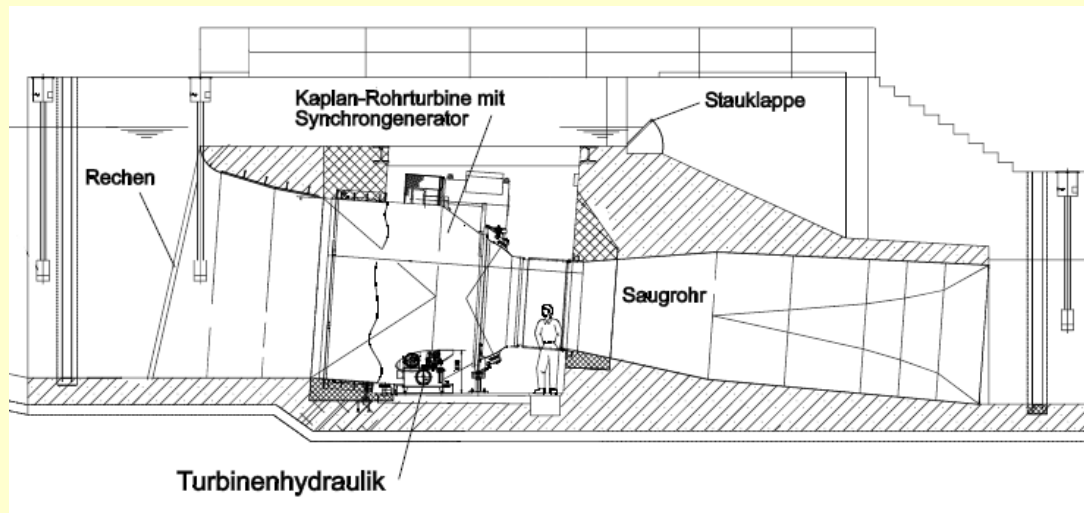
Neubau von WKA an Talsperren  
und im Leitungsnetz

|               | Leistung<br>/kW | Arbeit<br>/MWh |
|---------------|-----------------|----------------|
| Schmalwasser  | 410             | 2511           |
| Lütsche       | 15              | 31             |
| Leibis/Lichte | 816             | 1223           |
| Luisenthal    | 375             | 1287           |
| HB 08         | 160             | 1258           |
| HB 09         | 30              | 173            |
| Tambach-D.    | 162             | 551            |
| Summe         | 1968            | 7034           |



## WKA Jena: Rasenmühlenwehr und Paradieswehr (2000)

Baugleiche WKA: Je 2 voll überströmte Rohrturbinen, Leistung 500 kW



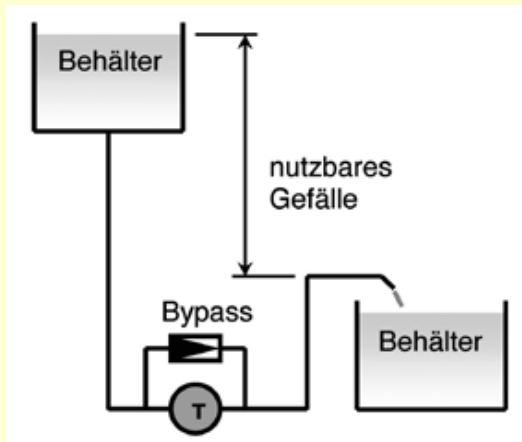
## WKA Nordhausen

1978 Stilllegung Altanlage

Nach 1990 Modernisierung Wasserwerk  
Zunächst ohne WKA

Nach 2000 unbefriedigende Versuche mit  
rückwärtslaufenden Pumpen

2011: Pelton-Gegendruck-Turbine 90 kW  
Vertikale Achse



## WKA Sophienwehr Bad Sulza

2009 Sophienwehr, 60 kW  
Bewegliche, überströmte WKA



## WKA Artern

WKA Artern (2011)  
2 Wasserkraftschnecken je 132 kW

Fischfreundlich, 22 U/min

Ähnlich: WKA Meiningen



# WKA Nessemühle Eisenach

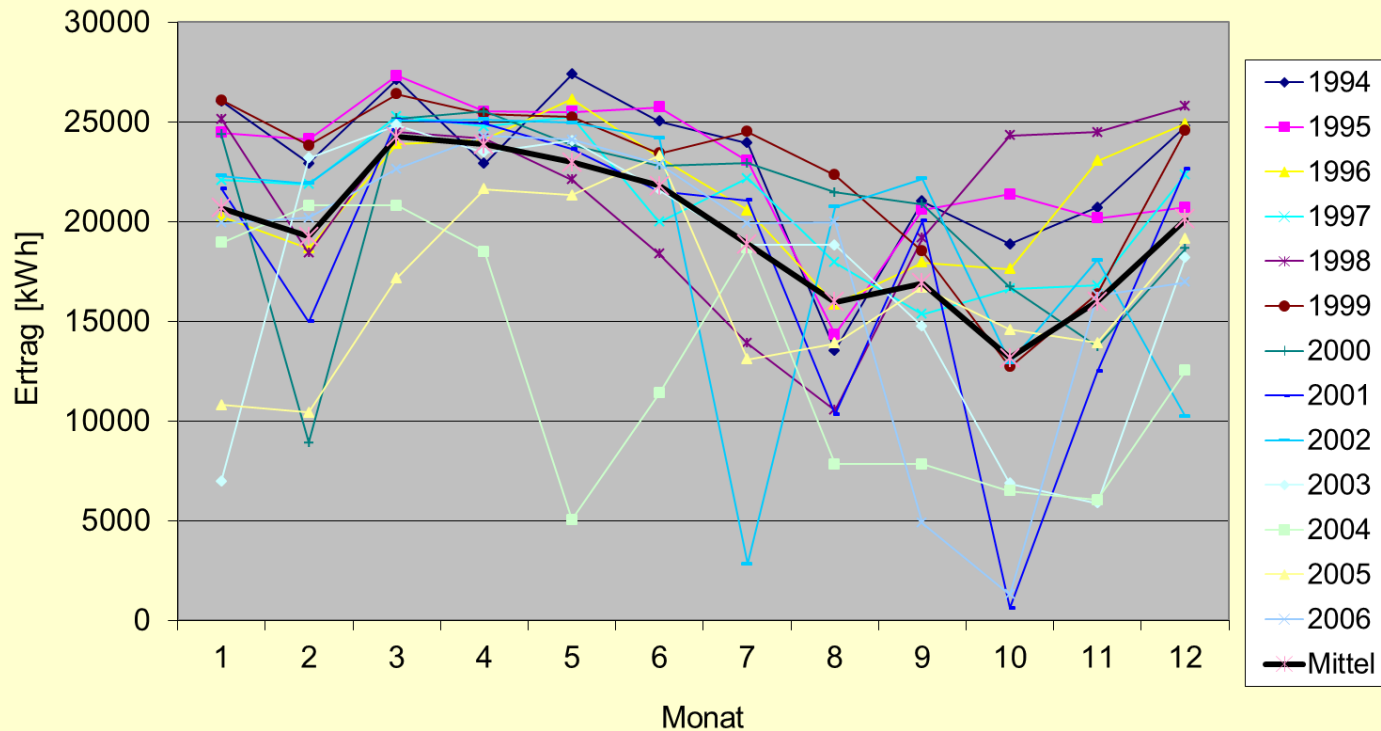
1905: Francis-Schachtturbine Briegleb, Hansen & Co

Schluckvermögen 2,9 m<sup>3</sup>/s, Fallhöhe 2,2 m

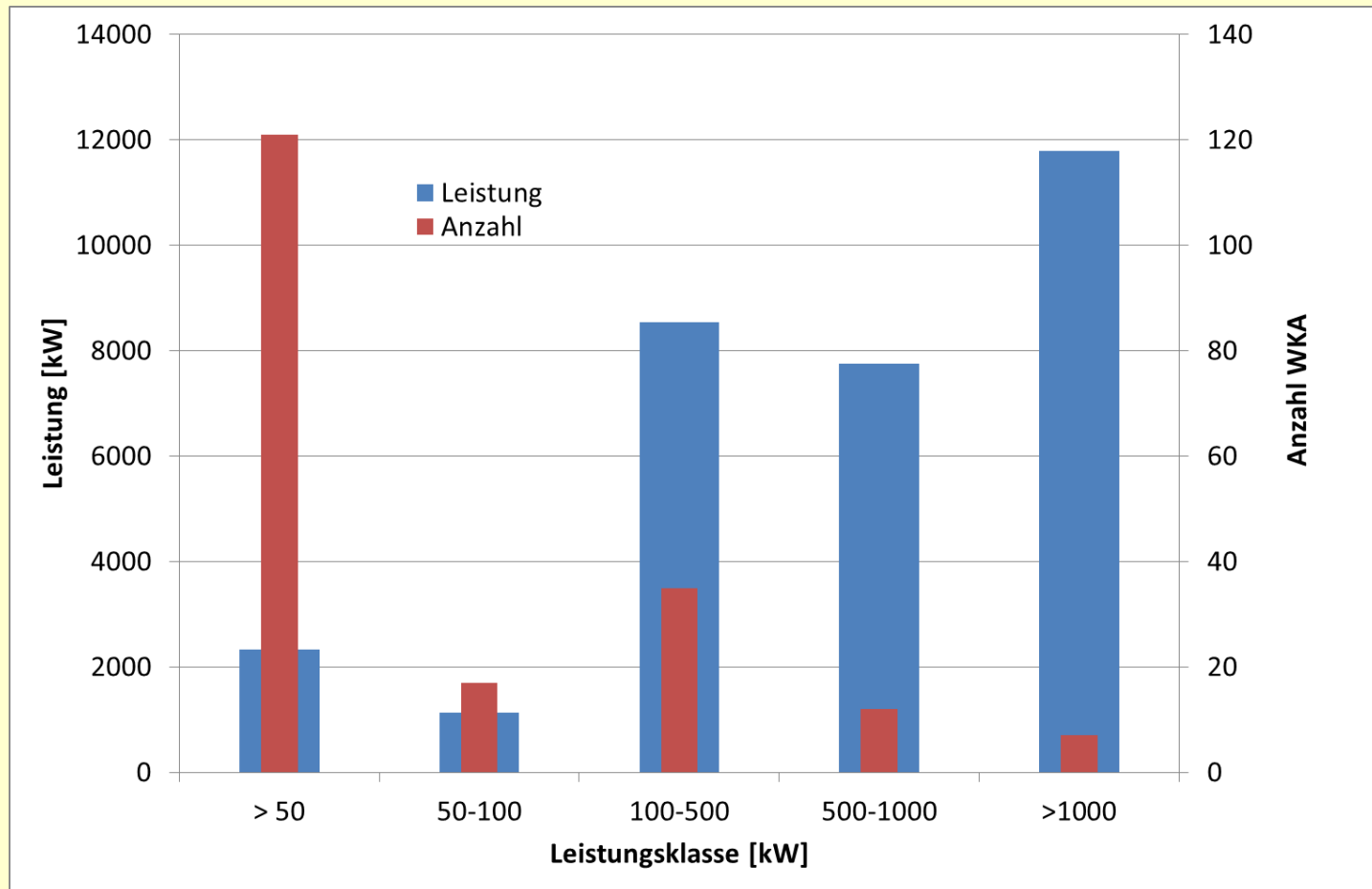
Asynchronengenerator 45 kW

1993 reaktiviert

Ausnutzungsdauer 5200 h/a



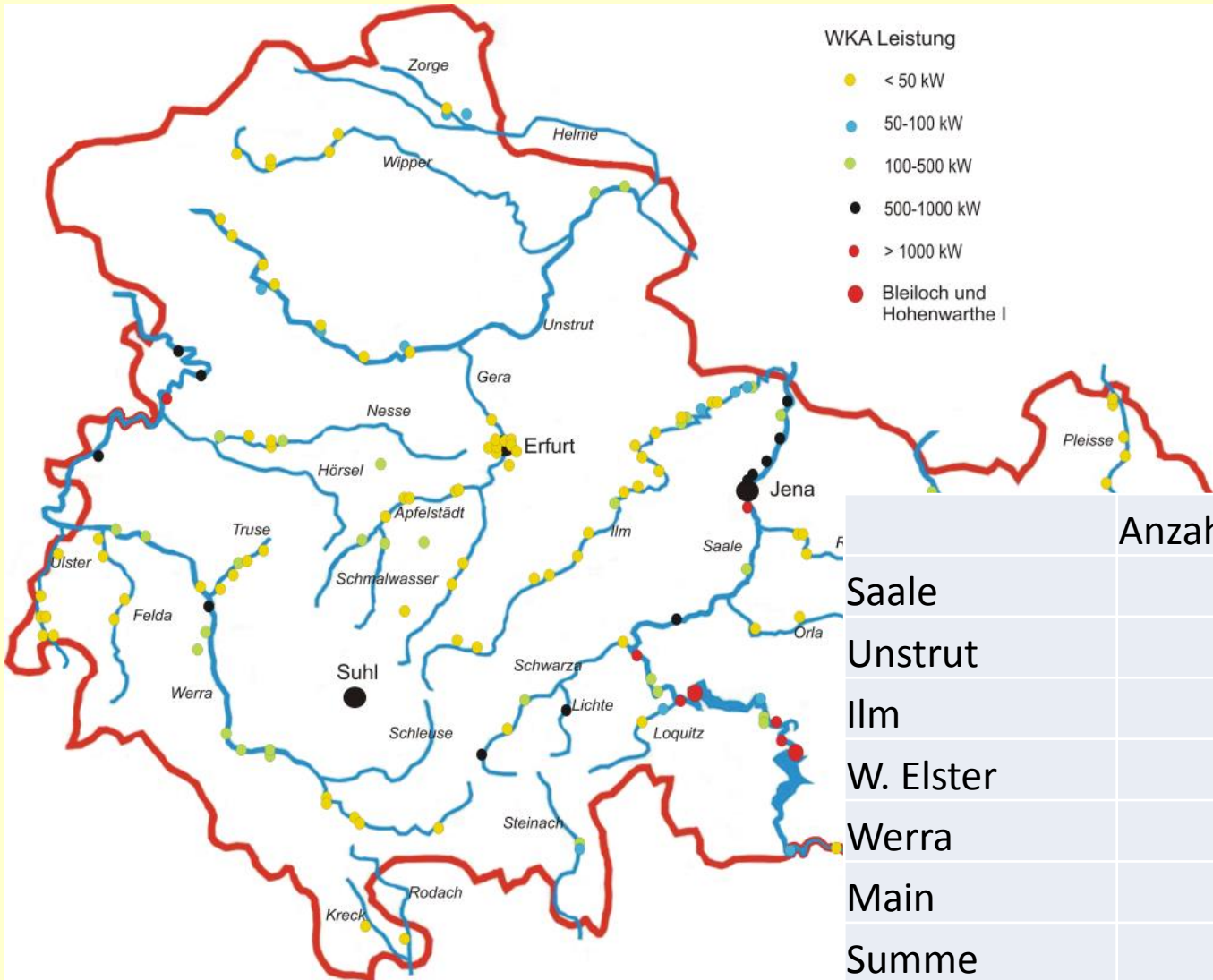
## Bestand Ende 2012: 192 WKA



Untere Leistungsklassen nur 10% der gesamten Leistung!



## Aktueller Stand (ohne 37 kleinere WKA an sonstigen Nebenflüssen)



|           | Anzahl WKA | Leistung/kW |
|-----------|------------|-------------|
| Saale     | 48         | 19299,5     |
| Unstrut   | 50         | 2434,8      |
| Ilm       | 21         | 1134        |
| W. Elster | 18         | 2458        |
| Werra     | 49         | 5913,7      |
| Main      | 6          | 299,5       |
| Summe     | 192        | 31539,5     |

## Erzeugter Strom 2012

### Laufwasserkraftwerke nach Flussgebieten

|           | Leistung/MW | Arbeit/GWh | Vls/h |
|-----------|-------------|------------|-------|
| Saale     | 18,2        | 57,6       | 3150  |
| Unstrut   | 2,6         | 8,9        | 3390  |
| Ilm       | 1,4         | 3,7        | 2660  |
| W. Elster | 2,4         | 7,8        | 3300  |
| Werra     | 5,5         | 18,4       | 3330  |
| Main      | 0,3         | 0,7        | 2650  |
| Summe     | 30,5        | 97,3       | 3200  |

Zuzüglich Spitzenstrom Bleiloch und Hohenwarthe 115 GWh/a

**genutztes Potenzial Thüringen 210 GWh/a (davon 66 % Saalekaskade)**

## Perspektiven

- Heute stärkere Betonung naturschutzfachlicher Aspekte
- EU-Wasserrahmenrichtlinie 2001: Durchgängigkeit der Flüsse  
-> Wehrrückbau
- Durchgängigkeitskonzept Ilm 2011 (kein Ausbaupotenzial, eher Rückbau!)

Praktisch nur noch wenige (Alt-)Standorte reaktivierbar

Leistungsverbesserungen einiger bestehender WKA, Restwassernutzung

Dadurch noch maximal erschließbar 3 MW bzw. 10 GWh

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**