

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Rindelhardt, Udo

Beispielhafte Wasserkraftnutzung an der Saale: Entwicklung, Stand und Perspektiven

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische
Hydromechanik**

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103700>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Rindelhardt, Udo (2009): Beispielhafte Wasserkraftnutzung an der Saale: Entwicklung, Stand und Perspektiven. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Wasserkraftnutzung im Zeichen des Klimawandels. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 39. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 163-172.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Beispielhafte Wasserkraftnutzung an der Saale: Entwicklung, Stand und Perspektiven

Udo Rindelhardt

Im Beitrag wird die Entwicklung der Laufwasserkraftnutzung an der Saale dargestellt. Einem weitgehenden Ausbau in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts folgte ein Niedergang bis 1990. Heute arbeiten 32 Laufwasserwasserkraftanlagen mit einer Leistung von insgesamt 29 MW (Jahresarbeit 120 GWh). Dazu kommen 110 GWh/a regenerative Wasserkraft von den PSW Bleiloch und Hohenwarthe I.

The development of the run-of-river hydropower on the river Saale is described. The nearly complete use was followed by a strong decrease in the second half of the last century. Today 32 hydropower plants are operating with a capacity of 29 MW (120 GWh/a). The PSS Bleiloch and Hohenwarthe I additionally provide a renewable hydropower generation of 110 GWh/a.

1 Einleitung

Die Saale entspringt bei Zell im bayrischen Fichtelgebirge und mündet unterhalb von Calbe in die Elbe. Sowohl nach Länge (413 km) als auch nach Abfluss (115 m³/s) nimmt sie nach der Moldau den zweiten Platz unter den Nebenflüssen der Elbe ein. Ihr Einzugsgebiet beträgt etwa 24000 km², es liegt vorwiegend in Thüringen und in Sachsen-Anhalt.

Die Wasserkraftnutzung an der Saale hat eine sehr lange Tradition. So wird vom ersten Mühlenwehr in Deutschland im Jahr 941 in Alsleben gesprochen (*Markmann, 1938*). Die bis 1945 ausgeprägte Nutzung der Wasserkraft der Saale in Mühlen und Papierfabriken kam in der DDR-Zeit zum Erliegen. Im Gegensatz dazu wurde die Stromerzeugung an der Saalekaskade (Bleiloch-Hohenwarthe) weitgehend ausgebaut. Dieses komplexe energiewirtschaftliche System ist in mehreren Veröffentlichungen dokumentiert (z. B. *Flachowski & Walotka, 1993*), in diesem Beitrag wird nur sein Beitrag zur regenerativen Wasserkraft betrachtet. Nach 1990 erlebte die Wasserkraftnutzung – stimuliert durch entsprechende Förderprogramme in Thüringen und Sachsen-Anhalt – an der Saale eine Renaissance. Im Beitrag werden diese Entwicklung und mögliche Perspektiven dargestellt.

2 Hydrologie der Saale

Die Saale entwässert große Teile des Thüringer Waldes, des Ostharpes und des Vogtlandes. In Tabelle 1 sind für einige Pegelmessstellen die charakteristischen hydrologischen Kennwerte angegeben. An der bayrisch-thüringischen Grenze erreicht die Saale nur mittlere Abflusswerte von weniger mehr als $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Von Blankenstein bis zur Mündung vergrößert sich der Abfluss um den Faktor 10. Starke Zuwächse des Abflusses kommen vor allem aus den Nebenflüssen Schwarza (vor Rudolstadt), Unstrut (vor Naumburg) sowie Weiße Elster (vor Halle). Der letzte größere Nebenfluss ist die Bode kurz vor Calbe (DGJ, 1998).

Der mittlere saisonale Abflussverlauf der Saale ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Abfluss der Saale wird stark durch die im thüringischen Oberlauf befindlichen Talsperren der Saalekaskade sowie die zum Hochwasserschutz und zur Trinkwasserversorgung errichteten Talsperren an einigen Nebenflüssen (Rappbode, Leibis u. a.) beeinflusst. Er zeigt deshalb keine naturnahe Dynamik, was grundsätzlich für eine Wasserkraftnutzung von Vorteil sein kann. Die in den letzten Jahren vorgenommenen Modifizierungen der Bewirtschaftung der Saaletalsperren (Änderung der Hochwasserstauräume) beeinflussen ebenfalls die Wasserkraftnutzung.

Das Gefälle der Saale verringert sich von $2,2 \text{ ‰}$ im thüringischen Oberlauf bis auf $0,3 \text{ ‰}$ unterhalb von Halle.

Tabelle 1 Pegelmessstellen und Kennwerte

Pegel	Flusskilometer	Höhe ü. NN [m]	MQ [m/s]
Hof	400	467	5,4
Blankenstein-Rosenthal	357	410,5	11,6
Rudolstadt	258	190,2	26,8
Camburg-Stöben	187	118,6	32,4
Naumburg-Grochlitz	158	98,2	67,8
Halle-Trotha	89	69,4	97
Bernburg UP	36	55,1	98
Calbe-Grizehne	19,9	48,1	115

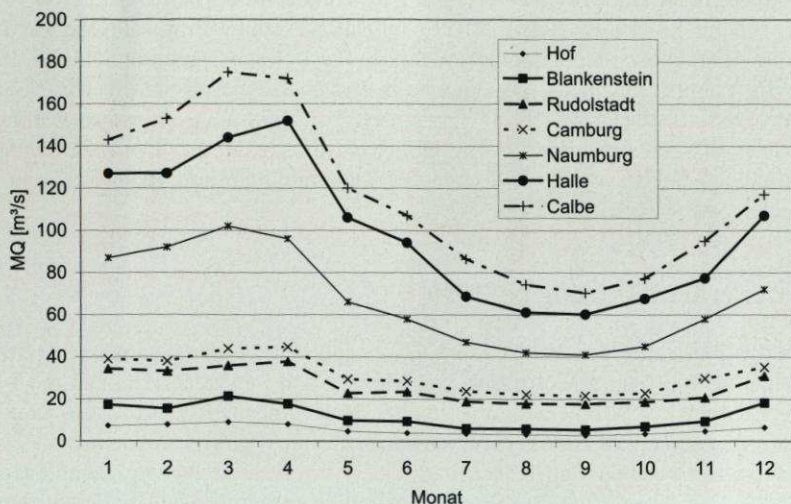


Abbildung 1 Saisonaler Abflussverlauf der Saale an ausgewählten Pegeln

3 Saale-Ausbau

Neben der bereits erwähnten Mühle in Alsleben entstanden in den folgenden Jahrhunderten eine Reihe weiterer Mühlen an der Saale, die meist mit der Errichtung von Wehren verbunden waren. Diese stellten ihrerseits eine Behinderung der Schifffahrt dar, die nur durch den Bau von Schleusen überwunden werden konnte. Von der Mündung bis nach Halle wurde so ab 1652 die Schifffahrt ermöglicht. Zeitgleich mit dem Ausbau der Unstrut um 1795 wurde auch die Saale zwischen Naumburg und Weißenfels als Wasserstraße ausgebaut (3 Schleusen). Die durchgehende Schifffarbarkeit der Saale für Schiffe bis etwa 150 t Tragfähigkeit war jedoch erst nach dem Bau weiterer Schleusen in Merseburg und Halle ab dem Jahr 1823 gegeben (Deutsch, 2002).

Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der weitere Ausbau der Saale mit dem Ziel vorgenommen, eine Schifffahrtstraße für 1000-t-Schiffe als so genannter „Südflügel“ des Mittellandkanals auf der Saale bis südlich Merseburg und danach über den Saale-Elster-Kanal bis Leipzig zu bauen (Markmann, 1938). Die vorwiegend in den 30er Jahren durchgeführten Bauarbeiten wurden kriegsbedingt Anfang der 40er Jahre eingestellt. Zwischen der Saalemündung und Halle wurden 5 Großschleusen errichtet, die letzte vor der Mündung in die Elbe geplante Schleuse bei Klein Rosenburg wurde ebenso wie die Schleusen in Halle und Merseburg nicht mehr gebaut.

Obwohl die Saale bis Kreypau noch heute als Bundeswasserstraße geführt wird, ist ein entsprechender Ausbau oberhalb von Halle-Trotha wenig wahrscheinlich. Anstelle des ursprünglich geplanten Wehrs an der unteren Saale mit Schleuse in Klein Rosenberg wird heute ein etwa 8 km langer Saalekanal mit Schleuse bei Tornitz vorbereitet (WNM, 2008). Das im Herbst 2008 abgeschlossene Raumordnungsverfahren sieht eine Lösung ohne Staustufe in der Saale vor, die einen zuverlässigen Schiffsverkehr zwischen der Saalemündung und Halle-Trotha ermöglichen würde.

4 Wasserkraftnutzung bis 1990

Bis in die 20er Jahre des letzten Jahrhunderts wurden die meisten Wasserkräfte der Saale als mechanischer Antrieb von Mühlen und Papierfabriken und nur in wenigen Fällen zur Stromerzeugung genutzt. Nach einer Übersicht für das Land Sachsen-Anhalt (LHSA 1946) erzeugten sogar im Jahr 1946 nur 5 von damals 26 an der Saale zwischen Bad Kösen und Calbe arbeitenden Wasserkraftanlagen (WKA) Strom. Etwa 70 % des Stroms (insgesamt nur etwa 10 GWh/a) wurden seinerzeit in den WKA Weißenfels-Herrenmühle und Wintershall Wettin erzeugt.

Günstiger war die Situation in Thüringen, vor allem bedingt durch den Ausbau der Saalekaskade. Die Bereitstellung von Wasser für den Südflügel des Mittellandkanals war einer der Hauptgründe für den Bau des Talsperrensystems im thüringischen Oberlauf der Saale zwischen Blankenstein und Saalfeld. An den beiden Großtalsperren Bleiloch (Inbetriebnahme 1932) und Hohenwarte (Laufwasserturbine 1941: 5,5 MW) wurden zudem Pumpspeicherkraftwerke (PSW) errichtet. Ursprüngliche Vorstellungen der Energiewirtschaft eines weitgehend vom Strombedarf bestimmten Betriebes dieser Anlagen erwiesen sich jedoch rasch als nicht realisierbar, vielmehr bestimmten wasserwirtschaftliche Erfordernisse (Hochwasserschutz, Mindestabgaben usw.) das Betriebsregime. An den Unterbecken der beiden PSW wurden in Burgkammer (1936: 2,16 MW) und in Eichicht (1946: 3 MW) größere Laufwasserkraftwerke in Betrieb genommen.

Die Firma Carl Zeiss in Jena erbaute zur Sicherung des eigenen Strombedarfes zwischen 1910 und 1930 mehrere WKA. In Burgau und Kunitz bei Jena wurden Mühlen gekauft und umgerüstet, und unterhalb der Bleilochtalsperre wurden – teilweise in Konkurrenz zur Saalekaskade – in Wisenta und am Konrod neue WKA errichtet. Auch in Untereipilipp und in Döbritschen wurde bereits vor 1945 für den regionalen Bedarf Strom erzeugt.

Nach 1945 gingen einige WKA als Reparationsleistung verloren (Wettin, PSW Hohenwarthe I, letzteres unmittelbar vor der bevorstehenden Inbetriebnahme 1946). Die weitere Entwicklung der Mehrzahl der übrigen WKA an der Saale in

Thüringen und Sachsen-Anhalt wurde durch die wirtschaftlichen Bedingungen der DDR geprägt. Im Jahr 1953 wurde zunächst das demontierte E-Werk Wettin mit neuen Turbinen (Turbowerke Meißen) und einer Leistung von 800 kW wieder in Betrieb genommen. In der Mühle Alsleben wurde im gleichen Jahr eine bereits 1938 gelieferte Kaplan-Turbine (Voith) montiert. Diese war kriegsbedingt nicht montiert worden und entging möglichen Reparationsansprüchen durch ihre zwischenzeitliche Auslagerung. Die Mehrzahl der Anlagen kam mit den zugehörigen Betrieben in Volkseigentum. Die Inbetriebnahme des PSW Hohenwarthe I (60 MW) erfolgte schließlich 1959, von großer energiewirtschaftlicher Bedeutung war die zwischen 1963 und 1966 erfolgte Inbetriebnahme des PSW Hohenwarthe II (Leistung 320 MW). Allerdings wurden danach wegen der auf Braunkohle ausgerichteten Strompolitik zunächst noch bestehende bzw. geschaffene Kapazitäten zur Turbinenherstellung (Germania Chemnitz/Karl-Marx-Stadt) ab Mitte der 60er Jahre aufgegeben, so dass ab dieser Zeit immer mehr WKA aus Ersatzteilmangel ihre Arbeit einstellen mussten.

Im Jahr 1990 arbeiteten an der Saale in Thüringen und Sachsen-Anhalt nur noch 8 WKA. Neben den 3 WKA der Saalekaskade (Burgkammer, Wisenta und Eichicht) waren dies die WKA Saalfeld, Burgau, Bad Kösen, Wettin und Alsleben.

5 Entwicklung seit 1990

Nach 1990 wurden in Thüringen und Sachsen-Anhalt Förderprogramme zur Wiederinbetriebnahme der Altanlagen aufgelegt. Diese stießen auf reges Interesse und führten zu bemerkenswerten Rekonstruktionen alter WKA sowie dem Bau von völlig neuen Anlagen. Ein Problem stellte die Feststellung von bestehenden alten Wasserrechten bzw. die Erteilung neuer Wasserrechte dar, da die Angaben in den Wasserbüchern der DDR nicht permanent fortgeschrieben wurden.

Heute arbeiten an der Saale wieder 32 Laufwasserkraftanlagen mit einer Leistung von etwa 29 MW (Abbildung 2). Bei den Leistungsangaben einiger WKA bestehen Unsicherheiten, die mit den verfügbaren Quellen nicht geklärt werden konnten. Immerhin 7 der neu errichteten WKA haben Leistungen von mehr als 1 MW.

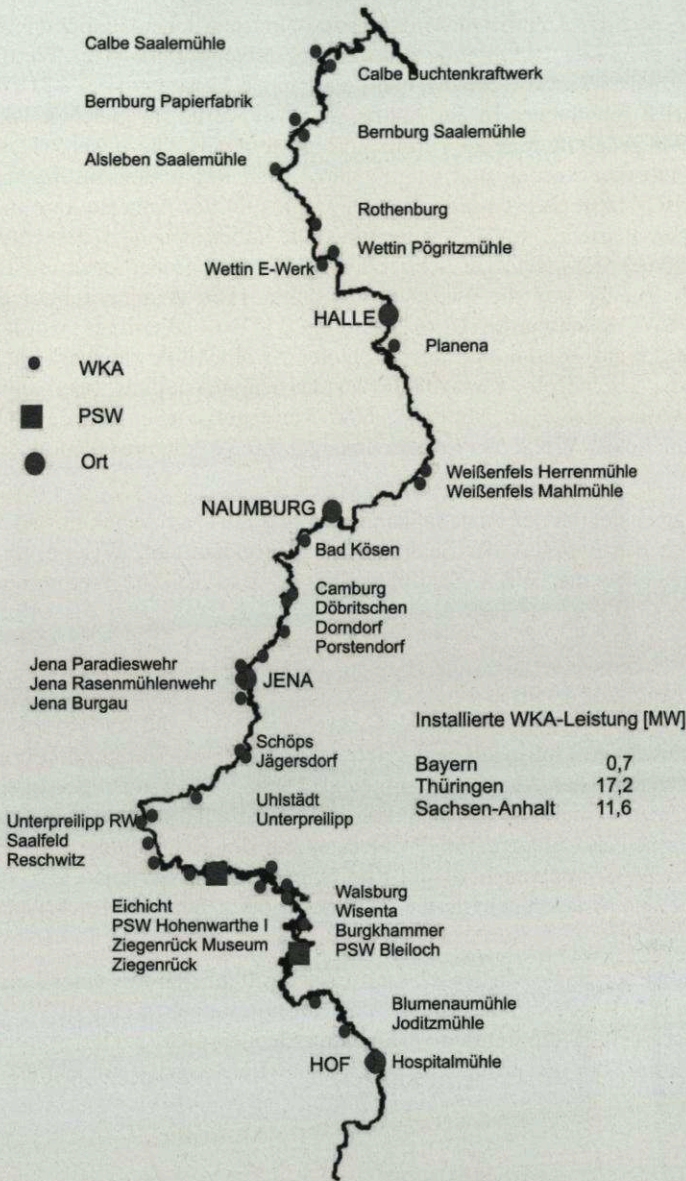


Abbildung 2 Laufwasserkraftwerke an der Saale (weitere 8 WKA mit Leistungen kleiner 100 kW in Bayern sind nicht aufgeführt)

Die 12 WKA in Sachsen-Anhalt erzeugten in 2007 51,7 GWh Strom, und die 20 WKA in Thüringen erzeugten 68 GWh. Dies entspricht einer jährlichen Ausnutzungsdauer von etwa 4000 Stunden. Dazu kommt der Anteil der regenerativen Wasserkraft in den beiden PSW Bleiloch und Hohenwarthe I, der im langjährigen Mittel bei 45 GWh/a bzw. 65 GWh/a liegt.

Die Laufwasserkraftwerke der Saale wurden überwiegend als Flusskraftwerke errichtet. Lediglich 8 WKA liegen an Ausleitungsstrecken, deren Länge zwischen 0,5 und 2,5 [km] liegt. Die dadurch erreichbaren Fallhöhengewinne bleiben allerdings vergleichsweise gering, die höchste Fallhöhe an der Saale (abgesehen von den WKA der Saalekaskade) hat heute die WKA Porstendorf mit 3,7 m. Insgesamt wird durch die aufgeführten WKA in Thüringen eine mittlere Fallhöhe von 177 m (davon 105 m durch die Talsperren Bleiloch und Hohenwarthe) und in Sachsen-Anhalt von 27 m energiewirtschaftlich genutzt. Dies entspricht in Thüringen 60 % und in Sachsen-Anhalt etwa 38 % der insgesamt verfügbaren Fallhöhe. Dies stellt einen recht hohen Ausbaugrad der Saale dar. Dabei stehen allerdings einem weitgehenden Vollausbau im Bereich der Saalekaskade sowie zwischen Halle und Calbe auch Abschnitte mit vergleichsweise geringer Nutzung gegenüber.

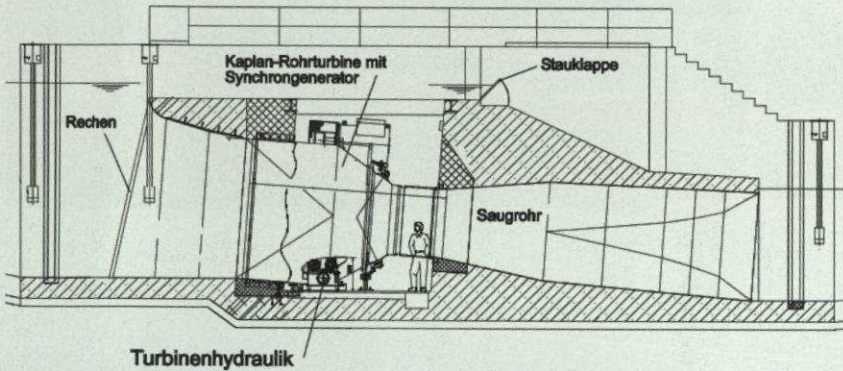


Abbildung 3 Längsschnitt durch die baugleichen überströmten WKA in Jena

Lediglich 4 der neuen Anlagen nutzen noch (z. T. regenerierte) Francis-Turbinen, bei allen anderen Anlagen kommen Kaplan-Turbinen zum Einsatz. Von den 9 Anlagen mit Rohrturbinen sind besonders die beiden baugleichen überströmten WKA in Jena (Paradies- und Rasenmühlenwehr) bemerkenswert, bei denen auf engstem Raum ansprechende technische und architektonische Lösungen gefunden wurden (Abbildung 3). Auch die WKA in Halle-Planena stellt im gesamten Aufbau und insbesondere hinsichtlich des neuartigen Fisch- und Treibgutableiters am Einlauf eine interessante neue Lösung dar. Dabei

handelt es sich um einen horizontalen Rechen, den Fische und auch Treibgut über einen seitlichen Bypass passieren können.

Die größte neu errichtete WKA ist das Buchtenkraftwerk in Calbe. Die Leistung der getriebelosen PIT-Turbine übertrifft mit 2,2 MW die Turbinenleistung an allen anderen Laufwasserkraftwerken der Saale (Abbildung 4).

Die WKA laufen nahezu alle im automatischen Betrieb, Personal kommt nur bei Bedarf zum Einsatz. Eine Ausnahme bilden die Anlagen in Döbritschen und in Wettin. An den zugehörigen Streichwehren werden in diesen WKA als Wehraufsatz aus Kostengründen noch Nadelwehre verwendet. Dies erfordert eine ständige Bereitschaft und erforderlichenfalls einen hohen und nicht ungefährlichen körperlichen Aufwand.



Abbildung 4 Buchtenkraftwerk in Calbe

Bemerkenswert ist, dass an einigen Wehren in Sachsen-Anhalt zwei WKA durch in der Regel unterschiedliche Eigentümer betrieben werden. Die Nutzung der anfallenden Abflüsse entsprechend den bestehenden Wasserrechten ist nicht immer konfliktfrei. Dies gilt auch bei Nichteinhaltung der vorgegebenen Stauziele bei dicht aufeinander folgenden WKA.

Ein anderes ungelöstes Problem stellt an einigen Standorten (z.B. Camburg, Bad Kösen, Calbe) die künftige Nutzung der früheren Mühlengebäude dar. Diese in der Regel recht großen Gebäude, für deren Antrieb die Wasserkraft ursprünglich genutzt wurde, sind derzeit meist ungenutzt. Aus finanziellen Gründen und teilweise auch unter Denkmalschutzgesichtspunkten werden diese Gebäude nicht abgerissen, sind jedoch praktisch mangels Nutzung vom Verfall bedroht.

Schließlich sei erwähnt, dass sich auch an einigen kleineren Nebenflüssen der Saale einzelne größere WKA befinden. Neben dem älteren WKA Höllenthal an der bayrischen Selbitz (Leistung 900 kW) sind in Thüringen das jüngst in Betrieb genommene WKA an der Talsperre Leibis (Leistung 1 MW) und in Sachsen-Anhalt die beiden mit der Rappbodetalsperre verbundenen WKA (Leistung 4,5 bzw. 1 [MW]) zu nennen.

Die in Bayern direkt an der Saale in Betrieb befindlichen 11 WKA haben insgesamt nur eine Leistung von 708 kW.

6 Perspektiven

Die bemerkenswerte Entwicklung der Wasserkraftnutzung an der Saale seit 1990 vollzog sich in einem Umfeld, welches wesentlich von zwei gegensätzlichen Tendenzen gekennzeichnet ist. Einerseits wird die Stromerzeugung aus Wasserkraft wegen ihres erwiesenen positiven Beitrages zur Vermeidung des weltweiten Klimawandels sowohl national (Erneuerbare-Energien-Gesetz) als auch international gefördert. Aus der nationalen Umsetzung von EU-Richtlinien (EU-Wasserrahmenrichtlinie, Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie, Umweltverträglichkeits-Richtlinie und Vogelschutz-Richtlinie) ergibt sich andererseits eine Vielzahl von Begrenzungen, die einen systematischen Ausbau der noch vorhandenen Wasserkraftressourcen praktisch ausschließen. So wurden beispielsweise in Thüringen mehrere (teilweise zerstörte) Wehre zur Herstellung der „Durchgängigkeit“ der Saale rückgebaut (z.B. in Saalfeld und Kunitz), und einschlägige, meist lokale Interessengruppen widersetzen sich jedem weiteren WKA-Ausbau.

In Thüringen existieren daher nur noch an sehr wenigen Orten oberhalb der Saalekaskade im Grenzbereich zu Bayern sowie am Görnitzmühlenwehr Saalfeld und in Kahla Ausbaumöglichkeiten. Die insgesamt erreichbaren Leistungen dürften 500 kW (Stromerzeugung 2 GWh/a) nicht übersteigen.

In Sachsen-Anhalt besteht demgegenüber eine etwas günstigere Situation. An den existierenden – meist mit Schleusen verbundenen – Wehren zwischen Bad Dürrenberg und Halle-Trotha bestehen noch erhebliche Ausbaupotenziale. An diesen Standorten könnte zusammen mit der bereits in der Planung befindlichen

zweiten Anlage in Alsleben (Pregelmühle) noch eine Gesamtleistung von etwa 5 MW (Stromerzeugung (20 GWh/a) installiert werden. Für einige dieser Standorte wurden bereits Planfeststellungsverfahren eingeleitet.

Im Bereich der unteren Saale (d.h. unterhalb Schleuse Calbe bis zur Mündung) besteht noch ein Gefälle von etwa 4 m. Die aus naturschutzfachlichen Gründen heute angestrebte Lösung zur Gewährleistung der durchgängigen Schiffbarkeit der Saale zwischen Halle und der Mündung verzichtet auf ein Stauwehr. Der geplante Seitenkanal dient nur der Schifffahrt, das Wasser fließt weiter im alten Bett durch die Saale. Dadurch wird der schützenswerte Auenbestand im betreffenden Gebiet bewahrt, auf eine energiewirtschaftliche Nutzung des an der Schleuse bestehende Gefälles von etwa 3 m (mögliche Stromerzeugung etwa 8 GWh/a) wird verzichtet. Dennoch gibt es auch gegen diese Lösung eine Reihe starker Vorbehalte.

Literatur

Deutsch, Th: Die Unstrut, Stromgebiet und historische Geografie, In: Die Unstrut: Porträt einer Kulturlandschaft/G. Schlenker/J. Laubner mdv Halle, 2002

DGJ: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Elbegebiet, Teil I, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 1998

Flachowski, H., Walotka, K.: Energetische und wasserwirtschaftliche Nutzung der Saale-Kaskade, Wasserwirtschaft 83(1993)436

Markmann, F.: Die deutschen Wasserstraßen, Heidelberg 1938

LHSA: Landeshauptarchiv Sachsen-Anhalt,

MD, Rep M61 Teil 1, Nr. 832 (1946)

WNM: Wasserstraßen-Neubauamt Magdeburg, Pressemitteilung vom 18.11.2008

Autor:

Prof. Dr.rer.nat.habil. Udo Rindelhardt
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf
PF 510119
D-01328 Dresden
Tel.: +49 – 351 – 2603663
Fax: +49 – 351 – 2603440
u.rindelhardt@fzd.de