

Dipl.-Geograph Martin Frey, Mainz

Fließwasserkraftwerke: Internationale Märkte im Blick

**Bericht über das „Fachforum Fluss-Strom Plus“
am 27. September 2016 in Magdeburg**

Auf der Kleinwasserkraft ruhen große Erwartungen, und doch kommt der Ausbau stationärer Kleinturbinen nur langsam voran. Eine sinnvolle Ergänzung könnten Fließwasserkraftwerke bilden, die völlig ohne Wehre und Zulaufkanäle auskommen. Ihnen hat sich ein Bündnis aus Industrie und Forschung verschrieben, das sich zum dritten Mal in Magdeburg getroffen hat.

Zu dem „Fachforum Fluss-Strom Plus“ kamen am 27. September 2016 170 Teilnehmer in die Landeshauptstadt an der Elbe, um von neuesten Projekten und Forschungsergebnissen zu erfahren. Bündnissprecher Mario Spiewack zeigte sich überzeugt: „Immer wieder wird gesagt, das Ausbaupotenzial der Wasserkraft in Deutschland sei ausgeschöpft. Wir sehen das nicht so.“

Grundlastfähige Energiegewinnung

Am Vorabend konnte man sich am Elbufer über die historische Bedeutung der Fließwasserkraft in vielen europäischen Städten überzeugen: Die am Petriförder gelegene hölzerne Schiffmühle (Abb. 2 und 3) war zur Besichtigung geöffnet und man konnte die Kraftübertragung von dem gewaltigen Wasserrad über ein Kammrad mit 4 m Durchmesser bis hin zum Mühlstein verfolgen.

Derzeit gibt es in Deutschland etwa zehn Versuchsanlagen, welche die Fließwasserkraftnutzung in modernem Maßstab aufgreifen. Die Tagung hierzu fand im Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF sowie in der benachbarten Ex-



Abb. 1: Zum „Fachforum Fluss-Strom Plus“ am 27. September 2016 kamen 170 Teilnehmer nach Magdeburg an der Elbe.



Abb. 2: Die historische Schiffmühle an der Elbe war am Vortag der Veranstaltung Besuchsziel der Tagungsteilnehmer.



Abb. 3: Das Kammrad der historischen Schiffmühle in Magdeburg hat einen Durchmesser von stolzen vier Metern.

perimentellen Fabrik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg statt. Sie zeigte, welche Technologien heute zur grundlastfähigen Energiegewinnung mit ökologisch verträglichen Anlagen zur Verfügung stehen.

Interessantes Marktpotenzial erschließen

Bei dem Fluss-Strom-Bündnis geht man davon aus, dass für die hier entwickelten Fließwasserkraftwerke ein weltweites Marktpotenzial von ca. 69 Mrd. Euro besteht. Hierzu hat sich die industriegetriebene Initiative ambitionierte Ziele gesetzt: „Wir wollen dem Markt binnen fünf bis zehn Jahren passende industrielle Lösungen anbieten“, sagte Mario Spiewack.

Burkhard Henning, Direktor des Landesbetriebs für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, beschrieb den Weg, wie dieses Ziel zu erreichen sei, indem die Projektpartner gemeinsam Modulbaukästen entwickelten, aus denen sich Investoren passgenau bedienen könnten.

Kompetenz aus Sachsen-Anhalt und einem weltweiten Netz

Das Fluss-Strom-Netzwerk besteht aus 36 Partnern, die zum großen Teil aus Sachsen-Anhalt, aber auch aus anderen Bundesländern und aus dem internationalen Raum von Österreich bis Argentinien stammen.

Aus diesem Netzwerk ist das Bündnis „Wachstums Kern Flusstrom Plus“ entstanden, das von 2015 bis 2018 von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird. Es umfasst derzeit 19 Industriepartner und sieben Forschungseinrichtungen aus Ostdeutschland und deckt in 6 Verbund- und 29 Teilprojekten wesentliche Aspekte der Fließwasserkraft ab.

Genehmigungspraxis und Vergütung

Das Netzwerk ist wegen einer in Deutschland vergleichsweise einfachen Genehmigungspraxis zuversichtlich, dass der Schritt in die Fließwasserkraft-Ära in den nächsten



Abb. 4: In mehreren Fachforen parallel tauschten sich die Vertreter der Fluss-Strom-Branche in Magdeburg aus.

Jahren gelingen kann. Mario Spiewack erklärt dazu: „Wir benötigen nur eine vereinfachte wasserrechtliche Bewilligung und auf Gewässern erster Ordnung – wie dem Rhein und der Elbe – lediglich die strom- und schiffahrtspolizeiliche Genehmigung sowie die Genehmigung der unteren Wasserbehörden über die Einhaltung etwa der Flora-Fauna-Habitat-Bestimmungen.“



Abb. 5: Organisator und Bündnis-Sprecher Mario Spiewack ist überzeugt, dass das Ausbaupotenzial der Wasserkraft in Deutschland längst nicht ausgeschöpft ist.

Bei einfachen Wasserrädern auf Pontons sei dies relativ unproblematisch. Spiewack: „Sie drehen meist mit 5–7 Umdrehungen in der Minute, daher werden sie auch in der Regel von behördlicher Seite durchgewunken.“ Etwas komplizierter sei es bei den hydrokinetischen Turbinen, die unter Wasser mit etwa 100 min^{-1} laufen können – für sie müssten umfangreichere Angaben aus Fischmonitorings vorgelegt werden.

Potenziale für Fließwasserkraft

Die künftigen Fließwasserkraftwerke wie Flottillenkraftwerke werden hauptsächlich in den großen Flüssen und Strömen ihren Platz finden. Die anderen Systeme werden speziell für historische Mühlenstandorte und kleinere Fließgewässer entwickelt.

Hierzu hatte die eigens aus Polen angereiste Referentin für die Branchenvertreter positive Nachrichten im Gepäck, welche aus ausgedehnten europaweiten Recherchen resultieren: Ewa Malicka von dem polnischen Kleinwasserkraftverband TRMEW erklärte,



Abb. 6: Ewa Malicka vom polnischen Kleinwasserkraftverband TRMEW präsentierte die Ergebnisse des EU-geförderten RESTOR-Projektes, nach dem ein Potenzial von über 350000 historischen Mühlenstandorten besteht, die reaktivierbar sein könnten.

das von der EU unterstützte RESTOR-Projekt zeige ein Potenzial von über 350000 historischen Mühlenstandorten, die reaktivierbar sein könnten.

Auf einer Internetkarte sind dazu allein für Frankreich fast 25000, für Polen fast 9000 und für Deutschland etwas mehr als 5000 Standorte mit Details verzeichnet. Malicka: „Unser Ziel ist es, Standorte zu identifizieren und Investitionen auszulösen.“ Hierzu wurden ein Leitfaden für Genossenschaften sowie ein Sanierungshandbuch entwickelt, die beide ebenfalls online verfügbar sind (siehe Linkliste).

Technologien und Projekte

Bei den Fließwasserkraftwerken unterscheidet man zwischen Anlagen, die über die Wasseroberfläche reichen, und solchen, die unter der Wasseroberfläche arbeiten. Zudem unterscheidet man zwischen Anlagen, bei denen die Achse des Wasserrades bzw. der Turbine horizontal oder vertikal angeordnet sind.

„River Rider“ wird umgerüstet

Zu den Horizontalachsen zählt der sogenannte „River Rider“, eine Gemeinschaftsentwicklung aus dem Flussstrom-Konsortium, ein $7 \times 12 \text{ m}$ großer Katamaran-Schwimmkörper, an dem in einer neueren Version

zwei langsam drehende unterschlächtige Schaufelräder jeweils 65 cm tief in das Gewässer eintauchen. Im Mai 2014 ging eine dieser Anlagen am Mittelrhein bei der Gemeinde Niederheimbach in Rheinland-Pfalz in Betrieb. Die Anlage, von der man eine Leistung von 4 kW erwartete, erfüllte ihre Erwartungen bisher allerdings nicht.

Betreiber Henning Bänecke, Geschäftsführer der Bänecke Industrieservice und Wasserkraft, möchte die Anlage nun Stück für Stück einsatzfähig machen. So tausche er gerade eine Reihe Komponenten aus und ist zuversichtlich, damit deutliche Verbesserungen zu erzielen. Als Schwachpunkte nannte er unter anderem die bisherige Konstruktion der Paddel, aber auch den Wechselrichter und das Stromkabel an das Ufer, das sich auf einer Länge von 60 m abgeschliffen habe.

Trinkwasseraufbereitung für Krisengebiete

Eine weitere, ebenfalls als Horizontalachser ausgeführte Anlage präsentierte die Hochschule Magdeburg-Stendal. Das Wasserrad mit Trinkwasseraufbereitung könnte wert-

volle Dienste in Entwicklungsländern oder Krisengebieten leisten.

Völlig ohne elektrische Energie betreibt das Wasserrad (Abb. 7) über einen Riemenantrieb eine Kolbenpumpe, welche Flusswasser mehrstufig durch Filter samt Umkehrosmose und Mineralisierungseinheit befördert. „Ziel ist es, dass eine solche Anlage täglich bis zu 4000 l Trinkwasser zubereitet“, so Prof. Dr.-Ing. Christian-Toralf Weber vom Institut für Maschinenbau der Hochschule Magdeburg-Stendal.

Anlagen unter Wasser

Bei unter der Wasseroberfläche befindlichen Anlagentypen wird die Horizontalachse in Form einer hydrokinetischen Turbine in der Regel längsseitig angeströmt. Auf diesen Anlagen ruhen große Erwartungen, zumal sie auch in optisch sensiblen Bereichen eingesetzt werden können.

Sie werden zum Beispiel von den Unternehmen Aqua Libre Energieentwicklungs GmbH aus dem österreichischen St. Margarethen mit dem Produkt „Stromboje“ oder von der



Abb. 7: In Magdeburg wurde eine Anlage entwickelt, die in der Lage ist, ohne elektrische Energie eine Wasseraufbereitung zu betreiben.

Smart Hydro Power GmbH aus Feldafing mit den Produkten „Smart Monofloat“, „Smart Free Stream“ und „Smart Slow Flow“ angeboten. In den kommenden Jahren wird es hier interessant sein, weitere Betriebsergebnisse sowie ökologische Untersuchungen zu erfahren.

Eine schwimmende Anlage mit zwei vertikal angeordneten Wasserrädern konstruierte die Schiffswerft Hermann Barthel GmbH aus Derben in Sachsen-Anhalt. Ein Strömungskörper schirmt dabei die beiden rücklaufenden Teile der Wasserräder ab. Dr.-Ing. Corinna Barthel berichtete, die Anlage könne selbst bei Niedrigwasser, wenn sie auf dem Flussbett aufsitzt, noch Strom produzieren. Das Produkt soll 2020/21 auf den Markt kommen.

Perspektive Flottillen-Kraftwerke

Wie in allen Industriezweigen, setzt auch die Kleinwasserkraft auf Mengeneffekte, sobald es gelingt, die Anlagen in hohen Stückzahlen zu produzieren und in großen Verbänden an den Standorten zu vertauen. Die Netzwerk-Teilnehmer setzen hier große Erwartungen in den Einsatz solcher sogenannten „Flottillen-Kraftwerke“.

Dipl.-Ing. Heinrich Baumgärtel, Geschäftsführer der Sibau Genthin GmbH & Co. KG, dem Stahlbauunternehmen, welches schon den „River Rider“ baute, erklärte in seinem Vortrag „Vom River Rider zum Fluss-Strom-Flottillen-Kraftwerk“, mehrere Flusskraftwerke in Kombination könnten ihre Wirtschaftlichkeit erhöhen. Zu klären seien aber noch sinnvolle Anordnungsmuster, geeignete Simulationsmethoden oder das Treibgutverhalten an solchen Verbänden. Die Installation eines Prototypen mit drei Leistungseinheiten erwartet er für 2017 auf der Elbe.

Beeindruckende Forschungsaktivitäten

Rund um die Fließwasserkraftwerke finden sowohl bei Herstellerunternehmen als auch in Forschungseinrichtungen vielfältige Aktivitäten statt, um deren Leistungs- und Umweltverträglichkeit zu optimieren. Zum Teil kommen diese dann auch an stationären Anwendungen zum Einsatz.

So stellte Dipl.-Ing. Heiko Krause vom Institut für Maschinenkonstruktion der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ein Segmentkranz-Wasserrad für den Leistungsbereich zwischen 500 W und 50 kW vor, das dank seiner modularen Bauweise besonders leicht zu errichten ist. Außerdem präsentierte er das Prinzip eines neuartigen Universellen Staudruck-Wasserrades. Dieses erschließe bei Gefällen zwischen 2,5 und 7,5 m Standortpotenziale, welche konventionelle Turbinen nicht abdecken könnten. Ab 2020/21 sei hier mit ersten Produkten auf dem Markt zu rechnen.



Abb. 8: Dipl.-Ing. Heiko Krause von dem Institut für Maschinenkonstruktion der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg fasste die bisherige Fluss-Strom-Forschung zusammen und bilanzierte: „Wir brauchen auch weiter neue Fluss-Strom-Anlagenkonzepte.“

Untersuchungen am „Fischfreundlichen Wehr“

Über aktuelle Forschungen am „Fischfreundlichen Wehr“, der Verwirbelungsanlage mit langsam drehendem Wasserrad der Käppler & Pausch GmbH aus Neukirch in der Lausitz, berichtete Philipp Beuermann. Man entwickle die Anlage dahingehend weiter, dass sie Teil einer „Fischfreundlichen Kaskade“ werde. Dazu baue man in der Wasserbau-Versuchshalle der TU Dresden eine kaskadierte Wehranlage auf und untersuche die stromauf- und stromabwärts gerichtete Passierbarkeit für Fische.

Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin vom Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik der Otto-von-Guericke-Universität Mag-



Abb. 9: Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin von dem Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg erstellte computergestützte Strömungssimulationen.

deburg berichtete, wie er den Eigenschaften eines fischfreundlichen Wehres auf der Spur ist. Mittels computergestützter Strömungssimulationen ist er in der Lage, die Wassergeschwindigkeiten in dem runden Becken in 3-D darzustellen. Dabei stoße man jedoch an IT-technische Kapazitätsgrenzen. Um die

realen Auswirkungen auf Fische herauszufinden, müsse man Versuche am Objekt vornehmen.

Automatisiertes Monitoring von Fischen

Mit dem automatisierten Monitoring von Fischen an wasserbaulichen Anlagen beschäftigte sich bereits Dr.-Ing. Andreas Herzog vom Bereich Biosystems Engineering des Fraunhofer IFF Magdeburg. Bei den Untersuchungen sollen die sonst üblichen Befischungen durch Verfahren ersetzt werden, bei denen Kameras zum Einsatz kommen. Davon erwartet man eine einfachere und präzisere Auswertung. Die Kunst liege dabei in der Auswahl der Kameras, in den Beleuchtungsvarianten sowie der Erstellung der Software und der Datenverarbeitung.

Einsatz technischer Textilien

Eine weitere Möglichkeit, den Einsatz von Kleinwasserkraftwerken zu verbessern, könnte der Einsatz technischer Textilien sein. Bestehende Komponenten aus Stahl, Holz



Abb. 10: Das Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e. V. stellte Lösungen wie die mobile textile Bühne vor, die an Kraftwerksstandorten zum Einsatz kommen könnte.

oder Beton könnten durch leichtere und verformbare Textilien ersetzt werden. Außerdem erwartet man sich dabei Kosteneinsparungen gegenüber klassischen Materialien.

Dr. rer. nat. Uwe Möhring, Direktor des Textilforschungsinstitutes Thüringen-Vogtland e. V. aus Greiz, stellte auf der Tagung entsprechende Prototypen vor. Er erklärte, technische Textilien seien ein Wachstumsmarkt und Deutschland bei der Entwicklung und Herstellung technischer Textilien Weltmarktführer.

Im Einzelnen geht es dabei um textile Bühnen (Abb. 10), reaktive Textilien für Wasserräder und den Einsatz im „Fischfreundlichen Wehr“. Reaktiv bedeutet dabei, dass die Textilien je nach Bedarf ihre Form verändern können. Beim „Fischfreundlichen Wehr“ möchte man gerade herausfinden, inwieweit der Einsatz veränderbarer 3-D-Textilien die Strömungsvorgänge innerhalb der Anlage beeinflussen kann.

Mobile Bühnen

Das Thema Gewässerstrukturentwicklung mit einem ökologischen Ansatz beleuchtete Prof. Dr. Olaf Mietz vom Institut für angewandte Gewässerökologie GmbH in Seddiner See. Er ist angetreten, die Frage zu klären, ob mobile Schlauchbühnen die Einsatzmöglichkeit von kleinen Wasserkraftwerken erhöhen können. An Kraftwerkstandorten eingesetzt, könnten sie den Fließquerschnitt derart verengen, dass sich dort die Fließgeschwindigkeit erhöht.

Um eine Gefahr bei Hochwasser zu vermeiden, können die mit Flusswasser gefüllten Bühnen-Schlauch-Segmente bei Bedarf entleert werden. Der Wissenschaftler erklärte zwar, „aus einem kleinen Fluss wird mittels Bühnen kein reißender Fluss“, dennoch könnten solche Bühnen nützlich sein. Aus ökologischer Sicht brächten punktuelle Fließgeschwindigkeitserhöhungen auch keine wesentliche Änderung des Wasserhaushaltes mit sich.

Getriebeloser Ringgenerator

Über die Entwicklung eines getriebelosen Ringgenerators berichteten Ing. grad. Hartmuth Drews von der Firma Wasserrad Drews in Pinneberg sowie Philip Negendank von

der Wolfgang Gräber Feinwerktechnik GmbH & Co. KG in Trappenkamp in Schleswig-Holstein.

Der von ihnen entwickelte, modular aufgebaute Generator liefert Drei-Phasen-Drehstrom, hat eine Nennleistung von ca. 5 kW und einen Wirkungsgrad von 79%. Ausgangspunkt der Entwicklung seien die bisherigen Getriebe gewesen, die hohe Leistungsverluste bei der Energiewandlung sowie einen hohen Verschleiß aufweisen würden.

Auch weitere Vorträge beschäftigten sich mit Neuentwicklungen im Bereich der Komponenten und Steuerungen sowie den Einsatzmöglichkeiten in künftigen Fließwasserkraftwerken, zum Beispiel einer neuartigen Fernüberwachung von Fluss-Strom-Anlagen.

Entwicklung neuer Schaufeln und Turbinen

Die mithin wichtigsten Komponenten solcher Anlagen – die Wasserräder und Turbinen – stehen regelmäßig im Interesse des Fachpublikums: Große Erfahrung hat in diesem Bereich die Firma Sibau aus Genthin, die auf der Begleitausstellung ein Wasserradmodell im Maßstab 1 : 2 mit einer verstellbaren Schaufelgeometrie für Realtests auf dem Vector 1 präsentierte. Dieses ist 1,50 m breit und hat einen Durchmesser von 1,50 m bei einer Eintauchtiefe von 20 cm (Abb. 11).

Der genannte Forschungsversuchsträger Vector 1 ist ein in Sachsen-Anhalt stationiertes Forschungsschiff aus zwei Pontons, das die Möglichkeit bietet, verschiedene Turbinen in fließenden oder stehenden Gewässern unter Realbedingungen zu testen. „Der Vorteil ist, dass wir hier nicht die Kosten stationärer Versuchsanlagen haben“, berichtete Frank Mewes vom Fraunhofer IFF Magdeburg, das die Forschungen wissenschaftlich begleitet. Mewes zeigte in einem Video Probefahrten im Elbe-Havel-Kanal, bei denen bei Fließgeschwindigkeiten von bis zu 4 m/s Kennlinien für Turbinen erstellt werden.

Anlagen müssen günstiger werden

Einen kritisch-wirtschaftlichen Blick auf die bislang erhältlichen Produkte lieferte Arno Lauhöfer, Geschäftsführer der Metropolstrom-NW GmbH aus Neustadt an der Wein-

straße, der bereits Planungen für mehrere Hundert Turbinen im Rhein in der Schublade hatte. Unter der Überschrift „Der spitze Bleistift“ postulierte er: „Bei Fließgeschwindigkeiten von 1,5–2 m in der Sekunde, die wir im Rhein haben, sollte das Kilowatt nicht mehr als 4000 Euro kosten.“ Investoren müssten die Gelegenheit haben, eine auskömmliche Rendite zu erwirtschaften.

Realität sei indes, dass die gängigen Anlagen Kosten von um die 15000 Euro/kW mit sich brächten. Pointiert fragte er in die Runde: „Wo soll man das dann verkaufen?“ Er gab sich aber auch zuversichtlich, dass es grundsätzlich möglich sei, eine Fließwasseranlage zu konstruieren, die wirtschaftlich zu betreiben ist. So setzte er weiter auf Größenordnungen von mehreren 100 Anlagen, die im Verbund zu realisieren seien.

Chancen in der Direktvermarktung

Fließwasserkraftanlagen, die im Jahr 2016 in Betrieb gingen, erhalten nach der derzei-



Abb. 12: Nicht mehr als 4000 Euro pro kWh dürfe ein Fließwasserkraftwerk in der Gesteung kosten, gab Investor Arno Lauhöfer, Geschäftsführer der Metropolstrom-NW GmbH aus Neustadt an der Weinstraße der Branche mit auf den Weg.

tigen Gesetzeslage über 20 Jahre eine EEG-Vergütung von 12,52 Cent pro Kilowattstunde. Per Gesetz ist erst ab einer Leistung von 100 kW eine verpflichtende Direktvermarktung vorgesehen.



Abb. 11: Das Wasserradmodell im Maßstab 1 : 2 mit einer verstellbaren Schaufelgeometrie für Realtests auf dem Versuchsforschungsträger Vector 1 war Exponat der Firma Sibau Genthin.

Doch aufgrund des relativ geringen EEG-Satzes erwartet man, dass ohnehin viele potenzielle Investoren ihre erzeugte Energie lieber als Eigenstrom nutzen oder über die Direktvermarktung absetzen möchten. Mario Spiewack sieht darin eine Chance und verweist außerdem auf den Vorteil, dass man nicht zwangsläufig EEG-Umlage zu zahlen habe: „Wir bewegen uns angesichts der geringen Menge an erzeugter Energie ja eher in einem unteren Bereich.“

Weitere Anlagenkonzepte gefordert

Dipl.-Ing. Heiko Krause vom Institut für Maschinenkonstruktion der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg lieferte am Ende der Tagung einen Überblick über die Umsetzung der Fluss-Strom-Forschung in der Praxis: Inzwischen gebe es 17 abgeschlossene Fluss-Strom-Forschungsprojekte.

Eines der Ergebnisse daraus sei, dass für ein-

zelne Standorte die Vorhersage der Strömungsverhältnisse im Vorhinein nicht ausreichend genau möglich sei. Daher müssten die Verhältnisse durch Messungen untermauert werden. Krause warb daher: „Feldtests vor Ort sollen künftig weiter ausgebaut werden.“

Zwar wurden in den letzten Jahren beachtliche Fortschritte im Bereich neuer Anlagenkonzepte erzielt. Darauf solle sich die Branche aber nicht ausruhen. Heiko Krause forderte daher: „Wir brauchen auch weiter neue Fluss-Strom-Anlagenkonzepte.“ Insofern werden das Netzwerk und der Wachstumskern Flussstrom Plus auch in den kommenden Jahren noch viele weitere Entwicklungsimpulse liefern können.

Weitere Informationen: www.exfa.de, www.flussstrom.de, www.flussstrom.eu, www.res-tor-hydro.eu



Abb. 13: In der Experimentellen Fabrik in Magdeburg fand ein Teil der Veranstaltungen sowie eine Begleitausstellung statt. alle Fotos: Martin Frey