

Wasserkraft & Energie

Internationales Quartals-Magazin für Erneuerbare Energien



Die Buchholzer Mühle – Zeugnis vergangener Zeiten mit innovativem Blick in die Zukunft

Einsatz der LEW-Berufstaucher am Wasserkraftwerk Schwenningen

Kraftwerk Am Höllenstein: Revision einer Francis-Turbine

Wasserkraft-Insulanlagen in Österreich

Die Wasserkraft an der Unteren Argen

Innovative Technik für Traditionsort

1/25

Prof. Dr.-Ing. Bernd Bachert, Mosbach

Die Buchholzer Mühle – Zeugnis vergangener Zeiten mit innovativem Blick in die Zukunft

Die Historie

Die Buchholzer Mühle, zwischen Buchholz und Salzbrunn, nahe des beschaulichen Beelitz gelegen, hat eine lange und wechselvolle Geschichte, welche bis ins Mittelalter zurückreicht. Ihre Ursprünge lassen sich bis ins 14. Jahrhundert zurückverfolgen, als sie erstmals 1375 im Landbuch von Kaiser Karl IV. erwähnt wurde. Zu dieser Zeit war die Mühle jedoch bereits „wüst“, also verlassen oder zerstört. Der nächste urkundliche Nach-

weis stammt erst wieder aus dem Jahre 1705, in welchem am 20. Juli Christian Werner, „weißer Müller aus Sachsen“, den Antrag zum Bau einer Wassermühle stellte (Abb. 1).

Im „Schmettauschen Kartenwerk“ (Friedrich Wilhelm Karl Graf von Schmettau, preußischer Offizier und Kartograph, * 13.04.1743 in Berlin; † 18.10.1806 in Weimar), welches zwischen 1767 und 1787 erstellt wurde, findet sich der älteste kartographische Nachweis der Mühle.

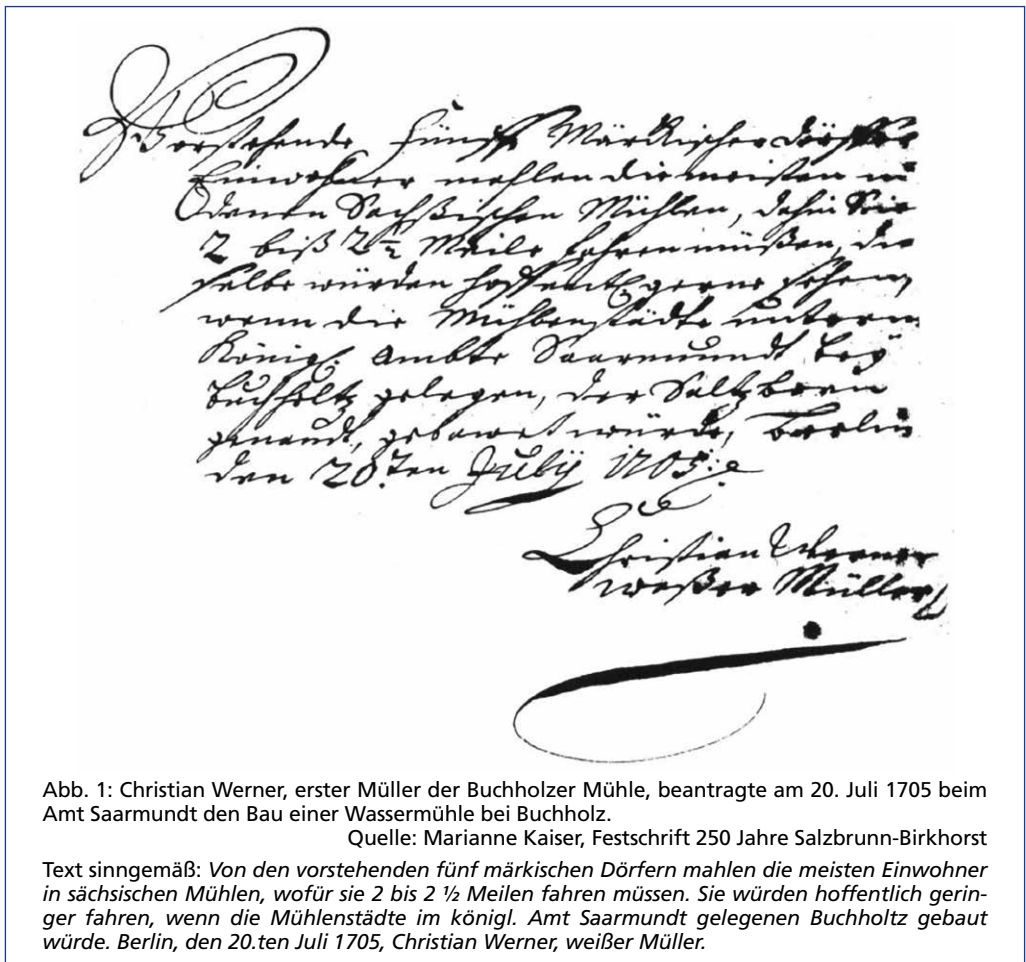
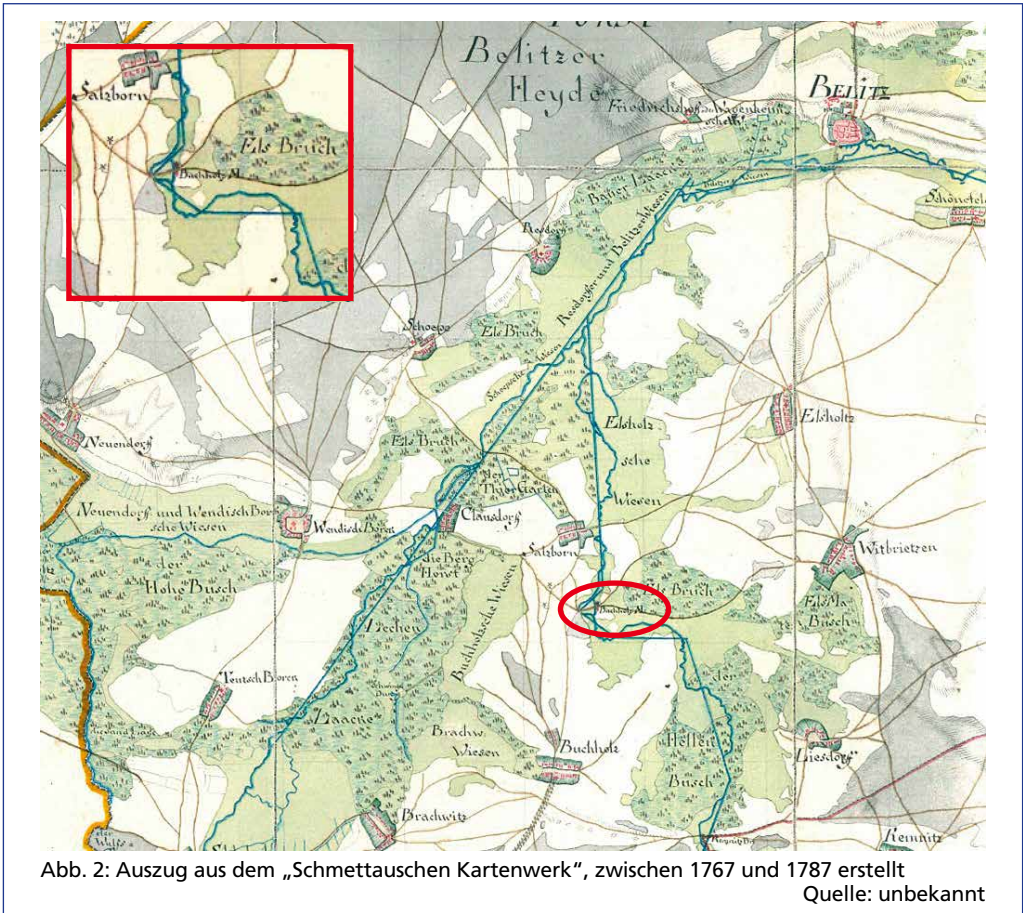


Abb. 1: Christian Werner, erster Müller der Buchholzer Mühle, beantragte am 20. Juli 1705 beim Amt Saarmundt den Bau einer Wassermühle bei Buchholz.

Quelle: Marianne Kaiser, Festschrift 250 Jahre Salzbrunn-Birkhorst

Text sinngemäß: Von den vorstehenden fünf märkischen Dörfern mahlen die meisten Einwohner in sächsischen Mühlen, wofür sie 2 bis 2 1/2 Meilen fahren müssen. Sie würden hoffentlich geringer fahren, wenn die Mühlenstädte im königl. Amt Saarmundt gelegenen Buchholtz gebaut würde. Berlin, den 20.ten Julij 1705, Christian Werner, weißer Müller.



Etwas östlich der heutigen Nieplitzbrücke stand früher eine Wassermühle, die kurz nach dem Siebenjährigen Krieg niederbrannte. An diese abgebrannte Mühle erinnert heute noch der „Mühlendamm“ – ein Feldweg, der nordöstlich zur Nieplitz führt. Nach dem Brand ließ der damalige Besitzer eine neue Mühle westlich der Straße zwischen Buchholz und Beelitz bauen, um die Vorteile besserer Zufahrtswege zu nutzen. Damit begann ein neuer Abschnitt in der Geschichte der Mühle, die fortan als „Buchholzer Mühle“ bekannt wurde.

Zu Beginn des 19. Jahrhundert erwarb der Müllermeister Pape die Mühle für 3540 Thaler. Eine zeitgenössische Darstellung der Buchholzer Mühle aus dieser Zeit ist in Abb. 3 zu sehen. Die Mühle war über Jahrhunderte ein zentraler Ort für die regionale Wirtschaft und ein wichtiger Lieferant für gemahlenes Getreide und gesägtes Holz,

denn im Jahre 1811 stellte Müllermeister Pape den Antrag, eine Schneidemühle zu errichten, was zu einer wichtigen Erweiterung des Mühlenbetriebs führte. Die Mühle war nun nicht mehr nur eine Mahlmühle, sondern konnte auch Holz verarbeiten, was ihre wirtschaftliche Bedeutung steigerte.

Im Laufe der Zeit wechselte die Mühle mehrmals den Besitzer. So wurde sie im Jahre 1823 von der Familie Dietzel übernommen, welche die Mühle fast 120 Jahre lang betrieb. Johann Heinrich Dietzel, ein „Mühlensbursche“ aus Lehnin, kaufte sie am 15. Oktober 1823 vom Mühlenmeister Carl Friedrich Zemlin. Unter der Leitung der Familie Dietzel erlebte die Buchholzer Mühle verschiedene Erweiterungen und Modernisierungen. Im Jahre 1840 wurde ein weiterer Mahlgang installiert, der speziell zum Reinigen und Schroten des Getreides diente.

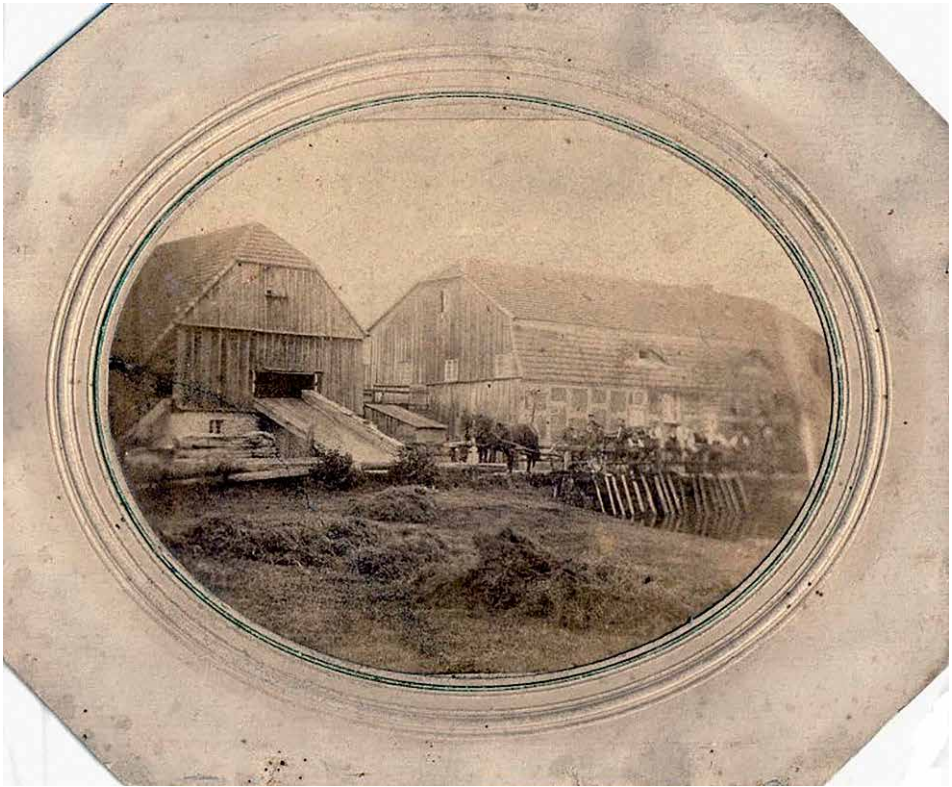


Abb. 3: Die Buchholzer Mühle zu Beginn des 19. Jahrhunderts

Quelle: Familie Koall



Abb. 4: Die Buchholzer Mühle um 1940

Quelle: Lutz Pahl

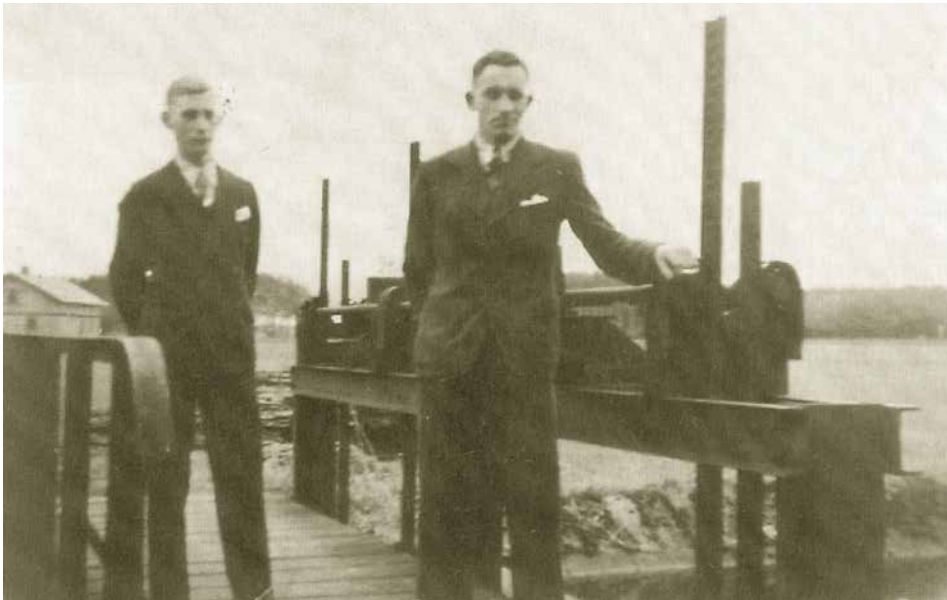


Abb. 5: Die Buchholzer Mühle 1940 (Nebengebäude im Hintergrund), vom Wehr Buchholz aus fotografiert

Quelle: Marianne Kaiser, Festschrift 250 Jahre Salzbrunn-Birkhorst, zu sehen: Erwin Kaatz und Bernhard Lehmann

Im Jahr 1862 wurde eine durch Wasserkraft angetriebene Getreidereinigungsmaschine installiert. Dies war eine bedeutende Innovation, die den Mühlenbetrieb effizienter machte und der Mühle einen höheren Ertrag bescherte. Auch wenn es gelegentlich Beschwerden anderer Müller gab, setzte sich die Modernisierung der Mühle unaufhaltsam fort.

Mit der Zeit veränderten sich jedoch die Anforderungen an die Mühle und ihre technische Ausstattung zunehmend. Die Familie Dietzel führte den Betrieb bis 1940 weiter, bis Otto Wernicke die Mühle erbt. Eindrücke aus dieser Zeit zeigen die Abb. 4 und 5. Am 28. April 1945, kurz vor dem Ende des Zweiten Weltkriegs, wurde die Mühle während Kampfhandlungen in Brand geschossen und weitgehend zerstört. Nach dem Krieg übernahm Müller Baade den Betrieb, gefolgt von Heinrich Bauer aus Leipzig.

Die Aktenlage zur Buchholzer Mühle während der DDR-Zeit ist überschaubar. Bekannt ist, dass die VEB Wohnungsverwaltung Berlin-Weißensee ab Mitte der 1970er-Jahre Grundstückseigentümer des Mühlengrundstückes war. Augenzeugen berichten, dass

die vorgenannte Wohnungsverwaltung auf dem Grundstück ein Ferienlager für die Kinder ihrer Mitglieder betrieben hat. Gekocht wurde im ehemaligen Mühlengebäude, geschlafen wurde draußen in Zelten.

Der Spaß endete, als beschlossen wurde, einen unterirdischen Gasspeicher (Aquiferspeicher) in der Region um die Buchholzer Mühle zu errichten. Zumindest eine der zum Betrieb notwendigen Förder-, Verpress- und Beobachtungsbohrungen wurde direkt neben der Buchholzer Mühle abgeteuft. Aus Sicherheitsgründen wurde daraufhin das Ferienlager geschlossen.

1992 erwarb Jochen Möller das Grundstück der Mühle, welches zum damaligen Zeitpunkt ein verwunschenes Fleckchen Erde war. Brombeerhecken und Brennnesseln machten ein Betreten des Grundstückes fast unmöglich, die Gebäude waren unbewohnt und zum Teil baufällig. Die Türen und Fenster waren zugemauert. Im Mühlengraben waren noch Reste der seinerzeitigen Mühlentechnik zu finden, an denen aber der Zahn der Zeit so stark genagt hatte, dass sie nicht mehr verwendbar war.

Folglich musste die ganze Wasserkraftanlage neu konzipiert und errichtet werden. Neben den notwendigen Betonarbeiten zum Einbau des Wasserrades sowie eines Überlaufwehres wurde das Wasserrad und die Rechenreinigungsanlage von einer Fachfirma individuell auf den Standort zugeschnitten konstruiert und eingebaut. Das mit dem Wasserrad über eine Zahnkupplung verbundene Getriebe und der Generator stammen aus einer Serienfertigung. Zusätzlich wurde ein automatisches Überlaufwehr errichtet, damit vorgegebene Stauhöhen nicht überschritten werden.

Obwohl sie während des Krieges stark zerstört wurde, blieb ein Teil der Bausubstanz erhalten und wurde wieder aufgebaut. Heute erinnern der historische Mühlendamm sowie die Reste der alten Mühlengebäude an die bewegte Geschichte der Buchholzer Mühle, die über Jahrhunderte hinweg das Leben der Menschen in der Region geprägt hat.

Jochen Möller hat viel Zeit und Arbeit in die Mühle gesteckt, um sie auf den heutigen Stand zu bringen. Der wesentliche „Neu“-Bau erfolgte in den Jahren 1996/1997. Die

Mühle besitzt ein mittelschlächtiges Zuppinger-Wasserrad mit einem Durchmesser von ca. 5 m und einer Breite von ca. 1,5 m (Abb. 6). Die Nenndrehzahl beträgt 6 U/min. Der Abtrieb erfolgt über ein 4-stufiges Stirnradgetriebe sowie über einen Flachriementrieb. Der Asynchrongenerator hat eine Nenndrehzahl von 1500 U/min und eine Leistung von 12 kW. Die Fallhöhe beträgt ca. 2 m. Der Jahresertrag liegt bei ca. 50000 kWh.

Die ständigen Wartungs- und Pflegearbeiten an der Mühle selbst und auf dem umliegenden Anwesen sind oft nicht allein von Jochen Möller durchführbar. Dankeswerterweise hilft ihm dabei ein guter Freund und Nachbar, der zufälligerweise Geschäftsführer eines Pulverbeschichtungsunternehmens ist. Darüber erfolgt nun der Brückenschlag aus der Historie der Mühle in die Neuzeit und den innovativen Blick in die Zukunft.

Denn ebendieser Geschäftsführer des in Niermegg, unweit von Beelitz und der Buchholzer Mühle, ansässigen Pulverbeschichtungsunternehmens, hat in den letzten Jahren im Rahmen diverser FuE-Projekte in Kooperation mit Instituten und Hochschulen ein neuartiges Pulverlack-Beschichtungssystem ent-



Abb. 6: Zuppinger-Wasserrad der Buchholzer Mühle

Quelle: Bernd Bachert, August 2024

wickelt, welches über einen hervorragenden und patentierten Korrosionsschutz in Verbindung mit sehr guten Antifouling-Eigenschaften verfügt. Dieses System bietet sich förmlich an für die Verwendung im Stahlwasserbau und damit auch im Bereich von Wasserkraftanlagen, wie z. B. der Buchholzer Mühle.

Der Korrosionsschutz

Schon zu Beginn der Entwicklung des neuen Beschichtungssystems nutzte Rainer Rogovits, Geschäftsführer der Enviral Oberflächenveredelung GmbH, die Anlagen der Buchholzer Mühle für Testzwecke. So wurden beispielsweise die Träger, auf denen die Rollen des Reinigungsrechs laufen, mit der Pulverbeschichtung versehen, um nicht nur die Korrosionsbeständigkeit und das Antifouling-Verhalten der Beschichtung zu testen, sondern auch deren Widerstand gegen mechanische Beanspruchung (Abb. 7).

Daran schlossen diverse weitere Versuche und Testläufe an, die allesamt die hervorragenden Eigenschaften der Pulverbeschichtung in verschiedenen Varianten und Ausführungen bestätigten.

Auf dieser Basis aufbauend zog Rainer Rogovits Prof. Dr.-Ing. Bernd Bachert von der Dualen Hochschule Baden-Württemberg in Mosbach hinzu, um die Entwicklung auf wissenschaftlichem Wege weiterzuführen. Begleitet von mehreren Testreihen bis hin zu einem Langzeittest, welcher mittlerweile über vier Jahre andauert, wurden unter anderem auch unterschiedlich beschichtete Probenkörper bei der Südwestdeutsche Salzwerke AG in Heilbronn installiert. Die Proben befinden sich dort in einer extrem korrosiven Umgebung, der sogenannten Nassaufbereitung des von unter Tage geförderten Salzes. Die Kombination von Salz und Wasser, welche dort aus verfahrenstechnischen Gründen unabdingbar ist, führt zu einem enormen Korrosionsdruck auf den vorhandenen Stahlbau. Eine Umgebung mit idealen Voraussetzungen, um in relativ kurzer Zeit unter realen Bedingungen Beschichtungen auf ihren Korrosionswiderstand testen zu können. Begleitend wurden auch immer wieder nach DIN EN ISO 9227 genormte neutrale Salzsprühtests und weitere Laborversuche durchgeführt, um die im Feld erzielten Ergebnisse zu verifizieren.

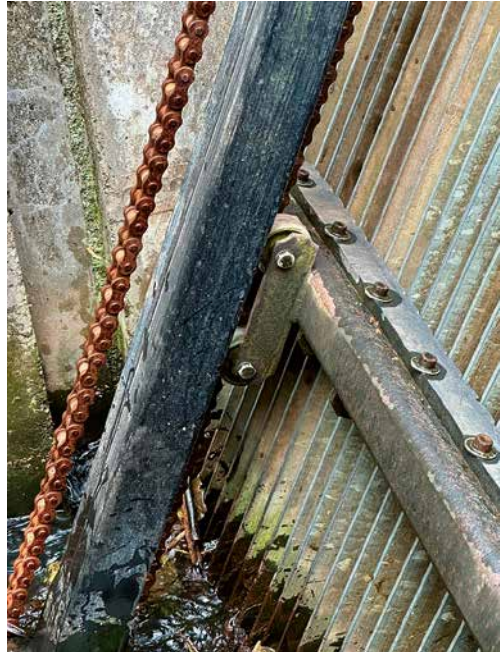


Abb. 7: Träger des Rechenreinigungssystems mit den Laufrollen des Reinigungsrechs

Quelle: Bernd Bachert, August 2024

Für die Anwendung von Beschichtungssystemen beziehen sich Planer und Betreiber von Bauwerken des Stahlwasserbaus, wie auch von Wasserkraftanlagen, gerne auf die „Liste zugelassener Systeme“ der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe (BAW). Für die Verwendung von Beschichtungssystemen im Bereich der Bundeswasserstraßen ist eine Zulassung nach der BAW-Richtlinie zur „Prüfung von Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau“ sogar zwingend vorgeschrieben, denn in der Richtlinie heißt es in Kapitel 1 u. a. *„...Im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung dürfen für den Korrosionsschutz nur Systeme verwendet werden, die den nachfolgenden Prüfverfahren unterzogen worden sind und die geforderten Anforderungen erfüllen.“*

Daher stand fest, dass das neue Pulverlack-Beschichtungssystem zwingend diese Anforderungen erfüllen und die BAW-Zulassung erhalten musste. Zu diesem Zweck wurden entsprechende Proben hergestellt und für die in der Richtlinie geforderten Prüfungen an die BAW übermittelt. Schon die ersten Testergebnisse bestätigten die herausragende Qualität des neuen Systems. Sämtliche Tests wurden mit optimalen Ergebnissen ab-

geschlossen. So erfüllt das System beispielsweise die Anforderungen an die „Beständigkeit gegen mechanischen Abrieb/Belastbarkeit nach BAW für starken Angriff ($a_W=10$)“. Die Prüfberichte sowie die Zulassung für die Korrosivitätskategorie Im1 (Süßwasser-Anwendungen, Schutzdauer lang) gemäß BAW-Richtlinie liegen seit März 2024 vor.

Nachdem die Zulassung der BAW vorlag, erfolgten weitere Versuche am Wasserrad der Buchholzer Mühle. Mehrere Prüfbleche wurden für einen Dauertest auf dem Wasserrad installiert. Ein gemeinsam erarbeitetes Prüfkonzept erfasst Daten wie Luftfeuchtigkeit, UV-Belastung, Korrosion, Abrasion sowie Bewuchsbelastung, um Langzeiterfahrungen sammeln zu können.

Hierzu wurden vier ca. 1500 mm lange, ca. 200 mm breite sowie ca. 30 mm hohe Wasserradschaufeln aus Holz durch entsprechende mit Stahlwasserbau-Pulverlack beschichtete Stahlblechkantteile ersetzt (Abb. 8).

Jede der vier Schaufeln kann bis zu fünf kleine Prüfbleche (140 x 70 mm) aufnehmen, welche ebenfalls mit unterschiedlichen Pulverbeschichtungsvarianten versehen werden können. Die Stahlschaufeln wurden gegenüber jeweils um 90° versetzt am Wasserradgrundkörper verschraubt und die Montage

im Anlagenbuch der Wasserkraftanlage vermerkt.



Abb. 8: Versuchsaufbau am Zuppinger-Wasserrad der Buchholzer Mühle Quelle: Rainer Rogovits



Abb. 9: Künstliche Beschädigung zum Nachweis der funktionierenden Verhinderung von Unterwanderung bzw. Unterrostung der Pulverbeschichtung Quelle: Rainer Rogovits

Um auch an diesem Versuchsaufbau möglichst realistische Ergebnisse erzielen zu können, wurde an einem Blechkanteil die Stirnfläche angeschliffen (Abb. 9). An dieser Stelle bildet sich auf dem ungeschützten Stahlsubstrat erwartungsgemäß eine Korrosionsschicht aus. Da das neue Beschichtungssystem über sehr gute Eigenschaften verfügt, um das Unterwandern und das Unterrosten der Pulverbeschichtung an einer Beschädigungsstelle zu verhindern, ist dies ein eindeutiger Nachweis für die Funktionsfähigkeit des neuen Beschichtungssystems.

Das Funktionsprinzip, welches die Unterwanderung bzw. Unterrostung verhindert, beruht auf dem patentierten Pulverlack-Beschichtungssystem „SmartCorr®“. Intelligent verkapselte Antikorrosionsadditive in Mikro- bzw. Nanocontainern ermöglichen einen hervorragenden Korrosionsschutz. Ähnlich wie der Selbstheilungsprozess der menschlichen Haut, kann die Korrosionsschutzbeschichtung SmartCorr® eigenständig Schäden „heilen“ (Abb. 10). Diese innovative Technologie zeichnet sich durch ihre Flexibilität aus. Sowohl die Größe der Mikro- und Nanobehälter als auch ihre Hülleneigenschaften, die Art der eingeschlossenen Substanzen und die Freisetzungsmechanismen lassen sich individuell an die spezifischen Anforderungen anpassen. Gleichzeitig kann auf gesundheitlich bedenkliche Stoffe wie Schwermetalle und flüchtige organische Verbindungen verzichtet werden, was Umwelt- und Gesundheitsschutz zugutekommt. Das neue Beschichtungssystem erfüllt sogar die Anforderungen des Umweltsiegels „Blauer Engel“.

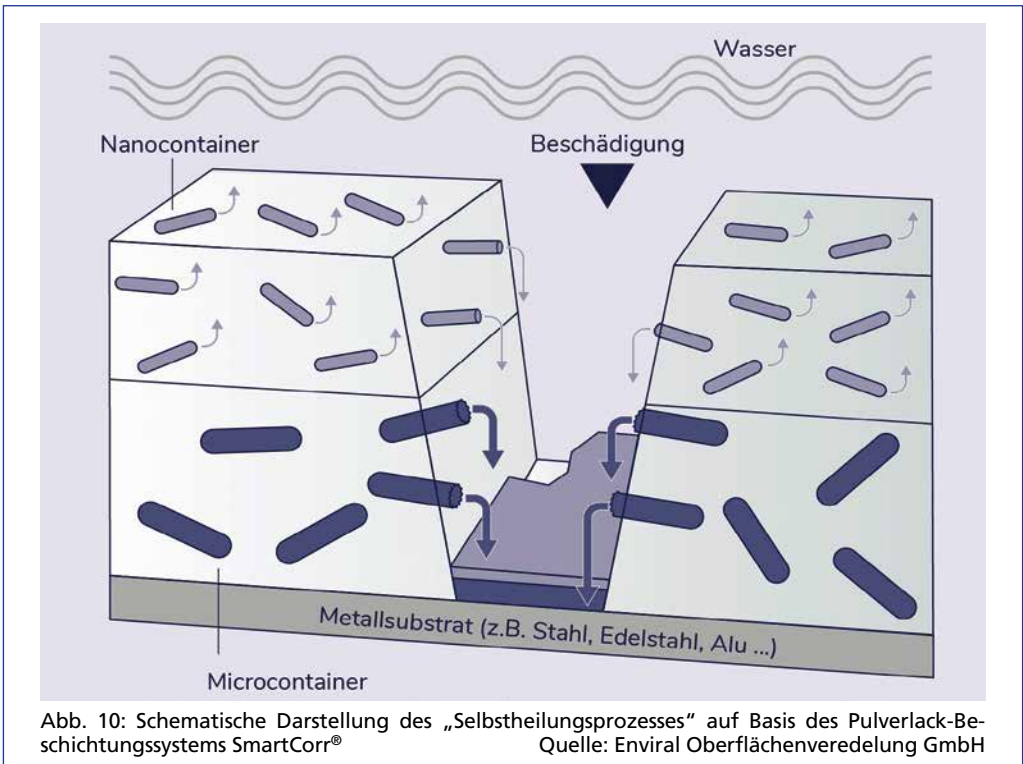
Um Schäden „automatisch“ zu reparieren, sind die Mikro- und Nanocontainer mit aktiven Substanzen – wie Korrosionsinhibitoren und Versiegelungsmitteln – gefüllt und in die Korrosionsschutzbeschichtung integriert. Entstehen im Laufe der Zeit korrosionsfördernde Beschädigungen, wie Kratzer oder Risse, werden die Container an der betroffenen Stelle zerstört und setzen sofort wirkende Substanzen frei. So wird die beschädigte Stelle unverzüglich versiegelt, wodurch die Korrosionsgefahr beseitigt wird. Die aktive Substanz wird ausschließlich dort und in der Menge freigesetzt, die zur Korrosionsprävention notwendig ist. Dadurch werden eine längere Schutzdauer und eine deutlich verbesserte Nachhaltigkeit der Beschichtung erreicht.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil dieses intelligenten Korrosionsschutzes ist die reaktive Anpassung an Korrosionsauslöser. Dieses „intelligente Verhalten“ der Beschichtung wird durch die ausgeklügelte Mikrostruktur ermöglicht. Die Mikro- und Nanocontainer enthalten nicht nur aktive Substanzen, sondern besitzen auch eine Hülle, deren Durchlässigkeit sich je nach Korrosionsauslöser ändert. Wird die aktive Substanz freigesetzt, bekämpft sie sofort die korrosionsfördernden Einflüsse. Sobald die Gefahr beseitigt ist, reduziert sich die Durchlässigkeit der Containerhülle. Diese adaptive Öffnungs- und Schließfunktion sorgt für einen sparsamen Verbrauch der aktiven Substanzen und optimiert die Schutzwirkung der Antikorrosionsbeschichtung.

Der Antifouling-Schutz

Alle Oberflächen auf der Erde, insbesondere jene, die mit Wasser in Kontakt kommen, werden von unterschiedlichen Organismen besiedelt. Dieser Besiedlungsprozess verläuft dynamisch und in einer spezifischen Reihenfolge. Zunächst lagern sich Makromoleküle an und bilden einen sogenannten Konditionierungsfilm, bestehend aus großen Molekülen wie Zucker und Proteinen. Dieser Film erleichtert das Anhaften von Bakterien und dient als Nährgrundlage. Mikroorganismen wie Bakterien, einzellige Algen, Protozoen und Pilze setzen daraufhin extrazelluläre polymere Substanzen (EPS) frei, die den Biofilm aufbauen. Dieser Biofilm kann beträchtliche Ausmaße annehmen. Im Anschluss lagern sich Sporen und Larven an, die sich dort niederlassen und dichte, korallenartige Biozöosen bilden können.

Das neue Pulverlack-Beschichtungssystem schützt Oberflächen durch Antifouling-Additive, die in Nanocontainern verkapselt sind und langfristigen Schutz gegen Mikroorganismen bieten. Dabei kommen umweltfreundliche Biozide wie Dichloroethylisothiazolinon (DCOIT) (CAS: 64359-81-5) zum Einsatz, die biologisch gut abbaubar sind und in ppm-Konzentrationen wirksam gegen viele Mikroorganismen wie Bakterien, Mikroalgen und Pilze sind. Diese Biozide können jedoch nicht direkt in Pulverlacke implementiert werden, da bei der thermischen Aushärtung des Pulverlackes Reaktionen mit anderen Komponenten auftreten können, die zur Deaktivierung des Biozids und zur Beein-



trächtigung der Barriereeigenschaften führen. Durch die Verkapselung der Biozide wird dieses Problem gelöst. Die aktiven Substanzen bleiben isoliert und sind vor Reaktionen mit anderen Pulverlackbestandteilen geschützt. Zudem sind die Hüllen der Mikro- und Nanocontainer so konstruiert, dass der Wirkstoff nur bei einem spezifischen äußeren Auslöser freigesetzt wird. Für die Herstellung der Mikro- und Nanocontainer kommen keramische Materialien zum Einsatz, die dank ihrer hohen mechanischen Stabilität bestens für die Aufnahme von Additiven geeignet sind.

Fazit

Mit den beschriebenen Versuchen an der Buchholzer Mühle konnten und können weiterhin verschiedene Grundversuche und mehrere Detailversuche durchgeführt werden. Die Versuche verlaufen erwartungsgemäß positiv und werden im Sinne eines Langzeitversuchs weiter begleitet und bewertet. Somit können Interessenten neben den Prüfberichten im Rahmen der BAW-Zulassung auch Praxisergebnisse zur Bestä-

tigung der BAW-Ergebnisse vorgelegt werden. In einem Folgeprojekt sollen weitere Untersuchungen und Testreihen durchgeführt werden, mit dem Ziel der BAW-Zulassung für die Korrosivitätskategorien Im2/Im3/Im4, also für Salz- und Brackwasser-Anwendungen (auch für wasserberührte Stahlbauten mit kathodischem Korrosionsschutz) sowie für Anwendungen im Erdreich (aggressive Böden). Bereits ausgeführte Projekte im Bereich von Salzwasseranwendungen bestätigen die hervorragende Funktionalität des neuen Pulverlack-Beschichtungssystems auch in salzhaltiger Umgebung.

Die Buchholzer Mühle sorgt also auch weiterhin, wie schon vor Jahrhunderten, für Innovation und Fortschritt, wenn auch nicht auf dem Feld ihrer ursprünglichen Bestimmung.

Die Enviral Oberflächenveredelung GmbH wird auf der RENEXPO Interhydro am 27./28. März 2025 in Salzburg mit einem Messestand vertreten sein (Halle 1, Stand 214). Besucher können mit den Experten sprechen und mehr über das innovative Pulverlack-Beschichtungssystem erfahren.