

# UVC Reaktor mit Mikroturbine

## Energieautarke Bekämpfung von Legionella pneumophila in Duschwasser

Die Bakterien *Legionella pneumophila* verursachen die Krankheit Legionellose. Die Krankheit kann eine leichte bis schwere Lungenentzündung erzeugen, die tödlich enden kann. Im Durchschnitt sterben trotz Antibiotika-Behandlung 5 bis 10 % der Erkrankten<sup>1</sup>. Bislang wurde eine Desinfektion durch Erhitzen von Wasser im Boiler erzielt. In der Schweiz steigen aber die Krankheitsfälle stark an und das Bundesamt für Gesundheit BAG möchte/muss Gegenmassnahmen veranlassen. Eine weitere Temperaturerhöhung im Boiler zur Vernichtung der Bakterien ist energieaufwendig und führt zu erhöhter Kalkausfällung. Weiter ist nicht vollends geklärt, ob ausschliesslich in der Warmwasserleitung *Legionella pneumophila* auftreten oder auch in der Kaltwasserleitung.

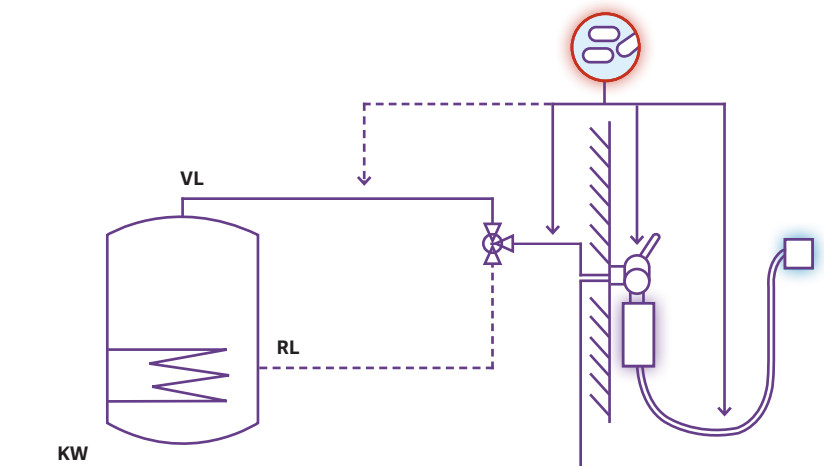
An der OST – Ostschweizer Fachhochschule am Institut für Energietechnik wurde mit Unterstützung der Innosuisse an einer autarken Bekämpfung von Keimen mittels UVC-Strahlung geforscht. Im Projekt sind zwei unabhängig voneinander, aber gemeinsam nutzbare Prototypen entstanden. Ein höchst effizienter UVC-LED Reaktor und eine dazu kombinierbare Mikrowasserturbine für den autarken Betrieb.

Im Vergleich zu anderen UV-Reaktoren unterscheidet sich das System dadurch, dass es als sogenanntes «Point of Use» – Gerät in der Nähe der Entnahmestellen positioniert werden kann<sup>2</sup> und so die Wiederverschmutzung durch Armaturen minimiert und thermisch unbehandeltes Wasser beim Ausstoss der noch kalten Leitungen behandelt wird (siehe Abbildung 1). Die Turbi-

ne ermöglicht einen Betrieb ohne den Installationsaufwand eines elektrischen Anschlusses. Anwendung findet der Reaktor alleine (mit elektrischem Anschluss) oder kombiniert mit der Turbine da, wo bestehende Desinfektionsmassnahmen nicht ausreichend sind oder eine höhere Wasserqualität erforderlich ist, wie zum Beispiel in Duschen bei Altersheimen, Schulen, Kasernen und Krankenhäusern.

### Reaktor

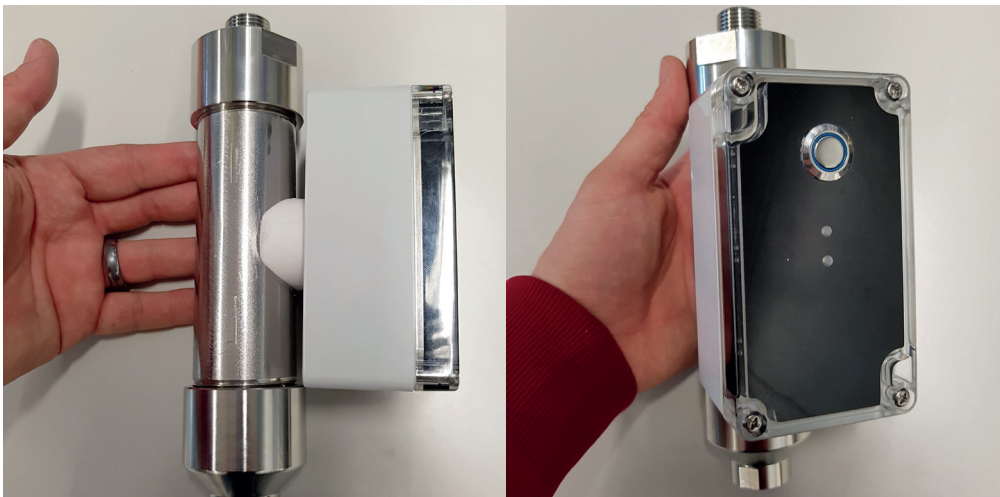
Der aus Edelstahl gefertigte Prototyp wurde strömungstechnisch und optisch optimiert, um eine hohe Entkeimungsleistung für insbesondere *L. pneumophila* bei einer geringen elektrischen Leistung zu erreichen (siehe Abbildung 2). Der geringe elektrische Leistungsbedarf ermöglicht einen Betrieb



**Abbildung 1:** Schematisch vereinfachte Darstellung der Sanitäreinrichtung mit möglichen Kontaminationsstellen in Rot (System mit oder ohne Zirkulationsleitung). Die Desinfektion findet unterhalb der Armatur statt in Violett. Künftig ist die Desinfektion beim Duschkopf in Blau anzustreben.

<sup>1</sup> <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/krankheiten/krankheiten-im-ueberblick/legionellose.html>

<sup>2</sup> Bestrahlung mit UVC führt zu keinem Netzschutz, wie gegenüber z.B. chemischen Desinfektionsmittel



**Abbildung 2:** UVC-LED Durchflussreaktor mit Leistungsstarkem Akku für Feldtests und LED Anzeigen. Die Dimension des Gehäuses ist durch die Größe des Akkus bestimmt. Der Akku erlaubt einen Einsatz von 3.5 h.

mit einer leistungsstarken Mikro-turbine. Der Reaktor wurde bei den Versuchen für einen sparsamen Wasserverbrauch (Sparduschen) im Bereich von 6 l/min getestet

Dimensionen:  
LxBxT = 220 mm x 65 mm x 110 mm  
Reaktorrohrdimensionen:  
D= 42 mm L = 210 mm

#### Leistungsnachweise

Versuche bei einem externen Labor mit E. coli bei einem Volumenstrom von 6 l/min zeigen, dass das gewählte Reaktordesign effizienter ist gegenüber einem modifizierten Konkurrenzprodukt (siehe Abbildung 3). Die Modifizierung umfasste eine Anpassung der LEDs für einen vergleichbaren Strahlungs-

fluss. Das Originalgerät verwendet mehr und ineffizientere LEDs, wodurch ein Turbinenbetrieb nicht möglich wäre. Die LEDs wurden bei den Versuchen mit einer externen Stromversorgung bei konstantem Strom betrieben.

Anschliessend wurde eine Versuchsreihe mit L. pneumophila (KBE ~10<sup>4</sup> pro ml) durchgeführt, ebenfalls mit einer kontrollierten, externen Stromversorgung. Das Ergebnis – selbst bei einer Membranfiltration von 100 ml – konnten keine koloniebildende Einheit (KBE) nachgewiesen werden (siehe Abbildung 4). Aus dem Nullversuch ohne Strahlung ist ersichtlich, dass keine Inaktivierung durch den Reaktor (Materialien) stattfindet.

	V1 (R1)	V2 (R1)	V1 (R2)	V2 (R2)	Einheit
Anzahl KBE Ursprungskonzentration:	800'000	732'500	1'282'500	340'000	KBE/ml
Anzahl KBE nach Reaktor*:	0	0	720	268	KBE/ml
Log-Reduktion:	≥4.9	≥4.9	3.3	3.7	–

\*Werte für Verdünnung von 10 x bis 1000 x

**Abbildung 3: Vergleich von zwei Reaktorentypen mit gleicher Strahlungsleistung. (R1) An der OST entwickelter Reaktor; (R2) Modifiziertes eingekauftes Produkt**

	V0*	V1	V2	V3	Einheit
Anzahl KBE Ursprungskonzentration:	13'500	13'500	8'500	18'500	KBE/ml
Anzahl KBE nach Reaktor*:	12'450	0	0	0	KBE/ml
Log-Reduktion:	0.04	≥4.1	≥3.9	≥4.3	–
Anzahl KBE konzentriert 100 ml:	–	0	0	0	KBE/(100ml)
Log-Reduktion:	–	≥6.1	≥5.9	≥6.3	–

\*Ohne Bestrahlung

**Abbildung 4: Die vier Versuche in Übersicht: (V0) Nullversuch; (V1),(V2) und (V3) mit Bestrahlung**

#### Ergebnisse E. coli

Volumenstrom: 6 l/min  
Probemenge: 5 l  
Getestete Keim: E. coli ATCC 11229  
Anzahl Versuche mit Bestrahlung  
Eigenentwicklung (R1): 2  
Anzahl Versuche mit Bestrahlung Produkt1 mit ersetzten LEDs (R2): 2  
Anzahl 0-Versuche (ohne Bestrahlung): 0  
UV-Transmission der E. coli Suspension\*: 54% @10 cm bei 266 nm  
\*Die Transmissionsmessung wurde nach der Bestrahlung durchgeführt

#### Ergebnisse L. pneumophila

Volumenstrom: 6 l/min  
Probemenge: 5 l  
Getestete Keime: L. pneumophila ATCC 33152  
Anzahl Versuche mit Bestrahlung: 3  
Anzahl 0-Versuche (ohne Bestrahlung): 1  
UV-Transmission der L. pneumophila Suspension\*: 32.5% @10 cm beim Wirkspektrum der Strahlung

\*Die Transmissionsmessung wurde aus sicherheitstechnischen Gründen nach einer thermischen Behandlung bei 120°C durchgeführt

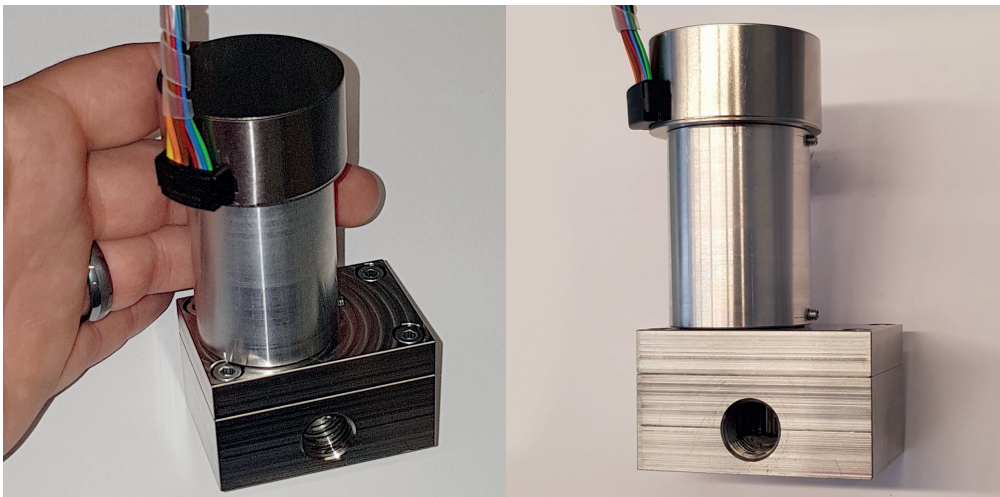
#### Turbine

Für den autarken Betrieb eines UVC-Reaktors mittels Mikroturbine wird ein hoher Wirkungsgrad gefordert, um ausreichende elektrische Leistung zu erzeugen. In der Regel kann die elektrische Leistung durch Erhöhung des Durchflusses gesteigert werden, dabei sinkt die Desinfektionsleistung des Reaktors aufgrund der kürzeren Verweilzeit des kontaminierten Wassers. Die aktuell erhältlichen Mikro-Turbinen erreichen mit 11 % Wirkungsgrad nicht genügend Leistung, weshalb eine leistungsstärkere Turbine entwickelt wurde (siehe Abbildung 5). Die Prototyp-Turbine mit einem bürstenlosen Generator erreicht einen elektrischen Wirkungsgrad von 30 % bei gleichgerichtetem Strom.

Dimensionen:  
LxBxT = 100 mm x 58 mm x 42 mm

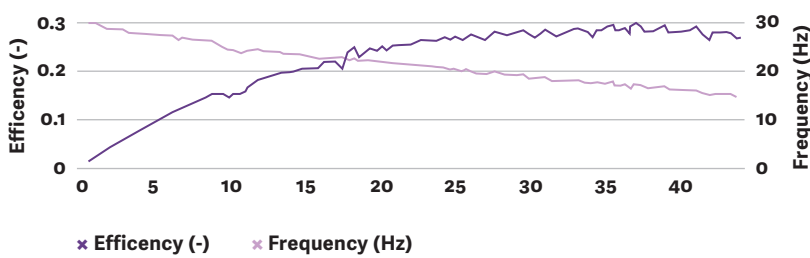
#### Leistungsnachweis

Die Turbinen-Kenndaten Strom, Spannung, Volumenstrom und Druckabfall wurden bei ändernder elektronischer Last ermittelt. Das Drehmoment und die Drehzahl (Frequenz) wurden dann über die Generatordaten ermittelt. Eine der



Messungen bis zu einem Drehmoment von 45 mNm ist in Abbildung 6 gezeigt. Es ist zu erkennen, dass mit höherer Leistungsentnahme der Druckabfall steigt und der Volumenstrom sinkt.

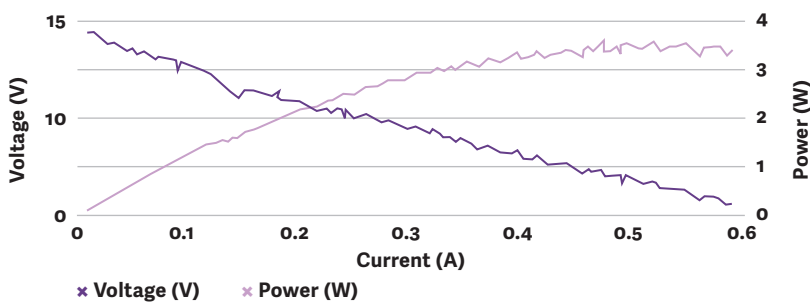
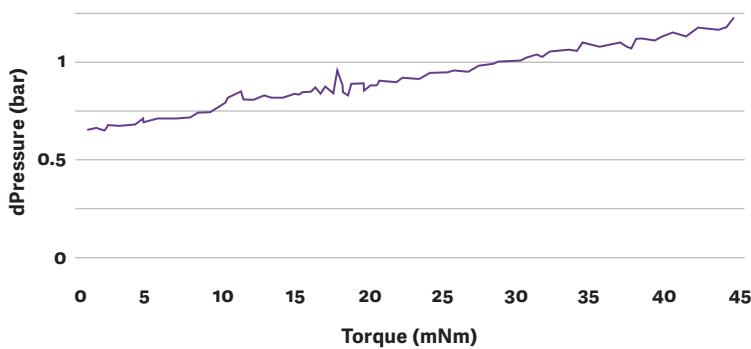
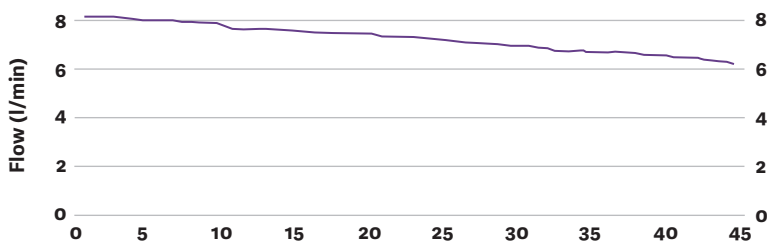
**Abbildung 5:**  
Turbine mit Generator gefertigt aus Edelstahl mit geschützter Kuppelung in der Mitte



MaxEfficiency = 29.5%  
Frequ\_maxEff = 17.7 Hz

torque\_maxEff = 37.2 mNm  
Druck\_maxEff = 1.07 bar  
Flow\_maxEff = 6.62 l/min  
Pelek\_maxEff = 3.50 W  
Pwater\_maxEff = 11.87 W

V\_maxEff = 7.06 V



**Abbildung 6:** Kenndaten der Turbine bei ändernder Last. (Rechts) Die Kenndaten bei maximaler Effizienz der Turbine.

**Kontakt**  
Raffael Palazzolo  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

OST – Ostschweizer Fachhochschule  
KMN  
Oberseestrasse 10  
CH-8640 Rapperswil  
T +41 58 257 42 67  
raffael.palazzolo@ost.ch | ost.ch