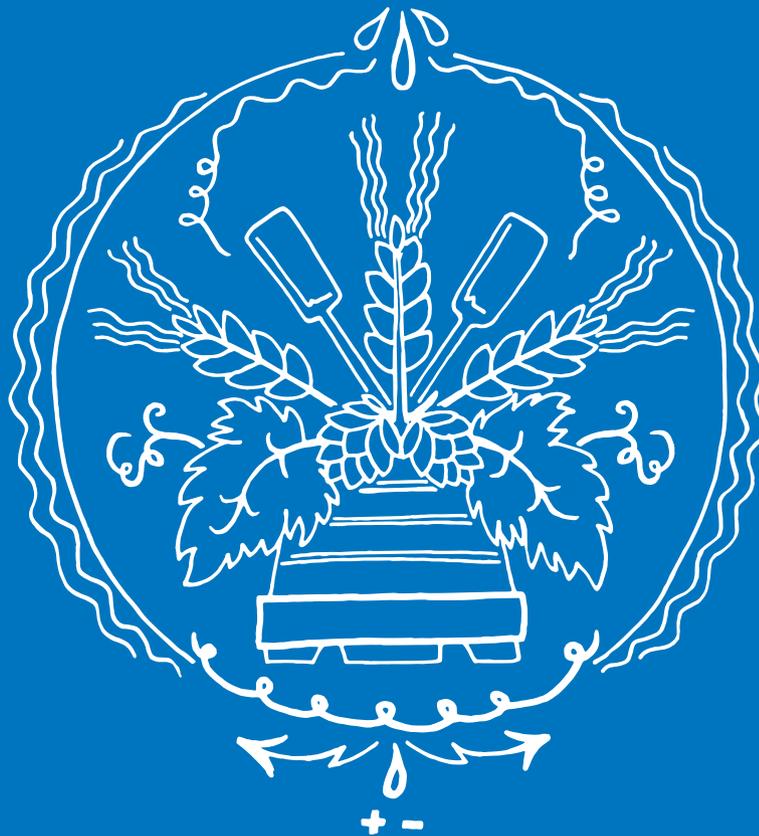


# Auf dem Weg zur Brautarkie





**Dr. Karl Glas und seine Arbeitsgruppe sind Experten für Wassermanagement in Brauerei- und Lebensmittelbetrieben. Vom Design chemischer und biologischer Eigenschaften der Ressource Wasser bis zur Lösung komplexer Reinheitsfragen sind sie auf der Suche nach Optimierungspotenzialen in den Betrieben. Aktuell wollen sie kleinen und mittleren Brauereien dabei helfen, ihr Abwasser mit mikrobiellen Brennstoffzellen energieautark zu reinigen. Die deutschlandweit erste Pilotanlage in der Brauerei- und Getränkeindustrie ging im Herbst 2019 in einer großen deutschen Brauerei in Betrieb.**

Link

[www.molekulare-sensorik.de/index.php?id=55](http://www.molekulare-sensorik.de/index.php?id=55)



**Angesichts steigender Kosten** steigt auch der Druck auf Brauereien, Energie und Wasser effizienter zu nutzen, und mit ihm das Interesse an innovativen Lösungen.



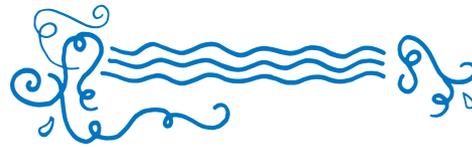
**W**asser ist nicht gleich Wasser. Das weiß wohl kaum jemand besser als Dr. Karl Glas, der Leiter der Arbeitsgruppe Wassertechnologie (AGW) am Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik der TUM in Freising. Ob als Rohstoff für die Produktion oder als Betriebs- und Abwasser in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie – Wasser gibt es mit einer großen Vielfalt von Eigenschaften.



### **Welches Wasser soll es sein?**

„Wir sprechen von Wasserdesign“, sagt Glas und fragt: „Wie kann ich mein Wasser so designen, dass es top-sauber ist oder genau für einen bestimmten Einsatzzweck passt? Das ist der Kern unserer Arbeit. In der Getränke- und Lebensmittelindustrie muss das Wasser keimfrei sein, und andere, bereits im Wasser enthaltene oder im Betrieb ins Wasser eingetragene Stoffe wie Pestizide, Kalk, Kupfer, Desinfektionsmittel etc. müssen raus.“ Die AGW forscht in diesem Zusammenhang an innovativen Lösungen in der Sensorik, Filtration und Desinfektion. Das Prozesswasser in der Brauindustrie, Glas' Spezialgebiet, kommt im Betrieb in verschiedenen Aggregatzuständen vor: als Heißwasser, Kaltwasser oder Dampf – in allen muss es Trinkwasserqualität haben und entsprechend aufbereitet sein.

Wasser ist darüber hinaus ein wichtiger Faktor, wenn es um die Wirtschaftlichkeit von Betrieben und deren Einfluss auf die Umwelt geht. „Die Industrie hat hier noch viel Potenzial bei der Einsparung von H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub>“, betont Glas. Der gebürtige Augsburger hat seine Wurzeln in der Praxis. Über sich selbst und das Wasser sagt er: „Ich habe zwar Brauwesen studiert, bin aber nicht der typische Brauer, den man sich vielleicht vorstellt, in Lederhose und mit einem Bier in der Hand. Mir ist das Wasser wichtiger. Wasser ist spannend, denn es ist wissenschaftlich, es ist technisch, es ist politisch, es ist kulturell. Wasser ist immer interessant, und die Wasserchemie ist nicht einfach – Gott sei Dank, so haben wir etwas zu forschen!“



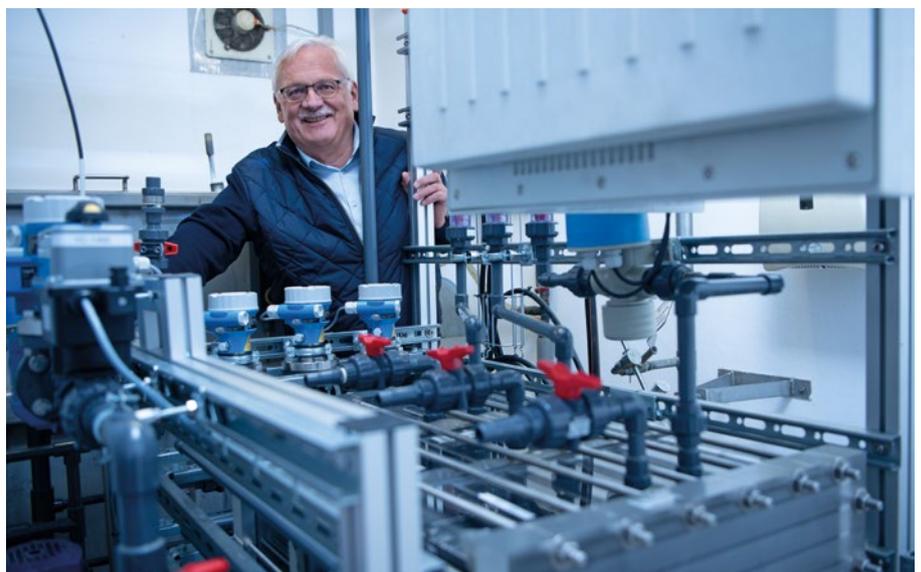
### An der Schnittstelle von Wasser, Energie und Umwelt

Die AGW setzt an der Schnittstelle von Wasser, Energie und Umwelt in der Getränke- und Lebensmittelindustrie an. Ihr Forschungsspektrum umfasst die Entwicklung neuer Verfahren zur Aufbereitung von Trink- und Abwasser, zum anlagen- und prozessorientierten Management von Energie- und Stoffströmen sowie Fragestellungen zur Mikrobiologie und Hygiene. Sie nutzt dabei Methoden zur Simulation von chemisch-physikalischen Prozessen, zur Analyse neuer Materialien oder zur Abstraktion und Modellierung von Anlagen- und Prozessstrukturen.

Die chemische und biologische Beschaffenheit des Wassers ist bei der Bierherstellung fundamental. Innerhalb des Brauprozesses gibt es keinen Abschnitt, der nicht von der Zusammensetzung des Wassers beeinflusst würde. Da Brauereien und Getränkebetriebe ihr Rohwasser entweder aus öffentlichen Leitungsnetzen oder eigenen Brunnen beziehen, muss seine Aufbereitung sowohl gesetzlichen als auch brautechnischen Kriterien entsprechen. Aufgrund geografischer und geologischer Gegebenheiten unterscheiden sich etwa die Parameter Wasserhärte und Alkalinität teils erheblich voneinander. ▶

*„Die Industrie hat hier noch viel Potenzial bei der Einsparung von H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub>.“*

Karl Glas



Glas mit der in Zusammenarbeit mit der TU Freiberg entwickelten, neuartigen Pilotanlage zur Abwasserreinigung, die im Oktober 2019 in Betrieb ging.

### Die Brauindustrie will effizienter werden

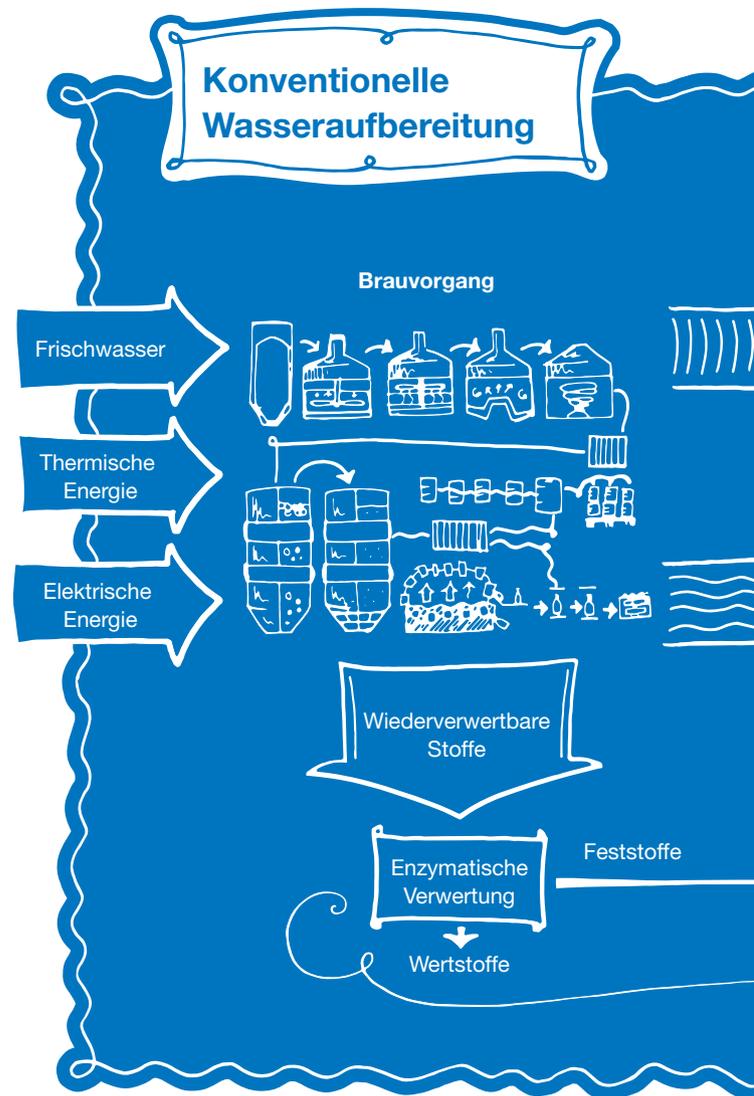
Glas ist, nicht zuletzt aufgrund seiner langen Beratungstätigkeit, sehr gut mit der Brauwirtschaft vernetzt. Das von seiner Arbeitsgruppe veranstaltete zweitägige „Weihenstephaner Seminar für Wassertechnologie“ etwa bietet jedes Jahr ein Forum zum Austausch zwischen Wissenschaftlern und Unternehmern über Entwicklungen in der Wassertechnologie.

Die Brauindustrie in Deutschland ist ein kostengetriebenes Geschäft mit enger Gewinnmarge. Sie besteht zu 90 Prozent aus kleinen bis mittleren Betrieben und hängt von fossilen Brennstoffen und externem Strombezug ab. Ein volatiler Energiemarkt, steigende Energie- und Rohstoffpreise sowie das wachsende Interesse der Verbraucher an ökologisch nachhaltigen Produkten sind die Herausforderungen von heute. So steigt auch der Druck, Energie und Wasser effizienter zu nutzen, und mit ihm das Interesse der Industrie an innovativen Lösungen. Selbst in modernsten Anlagen fallen zum Beispiel pro produziertem Liter Bier zwei Liter Abwasser an. Spätestens wenn das Wasser spürbar teurer wird, würden auch die deutschen Bierbrauer versuchen, ihr Abwasser komplett so aufzubereiten, dass es wieder in den Produktionskreislauf kann, prognostiziert Glas.



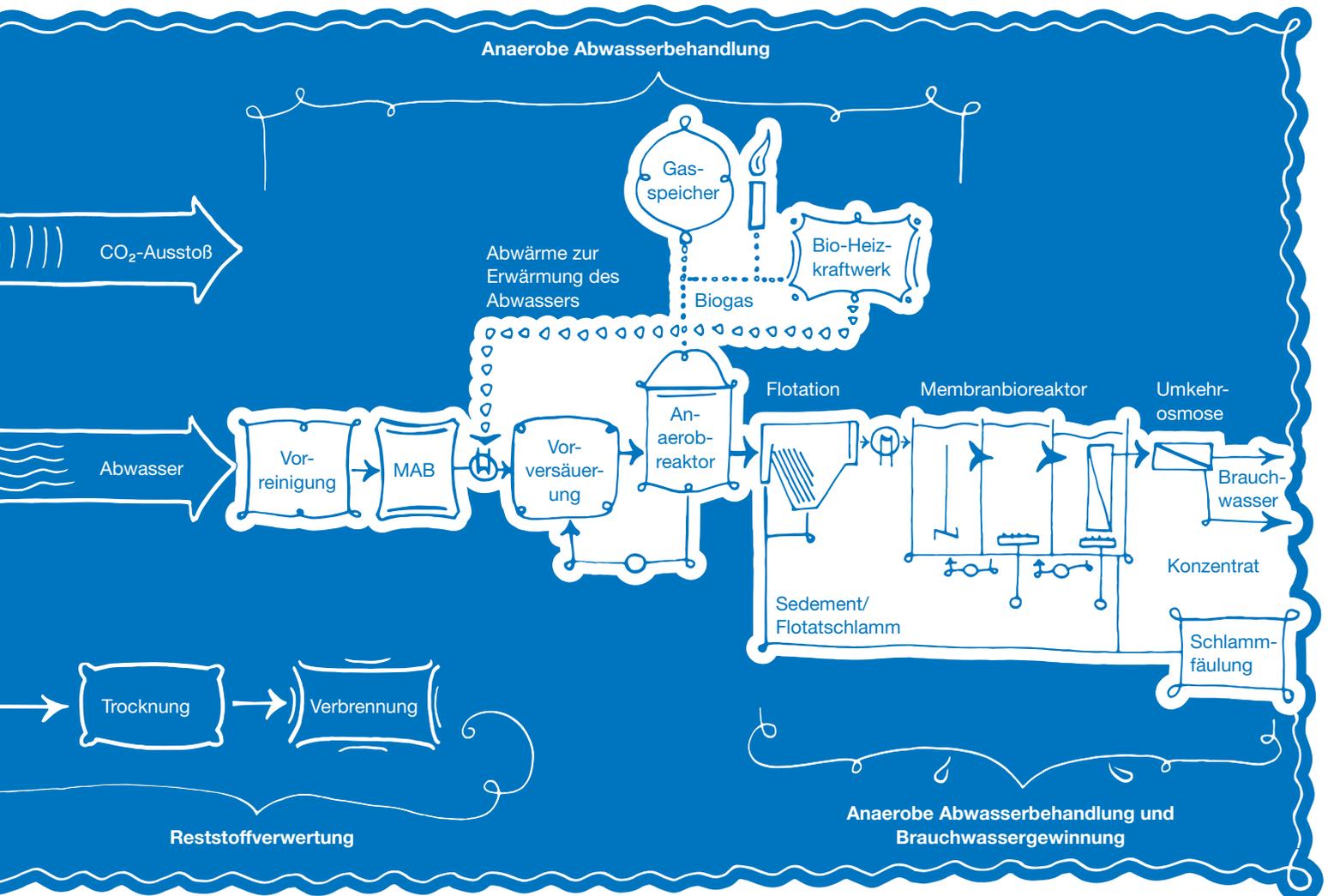
### Kleine und mittlere Betriebe im Fokus

Die AGW entwickelt derzeit mit einem Partner der TUM ein Modellierungs- und Simulationswerkzeug, das eine standardisierte, anlagenübergreifende Analyse und Prognose



der Energie- und Medienverbräuche von Prozessketten ermöglicht. Getränkeproduzenten und Anlagenherstellern soll damit erstmalig ein ganzheitliches Werkzeug zum Erschließen bisher verborgener Einsparpotenziale zur Verfügung stehen. Das Streben nach Autarkie war für Glas und seine Arbeitsgruppe der Ausgangspunkt für dieses und andere aktuelle Projekte. In einer Machbarkeitsstudie („BrauTark“) betrachteten sie zuvor die Energie- und Stoffströme einer Brauerei. Die Forscher haben das Potenzial der Ströme identifiziert, die Möglichkeiten einer energetischen Nutzung untersucht und anschließend Wege zur Substitution konventioneller Energieträger durch erneuerbare Energien aufgezeigt.

„Brauen ist energieintensiv“, gibt Glas zu bedenken. „Wenn Sie brauen, kochen Sie erstmal Würze. Das kostet satte Energie. Bei kleineren Brauereien ist naturgemäß die Effizi-



enz nicht so hoch wie bei den großen, die kontinuierlich produzieren. Eine typische kleine Brauerei hat wöchentlich nur ein bis zwei Sudtage und muss so immer wieder von neuem den Sud anwärmen. Sie kann es sich in der Regel auch nicht leisten, eine Abwasseraufbereitungsanlage zu bauen.“ Solche Betriebe haben Misch- und Ausgleichsbecken, in denen die Schmutz- und Frachtspitzen und die ph-Werte des Wassers vergleichmäßigt werden, bevor man das Abwasser an die Kommune abgibt. Nicht selten ist dann ein Starkverschmutzer-Zuschlag fällig. So wird auch das Abwasser zum Kostenfaktor. „Eine Verbesserung brächten autarke Anlagen. Der kleinere oder mittlere Betrieb könnte zum Beispiel von Montag bis Mittwoch eine Charge CO<sub>2</sub>-frei produzieren und sein Abwasser die nächsten Tage in aller Ruhe über eine Brennstoffzelle abbauen und dabei noch Strom gewinnen“, erklärt Glas. ▶



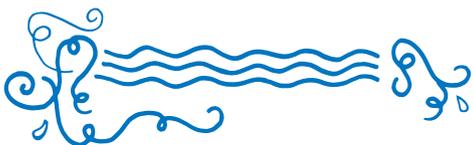
**Pro Liter Bier fallen gut zwei Liter Abwasser an.** Große Brauereien reinigen es bisher in Anaerobanlagen (also Anlagen, die ohne Sauerstoff arbeiten) mit einer Biogasgewinnung. Das aktuelle Projekt „Brew-Cell“ ersetzt den hier weiß unterlegten Teil durch eine Brennstoffzelle.

### Brew-Cell: neue Perspektiven zur Energieintegration

Die Abwasserbehandlung bei gleichzeitiger Gewinnung elektrischer Energie durch den Einsatz mikrobieller Brennstoffzellen (MFC) soll nun der Industrie neue Perspektiven eröffnen. In der Regel reinigen große Betriebe bisher Abwasser in Anaerobanlagen (also Anlagen, die ohne Sauerstoff arbeiten) mit einer Biogasgewinnung. Das aktuelle Projekt „Brew-Cell“ zeigt, wie man das Ganze in kleinerem Maßstab mit Brennstoffzellen bewerkstelligen kann. Es wird im Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert. Zunächst wählten die Forscher für die Mikroorganismen geeignete Abwasserströme aus und führten dann mit verschiedenen MFC-Bauarten grundlegende Experimente im Labormaßstab durch. Vertragen „die kleinen Helferlein“, wie Glas sie nennt, bestimmte Desinfektionsmittel nicht? Ist das Abwasser für sie „fett“ genug? Nur, wenn auch hier das Design stimmt, kommt man zu guten Ergebnissen. Parallel hat die AGW auf Basis eines mathematischen Modells eine Software entwickelt, die bei Entscheidungen zu Design, Prozessauslegung und -fahrweise an optimalen Betriebspunkten hilft. Daraus leiteten sie ein Konzept zur Einbindung der MFC in die Energiewirtschaft der Brauerei ab. ▶

*„Wasser ist spannend, denn es ist wissenschaftlich, es ist technisch, es ist politisch, es ist kulturell.“*

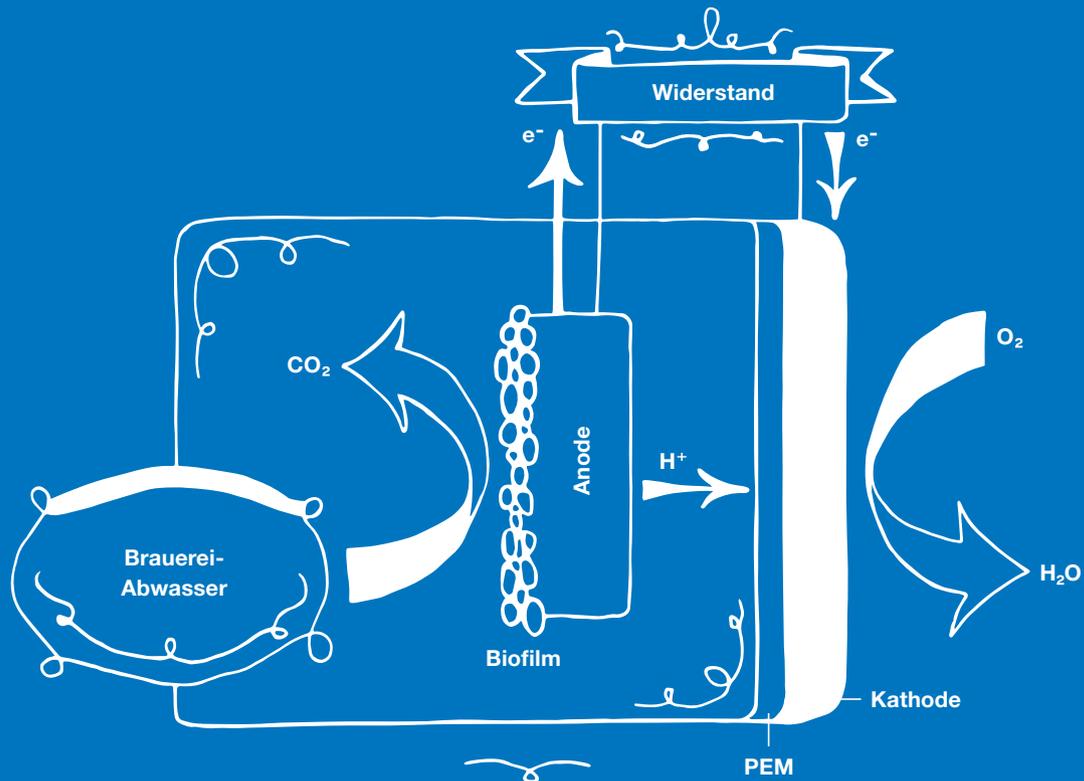
Karl Glas





Bildquelle: Stefan Hopf; Grafiken: edlundsepp

**Im Ein-Liter-Maßstab** bereits erfolgreich im Labor erprobt, beginnen nun die Tests in der 100-Liter-Pilotanlage. Vor allem werden nun die Einzelheiten der Prozessführung bei der Abwasserreinigung durchgespielt.



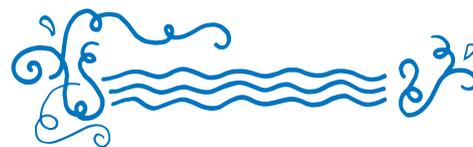
#### Das Konzept von Brew-Cell

Die Brennstoffzelle zur Abwasserreinigung stellt einen völlig neuen Ansatz dar. Er ermöglicht es, gleichzeitig das Abwasser zu reinigen und Elektrizität zu erzeugen. Exoelektrogene Bakterien haben die Fähigkeit, organische Stoffe im Abwasser zu verwerten und die dadurch gewonnenen Elektronen an eine Elektrode abzugeben. Der auf der Anode vorhandene Biofilm oxidiert dabei Substrat, wobei Elektronen und Protonen frei werden. Elektronen werden an die Anode abgegeben und fließen über einen externen Widerstand weiter zur Kathode. Dort wird unter Anwesenheit der zuvor gewonnenen Protonen ( $H^+$ ) Sauerstoff zu Wasser reduziert.



**Dr. Karl Glas**

Er studierte an der TUM Brauwesen und Getränketechnologie und promovierte 1988 mit Auszeichnung über Brauereiabwasserinhaltsstoffe. Kurz darauf übernahm er die Leitung der Abteilung „Sonder- und Umweltanalytik“ am Forschungszentrum für Brau- und Lebensmittelqualität Weihenstephan. Von 2006 bis 2014 war er wissenschaftlicher Leiter des Competence Pool Weihenstephan und zwischen 2010 und 2015 Leiter Wissenschaft/Forschung bei der Bayerischen Forschungstiftung in München. Seit 2014 ist er in seiner aktuellen Position als Leiter der Arbeitsgruppe Wassertechnologie am Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik der TUM tätig, seit 2015 in Vollzeit. Er berät seit 30 Jahren im In- und Ausland Betriebe der Brau- und Getränkeindustrie im Bereich „Wasser und Umwelt“.



Durch den Einsatz verschiedener Regelkonzepte ließen sich auch die jeweiligen Auswirkungen auf das Prozessverhalten bestimmen. „Vor gut zwei Jahren begann unsere Arbeit mit den Brennstoffzellen. Wir haben im Labor mit Prototypen im Ein-Liter-Maßstab experimentiert. Im Herbst 2019 ging dann in einer großen deutschen Brauerei eine um den Faktor 100 vergrößerte Pilotanlage in Betrieb.“ Hier sollen Parameterstudien Erkenntnisse zur weiteren Hochskalierung solcher Anlagen und zur Umsetzung in anderen Industriebereichen bringen. Es müssen noch viele Details geklärt werden, auf diesem Weg zur Brautarkie. Die Pilotanlage der Freisinger Forscher wird dabei helfen, wertvolle Erfahrungen zu sammeln. ■ *Karsten Werth*

