

Abschlussbericht bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)
zum Projekt

Mikrobielle Bioelektrotechnologie: Plattform für Deutschland

Antragsteller:

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ
Department für Umweltmikrobiologie, Permoserstrasse 15, 04318 Leipzig,
Harnisch, Falk, PD Dr. rer. nat. habil.
Tel.: +341 235 1337, e-mail: falk.harnisch@ufz.de

Kooperationspartner:

TU Braunschweig
Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie, Hagenring 30, 38106 Braunschweig
Schröder, Uwe, Prof. Dr. rer. nat. habil.
Tel.: +531 391 8425; e-mail: uwe.schroeder@tu-braunschweig.de

RWTH Aachen^{*1}

Rosenbaum, Miriam, Prof. Dr. rer. nat.

(*1: Wechsel zum 01.10. 2017 and das Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie e. V., Hans-Knöll-Institut (HKI), Adolf-Reichwein-Straße 23, 07745 Jena)

Tel.: 49 3641 532-1120; e-mail: miriam.rosenbaum@leibniz-hki.de

Projektlaufzeit: 01.10.2013 – 31.12.2018 (Laufzeit: 63 Monate)

Aktenzeichen: 31382-31

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	31382-31	Referat	Umweltchemie	Fördersumme	12.800,00€
Antragstitel		Mikrobielle Bioelektrotechnologie: Plattform für Deutschland			
Stichworte		Energie, Wasser, chemisches Verfahren, Green Chemistry			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
63 Monate	01.10.2013	31.12.2018	1		
Zwischenbericht	30.09.2017				
Bewilligungsempfänger	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ Dept. f. Umweltmikrobiologie PD Dr. Falk Harnisch Permoserstrasse 15 04318 Leipzig			Tel 0341 235 - 1337	
				Projektleitung PD Dr. Falk Harnisch	
				Bearbeiter -	
Kooperationspartner	Prof. Dr. Miriam A. Rosenbaum, RTWH Aachen, Aachen (ab 1.10.2017 Friedrich-Schiller-Universität, Jena) Prof. Dr. Uwe Schröder, TU Braunschweig, Braunschweig				
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
Ziel des Vorhabens war es, die unterschiedlichen auf nationaler Ebene aktiven Akteure im Bereich der mikrobiellen Bioelektrotechnologie sowie angrenzender Bereiche durch eine Serie von Veranstaltungen (Workshops) zu vernetzen. Dies beinhaltet dabei sowohl Akteure aus dem akademischen Bereich (Universitäten, Großforschungseinrichtungen) als auch aus der Wirtschaft, unter besonderer Berücksichtigung des Mittelstands.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Ergebnisse und Diskussion

Im Projektzeitraum von 2013 bis 2018 wurde jährlich ein Workshop veranstaltet. (2013: Osnabrück; 2014: Aachen; 2015: Leipzig; 2016: Braunschweig; 2017: Frankfurt, 2018: Karlsruhe). Der Kreis der Teilnehmer war sehr divers. Insgesamt nahmen (unter Berücksichtigung von Mehrfachteilnahmen) insgesamt 220 und im Durchschnitt 37 Personen (davon 66% Promovierende) an den Workshops teil, durchschnittlich waren 14 Institutionen vertreten (s. auch Abb. 5). Insgesamt wurden während der sechs Veranstaltungen 66 Vorträge gehalten, wobei 62 Vorträge von Promovierenden stammen. Dies entspricht einem Anteil von 94%. Über diese quantifizierbaren Kenngrößen heraus erhielten die Workshops ein überwältigend positives Feedback in der Gemeinschaft. So konnten zahlreiche Projekte von Promovierenden – vor allem in Arbeitsgruppen (AGs), in welchen die Bioelektrochemie kein Kernthema darstellt(e) – wichtige Impulse erfahren. Zusammenfassend konnte das Projekt zu einer umfassenden Vernetzung einzelner Akteure am Forschungsstandort Deutschland beitragen und zahlreiche Promotions- und Forschungsarbeiten befördern. An der geplanten Fortführung dieses Veranstaltungsformates lassen sich der Erfolg und die Wichtigkeit für die weitere Entwicklung der Bioelektrotechnologie in Deutschland ablesen.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Harnisch, F., Holtmann, D., Agler-Rosenbaum, M., Schröder, U. (2014) Die Elektrobiotechnologie in Deutschland nimmt Fahrt auf; *Biospektrum* 20 (1), 93 - 94

D. Holtmann & F. Harnisch, Foundation of the New German Workgroup of Electro-Biotechnology at the DECHEMA, *ISMET news* No. 5 – Jul 2014

U. Schröder & F. Harnisch, Vortrag (Mikrobielle elektrochemische Systeme: Von mikrobiellen Brennstoffzellen zur Synthese) und Podiumsdiskussion auf der *Electrochemistry 2014 Basic Science and Key Technology for Future Applications*, 22-24. 09. 2014 in Mainz

Harnisch, F., Rosenbaum, M.A., Greiner, A., Schröder, U. (2016) Wie Mikroorganismen und Elektroden interagieren; *Nachr. Chem.* 64 (7-8), 732 – 737

Bioelectrosynthesis (Buch)

Editors: Falk Harnisch & Dirk Holtmann; *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 167 Series Editors: Scheper, Th., Belkin, S., Bley, Th., Bohlmann, J., Gu, M.B., Hu, W.-S., Mattiasson, B., Nielsen, J., Seitz, H., Ulber, R., Zeng, A.-P., Zhong, J.-J., Zhou, W. 420 pages, ISBN 978-3-030-03298-2
Publisher: Springer Nature, Cham

Fazit

Die Förderung der Workshopreihe durch die DBU kann als innerhalb der Projektlaufzeit höchst erfolgreich angesehen werden. Darüber hinaus wurde durch diese Förderung im Idealfall der Grundstein für eine langjährige Kooperation der Akteure auf dem Gebiet der Elektrobiotechnologie in Deutschland gelegt.

Dies spiegelt sich nicht nur in zahlreichen erfolgreichen Drittmittelprojekten, Promotionsarbeiten und Berufungen wieder, sondern auch in der Fortsetzung der Workshopreihe in Eigenregie (2019 in Bochum; 2020 Bremen).

Inhaltsverzeichnis

1.	Zielsetzung und Anlass des Vorhabens	8
2.	Ergebnisse - Workshops	12
2.	Ausblick & Weiterführung.....	15
3.	Anhänge:	16

Zusammenfassung

Ziel des Vorhabens war es, die auf nationaler Ebene aktiven Akteure im Bereich der mikrobiellen Bioelektrotechnologie sowie angrenzender Bereiche durch eine Serie von Veranstaltungen (Workshops) zu vernetzen. Im Fokus standen sowohl Akteure aus dem akademischen Bereich (Universitäten, Großforschungseinrichtungen) als auch aus der Wirtschaft, unter besonderer Berücksichtigung des Mittelstands.

Dieses Ziel wurde durch die Veranstaltung von insgesamt 6 Workshops in den Jahren 2013 bis 2018 mit durchschnittlich 37 Teilnehmenden erreicht. Der Anteil der Promovierenden lag bei ca. 2/3 der Teilnehmenden, diese hielten >90% der Vorträge. Die Workshops ermöglichten einen mittel- und unmittelbaren positiven Einfluss auf deren Promotionsarbeiten und legten die Grundlage für zahlreiche informelle und später z.T. formelle Kooperationen. Die Veranstaltungsreihe hat durch die Vernetzung der Akteure deutlich zum Erfolg und der Sichtbarkeit der Forschung in der Elektrobiotechnologie in Deutschland beigetragen. Dies lässt sich an einer steigenden Verankerung des Feldes auf der Ebene von Professuren (Erstberufungen, Rekrutierungen sowie Einrichtung von neuen Professuren der Denomination „Elektrobiotechnologie“), sowie einer steigenden Anzahl von Drittmittelprojekten unter teilweise erheblicher Einbringung von industriellen Eigenmitteln ablesen.

Veröffentlichungen

Während der Laufzeit des Projekts wurden die bessere Vernetzung der wissenschaftlichen Gemeinschaft und die zu Grunde liegende Förderung seitens der DBU in folgenden Publikationen dokumentiert:

Zeitschriftenartikel:

Harnisch, F., Holtmann, D., Agler-Rosenbaum, M., Schröder, U. (2014) Die Elektrobiotechnologie in Deutschland nimmt Fahrt auf; *Biospektrum* 20 (1), 93 - 94

D. Holtmann & F. Harnisch, Foundation of the New German Workgroup of Electro-Biotechnology at the DECHEMA, *ISMET news* No. 5 – Jul 2014

Harnisch, F., Rosenbaum, M.A., Greiner, A., Schröder, U. (2016) Wie Mikroorganismen und Elektroden interagieren; *Nachr. Chem.* 64 (7-8), 732 – 737

Vorträge:

U. Schröder & F. Harnisch, Vortrag (Mikrobielle elektrochemische Systeme: Von mikrobiellen Brennstoffzellen zur Synthese) und Podiumsdiskussion auf der *Electrochemistry 2014 Basic Science and Key Technology for Future Applications*, 22-24. 09. 2014 in Mainz

Buch und Buchkapitel

Bioelectrosynthesis

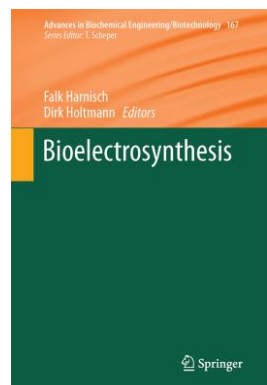
Editors: Falk Harnisch & Dirk Holtmann

Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology 167

Series Editors: Scheper, Th., Belkin, S., Bley, Th., Bohlmann, J., Gu, M.B., Hu, W.-S., Mattiasson, B., Nielsen, J., Seitz, H., Ulber, R., Zeng, A.-P., Zhong, J.-J., Zhou, W.

420 pages, ISBN 978-3-030-03298-2

Publisher: Springer Nature, Cham



Electrification of Biotechnology: Quo vadis?

D. Holtmann & F. Harnisch

In: Harnisch, F., Holtmann, D. (eds.)

Bioelectrosynthesis, *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 167

Seiten 395 – 411

Springer Nature, Cham, 2019

1. Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Einleitung: Was ist „mikrobielle Bioelektrotechnologie“?

In der Mikrobielle Bioelektrotechnologie werden lebende Mikroorganismen als sogenannte mikrobielle Elektrokatalysatoren genutzt, um biochemische Stoffumwandlungen an Elektroden zu ermöglichen. Der mikrobielle Metabolismus wird dabei mit dem Fluss elektrischen Stroms verlinkt.

Abbildung 1 zeigt am Beispiel einer mikrobiellen Brennstoffzelle die grundlegenden Prozesse in mikrobiellen elektrobiotechnologischen Reaktoren. In mikrobiellen Brennstoffzellen wird dabei die in chemischen Energieträgern (hier Abwasser) gespeicherte Energie in elektrische Energie umgewandelt.

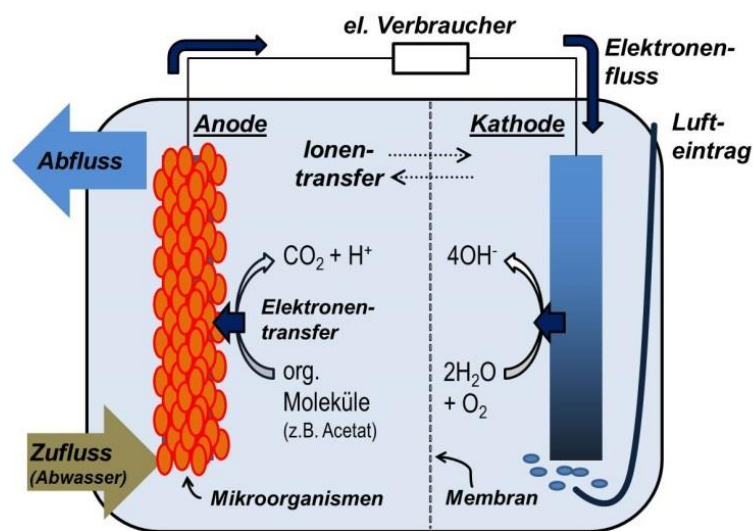


Abb. 1: Schematischer Aufbau einer mikrobiellen Brennstoffzelle zur Erzeugung elektrischer Energie aus Abwasser (Abb. aus *Biologie in unserer Zeit* 2013 43 (2) 96-103).

In den letzten Jahren haben sich die Anwendungsmöglichkeiten der Bioelektrotechnologie erheblich erweitert. Mittlerweile umfassen diese eine Vielzahl von potentiellen Anwendungen im Bereich der nachhaltigen („grünen“) Energie- und Stoffumwandlung, dazu zählen beispielsweise:

- Mikrobielle Brennstoffzellen
- Mikrobielle elektrochemische Wasserentsalzung
- Mikrobieller elektrochemischer Schadstoffabbau/ Bodensanierung
- Mikrobielle Elektrolyse
- Mikrobielle Elektrosynthese/ Elektrotransformation
- Elektrochemische Fermentationssteuerung
- Mikrobielles Biocomputing

Im Zuge einer nachhaltigen Bioökonomie wird der elektrobiotechnologischen Herstellung von chemischen Energieträgern und von Grund- sowie Feinchemikalien ein besonderes Potential zugetraut. Die grundlegenden Prozesse in mikrobiellen bioelektrochemischen Reaktoren zur Stoffumwandlung mittels mikrobieller Elektrotransformation sind in Abbildung 2

dargestellt. Der Biofilm eines bioelektrokatalytisch optimierten Mikroorganismus reduziert an einer Kathode ein Substrate X selektiv zum Produkt XH_2 . Für biotechnologisch interessante Konzepte wird vor allem die Chemo-, Regio- und Stereospezifität der Reaktion von großem Wert sein. Dabei wird das Reaktionssubstrat nicht als Wachstumssubstrat für den Biofilm verwendet, sondern für die stabilen stationären Eigenschaften des Biofilms sorgt stattdessen ein separates Wachstumssubstrat. Analog können auch anodische Konzepte (d.h. zur mikrobiellen Elektrooxidation) entwickelt werden.

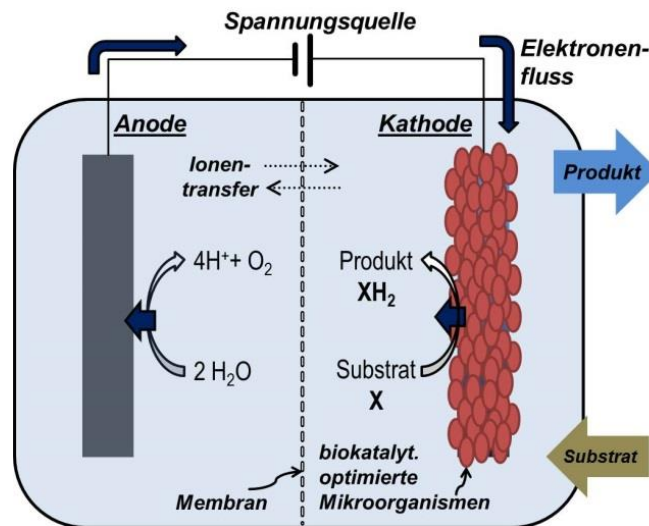


Abb. 2: Schematische Darstellung einer mikrobiellen Elektrotransformation unter Nutzung von mikrobiellem EET (hier an einer Kathode) (Abb. aus *Biologie in unserer Zeit* 2013 43 (2) 96-103)

Die Forschung und Entwicklung der mikrobiellen Bioelektrotechnologie umfasst eine Vielzahl von Fachrichtungen und bedarf eines stetigen interdisziplinären Dialogs über Fachgrenzen hinweg, um die Entwicklungsbedürfnisse und insbesondere Randbedingungen festzustellen und entsprechende Lösungsvorschläge zu generieren. Der Ausbau dieses Dialogs auf nationaler Ebene war das Kernanliegen des beantragten Projektes.

Wichtige zu vernetzende Fachrichtungen sind im Folgenden unter Angabe beispielhafter Entwicklungsfelder aufgelistet:

- Elektrochemie
Vertieftes Verständnis und Optimierung des mikrobiellen Elektronentransfers
- Mikrobiologie, einschl. Umweltmikrobiologie
Verständnis der mikrobiellen Elektrophysiologie und Steuerung komplexer mikrobieller Gemeinschaften
- Molekularbiologie & Synthetische Biologie
Expression von transmembranen Elektronentransferproteinen in universalen Produktionsstämmen
- Biotechnologie
Entwicklung von mikrobiellen Prozessen für die technische Nutzung
- Materialwissenschaften, z.B. Elektroden-, Membran und Reaktormaterialien
Entwicklung von kostengünstigen und skalierbaren, leistungsfähigen und langzeitstabilen Elektrodenmaterialien
- Verfahrenstechnik/ Reaktorbau
Entwicklung von Reaktoren (Prototypen)
- Umweltingenieurwesen/ Siedlungswasserwirtschaft

Implementation von mikrobiellen bioelektrotechnologischen Prozessen, insbesondere mikrobiellen Brennstoffzellen, in bestehende Infrastrukturen

- Elektrotechnik
Energiemanagement von mikrobiellen bioelektrotechnologischen Reaktoren
- Analytische Chemie (besonders Oberflächenanalytik)
Entwicklung von nicht-invasiven Methoden zur Überwachung von bioelektrokatalytischen Elektroden

Beschreibung des *status quo* der Forschungslandschaft zu Projektbeginn

Die Aktivitäten im Bereich der mikrobiellen Bioelektrotechnologie sind seit der Jahrtausendwende stark ansteigend – wie in Abbildung 3 anhand der Publikationsentwicklung im Bereich der mikrobiellen Brennstoffzellen illustriert ist.

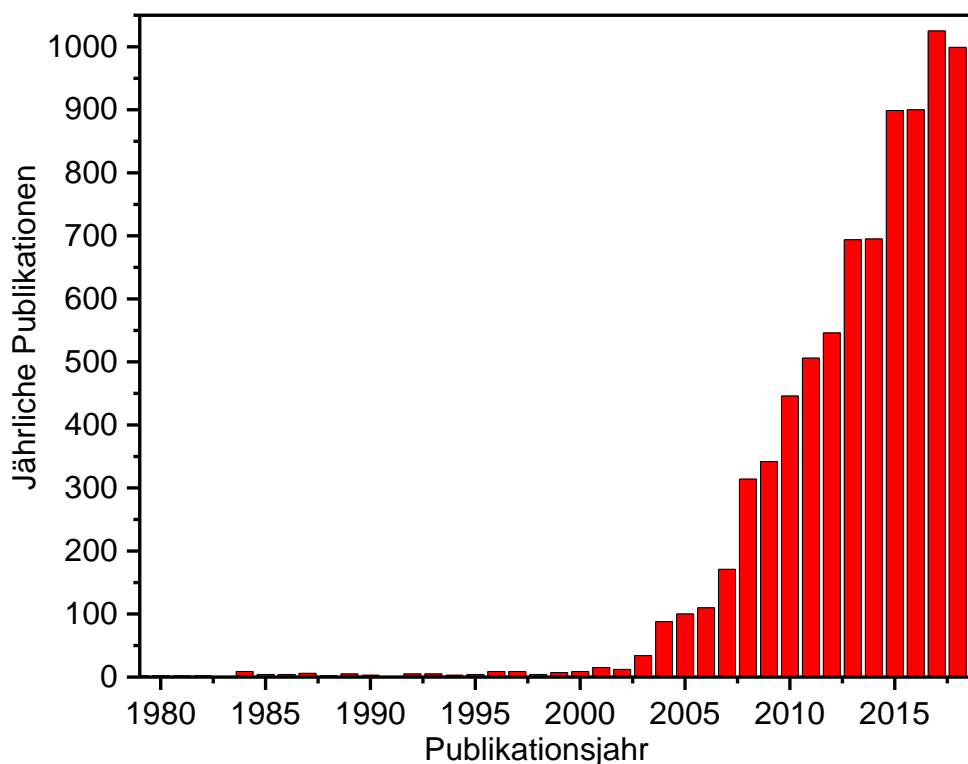


Abb. 3: Anzahl der Publikationen mit dem Stichwort „microbial fuel cell“ im SciFinder Scholar (Stand Februar 2019).

Auf internationaler Ebene wurde dieser Entwicklung bereits durch eine Reihe eigenständiger Konferenzen wie der MFC 1 (2008, Pennsylvania State University (USA)), der MFC 2 (2009, Gwangju Institute of Science and Technology (Korea)), der MFC 3 (2011, Wageningen University/WETSUS (Niederlande)) sowie der MFC 4 in Cairns (2013, Australien), der ISMET5 in Tempe (2015, Arizona, U.S.A.) und zuletzt der ISMET 6 in Lissabon (2017, Portugal) begleitet, welche nunmehr unter dem Schirm der neu gegründeten *International Society for Microbial Electrochemistry and Technology* (ISMET – siehe <https://www.is-met.org/>) stattfindet. Weiterhin werden auch alternierend kontinentale Konferenzen veranstaltet die dieser erfolgreichen Society untergeordnet sind (für Europa die EU-ISMET 2012 in Ghent/ Belgien, 2014 Alcalá/ Spanien, 2016 Rom/ Italien und 2018 Newcastle/ UK).

Im Rahmen dieser Konferenzen sowie bei weiteren Veranstaltungen (z.B. im Rahmen des BMBF-Frühjahrskongresses Biotechnologie 2020+) wurde die gestiegene Anzahl von Akteuren aus Deutschland auf dem Feld der mikrobiellen Bioelektrotechnologie evident. Allerdings waren diese bisher nur sehr unzureichend untereinander bekannt. Eine bessere Vernetzung am Forschungsstandort Deutschland, mit dem Ziel Synergien zu erzeugen und einen potentiellen Transfer in die Wirtschaft zu erleichtern, war Hauptaugenmerk des Projektes.

2. Ergebnisse - Workshops

Im Projektzeitraum von 2013 bis 2018 wurde jährlich ein Workshop veranstaltet, welche durch Auslagen von Flyern und gezielte Kontaktierung einer breiten Zielgruppe beworben wurden. Die Workshops bestanden zumeist aus einem Plenarvortrag sowie einem Programm zur Förderung der Interaktion (z.B. „Scientific Speeddating“) am Abend des ersten Tages. Am Folgetag fanden Vorträge sowie Gruppendiskussionen („Ask the Community“) statt. Die Vorträge wurden ausschließlich von Promovierenden gehalten und die Veranstalter regten insbesondere zur Präsentation von vorläufigen Ergebnissen und „unfertigen“ bzw. auch „fehlgeschlagenen“ Studien an, um die Diskussion innerhalb der Teilnehmenden zu befördern und den Vortragenden auf diesem Weg auch Lösungswege aufzuzeigen.

Die Workshops fanden an folgenden Orten statt:

- Osnabrück (ZUK der DBU), 19./ 20.11.2013
- Aachen (RWTH Aachen, Organisation: AG Rosenbaum), 4./ 5.11.2014
- Leipzig (UFZ, Organisation: AG Harnisch), 3./4.11.2015
- Braunschweig (TU Braunschweig, Organisation: AG Schröder), 22./ 23.11.2016
- Frankfurt/ M (DECHEMA, Organisation: AG Holtmann) 22./23.11.2017
- Karlsruhe (KIT, Organisation: AG Gescher) 9./ 10.10. 2018

Die finalen Programme der einzelnen Workshops sind im Anhang zu finden.



Abb. 4: Gruppenfotos der Workshopteilnehmenden in Osnabrück 2013 (links) und Karlsruhe 2018 (rechts).

Der Kreis der Teilnehmer war sehr divers. Insgesamt nahmen (unter Berücksichtigung von Mehrfachteilnahmen) insgesamt 220 und im Durchschnitt 37 Personen (davon 66% Promovierende) an den Workshops teil, durchschnittlich waren 14 Institutionen vertreten (s. auch Abb. 5). Insgesamt wurden während der sechs Veranstaltungen 66 Vorträge gehalten, wobei 62 Vorträge von Promovierenden stammen. Dies entspricht einem Anteil von 94%.

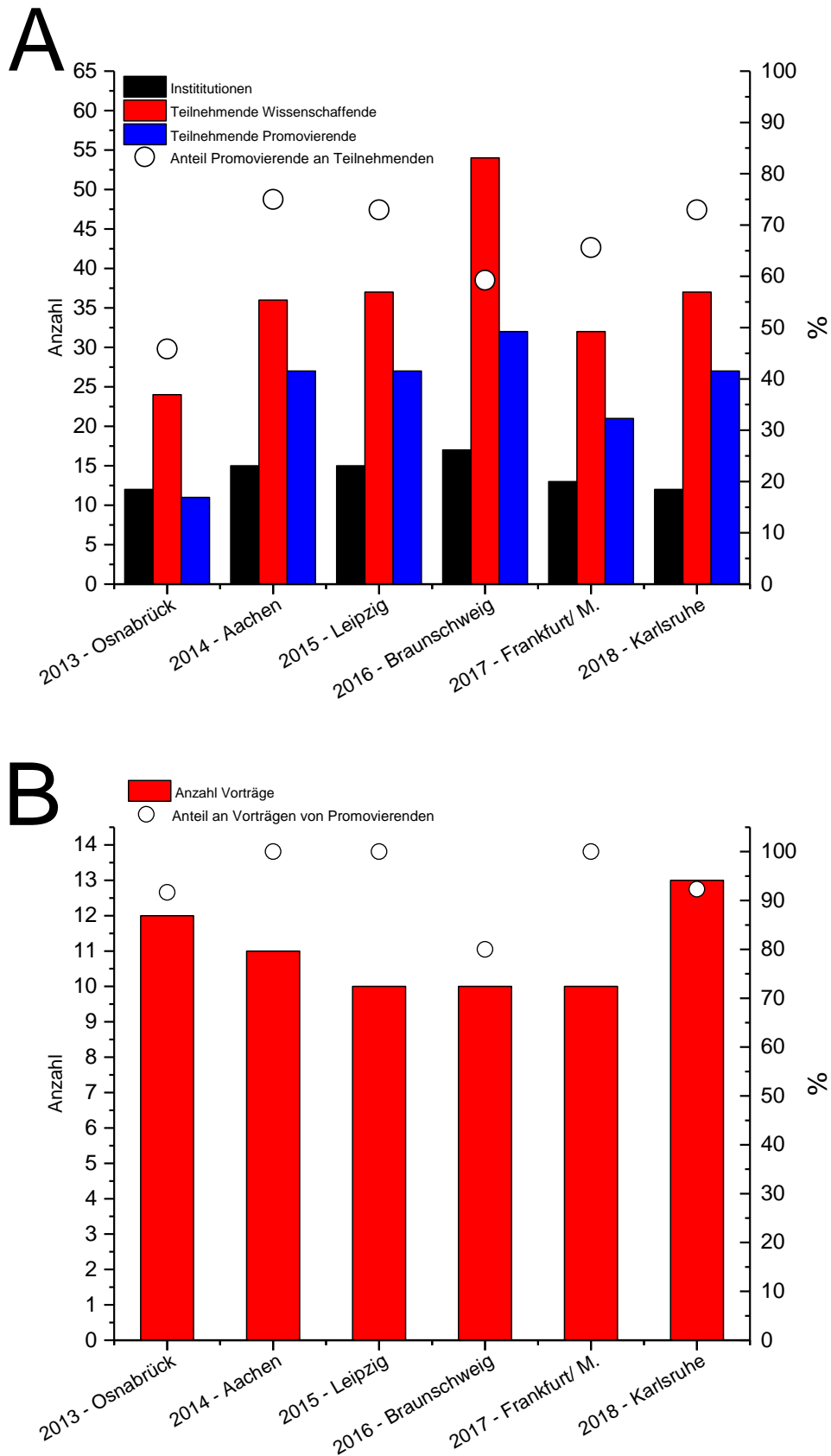


Abb. 5: A) Kennzahlen der Teilnehmenden und vertretenen Institutionen; B) Kennzahlen über die wissenschaftlichen Vorträge.

Über diese quantifizierbaren Kenngrößen heraus erhielten die Workshops ein überwältigend positives Feedback in der Gemeinschaft. So konnten zahlreiche Projekte von Promovierenden – vor allem in Arbeitsgruppen (AGs), in welchen die Bioelektrochemie kein Kernthema darstellt(e) – wichtige Impulse erfahren. Dies geschah sowohl durch fachliche Diskussionen und Anregungen auf den jeweiligen Workshops, als auch durch dort angestoßene Kooperationen. Diese Kooperationen waren zumeist informeller Natur und umfassten sowohl den Wissenstransfer als auch den Austausch von Materialien und Proben. Weiterhin konnten auch maßgebliche Kooperationen aufgebaut werden, beispielhaft sei hier die Co-Betreuung der Promotion von Mareike Engel an der TU Kaiserslautern durch Dr. Dirk Holtmann genannt. Frau Engel hatte als einzige Doktorandin auf dem Gebiet der Bioelektrochemie ihre Promotion am Lehrstuhl von Prof. R. Ulber begonnen. Da der unmittelbar fachliche Betreuer während ihrer Promotion die TU Kaiserslautern verließ ist anzunehmen, dass Sie ohne die durch die Workshopreihe initiierte umfangreiche fachliche Betreuung durch Dr. Holtmann ihre Promotion nicht so erfolgreich (*summa cum laude*) und innerhalb von ca. 4 Jahren abgeschlossen hätte. Teilweise bot die Workshopreihe darüber hinaus auch erste Anknüpfungspunkte für eine vertiefte Zusammenarbeit. Beispielhaft ist auch die Integration von Prof. Lars Angenent in die deutsche Forschungsgemeinschaft zu nennen, einem sehr frühen internationalen Experten auf dem Gebiet, der 2016 als Humboldtprofessor nach Tübingen rekrutiert wurde. Es ergaben sich für Prof. Angenent bereits mehrere Kooperationen aus dieses Netzwerkworkshops. Ein weiteres wichtiges Ergebnis der Vernetzung ist die gezielte Rekrutierung von Doktoranden und Postdocs aus dem deutschen Partnernetzwerk.

Zusammenfassend konnte das Projekt zu einer umfassenden Vernetzung einzelner Akteure am Forschungsstandort Deutschland beitragen und zahlreiche Promotions- und Forschungsarbeiten befördern. An der geplanten Fortführung dieses Veranstaltungsformates lassen sich der Erfolg und die Wichtigkeit für die weitere Entwicklung der Bioelektrotechnologie in Deutschland ablesen.

2. Ausblick & Weiterführung

Das Feld der mikrobiellen Elektrochemie hat sich seit 2013 international rapide weiterentwickelt¹. Vor allem sind eine erhebliche Diversifikation und damit auch eine Spezialisierung der Arbeitsgruppen eingetreten. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in der deutschen Forschungslandschaft wieder. Die erhöhte öffentliche Wahrnehmung sowie die Relevanz des Forschungsfeldes kann neben zahlreichen Grundlagenforschungsprojekten vor allem an Förderprojekten unter Industriebeteiligung abgelesen werden, z.B. wurden bzw. werden seitens des BMBF folgende Projekte gefördert:

- ElektroPapier (<http://www.elektropapier.com/>)
- BioBZ (<https://www.bio-bz.de/>)
- BioMethanol (<https://bmbf.nawam-erwas.de/en/project/biomethanol>)
- KESTro (<https://bmbf.nawam-erwas.de/en/project/kestro>)
- TexKoMBZ (<http://www.iamb.rwth-aachen.de/cms/iamb/Forschung/Forschungsprojekte/~kgds/TexKoMBZ/?lidx=1>)

Auch landesgeförderte Verbundprojekte wie die Niedersächsische Forschergruppe ElektroBak unter Beteiligung der Universitäten in Braunschweig, Hannover und Clausthal tragen wesentlich zur Vernetzung der Forschungsaktivitäten bei (<https://www.tu-braunschweig.de/forschung/zentren/brics/forschung/elektrobak>).

Alle genannten Projekte schließen dabei mindestens einen wichtigen Akteur der Workshopreihe ein, oft fungieren diese als Projektleitende bzw. sind integrale akademische Partner unter industrieller Konsortialführerschaft.

Weiterhin kann die steigende Relevanz der Forschungsfeldes an den Erstberufungen von Miriam Rosenbaum (W3, HKI Jena zusammen mit FSU Jena) und Sven Kerzenmacher (W3, Universität Bremen), der Humboldtprofessur von Lars Angenent an der Universität Tübingen sowie der in Deutschland erstmaligen Ausschreibung von Professuren mit der Denomination „Elektrobiotechnologie“ an der TU München und der Universität Leipzig in Kooperation mit dem UFZ im Oktober 2018 abgelesen werden.

Die Workshopreihe soll ab 2019 in Eigenregie weitergeführt werden:

- Bochum (Ruhr-Universität Bochum, Organisation: AG Wichern), 2019
- Bremen (Universität Bremen, AG Kerzenmacher), 2020

Weiterhin wurde ein temporärer Arbeitskreis „Elektrobiotechnologie“ der DECHEMA gegründet, welcher 2019 sein erstes Positionspapier (s. Publikation 5 im Anhang) veröffentlicht. Dieser Arbeitskreis speist sich dabei im Wesentlichen aus Akteuren, welche im Rahmen der Workshopreihe (noch besser) zusammengefunden haben.

Die Förderung der Workshopreihe durch die DBU kann als innerhalb der Projektlaufzeit höchst erfolgreich angesehen werden. Darüber hinaus wurde durch diese Förderung der Grundstein für eine langjährige Kooperation der Akteure auf dem Gebiet der Elektrobiotechnologie in Deutschland gelegt.

¹ Schröder, U., Harnisch, F., Angenent, L.T. (2015): Energy Environ. Sci. 8 (2), 513 - 519

3. Anhänge:

- Programm des 1. Workshops 2013
- Programm des 2. Workshops 2014
- Programm des 3. Workshops 2015
- Programm des 4. Workshops 2016
- Programm des 5. Workshops 2017
- Programm des 6. Workshops 2018
- Publikation 1: Harnisch, F., Holtmann, D., Agler-Rosenbaum, M., Schröder, U. (2014) Die Elektrobiotechnologie in Deutschland nimmt Fahrt auf; *Biospektrum* 20 (1), 93 - 94
- Publikation 2: D. Holtmann & F. Harnisch, Foundation of the New German Workgroup of Electro-Biotechnology at the DECHEMA, *ISMET news* No. 5 – Jul 2014
- Publikation 3: Harnisch, F., Rosenbaum, M.A., Greiner, A., Schröder, U. (2016) Wie Mikroorganismen und Elektroden interagieren; *Nachr. Chem.* 64 (7-8), 732 – 737
- Publikation 4: Electrification of Biotechnology: Quo vadis? D. Holtmann & F. Harnisch; In: Harnisch, F., Holtmann, D. (eds.) Bioelectrosynthesis, *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 167, Seiten 395 – 411, Auszug (Seite 409)
- Publikation 5: Positionspapier (Entwurfssfassung)