

VAAM Industry-Academia Panel

Maßgeschneiderte Biokatalysatoren für industrielle Anwendungen

JESSICA REHDORF¹, THOMAS BAYER²¹ AB ENZYMES GMBH, DARMSTADT² INSTITUT FÜR BIOCHEMIE, UNIVERSITÄT GREIFSWALD

DOI: 10.1007/s12268-025-2459-z

© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, a part of Springer Nature 2025

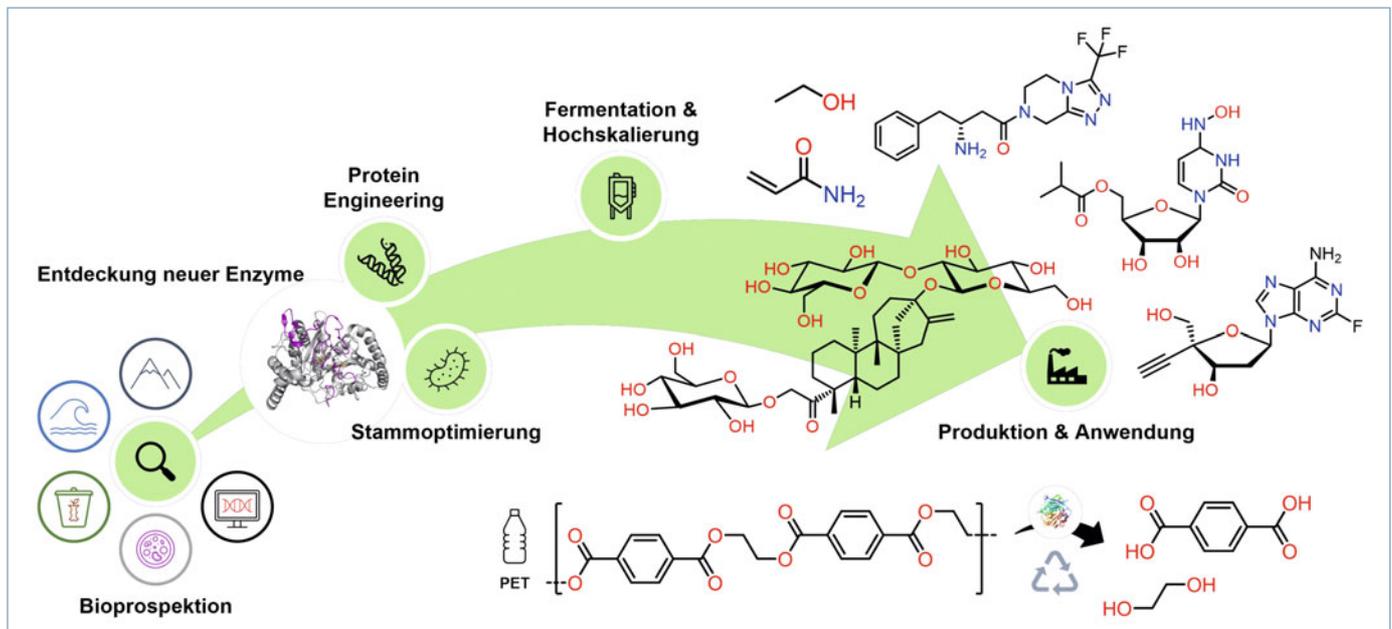
■ Mikroorganismen und Enzyme werden schon lange für die Herstellung von Lebensmitteln und zur Produktion von Fein- und Spezialchemikalien eingesetzt. Vor allem isolierte Enzyme – Biokatalysatoren – sind heute ein unverzichtbares Werkzeug in der Lebensmittelindustrie, der pharmazeutischen Industrie und der modernen synthetischen Chemie (**Abb. 1**, [1, 2]).

Technologische Fortschritte im Bereich *Protein Discovery* und *Protein Engineering* ermöglichen es, Enzyme für den gewünsch-

ten industriellen Einsatz maßzuschneidern. Die gezielte Verbesserung von (natürlichen) Enzymeigenschaften wie Substratspektrum, Regio- und Stereoselektivität oder Toleranz gegenüber extremen pH-Werten, erhöhten Temperaturen und Konzentrationen organischer Lösungsmittel sind notwendig, um den Anforderungen industrieller Prozesse gerecht zu werden [1–3]. Aufbauend auf den Entwicklungen der letzten Jahrzehnte werden datengesteuertes und maschinelles Lernen sowie die Laborautomatisierung die

Identifizierung von Enzymen und deren Optimierung für den Einsatz in neuen Anwendungen weiter vorantreiben. Methoden wie AlphaFold liefern dabei bioinformatische Algorithmen zur verlässlichen Vorhersage von Proteinstrukturen, die auch das computergestützte Design künstlicher Enzyme verbessern [3].

In den letzten Jahren wurde Enzyme erforscht und entwickelt, die den Abbau von Kunststoffpolymeren wie Polyethylenterephthalat (PET) ermöglichen sollen. PET ist ein weitverbreiteter Polyester in der Lebensmittelverpackungs- und Bekleidungsindustrie (**Abb. 1**, [1, 3–6]). Jährlich werden dafür weltweit bis zu 70 Millionen Tonnen PET aus fossilen Rohstoffen hergestellt [5]. Während die enzymatische Depolymerisierung von PET inzwischen kurz vor der Kommerzialisierung steht [3], können andere Kunststoff-



▲ **Abb.:** Maßgeschneiderte Enzyme – von der Entdeckung bis zur Anwendung. Als Bioprospektion bezeichnet man die Analyse des kommerziellen Potenzials biologischer Ressourcen, die auch mit der Identifizierung von Biokatalysatoren einhergeht. Neue Enzyme können durch moderne Methoden wie DNA-Sequenzierung in verschiedenen (natürlichen) Habitaten und in öffentlichen Datenbanken entdeckt werden. Durch Protein Engineering und die Optimierung mikrobieller Stämme können Enzyme für die gewünschte Anwendung angepasst, verbessert und in großem Maßstab hergestellt werden. Enzyme finden vielfältige industrielle Anwendungen wie die Herstellung von Grundchemikalien (Ethanol, Acrylamid), Spezialchemikalien und Pharmazeutika. Enzyme werden auch für die Produktion von Süßstoffen (Steviolglykoside) für die Lebensmittelindustrie oder das biologische Recycling von Kunststoffen wie PET verwendet. Die Enzymstrukturen zeigen die kürzlich entdeckte metagenomische Urethanase (PDB: 8S7Z)[5] und eine PET-abbauende Hydrolase (PDB: 6THT)[4].



AB Enzymes GmbH

AB Enzymes ist ein führendes global agierendes Biotech-Unternehmen mit Sitz in Darmstadt, das sich auf die Entwicklung und Produktion von Enzymen für verschiedene Anwendungen und Märkte spezialisiert hat. Bereits 1907 gegründet, blickt das Unternehmen heute auf eine lange und erfolgreiche Historie zurück und verkauft mittlerweile Enzyme in die Lebensmittel-, Back-, Futtermittel-, Waschmittel-, und Papierindustrie. Seit 1999 gehört AB Enzymes zum britischen Konzern Associated British Foods (ABF).

polymere wie Polyamide oder Polyurethane erst seit kurzem biokatalytisch in ihre Monomerbausteine zerlegt werden [5, 6]. Dies wurde durch die jüngste Entdeckung metagenomischer Amidasen/Urethanasen ermöglicht. Wissenschaftler:innen haben rasch damit begonnen, diese polymerabbauenden Aktivitäten durch *Protein Engineering* zu verbessern, um so neue Recyclingmethoden und Wege für eine Kreislaufwirtschaft für unterschiedliche Kunststoffe zu eröffnen [6].

Auch in der Lebensmittelherstellung sind Enzyme heute unverzichtbar. Dort haben sie eine Schlüsselrolle, wenn es um Geschmack und Textur geht. Außerdem unterstützen sie die Verarbeitung von Lebensmitteln und ermöglichen so effiziente und nachhaltige Produktionsprozesse, beispielsweise bei der Herstellung von Fruchtsäften, Wein oder beim Bierbrauen. Nichttierische Proteine werden durch Enzyme aus pflanzlichen Rohmaterialien freigesetzt und für den Einsatz in veganen Fleischersatzprodukten oder für vegane Shakes zugänglich gemacht. Und auch beim Backen spielen Enzyme eine wichtige Rolle. Hier geht es u. a. um die Teigverarbeitung, um das Brotvolumen oder um Krustenbräunung.

Der Einsatz von Enzymen gewinnt auch für gesundheitliche Aspekte von Lebensmitteln zunehmend an Bedeutung. Ein großes

Thema ist die Zucker- und Kalorienreduktion. Neben natürlichen Süßungsmitteln wie Steviolglykosiden (**Abb. 1**) werden heute auch enzymatische Lösungen verwendet, um aus Zuckern wie Sucrose, Fruktose oder Glukose gesündere Alternativen herzustellen. Fruktose kann enzymatisch in Allulose oder Tagatose umgewandelt werden. Beide Zucker gehören zu den „seltenen“ Zuckern, die zwar süß schmecken, aber kalorienarm und zudem zahnfreundlich sind und kaum Auswirkungen auf den Blutzuckerspiegel und den Insulinspiegel haben. Weiterhin können verschiedene Enzyme einzelne Zucker in Präbiotika wie Fructooligosaccharide umwandeln, die sich positiv auf die Darmflora auswirken. Die Herstellung von zuckerreduzierten Lebensmitteln erfordert den gezielten Einsatz von spezifischen Enzymen, die in unterschiedlichen Lebensmitteln und Bedingungen arbeiten müssen.

Dank der enormen technischen Innovationen können maßgeschneiderte Enzyme immer komplexere Moleküle synthetisieren, modifizieren oder abbauen und finden daher in vielen Industriezweigen Anwendung. Sie spielen eine immer wichtigere Rolle bei der Entwicklung eines globalen, biobasierten und nachhaltigen Wirtschaftssystems und sind zentral im Aufbau einer Kreislaufwirtschaft verankert: Fixierung von Kohlendioxid, Weiterverarbeitung von industriellen Seitenströmen, insbesondere aus der Lebensmittelindustrie oder Recycling von Rohstoffen. All das macht Enzyme zu unverzichtbaren Synthesewerkzeugen, die in Zukunft immer weiter an Bedeutung gewinnen werden [1–3]. ■

Literatur

- [1] Wu S, Snajdrova R, Moore JC et al. (2021) Biocatalysis: Enzymatic Synthesis for Industrial Applications. *Angew Chem Int Ed* 60: 88–119
- [2] Rehdorf J, Pelzer A, Eck J (2018) Enzymidentifizierung und Screening: aktivitätsbasierte Methoden. In: Jäger KE, Liese A, Syldatk C (Hrsg).

Einführung in die Enzymtechnologie. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg

[3] Buller R, Lutz S, Kazlauskas RJ et al. (2023) From nature to industry: Harnessing enzymes for biocatalysis. *Science* 382: eadh8615

[4] Tournier V, Topham CM, Gilles A et al. (2000) An engineered PET depolymerase to break down and recycle plastic bottles. *Nature* 580: 216–219

[5] Geyer R, Jambeck JR, Law, KL (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3: e1700782

[6] Bayer T, Palm GJ, Berndt L et al. (2024) Structural Elucidation of a Metagenomic Urethanase and Its Engineering Towards Enhanced Hydrolysis Profiles. *Angew Chem Int Ed* 63: e202404492

Korrespondenzadressen:

Dr. Jessica Rehdorf
AB Enzymes GmbH
Feldbergstraße 78
D-64293 Darmstadt
jessica.rehdorf@abenzymes.com

Dr. Thomas Bayer
Universität Greifswald
Institut für Biochemie
Department für Biotechnologie & Enzymkatalyse
Felix-Hausdorff-Straße 4
D-17487 Greifswald
thomas.bayer@uni-greifswald.de

Industry Academia

INDUSTRY-ACADEMIA PANEL

With participation of VAAM Special Group Quality Management

“Getting started with starter cultures”

15.5.2025, 4pm
online

Dr. Felicitas Bajerski, Leibniz-DSMZ, Braunschweig
Dr. Philipp Heise, Chr. Hansen GmbH (Novonosis /AS), Nienburg

Registration: www.vaam.de