



## Schneller Umsatz von Sulfit

Forscher entschlüsseln Struktur und Funktion eines hochaktiven bakteriellen Enzyms

Darmstadt/Freiburg, 3. Februar 2015. Einem Team aus Mikrobiologen der TU Darmstadt und Biochemikern der Universität Freiburg ist es gelungen, die hochaufgelöste Kristallstruktur eines Sulfit-reduzierenden Enzymkomplexes zu bestimmen und molekulare Details des Reaktionsmechanismus' aufzuklären. Die Forschung könnte die Biotechnologie einen Schritt voran bringen – maßgeschneiderte Mikroorganismen könnten bei der Entschwefelung von Rauchgasen aus Kraftwerken eingesetzt werden. Die neuen Erkenntnisse wurden soeben in der Zeitschrift „Nature“ publiziert.

Sulfite ( $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{HSO}_3^-$ ,  $\text{S}_2\text{O}_5^{2-}$ ,  $\text{SO}_2$ ) sind natürlich vorkommende Substanzen, die schon in relativ geringen Konzentration toxisch auf viele Lebewesen wirken. Dies beruht auf ihrer hohen Reaktivität gegenüber den Grundbestandteilen biologischer Zellen wie Proteinen, Nukleinsäuren und Lipiden. Aus diesem Grund setzt man seit langem Sulfite zur Wachstumshemmung unerwünschter Mikroorganismen ein, beispielsweise zur Erhöhung der Haltbarkeit von Wein oder Trockenfrüchten.

Darüber hinaus spielen Sulfite eine wichtige Rolle im biogeochemischen Schwefelkreislauf sowie der Atmosphärenchemie, und sie stellen zentrale Metabolite im mikrobiellen Stoffwechsel von Schwefelverbindungen dar. So ist Sulfit ein Intermediat Sulfat-reduzierender Organismen. Daneben gibt es eine Reihe von Bakterien, die Sulfit im Energiestoffwechsel nutzen und durch die Sulfit-Reduktion zu Sulfid die nötige Energie zum Wachstum generieren. Es handelt sich dabei um eine Form der sogenannten anaeroben Atmung, bei der der zentrale Energieträger der Zelle, das Adenosintriphosphat, mittels einer Elektronentransportkette erzeugt wird, durch die wiederum ein elektrochemisches Protonenpotenzial über der Zellmembran produziert wird. Ein typischer Modellorganismus für die Sulfit-Atmung ist das Bakterium *Wolinella succinogenes*, das natürlicherweise im Pansen von Wiederkäuern vorkommt.

### Effiziente enzymatische Sulfit-Reduktion auf atomarer Ebene

Bislang waren verschiedene bakterielle Sulfit-reduzierende Enzyme bekannt, die jedoch relativ geringe Wechselzahlen besitzen. Anders das nun charakterisierte Enzym aus *W. succinogenes*, das Sulfit bis zu 100mal schneller reduziert (bis zu 200 Moleküle Sulfit pro Sekunde). Es handelt sich um ein Metalloprotein, das acht fest gebundene Hämgruppen besitzt

Kommunikation und Medien  
Corporate Communications

Karolinenplatz 5  
64289 Darmstadt

Ihr Ansprechpartner:  
Jörg Feuck Tel. 06151 16 - 47 31  
Fax 06151 16 - 41 28  
[feuck@pvw.tu-darmstadt.de](mailto:feuck@pvw.tu-darmstadt.de)

[www.tu-darmstadt.de/presse](http://www.tu-darmstadt.de/presse)  
[presse@tu-darmstadt.de](mailto:presse@tu-darmstadt.de)



und sich zwischen der Cytoplasma-Membran und der äußeren Membran der bakteriellen Zellen befindet, wo es homotrimere Komplexe ausbildet.

Mikrobiologen der TU Darmstadt (Arbeitsgruppe Professor Jörg Simon) und Biochemiker der Universität Freiburg (Arbeitsgruppe Professor Oliver Einsle) konnten nun die hochaufgelöste Kristallstruktur dieses Enzymkomplexes bestimmen und molekulare Details des Reaktionsmechanismus aufklären. Die Struktur des trimeren Enzyms mit 24 Hämgruppen zeigt eindrucksvoll ein bisher unbekanntes aktives Zentrum der Sulfit-Reduktion, das durch eine der Hämgruppen in Kombination mit einem Kupfer-Ion gebildet wird, welches über zwei konservierte Cysteinreste gebunden wird. Die Position des ansonsten redox-inaktiven Kupfer-Ions verhindert dabei die Bindung des Sulfit-Anions an das Enzym, nicht aber die seines Dehydratisierungsprodukts Schwefeldioxid, welches im Strukturmodell auch nachgewiesen werden konnte. Ebenso konnte die Existenz des primären Reduktionsprodukts Schwefelmonoxid gezeigt und ein Modell für den vollständigen Reaktionsmechanismus der Sulfit-Reduktion zum Sulfid postuliert werden.

### Herausforderungen für die Zukunft

Die erzielten Daten zeigen ein atomares Bild eines neuartigen Häm-Kupfer-Enzyms, das die hohe Umsatzgeschwindigkeit für Sulfit erklärt und den möglichen Einsatz des Enzyms in der Biotechnologie einen Schritt voran bringt. Mit Mikroorganismen, die zur schnellen Sulfit- bzw. Schwefeldioxid-Reduktion fähig sind, wäre etwa eine Entschwefelung von Rauchgasen unter milden Bedingungen denkbar. Diese Möglichkeit und deren technische Umsetzung soll zukünftig im Forschungsschwerpunkt Synthetische Biologie am Fachbereich Biologie der TU Darmstadt untersucht werden.

### Weitere Informationen

**Originalpublikation:** Bianca Hermann, Melanie Kern, Luigi La Pietra, Jörg Simon & Oliver Einsle. 2015. The octahaem MccA is a haem c-copper sulfite reductase. Nature. Doi: 10.1038/nature14109

Das Projekt wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Die Arbeitsgruppe von Professor Dr. Jörg Simon im Fachbereich Biologie der TU Darmstadt beschäftigt sich mit den Grundlagen mikrobieller Energieumwandlungsmechanismen und deren Bedeutung für die Umwelt



und den Menschen. Schwerpunkt sind die vielfältigen Enzyme und Reaktionen, mit denen Mikroorganismen Stickstoff- und Schwefelverbindungen umsetzen können.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Oliver Einsle vom Institut für Biochemie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg beschäftigt sich mit der strukturellen und funktionellen Charakterisierung von Membranproteinen und Metalloproteinen, insbesondere im Rahmen des biogeochemischen Stickstoffkreislaufs. Im Zentrum der Arbeiten stehen die Enzyme Nitrogenase und  $N_2O$ -Reduktase, sowie Multihäm-Cytochrome, zu denen auch die hier untersuchte Sulfit-Reduktase zählt.

#### Interviewkontakt

Prof. Dr. Jörg Simon  
Mikrobielle Energieumwandlung und Biotechnologie  
Fachbereich Biologie  
TU Darmstadt  
Schnittspahnstraße 10  
64287 Darmstadt  
Tel. +49 (6151) 165203  
E-Mail: [simon@bio.tu-darmstadt.de](mailto:simon@bio.tu-darmstadt.de)  
<http://www.bio.tu-darmstadt.de/simon>

Prof. Dr. Oliver Einsle  
Lehrstuhl Biochemie  
Institut für Biochemie  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Albertstraße 21  
79104 Freiburg  
Tel. +49 (761) 203 6059  
E-Mail: [einsle@biochemie.uni-freiburg.de](mailto:einsle@biochemie.uni-freiburg.de)  
<http://www.xray.uni-freiburg.de>

MI-Nr. 10/2015, Dr. Jörg Simon