

- 9) A. Müller, Y. Zhou, H. Bögge, M. Schmidt-mann, T. Mitra, E. T. K. Haupt, A. Berke, *Angew. Chem.* 2006, 118, 474–479.
- 10) S. Tashiro, M. Kobayashi, M. Fujita, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 9280–9281.
- 11) A. M. Ako, I. J. Hewitt, V. Mereacre, R. Clérac, W. Wernsdorfer, C. E. Anson, A. K. Powell, *Angew. Chem.* 2006, 118, 5048–5051.
- 12) T. Glaser, M. Heidemeier, T. Weyhermüller, R.-D. Hoffmann, H. Rupp, P. Müller, *Angew. Chem.* 2006, 118, 6179–6183.
- 13) J. B. Heilmann, M. Scheibitz, Y. Qin, A. Sundararaman, F. Jäkle, T. Kretz, M. Bolte, H.-W. Lerner, M. C. Holthausen, M. Wagner, *Angew. Chem.* 2006, 118, 934–939.
- 14) Y. Yu, A. D. Bond, P. W. Leonard, K. P. C. Vollhardt, G. D. Whitener, *Angew. Chem.* 2006, 118, 1826–1831.
- 15) P. Horcajada, C. Serre, M. Vallet-Regí, M. Sebban, F. Taulelle, G. Férey, *Angew. Chem.* 2006, 118, 6120–6124.
- 16) R. Bashyam, P. Zelenay, *Nature* 2006, 443, 63–66.
- 17) S. Rau, B. Schäfer, D. Gleich, E. Anders, M. Rudolph, M. Friedrich, H. Görls, W. Henry, J. G. Vos, *Angew. Chem.* 2006, 118, 6361–6364.
- 18) M. C. Denney, V. Pons, T. J. Hebden, D. M. Heinekey, K. I. Goldberg, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 12048–12049.
- 19) M. T. Reetz, J. J.-P. Peyralans, A. Maichele, Y. Fu, M. Maywald, *Chem. Commun.* 2006, 4318–4320.
- 20) X.-B. Jiang, L. Lefort, P. E. Goudriaan, A. H. M. de Vries, P. W. N. M. van Leeuwen, J. G. de Vries, J. N. H. Reek, *Angew. Chem.* 2006, 118, 1245–1249.
- 21) N.-M. Hsu, W.-R. Li, *Angew. Chem.* 2006, 118, 4244–4248.
- 22) Q. He, E. W. Miller, A. P. Wong, C. J. Chang, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 9316–9317.
- 23) L. F. O. Furtado, A. D. P. Alexiou, L. Gonçalves, H. E. Toma, K. Araki, *Angew. Chem.* 2006, 118, 3215–3218.
- 24) D. S. Marlin, D. G. Cabrera, D. A. Leigh, A. M. Z. Slawin, *Angew. Chem.* 2006, 118, 1413–1418.
- 25) R. D. Adams, B. Captain, L. Zhu, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 13672–13673.

## Bioanorganische Chemie

◆ Die Bioanorganische Chemie präsentierte sich auch 2006 als dynamisches Forschungsgebiet. Einen Schwerpunkt der vielen Veröffentlichungen bildeten grundsätzliche strukturelle und mechanistische Fragen im Zusammenhang mit Metalloproteinen, einen weiteren die feinsten Details bioanorganischer Systeme. In diesem Trendbericht können bei weitem nicht alle relevanten Beiträge berücksichtigt werden, deshalb wird er vornehmlich die eher grundsätzlichen Fragen behandeln.

### Photosystem II

◆ Besonders spannend war eine Diskussion in *Science*, die letztlich zu einem neuen Vorschlag für den Katalysezyklus des Oxygen Evolving Cluster (OEC) führte, der Wasser zu Sau-

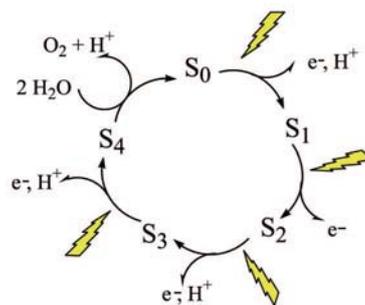


Abb. 1.  
Kok-Zyklus im  
Photosystem II.

erstoff oxidiert.<sup>1)</sup> Bereits in den Jahren 2004 und 2005 hatten die Gruppen um Clausen<sup>2)</sup> und Haumann<sup>3)</sup> Untersuchungen veröffentlicht, die sich zunächst zu widersprechen schienen. Sie beobachteten zwei Intermediate, die an derselben Stelle im Kok-Zyklus (Abbildung 1) einzuordnen waren. Erwartet hatte man jedoch nur ein einziges Intermediat (S<sub>4</sub>). Es handelte sich zum einen um eine Spezies, die man als noch voll oxidiert aber bereits teilweise deprotoniert ansah.<sup>3)</sup> Das zweite Intermediat war bereits teilweise reduziert und das Produkt einer schon erfolg-



**Katja Heinze**, Jahrgang 1969, studierte Chemie in Heidelberg und promovierte 1998 bei Gottfried Huttner. Nach einem Postdoc-Aufenthalt bei Heinz

Berke an der Universität Zürich kehrte sie 1999 zurück nach Heidelberg, wo sie sich 2004 bei Gottfried Huttner habilitierte. Ihre Arbeiten über die Entwicklung von Festphasensynthesen mehrkerniger Koordinationsverbindungen wurden 2002 mit dem Lieseberg-Preis der Fakultät für Chemie und Geowissenschaften der Universität Heidelberg und 2004 mit einem Heisenberg-Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft gewürdigt.

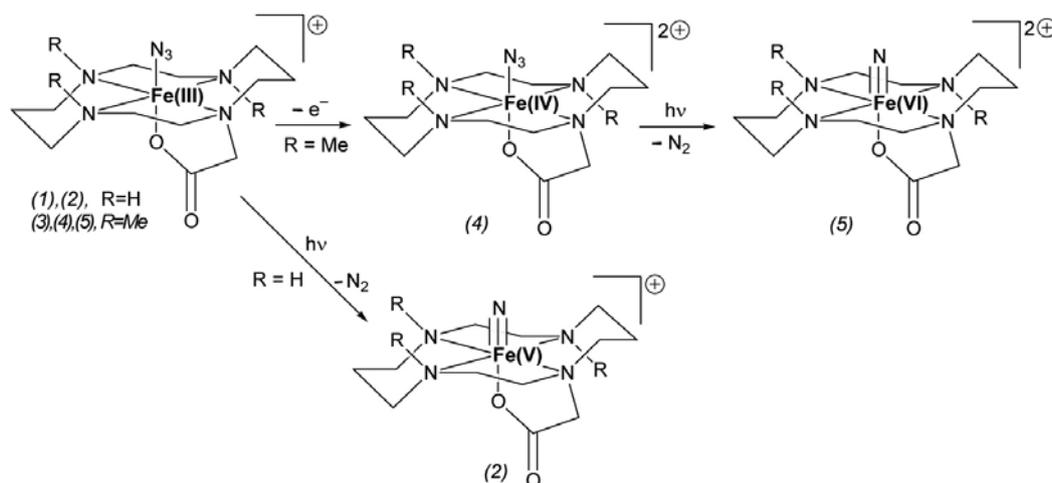


Abb. 6.  
Fe<sup>V</sup>- und Fe<sup>VI</sup>-  
Verbindungen  
durch  
Photooxidation.

gen zu einem besseren Verständnis der Einflüsse auf Struktur und Redoxpotential von Häm-Proteinen bei.

Graf et. al. beschrieben ein Nachweisverfahren für DNA in Lösung mit einer Metallionen freisetzenden Sonde.<sup>17)</sup>

Petrenko et. al. untersuchten das schwingungsspektroskopische Verhalten von Dithiolen-Komplexen und interpretierten es mit theoretischen Methoden. Dies könnte sich für die Auswertung entsprechender Spektren von Molybdän- und Wolfram-Cofaktoren sowie angelehnten Modellverbindungen als nützlich erweisen.<sup>18)</sup>

## Bücher

◆ Im Jahr 2006 sind zwei für den Bioanorganiker besonders interessante Bücher erschienen: Zum einen *Concepts and Models in Bioinorganic Chemistry*, herausgegeben von Kraatz und Metzler-Nolte<sup>19a)</sup> sowie ein weiterer Band der Serie *Metal Ions in Life Sciences* mit dem Titel *Neurodegenera-*

*tive Diseases and Metal Ions* herausgegeben von Sigel und Sigel.<sup>19b)</sup> An diesem Band schrieben Autoren wie Gray, Lippard, Multhaupt, Riederer und Gerlach mit. Im Vordergrund steht das Verständnis der Rolle von Metallen bei Erkrankungen wie der Creutzfeld-Jakob-Krankheit, Alzheimer, Parkinson, Chorea Huntington, Wilsons- und Menke-Diseases oder der amyotrophen lateralen Sklerose. Im erstgenannten Buch, das sich auch an Studierende richtet, sind ebenfalls Experten für die einzelnen Kapitel zuständig. Dazu gehören neben den Herausgebern beispielsweise Orvig, George, Lippert, Rehder, Enemark und Burzlaff. Die Einteilung des Buches ist flexibel gestaltet und geschieht je nach Bedarf nach Funktionen/Reaktionen oder den einzelnen Metallen. Besonders gelungen sind die Abschlüsse der Kapitel, die in der Regel nicht nur bereits geklärte, sondern auch die noch offenen Fragen zusammenfassen.

Carola Schulzke  
Universität Göttingen  
carola.schulzke  
@chem.uni-goettingen.de



**Carola Schulzke**, Jahrgang 1969 studierte Chemie an der Universität Hamburg und promovierte 2000 bei Dieter Rehder. Nach einem einjährigen Postdoc-Aufenthalt bei Sandro Gambarotta in Ottawa, Kanada, ging sie nach Kiel in den Arbeitskreis von Felix Tuczek. Im Jahr 2002 wurde sie auf eine Juniorprofessur in Göttingen berufen. Ihre Interessen gelten vor allem der synthetischen bioanorganischen und der Elektrochemie.

- 1) a) W. Junge, J. Clausen, *Science* 2006, 312, 1470; b) J. E. Penner-Hahn, C. F. Yocum, *Science* 2006, 312, 1470; c) H. Dau, M. Haumann, *Science* 2006, 312, 1471
- 2) J. Clausen, W. Junge, *Nature* 2004, 430, 480.
- 3) M. Haumann, C. Müller, P. Liebisch, L. Iuzzolino, J. Dittmer, M. Grabolle, T. Neisius, W. Meyer-Klaucke, H. Dau, *Biochemistry* 2005, 44, 1894.
- 4) J. Yano, J. Kern, K. Sauer, M. J. Latimer, Y. Pushkar, J. Biesiadka, B. Loll, W. Saenger, J. Messinger, A. Zouni, V. K. Yachandra, *Science* 2006, 314, 821.
- 5) B. Loll, J. Kern, W. Saenger, A. Zouni, J. Biesiadka, *Nature* 2005, 438, 1040
- 6) Y. Matoba, T. Kumagai, A. Yamamoto, H. Yoshitsu, M. Sugiyama, *J. Biol. Chem.* 2006, 281, 8981.
- 7) a) H. Decker, T. Schweikhardt, F. Tuczek, *Angew. Chem.* 2006, 118, 4659; b) I. A. Koval, K. Selmezi, C. Belle, C. Philouze, E. Saint-Aman, I. Gautier-Luneau, A. M. Schuitema, M. van Vliet, P. Gamez, O. Roubeau, M. Lüken, B. Krebs, M. Lutz, A. L. Spek, J.-L. Pierre, J. Reedijk, *Chem. Eur. J.* 2006, 12, 6138.
- 8) J. F. Berry, E. Bill, E. Bothe, S. DeBeer George, B. Mienert, F. Neese, K. Wieghardt, *Science* 2006, 312, 1937.
- 9) P. J. Chirik, *Angew. Chem.* 2006, 118, 7110.
- 10) P. Singh, B. Sarkar, M. Sieger, M. Niemeyer, J. Fiedler, S. Zális, W. Kaim, *Inorg. Chem.* 2006, 45, 4602.
- 11) J. Müller, B. Lippert, *Angew. Chem.* 2006, 118, 2565.
- 12) K. A. Vincent, N. A. Belsey, W. Lubitz, F. A. Armstrong, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 7448.
- 13) M. M. Ibrahim, C. Pérez Olmo, T. Tekeste, J. Seebacher, G. He, J. A. Maldonado Calvo, K. Böhmerle, G. Steinfeld, H. Brombacher, H. Vahrenkamp, *Inorg. Chem.* 2006, 45, 7493.
- 14) C. Mukherjee, T. Weyhermüller, K. Wieghardt, P. Chaudhuri, *Dalton Trans.* 2006, 2169.
- 15) K. C. Schultz, L. Supekova, Y. Ryu, J. Xie, R. Perera, P. G. Schultz, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 13984.
- 16) S. Todorovic, C. Jung, P. Hildebrandt, D. H. Murgida, *J. Biol. Inorg. Chem.* 2006, 11, 119.
- 17) N. Graf, M. Göritz, R. Krämer, *Angew. Chem.* 2006, 118, 4013.
- 18) T. Petrenko, K. Ray, K. Wieghardt, F. Neese, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 4423.
- 19) a) *Concepts and Models in Bioinorganic Chemistry* (Hrsg.: H.-B. Kraatz, N. Metzler-Nolte), Wiley-VCH, Weinheim, 2006. b) *Neurodegenerative Diseases and Metal Ions* (Hrsg.: A. Sigel, H. Sigel), Marcel Dekker, New York 2006.

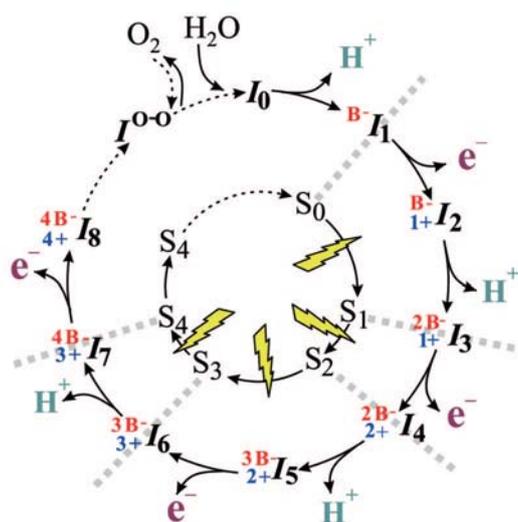


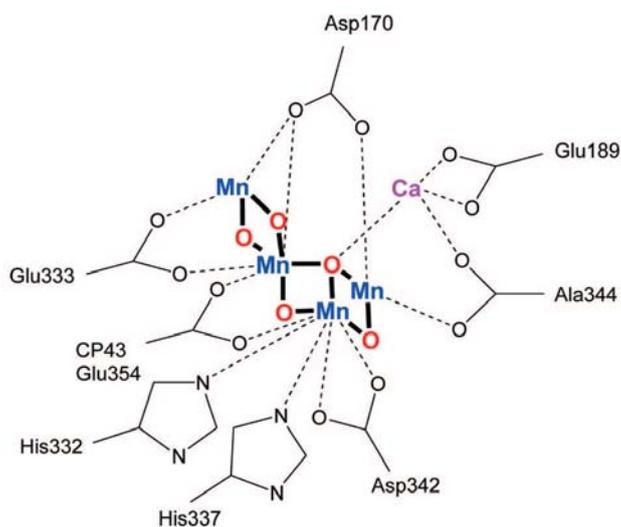
Abb. 2. Katalysezyklus des Oxygen Evolving Cluster im Photosystem II nach Lit.<sup>1c)</sup>

ten Oxidation von Wasser zu Peroxid. Erhöhter Sauerstoffdruck stabilisierte dieses Intermediat. Man beobachtete also eine Umkehrung der Reaktionsrichtung durch  $O_2$ -Zugabe.

Unter Berücksichtigung beider Intermediate formulierten Dau et al.<sup>1c)</sup> einen neuen Katalysezyklus, in dem Protonen- und Elektronenabgabe vom voll reduzierten bis zum voll oxidierten Mangancluster immer aufeinander folgen, so dass es zu insgesamt deutlich mehr Intermediaten kommt als im Kok-Zyklus vorgeschlagen und in dem auch die Basenäquivalente direkt formuliert werden (Abbildung 2).

Zum OEC gibt es eine ganze Reihe von Protein-Röntgenstrukturanalysen, bis hin zu einer Auflösung von  $3,0\text{Å}$ . Trotzdem wurde die tatsächliche Struktur noch lebhaft diskutiert. Das liegt daran, dass aus den

Abb. 3. Oxygen Evolving Cluster nach Lit.<sup>4)</sup> kombiniert mit Röntgenstrukturdaten aus Lit.<sup>5)</sup>



verschiedenen Strukturanalysen grundsätzlich unterschiedliche Mn-Ca-Cluster abgeleitet wurden. Ein bemerkenswertes Experiment zur Aufklärung der Struktur des Clusters, der aus vier Mangan- und einem Calciumatom besteht, beschreiben Yano et al. in *Science*.<sup>4)</sup> Sie untersuchten das Photosystem II mit polarisierter Röntgenabsorptionsspektroskopie, einmal in Lösung und einmal als Kristall. Letzteres bietet die Möglichkeit, räumlich orientierte Röntgenabsorptions- und EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure)-Spektren aufzunehmen. Der Kristall wurde beim Röntgenexperiment entlang jeder der drei Kristallachsen (a, b und c) bestrahlt. Daraus konnten Informationen über die direkten Bindungspartner der verschiedenen Manganatome gewonnen werden und über ihre Orientierung zueinander sowie innerhalb der Membran. Eine Kombination der drei räumlich orientierten Spektren (EXAFS, Oszillation und FT) ergab dabei jeweils das Lösungsspektrum.

Yano et al. berechneten die FT-EXAFS-Spektren der auf den am besten aufgelösten Röntgenstrukturanalysen<sup>5)</sup> beruhenden vorgeschlagenen Clusterstrukturen und verglichen sie mit ihren experimentellen Spektren. Dabei stellte sich heraus, dass diese Vorschläge nicht mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmen können. Für ein genaues Bild des aktiven Zentrums kombinierten sie die durch Röntgenstrukturanalyse ermittelte Proteinstruktur mit ihrem Vorschlag für den Mn-Ca-Cluster. Sie erhielten so das bisher wohl zutreffendste Bild dieses aktiven Zentrums (Abbildung 3), obwohl sie keine genaue Aussage über die Verbrückung des Calciumatoms mit dem Mangancluster machen konnten.

## Tyrosinase

◆ Obwohl sehr genaue Vorstellungen über das aktive Zentrum der Tyrosinase bestanden, war die Veröffentlichung der lange erwarteten Röntgenstrukturanalyse dieses Enzyms (hier von *Streptomyces cas-*

*taneoglobisporus*) einer der Höhepunkte der Bioanorganischen Chemie des Jahres 2006.<sup>6,7a)</sup> Bemerkenswerterweise wurde nicht nur eine Form der Tyrosinase strukturell charakterisiert sondern gleich fünf (Auflösung 1,2 bis  $1,8\text{Å}$ ): die kupferfreie Form (A), die Oxy-Form (E), die Desoxy-Form (D) und die zwei oxidierten, nicht aktiven (met-) Formen mit I (B) und mit II (C) (Abbildung 4). Mit diesen Daten lassen sich Vergleiche zu den ganz ähnlich strukturierten Metalloproteinen Hämocyanin und Catecholoxidase anstellen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, den katalytischen Mechanismus im Detail zu verstehen. In der Oxy-Form wurde side-on verbrückendes Peroxid gefunden, wie man es bereits für Hämocyanin nachgewiesen hatte. In der desoxy-Form und in der met-I-Form sind die beiden Kupferzentren ( $Cu^A$  und  $Cu^B$ ) über ein Wassermolekül, in der met-II-Form über zwei Wassermoleküle verbrückt. Die Cu-Cu-Abstände variieren dabei von  $3,3\text{Å}$  bis  $4,1\text{Å}$  und man nimmt an, dass diese Flexibilität wichtig für die katalytische Funktion des Enzyms ist. Eine besondere Rolle spielt auch das an  $Cu^A$  koordinierte His54: Es nimmt in den fünf Molekülstrukturen unterschiedliche Positionen ein und löst die Bindung zu  $Cu^A$  verhältnismäßig leicht auf. Im Vergleich zur Catecholoxidase (Cox) fehlt auch ein sperriger Rest (bei Cox Phe<sup>261</sup>), der  $Cu^A$  sterisch abschirmt. Beides trägt dazu bei, dass Tyrosinase ortho-Diphenol verbrückend über beide Kupferzentren bindet und damit im Gegensatz zur Catecholoxidase auch Monophenolase-Aktivität hat (Abbildung 5). Bei neuen Kupfermodellverbindungen von Koval et al. mit fest gebundenen Stickstoffliganden wurde folgerichtig auch nur eine Catecholase-Aktivität gefunden und detailliert untersucht.<sup>7b)</sup>

## Eisen VI

◆ Dem Eisen wird die Oxidationsstufe VI als höchste zugängliche zugeschrieben und bis jetzt war erst eine einzige  $Fe^{VI}$ -Spezies bekannt: das Ferrat-Ion  $[FeO_4]^{2-}$ . Im Jahr 2006 ha-

ben Wieghardt et. al. eine neue  $\text{Fe}^{\text{VI}}$ -Spezies (Abbildung 6) in *Science* vorgestellt.<sup>8)</sup> Dies ist eine Sensation, nicht nur weil sie erst die zweite Eisen(VI)-Verbindung überhaupt ist, sondern auch für die Bioanorganische Chemie: Sie bietet die Möglichkeit, spektroskopische Eigenschaften von Eisen-Enzym-Intermediaten, die in hohen Oxidationsstufen vorliegen können, besser einzuordnen. Der verwendete Ligand beruht auf dem Cyclam-Grundgerüst, das Metallionen ähnlich koordiniert wie der Porphyrinring, auch wenn es sich um ein gesättigtes und damit redoxinaktives System handelt. An ein Stickstoffatom ist eine Acetatgruppe gebunden, die eine axiale Bindungsstelle am Eisen besetzt. Die zweite axiale Position nimmt ein Nitridoligand ein. Nitridverbindungen können über Photooxidation aus Azidverbindungen gewonnen werden. Dabei wird  $\text{N}_2$  abgespalten und die Oxidationszahl des Metalles erhöht sich um zwei (Abbildung 6). Der entsprechende  $\text{Fe}^{\text{III}}$ -Azido-Precursor (1) ohne Methylgruppen am Cyclamgerüst lässt die Synthese einer  $\text{Fe}^{\text{V}}$ -Spezies (2) zu. Am Komplex mit dem methylierten Cyclamgerüst (3) lässt sich diese Reaktion nicht durchführen. Man erhält stattdessen durch Photoreduktion eine  $\text{Fe}^{\text{II}}$ -Spezies. Es ist jedoch möglich, den  $\text{Fe}^{\text{III}}$ -Precursor (3) reversibel zu einer stabilen  $\text{Fe}^{\text{IV}}$ -Verbindung (4) zu oxidieren, die nun wiederum mittels Photooxidation zur  $\text{Fe}^{\text{VI}}$ -Verbindung (5) umgesetzt werden kann. Dieser Reaktionsweg ist mit dem  $\text{Fe}^{\text{III}}$ -Precursor (1) ohne Methylgruppen nicht zugänglich. Entscheidend für das unterschiedliche Reaktionsverhalten ist die jeweilige elektronische Struktur. So liegt (1) als Low-spin- und (3) als High-spin-Verbindung vor. Charakterisiert wurde die  $\text{Fe}^{\text{VI}}$ -Verbindung durch Mößbauer-, XAS- und EXAFS-Spektroskopie. DFT-Rechnungen an diesem Molekül konnten strukturelle Eigenschaften ( $\text{Fe-N}$ : experimentell 1,57 Å, berechnet 1,53 Å), Mößbauerverschiebungen und Schwingungsspektren reproduzieren. Auch hierzu erschien ein Highlight-Artikel in der *Angewandten*.<sup>9)</sup>

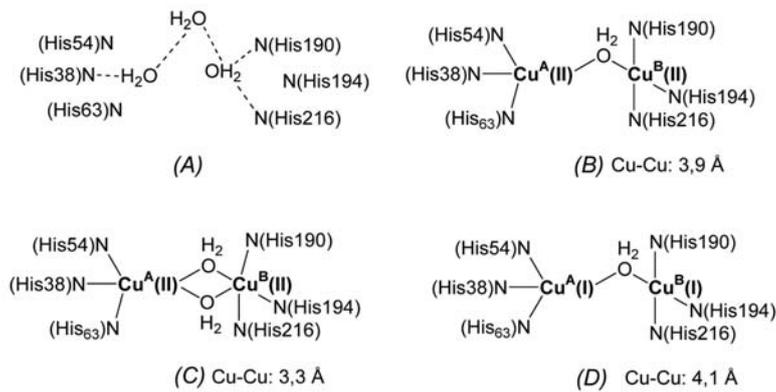


Abb. 4.  
Fünf aktive Zentren der Tyrosinase aus Röntgenstrukturdaten.

## Highlights in Kürze

◆ Singh et. al. untersuchten die Redoxchemie von Osmiumkomplexen mit dem wichtigen Signalmolekül NO als Ligand.<sup>10)</sup>

Müller et. al. fassten in einem Highlight-Artikel in der *Angewandten* die Erkenntnisse zur Wechselwirkung von Metallhelicaten und anderen Metallkomplexen mit doppelsträngiger DNA zusammen.<sup>11)</sup>

Vincent et. al. untersuchten die Hemmung der [NiFe]-Hydrogenase durch Sulfid mit Proteinfilmvoltammetrie.<sup>12)</sup>

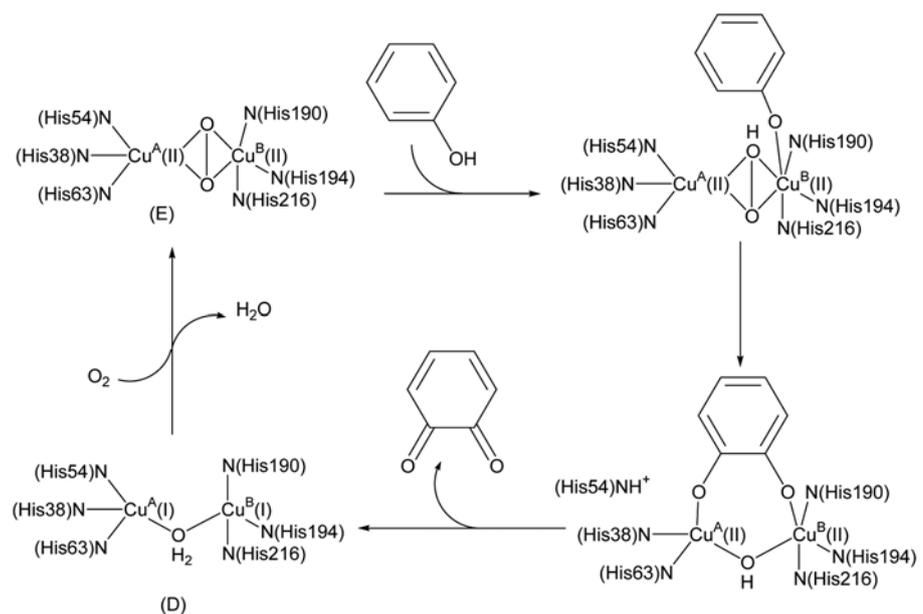
Eine ganze Reihe von teilweise neuen Zinkkomplexen mit tripodalen Liganden und ganz unterschiedlich koordiniertem Wasser finden sich in einer Studie von Ibrahim et. al.,<sup>13)</sup> die zum Verständnis der Säure-Base-katalytischen Aktivität von Zinkenzymen beiträgt.

Mukherjee et. al. haben einen trinuklearen Mangancluster synthetisiert, in dem die Manganatome in den Oxidationsstufen II, II und IV vorliegen.<sup>14)</sup> Dies ist relevant für den OEC des Photosystems II.

Schultz et. al. berichten über die Möglichkeit, durch Mutation *para*-Cyano-L-phenylalanin in Enzyme einzubauen. Damit erhält das Protein die IR-aktive CN-Gruppe, deren Streckschwingung sich in einem Bereich befindet, der in Proteinspektren üblicherweise signallos ist.<sup>15)</sup> Auf diese Weise wurde das aktive Zentrum des Myoglobins mit unterschiedlichen Myogliganden an der  $\text{O}_2$ -Bindungsstelle untersucht.

Todorovic et. al. immobilisierten Cytochrom P450 aus *Pseudomonas putida* an Silberelektroden und führten elektrochemische und Resonanz-Raman-Studien an dem Enzym durch.<sup>16)</sup> Diese Untersuchungen tru-

Abb. 5.  
Monophenolase-Aktivität der Tyrosinase.



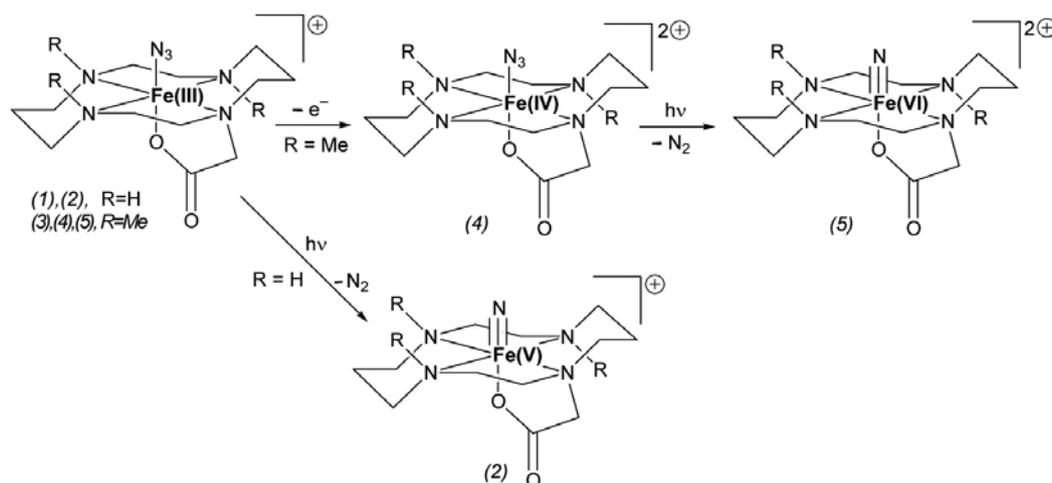


Abb. 6.  
Fe<sup>V</sup>- und Fe<sup>VI</sup>-  
Verbindungen  
durch  
Photooxidation.

gen zu einem besseren Verständnis der Einflüsse auf Struktur und Redoxpotential von Häm-Proteinen bei.

Graf et. al. beschrieben ein Nachweisverfahren für DNA in Lösung mit einer Metallionen freisetzenden Sonde.<sup>17)</sup>

Petrenko et. al. untersuchten das schwingungsspektroskopische Verhalten von Dithiolen-Komplexen und interpretierten es mit theoretischen Methoden. Dies könnte sich für die Auswertung entsprechender Spektren von Molybdän- und Wolfram-Cofaktoren sowie angelehnten Modellverbindungen als nützlich erweisen.<sup>18)</sup>

## Bücher

◆ Im Jahr 2006 sind zwei für den Bioanorganiker besonders interessante Bücher erschienen: Zum einen *Concepts and Models in Bioinorganic Chemistry*, herausgegeben von Kraatz und Metzler-Nolte<sup>19a)</sup> sowie ein weiterer Band der Serie *Metal Ions in Life Sciences* mit dem Titel *Neurodegenera-*

*tive Diseases and Metal Ions* herausgegeben von Sigel und Sigel.<sup>19b)</sup> An diesem Band schrieben Autoren wie Gray, Lippard, Multhaupt, Riederer und Gerlach mit. Im Vordergrund steht das Verständnis der Rolle von Metallen bei Erkrankungen wie der Creutzfeld-Jakob-Krankheit, Alzheimer, Parkinson, Chorea Huntington, Wilsons- und Menke-Diseases oder der amyotrophen lateralen Sklerose. Im erstgenannten Buch, das sich auch an Studierende richtet, sind ebenfalls Experten für die einzelnen Kapitel zuständig. Dazu gehören neben den Herausgebern beispielsweise Orvig, George, Lippert, Rehder, Enemark und Burzlaff. Die Einteilung des Buches ist flexibel gestaltet und geschieht je nach Bedarf nach Funktionen/Reaktionen oder den einzelnen Metallen. Besonders gelungen sind die Abschlüsse der Kapitel, die in der Regel nicht nur bereits geklärte, sondern auch die noch offenen Fragen zusammenfassen.

Carola Schulzke  
Universität Göttingen  
carola.schulzke  
@chem.uni-goettingen.de



**Carola Schulzke**, Jahrgang 1969 studierte Chemie an der Universität Hamburg und promovierte 2000 bei Dieter Rehder. Nach einem einjährigen Postdoc-Aufenthalt bei Sandro Gambarotta in Ottawa, Kanada, ging sie nach Kiel in den Arbeitskreis von Felix Tuczek. Im Jahr 2002 wurde sie auf eine Juniorprofessur in Göttingen berufen. Ihre Interessen gelten vor allem der synthetischen bioanorganischen und der Elektrochemie.

- 1) a) W. Junge, J. Clausen, *Science* 2006, 312, 1470; b) J. E. Penner-Hahn, C. F. Yocum, *Science* 2006, 312, 1470; c) H. Dau, M. Haumann, *Science* 2006, 312, 1471
- 2) J. Clausen, W. Junge, *Nature* 2004, 430, 480.
- 3) M. Haumann, C. Müller, P. Liebisch, L. Iuzzolino, J. Dittmer, M. Grabolle, T. Neisius, W. Meyer-Klaucke, H. Dau, *Biochemistry* 2005, 44, 1894.
- 4) J. Yano, J. Kern, K. Sauer, M. J. Latimer, Y. Pushkar, J. Biesiadka, B. Loll, W. Saenger, J. Messinger, A. Zouni, V. K. Yachandra, *Science* 2006, 314, 821.
- 5) B. Loll, J. Kern, W. Saenger, A. Zouni, J. Biesiadka, *Nature* 2005, 438, 1040
- 6) Y. Matoba, T. Kumagai, A. Yamamoto, H. Yoshitsu, M. Sugiyama, *J. Biol. Chem.* 2006, 281, 8981.
- 7) a) H. Decker, T. Schweikhardt, F. Tuczek, *Angew. Chem.* 2006, 118, 4659; b) I. A. Koval, K. Selmezi, C. Belle, C. Philouze, E. Saint-Aman, I. Gautier-Luneau, A. M. Schuitema, M. van Vliet, P. Gamez, O. Roubeau, M. Lüken, B. Krebs, M. Lutz, A. L. Spek, J.-L. Pierre, J. Reedijk, *Chem. Eur. J.* 2006, 12, 6138.
- 8) J. F. Berry, E. Bill, E. Bothe, S. DeBeer George, B. Mienert, F. Neese, K. Wieghardt, *Science* 2006, 312, 1937.
- 9) P. J. Chirik, *Angew. Chem.* 2006, 118, 7110.
- 10) P. Singh, B. Sarkar, M. Sieger, M. Niemeyer, J. Fiedler, S. Zális, W. Kaim, *Inorg. Chem.* 2006, 45, 4602.
- 11) J. Müller, B. Lippert, *Angew. Chem.* 2006, 118, 2565.
- 12) K. A. Vincent, N. A. Belsey, W. Lubitz, F. A. Armstrong, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 7448.
- 13) M. M. Ibrahim, C. Pérez Olmo, T. Tekeste, J. Seebacher, G. He, J. A. Maldonado Calvo, K. Böhmerle, G. Steinfeld, H. Brombacher, H. Vahrenkamp, *Inorg. Chem.* 2006, 45, 7493.
- 14) C. Mukherjee, T. Weyhermüller, K. Wieghardt, P. Chaudhuri, *Dalton Trans.* 2006, 2169.
- 15) K. C. Schultz, L. Supekova, Y. Ryu, J. Xie, R. Perera, P. G. Schultz, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 13984.
- 16) S. Todorovic, C. Jung, P. Hildebrandt, D. H. Murgida, *J. Biol. Inorg. Chem.* 2006, 11, 119.
- 17) N. Graf, M. Göritz, R. Krämer, *Angew. Chem.* 2006, 118, 4013.
- 18) T. Petrenko, K. Ray, K. Wieghardt, F. Neese, *J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 4423.
- 19) a) *Concepts and Models in Bioinorganic Chemistry* (Hrsg.: H.-B. Kraatz, N. Metzler-Nolte), Wiley-VCH, Weinheim, 2006. b) *Neurodegenerative Diseases and Metal Ions* (Hrsg.: A. Sigel, H. Sigel), Marcel Dekker, New York 2006.