

M. J. B. Hauser:

Oscillations in minimal enzyme reaction systems: Origins, dynamics and potential biological function

Nova Acta Leopoldina, neue Folge, 2003, Nr. 332, Vol. 88, 129 - 149.

Abstract:

Experimental studies on minimal reaction systems that induce oscillatory (rhythmic) dynamical behaviour are presented. The minimal enzyme systems consist only of a single enzyme (or enzyme model compound) and its substrates. Two reaction systems are discussed in detail: the peroxidase-oxidase reaction and a biomimetic cytochrome P450 system. The peroxidase-oxidase reaction (i.e. the oxidation of NADH by O₂ catalysed by peroxidase) displays rich dynamics *in vitro*. Experiments in cell extracts suggest that oscillations may also occur *in vivo*. Our investigations indicate that one possible function of the oscillations - in addition to provide for a means of information transduction - is the protection of the enzyme against inactivation by reactive oxygen species. The second system addressed is a biomimetic cytochrome P450 model system. It consists of synthetic components which were designed to reproduce the characteristic features of the natural counterpart. Oscillations between different oxidation states of the lipophilic enzyme model compound can be induced. These oscillations require a transport of electrons or substrates into the lipid bilayer of a phospholipid vesicle to be effective. Thus, the experiments indicate that nonlinear dynamics, like oscillatory or rhythmic behaviour, are a feature expected to occur in a great variety of single enzyme systems.

Zusammenfassung

Experimentelle Untersuchungen von minimalen Enzymsystemen, die oszillierendes (oder rhythmisches) dynamisches Verhalten hervorrufen, werden beschrieben. Die minimalen Enzymsysteme bestehen jeweils aus einem einzigen Enzym (oder einer Enzym-Modellverbindung) und dessen Substraten. Zwei derartige Reaktionssysteme werden im Detail vorgestellt: die Peroxidase-Oxidase-Reaktion und ein biomimetisches Cytochrom P450-Modellsystem. Die Peroxidase-Oxidase-Reaktion (d.h. die durch Peroxidase katalysierte Oxidation von ANDH durch O₂) weist unter *in vitro*-Bedingungen eine reichhaltige Dynamik auf. Untersuchungen an Zellextrakten deuten darauf hin, dass oszillierendes dynamisches Verhalten auch unter *in vivo*-Bedingungen auftreten kann. Unsere Arbeiten zeigen ferner, dass Oszillationen - zusätzlich zu ihrer Rolle als Informationsüberträger - eine weitere biologische Funktion zu haben scheinen, nämlich den Schutz von Enzymen gegen irreversible Inaktivierung. Die zweite hier vorgestellte Reaktion ist ein biomimetisches Cytochrom P450-Modellsystem. Es besteht aus synthetischen Komponenten, die so konzipiert wurden, daß sie die charakteristischen Eigenschaften des natürlichen Vorbilds wiedergeben. In diesem System beobachtet man Oszillationen zwischen den verschiedenen Oxidationsstufen der lipophilen Enzym-Modellverbindung. Damit diese Oszillationen entstehen können, muß ein Transport von Elektronen oder von Substraten in die Lipiddoppelschicht einer Vesikel gewährleistet sein. Die hier vorgestellten experimentelle Befunde machen deutlich, dass nichtlineares dynamisches Verhalten, wie oszillierende oder rhythmische Dynamik, als eine typische Verhaltensweise von minimalen Enzymsystemen zu erwarten ist.