

soviel Aminosäure ein wie das auf den Aminosäure-Adaptationsschritt beschränkte System [2,5]. Die vermutlich entstandenen Peptide sollen in weiteren Untersuchungen nachgewiesen werden.

Eingegangen am 4. August 1964 [Z 793]

[*] Wir danken Fr. I. Schürnbrand und K. Eckert für wertvolle Mitarbeit.

[1] J. H. Matthaei, Nova Acta Leopoldina N. F. 26, 45 (1963).

[2] J. H. Matthaei, Vortrag auf der Bunsentagung in Berlin, Mai 1964.

[3] M. W. Nirenberg hat auf dem VI. International Congress of Biochemistry in New York soeben über ähnliche Ergebnisse berichtet.

[4a] W. Pollmann u. G. Schramm, Biochim. biophysica Acta 80, 1 (1964).

[4b] G. Schramm, H. Grötsch u. W. Pollmann, Angew. Chem. 74, 53 (1962); Angew. Chem. internat. Edit. 1, 1 (1962).

[5] F. Cramer, H. Kuntzel u. J. H. Matthaei, Angew. Chem. 76, 716 (1964); Angew. Chem. internat. Edit. 3, 589 (1964).

[6] J. H. Matthaei u. M. W. Nirenberg, Proc. nat. Acad. Sci. USA 47, 1580 (1961).

VERSAMMLUNGSBERICHTE

Chemische Informationsspeicherung und -verarbeitung in biologischen Systemen

Die Gesellschaft für Physikalische Biologie veranstaltete gemeinsam mit der Neuroscience Research Foundation am 5. und 6. Mai im Schloß Berlepsch bei Göttingen eine Tagung über „Chemische Möglichkeiten der Informationsspeicherung und -verarbeitung in biologischen Systemen“. Etwa 90 Teilnehmer, davon rund ein Drittel aus dem Ausland, diskutierten über die vier Themen „Molekulare Wechselwirkungen“, „Antigen-Antikörper-Reaktionen“, „RNS-Reduplikation“ und „Beziehungen zum psychischen Gedächtnis“. Unterbrochen wurden die sehr intensiven Gespräche durch eine von den Tagungsteilnehmern selbst improvisierte abendliche Kammermusik mit Werken barocker Komponisten.

Molekulare Wechselwirkungen

M. Eigen (Göttingen) eröffnete die Tagung mit einer Einführung in die Probleme der molekularen Wechselwirkungen. Während man über Wechselwirkungen zwischen einfachen anorganischen Ionen verhältnismäßig gut Bescheid weiß, sind die Wechselwirkungen zwischen großen organischen Ionen und Molekülen noch weitgehend unerforscht. Gerade diese aber sind für biologische Systeme von Bedeutung.

Ionale Wechselwirkungen sind normalerweise unspezifisch, d. h. ein freies Ion befindet sich mit ungefähr gleicher Wahrscheinlichkeit an einer Stelle x oder $x + \Delta x$. Wasserstoffbrücken sind zwar räumlich fixiert, aber gleichfalls strukturell nicht spezifisch, und hydrophobe Wechselwirkungen haben als solche auch keine nennenswerte Spezifität. In biologischen Systemen führt jedoch das Zusammenwirken dieser drei Wechselwirkungen dank einer räumlichen Fixierung der Wechselwirkungspartner zu beträchtlicher Spezifität. Beispiele dafür sind die Tertiärstruktur der Proteine, Antigen-Antikörper-Reaktionen sowie enzymatische Prozesse.

Hydrophobe Wechselwirkungen, beispielsweise zwischen ungeladenen Seitenketten eines Proteins oder zwischen den heterocyclischen Basen der Nucleinsäuren, sind vor allem in polaren Lösungsmitteln, insbesondere also in wässriger Lösung, für die Molekülstruktur von Bedeutung. Sie bewirken, daß die Struktur des Lösungsmittels zwischen hydrophoben Oberflächen verschwindet. Der damit verbundene Gewinn an freier Energie führt – zusammen mit anderen Effekten, besonders π - π -Wechselwirkungen – zur Stabilisierung.

In zahlreichen biologisch wichtigen Molekülstrukturen sind die beschriebenen Wechselwirkungen kooperativ, d. h. eine Wechselwirkung erleichtert das Auftreten einer weiteren Wechselwirkung gleicher Art. Das hat zur Folge, daß nach Erreichen eines kritischen Wertes eine verhältnismäßig geringe Änderung der äußeren Bedingungen zu einer starken Änderung der Struktur führen kann. So ist beispielsweise der pH- oder Temperatur-Bereich, innerhalb dessen sich eine Nuclein-

säure-Doppelhelix in zwei verknäuelte Stränge umwandelt, viel enger, als man erwarten würde, wenn sich die bekannten Wechselwirkungen lediglich summierten. Systeme mit kooperativen Wechselwirkungen können daher auf äußere Einflüsse mit alles-oder-nichts-Reaktionen antworten.

Alle molekularen Wechselwirkungen, seien sie ionaler, hydrophiler oder hydrophober Art, eignen sich auf Grund ihrer kurzen Halbwertszeiten nur zur vorübergehenden Aufnahme von Informationen. Um Informationen permanent zu speichern, d. h. etwa für die Dauer eines menschlichen Lebens, dürften Reaktionen mit einer Aktivierungsenergie von mindestens 25 kcal/Mol notwendig sein, d. h. Umsetzungen, die zur Bildung kovalenter Bindungen führen.

Der Vortrag basierte im übrigen auf einem zuvor den Teilnehmern der Tagung zugesandten Manuskript [*], in dem der Versuch der Neudefinition einer der Psychologie entlehnten, jedoch auf Molekularvorgänge anwendbaren Begriffsskala unternommen wurde. Diese reicht von der einfachen „Wechselwirkung“ auf Grund eines Kraftgesetzes über die „Unterscheidung“, „Erkennung“ bis zur „Erinnerung“ und umfaßt Funktionen wie „Speichern“, „Übertragen“ und „Herauslesen“ von Information, bis zum „Adaptieren“ und „Lernen“. Molekularvorgänge der Unterscheidung sowie der Speicherung, Übertragung und Erkennung von Information sind uns in der Enzymologie und Molekulargenetik durchaus geläufig. Dagegen sind Lern- und Erinnerungsfunktionen, die über eine bloße Adaptation hinausgehen, erst auf zellulärer Ebene bekannt.

In der von L. Onsager (New Haven, Conn.) geleiteten Diskussion berichtete J. Kendrew (Cambridge) über die Struktur des Myoglobins. 70 % des Moleküls haben Helix-Struktur. Zwischen den so geordneten Bereichen gibt es sieben verhältnismäßig kurze Abschnitte, die nicht helixförmig sind. Der längste dieser Abschnitte besteht aus 8 Aminosäuren. Aus der Aminosäuresequenz (das Myoglobin-Molekül hat insgesamt 153 Aminosäurereste) läßt sich mit den heutigen Kenntnissen die Frage nicht beantworten, warum ein Helix-Bereich anfängt und abbricht. Eine Rolle spielen offenbar die vier Prolin-Reste des Moleküls, die sterisch mit einer α -Helix nicht verträglich sind, sowie die sechs Serin- und fünf Threonin-Reste, deren Seitenketten mit der H-Brückenstruktur der Helix interferieren. Einen Einfluß auf das Ende eines helixförmigen Bereiches haben sicher auch Wasserstoffbrücken zwischen den freien Carboxylgruppen von Asparaginsäure-Resten und Amid-NH-Gruppen in der Hauptkette, denn solche Wechselwirkungen sind nur dort möglich, wo ein helixförmiger Bereich aufhört.

Myoglobin stimmt mit den α - und β -Ketten des Hämoglobins hinsichtlich der Tertiärstruktur weitgehend überein. Die Homologien in der Aminosäuresequenz, d. h. in der Primärstruktur der drei Proteinketten, sind verglichen mit dieser

[*] Veröffentlichung in Vorbereitung.