

**Zeitschrift:** Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse  
**Herausgeber:** Schweizerische Botanische Gesellschaft  
**Band:** 85 (1975)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Austauschreaktionen zwischen ATP und Pyrophosphat in isolierten Chloroplasten  
**Autor:** Zürrer, H. / Bachofen, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-60171>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Austauschreaktionen zwischen ATP und Pyrophosphat in isolierten Chloroplasten

*H. Zürrer und R. Bachofen*

Institut für Allgemeine Botanik,  
Universität Zürich

Manuskript eingegangen am 18. November 1974

## Einleitung

Neben den verschiedentlich beschriebenen Austauschreaktionen zwischen ATP und  $P_a$  in Chloroplasten (Carmeli und Avron, 1966; Bachofen und Specht-Jürgensen 1967; Specht-Jürgensen und Bachofen 1968; Rienits 1967) kann an isolierten Membranen auch ein Phosphataustausch zwischen ATP und Pyrophosphat beobachtet werden (Specht-Jürgensen et al. 1968), der seinerzeit im Zusammenhang mit dem Energietransport bei der ATP-Synthese diskutiert wurde. Weitere quantitative Untersuchungen weisen darauf hin, dass die genannte Austauschreaktion wahrscheinlich zu einem grossen Teil durch in Chloroplasten ablaufende Aktivierungsreaktionen bedingt ist, vor allem durch die Aktivierung von Aminosäuren (Marcus 1959; Bové und Raacke 1959; Hall und Cocking 1966).

In der vorliegenden Arbeit werden die Eigenschaften der Austauschreaktion zwischen ATP und Pyrophosphat näher untersucht, mit dem aminosäurenabhängigen Austausch und mit der Austauschreaktion zwischen ATP und  $P_a$  verglichen.

Verwendete Abkürzungen:    ATP    (Adenosintriphosphat)  
                                   $PP_a$     (anorganisches Pyrophosphat)  
                                   $P_a$     (anorganisches Phosphat)  
                                  PMS    (Phenazinmethosulfat)

## Methoden

Chloroplasten wurden nach Whatley und Arnon (1963) aus frischem Handelsspinat isoliert. Wo keine besonderen Angaben gemacht werden, enthielt die Reaktionsmischung in einem Totalvolumen von 2,5 ml: Chloroplastenfraktion entsprechend 0,4 mg Chlorophyll; Tris-HCl Puffer pH 8,0 0,1 mMol; NaCl 0,035 mMol;  $MgCl_2$  0,01 mMol; ATP 0,01 mMol;  $^{32}P$ -Pyrophosphat resp.  $^{32}P$ -Orthophosphat 0,01 mMol; Dithiothreitol 0,02 mMol. Die Inkubation erfolgte

während 30 Minuten bei 25°C. Die Reaktion wurde mit Trichloressigsäure abgestoppt (Endkonzentration 7,5%). Bei Belichtungen betrug die Beleuchtungsstärke 24 mWatt/cm<sup>2</sup> (Philips Comptalux-Leuchten).

Die Zugabe von Aktivkohle (Norit A) erlaubte durch Adsorption der Nukleotide deren Separierung vom anorganischen P<sub>a</sub> und PP<sub>a</sub>. Die Trennung erfolgte nach einer Methode basierend auf Grane und Lipmann (1953) und Davis und Novelli (1958). Die endständigen Phosphatgruppen der adsorbierten Nukleotide wurden durch saure Hydrolyse des Nukleotid-Noritgemisches abgetrennt. Die Radioaktivität des Überstandes nach dem Abzentrifugieren der Aktivkohle wurde im Flüssigkeitsscintillationszähler gemessen.

Die Bestimmung der PP-ase erfolgte durch die Messung des radioaktiven Pyrophosphates nach Abtrennung durch Isobutanol-Benzinextraktion des durch die enzymatische Spaltung freigesetzten Phosphates (Avron 1960) oder durch direkte Bestimmung des letzteren nach Fiske und Subbarow (1925). Die Proteinbestimmung wurde nach Lowry et al. (1951) durchgeführt.

## Resultate

### *Pyrophosphataseaktivität der Chloroplasten*

Chloroplasten weisen eine starke Pyrophosphataseaktivität auf (Forti 1961), die sich auf jede Austauschreaktion mit PP<sub>a</sub> störend auswirken muss. Das Enzym aus Spinatchloroplasten ist bisher besonders durch El-Badry und Bassham (1970) genauer untersucht worden.

Tabelle 1 zeigt, dass das Enzym sowohl in einer membrangebundenen wie einer freien Form vorkommt. Auch fortgesetztes Waschen von Granafragmenten kann die gebundene Pyrophosphatase nicht vollständig von der Membran ablösen.

Tabelle 1:

Lokalisation der Pyrophosphatase in Chloroplasten

ganze, gewaschene Chloroplasten	(1)	100
Überstand (hypotonische Lösung) vom Aufbrechen der Chloroplasten	(2)	35
einmal gewaschene Fragmente	(3)	73
zweiter Überstand (Waschlösung) vom Waschen der Fragmente	(4)	0
zweimal gewaschene Fragmente	(5)	70

Versuchsbedingungen wie bei Methoden angegeben, dunkel. Ansatz mit 5 µMol PP<sub>a</sub>. Die Aktivität in ganzen Chloroplasten wurde als 100 gesetzt; dies entspricht einem Wert von 0,05 µMol PP<sub>a</sub> hydrolysiert / min · mg Chlorophyll.

Die Substratsättigung der Enzymreaktion wurde bei einer Konzentration an  $PP_a$  von  $10^{-3}$  M erreicht (mit ganzen, gewaschenen Chloroplasten, bei 0,16 mg Chlorophyll = 1,6 mg Protein/ml). In Figur 1 ist das Verhalten der PP-ase bei Belichtung der Chloroplasten dargestellt. Sowohl Dauerlicht, wie eine kurze Belichtung in Gegenwart oder in Abwesenheit von  $PP_a$  im Reaktionsgemisch stimuliert die PP-ase wirkungsvoll. Die erhöhte Aktivität der PP-ase bleibt auch ohne die Gegenwart von  $PP_a$  während einer anschliessenden Dunkelphase von 30 Minuten unverändert (Figur 2). Ein Elektronenüberträger (PMS) erwies sich für die Stimulierung nicht als notwendig.

Tabelle 2:

Lokalisation der Austauschreaktion zwischen  $P_a$  oder  $PP_a$  und ATP im Chloroplasten.

Versuchsansatz	cpm $\times 10^3$ im ATP				
	ganze Chlpl. (1)*	Überstand (2)	Fragmente (3)	Überstand (4)	Fragmente (5)
$PP_a$	4,6	4,2	1,1	0,2	0,9
$PP_a$ + Aminosäuren	30,8	20,9	5,1	3,3	4,2
$P_a$	4,8	0,7	3,5	0,1	4,2

\* Zahlen beziehen sich auf die entsprechenden Fraktionen in Tabelle 1.

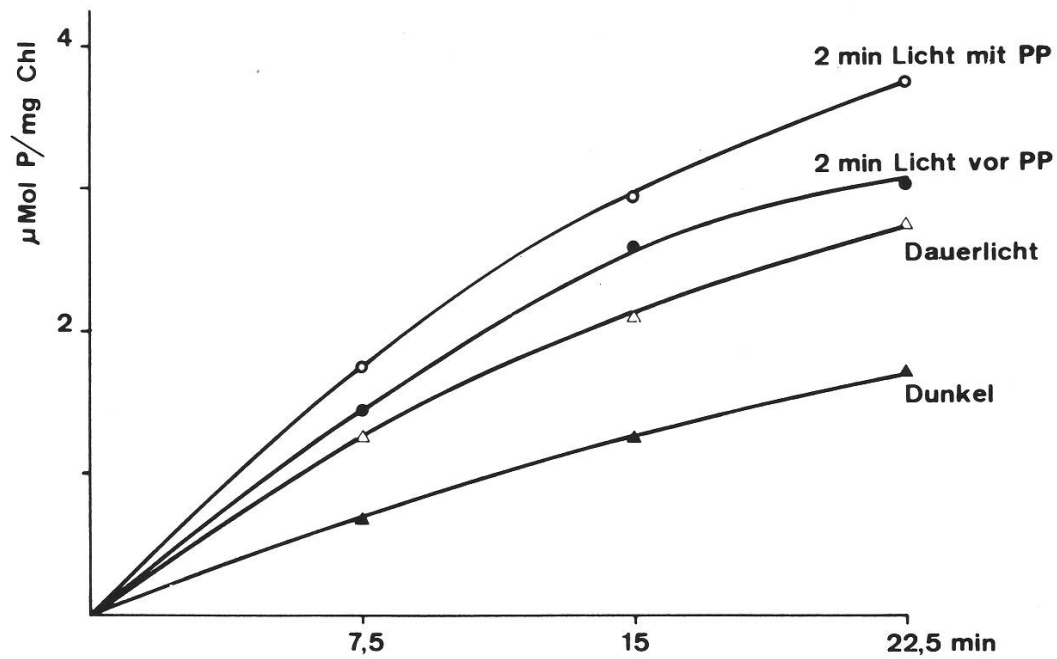
Versuche ohne Vorbelichtung; Aminosäurengemisch aus Ileu, Trypt, Tyr, Val, Leu, Meth, Gesamtmenge 0,02 mMol, cpm Total  $4,5 \times 10^5$  entsprechend 10  $\mu$ Mol  $^{32}PP_a$  resp.  $^{32}P_a$ .

#### *Austauschreaktion zwischen ATP und $PP_a$ und zwischen ATP und $P_a$ .*

##### a) Lokalisation und Vergleich der Reaktionen von $P_a$ und $PP_a$ mit ATP.

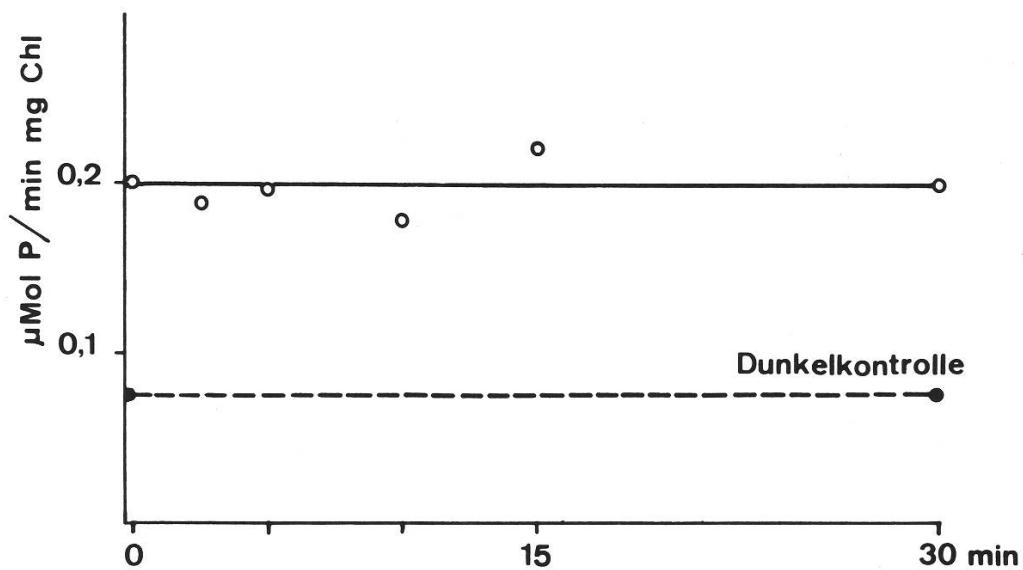
In Tabelle 2 sind die Austauschraten zwischen ATP und  $PP_a$  ohne und mit Zugabe eines Aminosäurengemisches aufgeführt und mit der Austauschrate zwischen ATP und  $P_a$  der gleichen Präparation verglichen. Der grösste Teil der Austauschaktivität zwischen ATP und  $PP_a$  ist im Stromamaterial lokalisierbar, doch bleibt ein Teil der Aktivität auch nach zweimaligem Waschen der Grana-partikel bestehen. Der Austausch mit  $PP_a$  ist in allen Fraktionen durch Zugabe von Aminosäuren als Substrat stark stimulierbar. Die Austauschreaktion zwischen ATP und  $P_a$  dagegen ist, wie zu erwarten, stark membrangebunden und die Austauschrate wird auch durch mehrmaliges Waschen der Fragmente nicht herabgesetzt.

Neben der unterschiedlichen Lokalisierung der Austauschaktivitäten zwischen  $PP_a$  resp.  $P_a$  und ATP weist auch die Wirkung einer Kältebehandlung darauf hin, dass die beiden Austauschreaktionen nicht in den gleichen Zusammenhang zu stellen sind (Tabelle 3). Während die Austauschrate zwischen ATP und  $PP_a$  durch das Tiefgefrieren zum Teil sogar erhöht wird, möglicherweise durch die Verringerung



Figur 1:

Aktivität der Pyrophosphatase in gewaschenen Chloroplasten in Abhängigkeit von der Belichtung.  
Versuchsansatz mit  $5 \mu\text{Mol PP}_a$ , bei Vorbelichtung  $\text{PP}_a$ -Zugabe sofort nach der Belichtung.



Figur 2:

Aktivität der Pyrophosphatase in gewaschenen Chloroplasten in Abhängigkeit von der Zeit zwischen Belichtung und  $\text{PP}_a$ -Zugabe.  
Vorbelichtung 2,5 Minuten. Versuchsansatz mit  $5 \mu\text{Mol PP}_a$ .

Tabelle 3:

Wirkung von Tiefgefrieren von Chloroplasten auf die Austauschreaktion zwischen  $P_a$  oder  $PP_a$  und ATP.

Versuchsansatz	cpm x $10^3$ im ATP			
	ganze Chloroplasten unbehandelt	gefroren	Chloroplastenfragmente unbehandelt	gefroren
$PP_a$	2,2	2,5	0,8	1,1
$PP_a$ + Aminosäuren	8,1	9,4	2,7	2,2
$P_a$	9,0	3,8	8,8	1,4
$P_a$ + Aminosäuren	5,8	3,1	8,2	1,3

Kältebehandlung der Chloroplasten 20 Minuten bei  $-20^\circ\text{C}$  (unbehandelte Chloroplasten die gleiche Zeit bei  $0^\circ\text{C}$ ).

Versuche ohne Vorbelichtung, Aminosäurengemisch wie bei Tabelle 2 angegeben, cpm total  $7,0 \times 10^5$ , entsprechend  $10 \mu\text{Mol } ^{32}\text{PP}_a$  resp.  $^{32}\text{P}_a$ .

oder Aufhebung von Permeationsschranken oder durch die Hemmung der ATP-ase (Heber 1967), wird die Austauschrate zwischen ATP und  $P_a$  sowohl in ganzen Chloroplasten wie auch in Fragmenten signifikant verringert. Im Gegensatz zur Austauschreaktion zwischen ATP und  $PP_a$  vermag die Zugabe eines Aminosäurengemisches die, von einem mindestens im isolierten Zustand kälte labilen Kopplungsfaktor abhängige, mit dem Elektronentransport im Zusammenhang stehende ATP- $P_a$ -Austauschreaktion nicht zu stimulieren.

Ebenso wie eine Kältebehandlung die Austauschrate zwischen ATP und  $P_a$  herabsetzt, kann nach einer Behandlung der Chloroplasten mit den Detergenzien Deoxycholol oder Triton X-100 keine entsprechende Austauschreaktion mehr

Tabelle 4:

Wirkung von Detergenzien auf die Austauschreaktion zwischen  $P_a$  oder  $PP_a$  und ATP in Chloroplasten.

Ansatz		cpm x $10^3$ im ATP		
		dreimal gew. Fragmente	Deoxychol. unlöslich	Triton unlöslich
$PP_a$	kompl.	0,02	0,0	0,0
	+ Aminosäuren	0,25	0,15	0,17
$P_a$	kompl.	0,14	0,0	0,0
	+ Aminosäuren	0,15	0,0	0,0

Behandlung der Chloroplastenfragmente mit Deoxycholol (0,5%) oder Triton X-100 (2%) während 5 Minuten, gefolgt von einer Zentrifugation von 10 Minuten bei 25 000 g.

Das Sediment wurde zweimal mit 0,035 M NaCl gewaschen, die zur Kontrolle unbehandelten Fragmente wurden dreimal gewaschen. Aminosäurengemisch wie bei Tabelle 2 angegeben, cpm total  $7,5 \times 10^4$  entsprechend  $10 \mu\text{Mol } ^{32}\text{PP}_a$  resp.  $^{32}\text{P}_a$ .

gemessen werden, vermutlich wegen Ablösung oder Inaktivierung des Kopplungsfaktors (Tabelle 4). Die Chloroplasten sind aber immer noch in der Lage, den durch die Aktivierung exogener Aminosäuren bedingten Austausch mit  $PP_a$  durchzuführen. Ein Austausch mit  $PP_a$  in Abwesenheit von exogenem Substrat kann allerdings nicht mehr gemessen werden.

#### b) Einfluss von Licht auf die Austauschreaktionen

Die bisher gefundenen Resultate lassen vermuten, dass die ursprünglich vermuteten Zusammenhänge zwischen der deutlich messbaren, durch Aminosäuren stimulierbaren Austauschreaktion mit  $PP_a$  und der ATP-Synthese quantitativ von geringer Bedeutung sind. Wie jedoch aus Tabelle 5 hervorgeht, kann bei Vorbelichtung unter gewissen Bedingungen eine deutliche Stimulierung der  $PP_a$ -ATP-Austauschreaktion beobachtet werden. Mit  $10 \mu\text{Mol } PP_a$  wird eine erhöhte Austauschrate nach Vorbelichtung, allerdings nur mit Chloroplastenfragmenten und in Gegenwart von Kaliumfluorid beobachtet. Dieser erhöhte Austausch ist möglicherweise durch die Hemmung der lichtinduzierten ATP-ase durch KF bedingt. Der Austausch bei geringer  $PP_a$ -Konzentration gibt nach Vorbelichtung sowohl mit ganzen Chloroplasten wie mit Fragmenten in allen Fällen eine Erhöhung der Austauschrate, allerdings ist diese Steigerung nicht so gross, wie diejenige der parallel dazu geprüften Austauschreaktion zwischen  $P_a$  und ATP. Der Austausch zwischen  $P_a$  und ATP wird auch hier, ebenso wie bei den vorher beschriebenen Versuchen, durch Zugabe eines Aminosäurengemisches nur unwesentlich beeinflusst.

Tabelle 5:

Vergleich der Austauschreaktionen zwischen  $P_a$  und ATP und zwischen  $PP_a$  und ATP in ganzen Chloroplasten und zweimal gewaschenen Fragmenten, je dunkel und nach Vorbelichtung.

		ganze Chloroplasten		Fragmente	
Ansatz		dunkel	vorbelichtet	dunkel	vorbelichtet
$10 \mu\text{Mol } PP_a$	kompl.	0,27	0,24	0,19	0,14
	+ Aminosäuren	1,07	0,42	0,50	0,47
	+ KF	0,29	0,22	0,13	0,35
	+ Aminosäuren + KF	0,38	0,29	0,19	0,37
$10 \mu\text{Mol } P_a$	kompl.	0,85	1,95	0,42	2,08
	+ Aminosäuren	0,99	2,15	0,35	1,93
	+ KF	0,35	0,93	0,23	1,25
	+ Aminosäuren + KF	0,40	0,78	0,25	1,45
$1 \mu\text{Mol } PP_a$	kompl.	0,22	0,42	0,06	0,08
	+ KF	0,14	0,26	0,04	0,07
$1 \mu\text{Mol } P_a$	kompl.	0,35	0,29	0,09	0,51
	+ KF	0,05	0,21	0,03	0,17

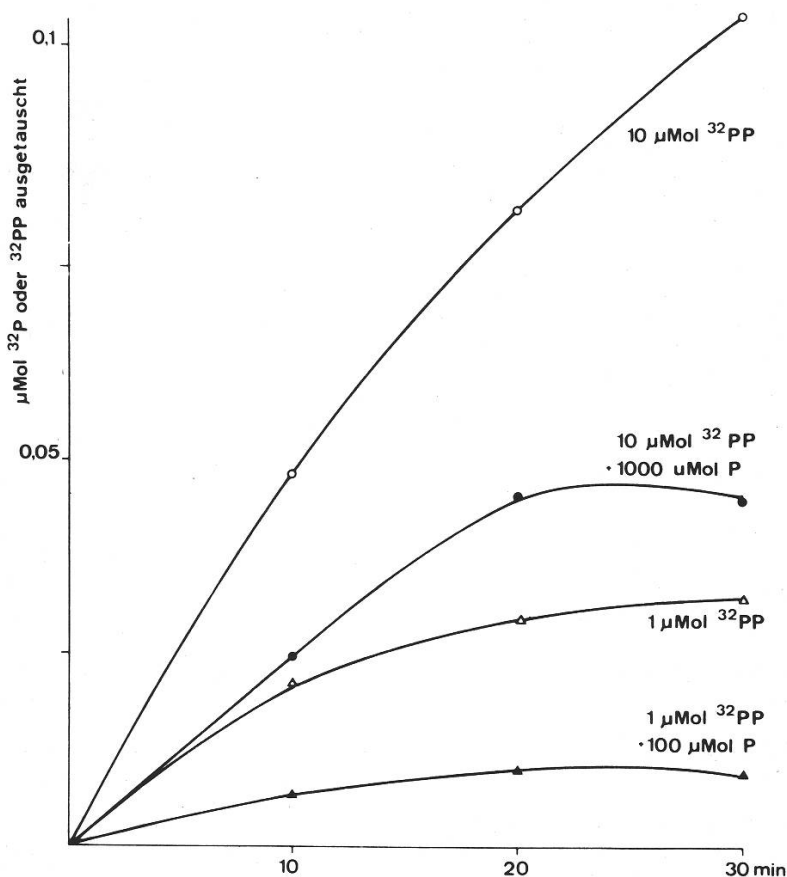
Aminosäurengemisch wie bei Tabelle 2 angegeben, KF  $0,1 \text{ mMol}$ , die Resultate geben  $10^{-7} \text{ Mol}$  ausgetauschtes  $^{32}PP_a$  oder  $^{32}P_a$  an.

c) Gegenseitige Beeinflussung von  $PP_a$  und  $P_a$  beim Austausch mit ATP.

Wie früher gezeigt, hemmt die Gegenwart von  $PP_a$  sowohl die Austauschreaktion zwischen  $P_a$  und ATP (Specht-Jürgensen et al. 1968) wie auch die zyklische Phosphorylierung (50% Hemmung bei 10 mM  $PP_a$ ).

Andererseits wirkt sich die Zugabe von  $P_a$ , entgegen der früher aufgrund von Radioautogrammen geäußerten Vermutung, wenn auch nur in grosser Überkonzentration, ebenfalls hemmend auf den Austausch zwischen ATP und  $PP_a$  aus (Figur 3).

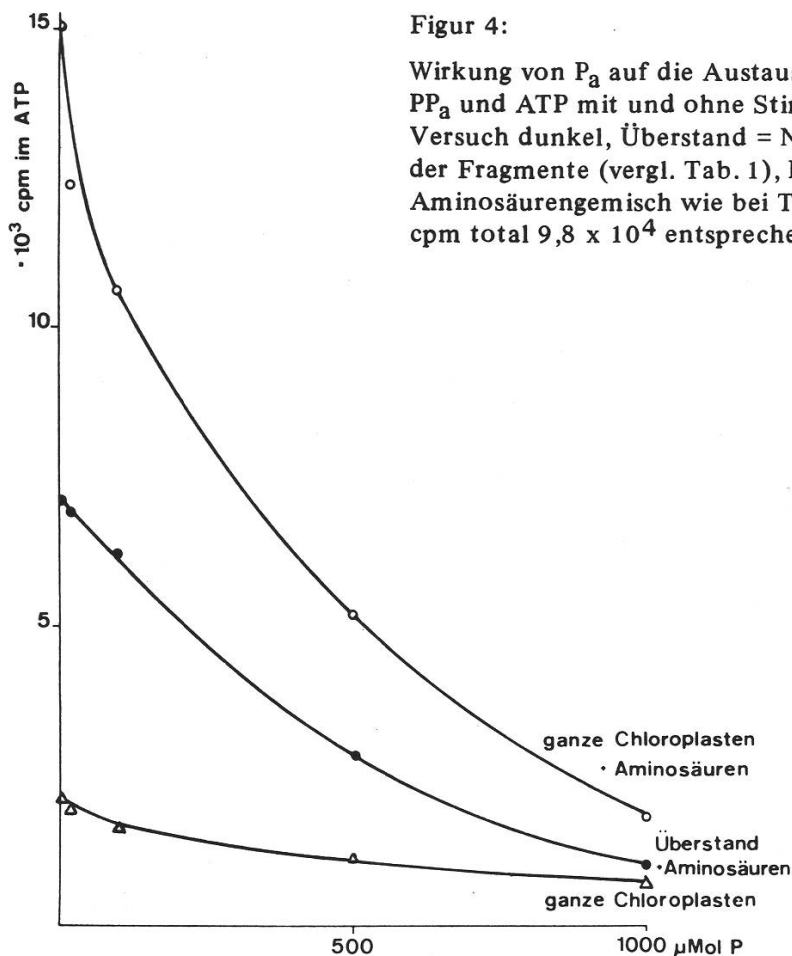
Dies könnte ein weiterer Hinweis dafür sein, dass  $AT^{32}P$  zum Teil durch einen Austausch mit  $^{32}P_a$ , entstanden durch Spaltung von  $PP_a$  durch die PP-ase, gebildet wird. Eine Verdünnung des  $^{32}P$ -Phosphates durch inaktives Phosphat würde in diesem Fall die Verringerung der Austauschrate bewirken. Andererseits hemmt  $P_a$  jedoch auch direkt die aminosäurenabhängige Austauschreaktion mit  $PP_a$ , wie dies Austauschversuche in Gegenwart steigender Phosphatkonzentrationen zeigen (Figur 4), und zwar in einem grösseren Ausmass als dies in Figur 3 der Fall ist. So wird auch mit dem Überstand aus der Chloroplastenfragmentierung, der nur einen sehr geringen Austausch zwischen  $P_a$  und ATP katalysiert (Vergl. Tabelle 2), eine starke Verkleinerung der Austauschrate beobachtet.



Figur 3:

Wirkung von  $P_a$  auf die Austauschreaktion zwischen  $PP_a$  und ATP.  
Versuch dunkel, mit ganzen Chloroplasten,  $P_a$  als Phosphat pH 8.





Figur 4:

Wirkung von  $P_a$  auf die Austauschreaktion zwischen  $PP_a$  und ATP mit und ohne Stimulation durch Aminosäuren. Versuch dunkel, Überstand = Nr. 2 vom Zentrifugieren der Fragmente (vergl. Tab. 1), P als Phosphat pH 8, Aminosäurengemisch wie bei Tabelle 2 angegeben, cpm total  $9,8 \times 10^4$  entsprechend  $10 \mu\text{Mol } ^{32}\text{PP}$ .

## Diskussion

Simmons und Butler (1969) konnten an ganzen Maisblättern zeigen, dass eine kurze Belichtung von 10 min eine starke Stimulierung der PP-ase bewirkte, die in der anschließenden Dunkelphase mehrere Tage andauerte. In unserer Arbeit zeigt sich nun das interessante Resultat, dass auch eine kurze Belichtung isolierter Chloroplasten eine bleibende Aktivitätssteigerung der Chloroplasten-Pyrophosphatase zur Folge hat. Diese Resultate weisen darauf hin, dass die Stimulierung der PP-ase nicht über den gleichen Mechanismus erfolgt, wie die Aktivierung der magnesiumabhängigen ATP-ase durch Licht, d.h. über eine Energetisierung der Membran. Im Gegensatz zur Aktivierung der ATP-ase bleibt auch die Zugabe eines Elektronenüberträgers ohne Einfluss, und die erhöhte Aktivität der PP-ase bleibt auch in Abwesenheit von  $PP_a$  erhalten, während die Wirkung der Lichtinduktion der ATP-ase in Abwesenheit von ATP rasch zerfällt (Petrack et al. 1965; Specht-Jürgensen und Bachofen 1969).

Tabelle 6:

Verteilung des radioaktiven Phosphates nach dem Austausch zwischen  $^{32}\text{PP}_a$  und ATP in ganzen Chloroplasten.

		AMP	ADP	ATP	$\text{P}_a$
dunkel	Menge $\mu\text{Mol}$	0,14	0,62	9,20	0,32
	Aktiv. cpm $\cdot 10^3$	0,0	0,14	4,70	7,0
vorbelichtet (2 min)	Menge $\mu\text{Mol}$	3,9	5,3	0,8	2,4
	Aktiv. cpm $\cdot 10^3$	0,0	1,54	0,64	52,2

Gesamtaktivität  $2,2 \times 10^5$  cpm, entsprechend  $10 \mu\text{Mol } ^{32}\text{PP}_a$ , Auftrennung des Phosphatgemisches säulenchromatographisch mit Anionenaustauscher Dowex I X-8.

Es ist klar, dass diese lichtinduzierte Spaltung von  $\text{PP}_a$  im Zusammenhang mit der durch Belichtung induzierbaren Austauschreaktion zwischen ATP und  $\text{P}_a$  eine lichtinduzierte Austauschreaktion zwischen ATP und  $\text{PP}_a$  vortäuschen kann oder diese zumindest überlagert. Die Konzentration an freiem  $^{32}\text{P}_a$  war nach Austauschversuchen mit  $^{32}\text{PP}_a$  in allen Fällen wesentlich grösser als die Menge des ausgetauschten Phosphates der Nukleotide (Tabelle 6). Aus Tabelle 6 geht auch hervor, dass die nach Vorbelichtung im Vergleich zu Dunkelversuchen gemessene kleinere Gesamtmenge an ausgetauschtem Phosphat (vergl. Tabelle 5) auf eine Lichtaktivierung der ATP-ase und Adenylatkinase zurückzuführen werden kann.

Die oben beschriebenen Resultate, v.a. auch das voneinander abweichende Verhalten der Austauschreaktionen zwischen  $\text{P}_a$  oder  $\text{PP}_a$  und ATP machen einen Zusammenhang der Austauschreaktion zwischen  $\text{PP}_a$  und ATP mit der photosynthetischen Energieübertragung eher unwahrscheinlich. Dieser Austausch ist möglicherweise ausschliesslich von der Aktivierung von Substraten abhängig.

Ausser bei der Aminosäureaktivierung konnten wir in Spinatchloroplasten auch eine Stimulierung des ATP- $\text{PP}_a$ -Austausches bei Bedingungen der Sulfataktivierung (Marcus 1959; Mercer und Thomas 1969; Trebst und Schmidt 1969; Shaw und Anderson 1971) oder im Zusammenhang mit der Stärkesynthese bei der Bildung von ADP-Glucose nachweisen (Gosh und Preiss 1965; Zürrer 1973).

In Bakterienchromatophoren erfolgt in Abwesenheit von ADP eine photosynthetische Bildung von  $\text{PP}_a$  anstelle von ATP (Baltscheffsky et al. 1966; Lutz 1972). In Chloroplasten konnte bisher Tyszkiewicz (1972) eine geringe Synthese von  $\text{PP}_a$  aus  $\text{P}_a$  nachweisen. Im Zusammenhang mit unserer Arbeit liess sich in Chloroplasten eine  $\text{PP}_a$ -Bildung allerdings nur dann messen, wenn exogenes oder endogenes, nicht vollständig entferntes ATP vorhanden war. Wir folgerten, dass  $\text{PP}_a$  bei Aktivierungsreaktionen von ATP abgespalten worden war (Zürrer 1973). Dieser Befund würde übereinstimmen mit der Tatsache einer fehlenden Austauschreaktion zwischen  $\text{PP}_a$  und ATP in Chloroplasten im Zusammenhang mit der photosynthetischen Energieübertragung.

## Zusammenfassung

Spinatchloroplasten katalysieren eine Austauschreaktion zwischen  $^{32}\text{PP}^*$  und ATP. Sie besitzen eine membrangebundene, lichtaktivierbare Pyrophosphatase. Dadurch kann der Austausch zwischen  $\text{PP}_a$  und ATP durch einen Austausch zwischen  $\text{P}_a$  und ATP überlagert oder vorgetäuscht werden. Die Austauschreaktion zwischen  $\text{PP}_a$  und ATP ist möglicherweise ausschliesslich bedingt durch die Aktivierung von Substraten mit ATP unter Abspaltung von  $\text{PP}_a$ , wie dies für die Aktivierung von Aminosäuren gezeigt wird.

## Summary

### *Exchange Reactions between ATP and Pyrophosphate in Isolated Chloroplasts.*

Chloroplasts catalyze an exchange reaction between  $\text{PP}_i$  and ATP. Furthermore they show activity of a membrane bound, light activated pyrophosphatase. By the latter enzyme, it may be possible that the exchange between  $\text{PP}_i$  and ATP becomes masked by the well known exchange reaction between  $\text{P}_i$  and ATP. The observed exchange between  $\text{PP}_i$  and ATP may therefore be only due to the activation reaction of certain substrates with ATP and the concomittant release of  $\text{PP}_i$ , as is demonstrated for the activation of amino acids.

## Literatur

- Avron M. (1960). *Biochim. Biophys. Acta* 40, 257.
- Bachofen R. und I. Specht-Jürgensen (1967). *Z. Naturforsch.* 22b, 1051.
- Baltscheffsky H., L.V. von Stedingk, H.W. Heldt und M. Klingenberg (1966). *Science* 153, 1120.
- Bové J. und I.D. Raacke (1959). *Arch. Biochem. Biophys.* 85, 521.
- Carmeli C. und M. Avron (1966). *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 24, 923.
- Crane R.K. und F. Lipmann (1953). *J. Biol. Chem.* 201, 235.
- Davis J.W. und G.D. Novelli (1958). *Arch. Biochem. Biophys.* 75, 299.
- El-Badry A.M. und J.A. Bassham (1970). *Biochim. Biophys. Acta* 197, 308.
- Fiske C. und Y. Subbarow (1925). *J. Biol. Chem.* 66, 375.
- Forti G. (1961). *Biochim. Biophys. Acta* 48, 200.
- Gosh H.P. und J. Preiss (1965). *Biochemistry* 4, 1355.
- Hall T.C. und E.C. Cocking (1966). *Plant and Cell Physiol.* 7, 343.
- Heber U.W. (1967). *Plant Physiol.* 42, 1343.
- Lowry O.H., N.J. Rosenbough, N.J. Farr und A.L. Randall (1951). *J. Biol. Chem.* 193, 265.
- Lutz H. (1972). In: *Proceedings of the 2nd International Congress on Photosynthesis Research*, Stresa. G. Forti, M. Avron und A. Melandri Eds., Dr. W. Junk N.V. Publishers, The Hague, S. 1159.
- Marcus A. (1959). *J. Biol. Chem.* 234, 1238.
- Mercer G.I. und G. Thomas (1969). *Phytochemistry* 8, 2281.
- Petrack B., A. Craston, F. Sheppy und F. Farron (1965). *J. Biol. Chem.* 240, 906.
- Rienits K.G. (1967). *Biochim. Biophys. Acta* 143, 595.
- Shaw W.H. und J.W. Anderson (1971). *Plant Physiol.* 47, 114.
- Simmons S. und W. Butler (1969). *Biochim. Biophys. Acta* 172, 150.
- Specht-Jürgensen I. und R. Bachofen (1968). *Planta* 29, 222.
- Specht-Jürgensen I. und R. Bachofen (1969). In: *Progress in Photosynthesis Research*, H. Metzner Ed. Tübingen, Vol. III, S. 1162.
- Specht-Jürgensen I., H. Lutz und R. Bachofen (1968). *FEBS Letters* 1, 265.
- Trebst A. und A. Schmidt (1969). In: *Progress in Photosynthesis Research*, H. Metzner Ed., Tübingen, Vol. III, S. 1510.
- Tyszkiewicz E. (1972). In: *Proceedings of the 2nd International Congress on Photosynthesis Research*, Stresa, G. Forti, M. Avron und A. Melandri Eds., Dr. W. Junk N.V. Publishers, The Hague, S. 1303.
- Whatley F.R. und D.I. Arnon (1963). In: *Methods of Enzymology*, S.P. Colowick und N.O. Kaplan Eds. (New York) S. 308.
- Zürrer H. (1973). *Dissertation, Universität Zürich, Juris Verlag, Zürich.*

Dr. H. Zürrer und Prof. R. Bachofen  
Institut für Allgemeine Botanik  
der Universität Zürich  
Künstlergasse 16  
8006 Zürich