

Otto Heinrich Warburg (\* 8. Oktober 1883 in Freiburg im Breisgau; † 1. August 1970 in West-Berlin) war ein deutscher Biochemiker, Arzt und Physiologe. 1931 erhielt er für „die Entdeckung der Natur und der Funktion des Atmungsferments“ den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin.

Otto Warburg, als Sohn des Physikers Emil Warburg geboren, legte 1901 sein Abitur am humanistischen Friedrichswerderschen Gymnasium in Berlin ab. Anschließend studierte er Naturwissenschaften mit Schwerpunkt Chemie an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, ab 1903 setzte er das Chemiestudium an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin (heutige Humboldt-Universität) fort. Dort legte er am 14. Dezember 1903 das Verbandsexamen bei Siegmund Gabriel als erste akademische Prüfung im Fach Chemie ab. Ab 1905 schloss sich dem ein Studium der Medizin in Berlin, München und Heidelberg an. 1906 promovierte er in Berlin bei Emil Fischer zum Dr. phil., 1911 in Heidelberg zum Dr. med. und wurde dort an der medizinischen Klinik Assistent unter Rudolf von Krehl. Ein Jahr später erfolgte Warburgs Habilitation für das Fach Physiologie in Heidelberg.

Zwischen 1908 und 1914 war er im Rahmen von Forschungsaufenthalten an der Zoologischen Station in Neapel tätig. 1914 wurde Otto Heinrich Warburg zum Mitglied der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft ernannt. Von 1914 bis 1918 nahm er an den Kriegshandlungen des Ersten Weltkriegs teil. Nach Kriegsende war er bis 1930 am Kaiser-Wilhelm-Institut tätig. In der Zeit von 1921 bis 1923 hatte er zudem eine außerordentliche Professur für Physiologie an der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin inne. Otto Heinrich Warburg war Gründer (und bis 1967 Direktor, ab 1953 Max-Planck-Institut für Zellphysiologie) des 1930 eingerichteten Kaiser-Wilhelm-Instituts für Zellphysiologie in Berlin-Dahlem. Als 1939 der Druck der Nazis auf ihn spürbar wurde, versuchte Warburg als „Mischling 1. Grades“ eingestuft zu werden. Tatsächlich gelang es ihm, bis zum Kriegsende in seiner Position zu verbleiben, angeblich durch Beziehungen zu hochrangigen Personen. 1941 wurde er zwar als Institutsdirektor abgesetzt, arbeitete jedoch weiter, und wurde 1942 (angeblich durch Vermittlung des Chemikers Walter Julius Viktor Schoeller) restituiert. Das Institut wurde als „anerkannter Wehrwirtschaftsbetrieb“ eingestuft. Von 1943 bis 1945 war es kriegsbedingt in das Seehaus des Schlosses Liebenberg im Landkreis Templin ausgelagert. Nach dem Zweiten Weltkrieg war das Institut bis zu seiner Eingliederung in die Max-Planck-Gesellschaft Teil der Deutschen Forschungshochschule in Berlin.

In den Jahren zwischen 1924 und 1949 nahm er zudem mehrere Lehr- und Forschungsaufenthalte in den USA wahr.

Seine wissenschaftlichen Beiträge leistete er unter anderem über die mitochondriale Atmungskette, die Photosynthese der Pflanzen und den Stoffwechsel von Tumoren. Er entwickelte den zusammengesetzten enzymatischen Test. Seine Entdeckung, dass eine große Zahl von bösartigen Tumoren einen erhöhten Zuckerstoffwechsel aufweist, war in den 1970er-Jahren Grundlage für die Entwicklung eines diagnostischen bildgebenden Verfahrens, der Positronen-Emissions-Tomographie.

Zur quantitativen Messung von Gasumsätzen bei Stoffwechselvorgängen entwickelte er ein neues Gerät, den Warburg-Apparat. Mit diesem Gerät werden die sich entwickelnden Gase manometrisch gemessen. Für „die Entdeckung der Natur und der Funktion des Atmungsferments“ erhielt Warburg 1931 den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin. Er wurde darüber hinaus mit zahlreichen weiteren Preisen, Medaillen, Orden, Ehrenmitgliedschaften und Ehrenpromotionen ausgezeichnet. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde Warburg 1946 Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften und Professor am neugegründeten Max-Planck-Institut für Zellphysiologie. 1956 wurde er zum Mitglied

der Leopoldina berufen. 1957 erschien sein Artikel über Paul Ehrlich. 1962 wurde ihm der Paul-Ehrlich-und-Ludwig-Darmstaedter-Preis verliehen. Im Jahr 1963 wurde ihm die Harnack-Medaille der Max-Planck-Gesellschaft verliehen, die für Verdienste um die Gesellschaft vergeben wird.

Warburg blieb unverheiratet, er lehnte verschiedene Heiratsangebote von Frauen ab. Über 50 Jahre lang (nach seiner Rückkehr aus dem Ersten Weltkrieg) lebte Warburg mit Jacob Heiss in seiner Villa in Berlin-Dahlem. Offiziell war Jakob Heiss sein persönlicher Sekretär. Er besorgte bis zu Warburgs Tod alle Tätigkeiten eines Privatsekretärs, organisierte den umfangreichen Haushalt, begrüßte die Gäste und begleitete Warburg auf dessen Reisen. Eine anonyme Anzeige wegen § 175 StGB blieb 1943 ohne größere Folgen.

#### Warburg-Hypothese

Warburg ist in der Krebsforschung heute noch vor allem durch die sogenannte Warburg-Hypothese bekannt. Er hatte festgestellt, dass Tumoren sich durch eine ungewöhnliche Konzentration von Laktat, das Produkt der anaeroben Glykolyse, auszeichnen, obwohl genügend Sauerstoff für die Verbrennung mithilfe der Mitochondrien vorhanden war. Daraus hatte er 1930 die Hypothese abgeleitet, eine Störung oder Unterbrechung der Funktion der Mitochondrien in Krebszellen sei der Hauptgrund für das Wachstum von Krebs. Diese Annahme ist ein Klassiker der medizinischen Grundlagenforschung und wurde nie überzeugend widerlegt, aber auch nie bewiesen. Ernst van Aaken, ein Warburg-Schüler, zeigte statistisch, dass Sportler, die ein aerobes Dauerlauftraining absolvieren, hoch signifikant seltener an Krebs erkranken als Normalpersonen (er nahm hierzu als Hausarzt die Bevölkerung von Waldniel) und auch als solche, die ein Intervalltraining Freiburger Prägung absolvieren, was mit Erhöhung der Laktat-Konzentration im Blut verbunden ist. Er hielt dies für einen Beleg der Warburg-Hypothese. Im Januar 2006 hatte eine Gruppe von Jenaer und Potsdamer Wissenschaftlern bei Labormäusen den Nachweis geführt, dass die Geschwindigkeit des Tumorstwachstums von den Stoffwechselprozessen abhängig ist und dass diese erfolgreich beeinflusst werden können. US-amerikanische Wissenschaftler vom Boston College fanden 2008 heraus, dass die Cardiolipin-Struktur der Mitochondrien bei an einem Tumor erkrankten Mäusen sich von derjenigen gesunder Tiere unterscheidet. Dieser Befund kann ebenfalls als ein Hinweis auf die Gültigkeit der Warburg-Hypothese gesehen werden.

In Andenken an Otto Heinrich Warburg vergibt die Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie (GBM) jährlich die Otto-Warburg-Medaille. Die Otto-Warburg-Medaille ist die höchste wissenschaftliche Auszeichnung der GBM und gilt als eine der wichtigsten Auszeichnungen im Bereich der Biochemie in Deutschland. Einige der Preisträger erhielten außerdem den Nobelpreis.

Zum Gedenken an den Nobelpreisträger wurde an der Universität Bayreuth die Otto-Warburg Chemie-Stiftung gegründet. Sie fördert Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Chemie an der Universität Bayreuth und vergibt jährlich die Otto Warburg-Vorlesung, die mit einem Preisgeld versehen ist.

Warburgs Grab auf dem Friedhof Dahlem im Feld 4 wird als Ehrengrab des Landes Berlin geführt.

Die Deutsche Bundespost gab am 11. August 1983 anlässlich des 100. Geburtstages von Otto Warburg eine Sondermarke heraus.

Quelle: <https://de.wikipedia.org>

## Übung 1. Wie geht der Satz weiter?

- 1) Dr. Otto Warburg bekam 1931 den Medizin-Nobelpreis für den Nachweis, ...
  - 2) Er wurde darüber hinaus mit zahlreichen weiteren ...
  - 3) Seltsamerweise gibt es bis heute - also seit fast 100 Jahren noch keine Therapie, ...
  - 4) Seine wissenschaftlichen Beiträge leistete er u. a. über die mitochondriale Atmungskette, ...
  - 5) Warburg ist in der Krebsforschung heute noch vor allem ...
  - 6) Der Hauptgrund für das Wachstum von Krebs sei ...
  - 7) Diese Annahme ist ein Klassiker der medizinischen Grundlagenforschung und ...
  - 8) Ernst van Aaken, ein Warburg-Schüler, zeigte statistisch, dass Sportler, ...
  - 9) Die Otto-Warburg-Medaille ist die höchste wissenschaftliche Auszeichnung der GBM und ...
  - 10) Die Otto-Warburg Chemie-Stiftung fördert Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Chemie an der Universität Bayreuth und ...
- 
- a) ... durch die sogenannte Warburg-Hypothese bekannt.
  - b) ... dass Krebszellen in einem basischen, sauerstoffreichen Umfeld nicht überleben können.
  - c) ... vergibt jährlich die Otto Warburg-Vorlesung, die mit einem Preisgeld versehen ist.
  - d) ... die sich damit beschäftigt.
  - e) ... eine Störung oder Unterbrechung der Funktion der Mitochondrien in Krebszellen.
  - f) ... wurde nie überzeugend widerlegt, aber auch nie bewiesen.
  - g) ... Preisen, Medaillen, Orden, Ehrenmitgliedschaften und Ehrenpromotionen ausgezeichnet.
  - h) ... gilt als eine der wichtigsten Auszeichnungen im Bereich der Biochemie in Deutschland.
  - i) ... die Photosynthese der Pflanzen und den Stoffwechsel von Tumoren.
  - j) ... die ein aerobes Dauerlauftraining absolvieren, hoch signifikant seltener an Krebs erkranken als Normalpersonen.

## Übung 2. Wie lautet die Definition?

Begriffe: Mitochondrien – Tumor – Stoffwechsel – Laktat – Sauerstoff – Krebs – Atmungsferment – Zellphysiologie – Glykolyse – Atmungskette

- 1) ein Teil des Energiestoffwechsels der meisten Lebewesen .....
- 2) kleine Zellorganellen, die unter anderem für die Produktion von ATP (Adenosintriphosphat) verantwortlich sind .....
- 3) ein Salz der Milchsäure, das im menschlichen Organismus entsteht beim sauerstofffreien (= anaeroben) Abbau des Traubenzuckers (Glukose), insbesondere bei vermehrter Muskelarbeit und gleichzeitig bestehendem Sauerstoffmangel entsteht .....
- 4) der schrittweise Abbau von Monosacchariden (Einfachzuckern) wie der D-Glucose (Traubenzucker), von der sich auch diese Bezeichnung ableitet .....
- 5) im weiteren Sinn jede Zunahme des Volumens eines Gewebes von höheren Lebewesen unabhängig von der Ursache; im engeren Sinn Neubildung von Körpergeweben, die durch Fehlregulationen bei der Zellproliferation entstanden ist .....
- 6) ein Multiproteinkomplex, der als Endglied der elektronenübertragenden Enzyme der Atmungskette 4 Elektronen direkt vom Cytochrom c auf molekularen Sauerstoff überträgt (Cytochromoxidase) .....
- 7) die Wissenschaft von der Funktion einer einzelnen Zelle .....

- 8) als chemischer Grundstoff in der Luft vorhandenes farbloses, geruchloses Gas (chemisches Element; Zeichen: O) .....
- 9) alle Vorgänge, die mit der chemischen Umsetzung von Stoffen im Körper zusammenhängen .....
- 10) die unkontrollierte Vermehrung und das wuchernde Wachstum von Zellen, d. h. eine bösartige Gewebeneubildung .....

#### Übung 3. Wie ist der Satz - richtig oder falsch?

- 1) Otto Heinrich Warburg war ein deutscher Biochemiker, Arzt und Physiologe. ....
- 2) 1931 erhielt er für die Entdeckung des Atmungsferments den Nobelpreis für Chemie. ....
- 3) Er entwickelte den zusammengesetzten enzymatischen Test. ....
- 4) Er entwickelte ein neues Gerät Zur quantitativen Messung von Gasumsätzen bei Stoffwechselvorgängen. ....
- 5) Er entwickelte ein diagnostisches bildgebendes Verfahren, die sog. Positronen-Emissions-Tomographie. ....
- 6) Nach dem Ersten Weltkrieg wurde Warburg Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften. ....
- 7) Die Warburg-Hypothese wurde nie überzeugend widerlegt, aber auch nie bewiesen. ....
- 8) Zum Gedenken an Nobelpreisträger wurde an der Humboldt-Universität die Otto-Warburg Chemie-Stiftung gegründet. ....
- 9) Die Otto-Warburg-Medaille gilt als eine der wichtigsten Auszeichnungen im Bereich der Medizin in Deutschland. ....
- 10) Warburgs Grab auf dem Friedhof Dahlem wird als Ehrengrab des Landes Berlin geführt. ....

#### Übung 4. Wie lautet die Antwort?

- 1) Welche Schulausbildung hatte Warburg?
- 2) Was und wo studierte er?
- 3) Was machte er in Neapel?
- 4) Was machte er im Ersten Weltkrieg?
- 5) Was für ein Institut gründete er 1930?
- 6) Welche Entdeckung war die Grundlage für die Entwicklung der Positronen-Emissions-Tomographie?
- 7) Was wird mit dem Warburg-Apparat gemessen?
- 8) Für welche Entdeckung erhielt Warburg den Nobelpreis?
- 9) Warum blieb Warburg unverheiratet?
- 10) Wie lautet die Warburg-Hypothese?
- 11) Was zeigte Ernst van Aaken?
- 12) Welcher Befund kann als ein Hinweis auf die Gültigkeit der Warburg-Hypothese gesehen werden?
- 13) Was verbirgt sich hinter der Abkürzung GBM?
- 14) Was wurde zum Gedenken an den Nobelpreisträger an der Universität Bayreuth gegründet?
- 15) Wofür ist die Stiftung zuständig?
- 16) Was ist die Otto-Warburg-Medaille?
- 17) Wie hat die Deutsche Bundespost das 100. Geburtstag von Otto Warburg geehrt?

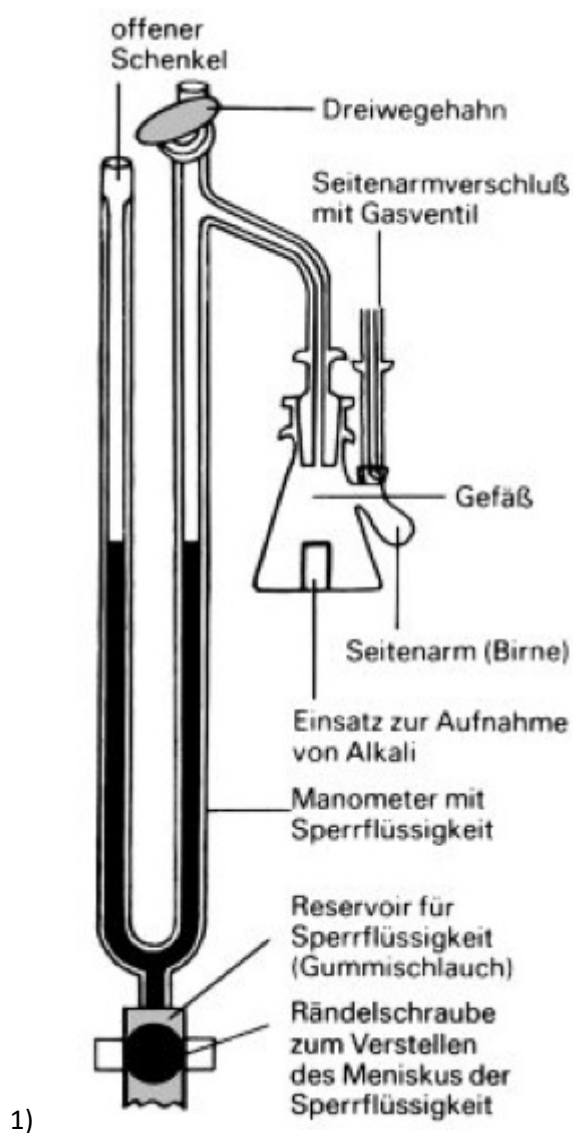
Übung 5. Welche Ereignisse lassen sich den folgenden Daten zuordnen?

- 1) 8. Oktober 1883 .....
- 2) 1901 .....
- 3) 14. Dezember 1903 .....
- 4) 1905 .....
- 5) 1906 .....
- 6) 1911 .....
- 7) 1908 – 1914 .....
- 8) 1914 – 1918 .....
- 9) 1921 – 1923 .....
- 10) 1931 .....
- 11) 1930 .....
- 12) 1939 .....
- 13) 1943 – 1945 .....
- 14) 1924 – 1949 .....
- 15) 1946 .....
- 16) 1956 .....
- 17) 1957 .....
- 18) 1962 .....
- 19) 1963 .....
- 20) 1. August 1970 .....
- 21) 11. August 1983 .....
- 22) Januar 2006 .....
- 23) 2008 .....

- a) Warburg erhielt den Nobelpreis für Medizin.
- b) Otto Warburg wurde als Sohn des Physikers Emil Warburg geboren.
- c) Otto legte sein Abitur am humanistischen Gymnasium in Berlin ab.
- d) Die Deutsche Bundespost gab anlässlich des 100. Geburtstages von Otto Warburg eine Sondermarke heraus.
- e) Warburg nahm an den Kriegshandlungen des Ersten Weltkriegs teil.
- f) Der Druck der Nazis auf Warburg wurde spürbar.
- g) Otto Warburg legte das Verbandsexamen als erste akademische Prüfung im Fach Chemie ab.
- h) Ein für die Warburg-Hypothese wichtiger Nachweis wurde geführt.
- i) Warburg promovierte in Berlin zum Doktor der Naturwissenschaften.
- j) Warburg promovierte zum Doktor der Medizin.
- k) Ein für die Warburg-Hypothese wichtiger Befund wurde in den USA gezogen.
- l) Warburg war kriegsbedingt in das Seehaus des Schlosses Liebenberg ausgelagert.
- m) Warburg nahm mehrere Lehr- und Forschungsaufenthalte in den USA wahr.
- n) Es erschien ein Artikel über Paul Ehrlich.
- o) Warburg begann Medizin zu studieren.
- p) Warburg erhielt die Harnack-Medaille der Max-Planck-Gesellschaft.
- q) Warburg hatte eine außerordentliche Professur für Physiologie an der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin inne.

- r) Warburg wurde der Paul-Ehrlich-und-Ludwig-Darmstaedter-Preis verliehen.
- s) Warburg war im Rahmen von Forschungsaufenthalten an der Zoologischen Station in Neapel tätig.
- t) Otto Warburg ist in Berlin gestorben.
- u) Warburg wurde zum Mitglied der Leopoldina berufen.
- v) Warburg Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften und Professor am neugegründeten Max-Planck-Institut für Zellphysiologie.

Übung 6. Was zeigt das Bild?





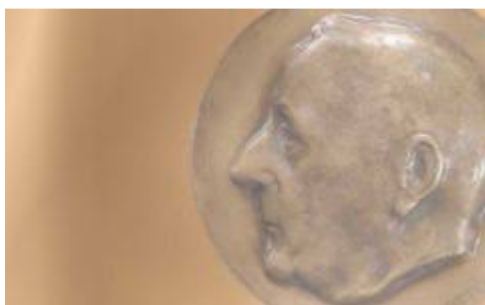
2)

---



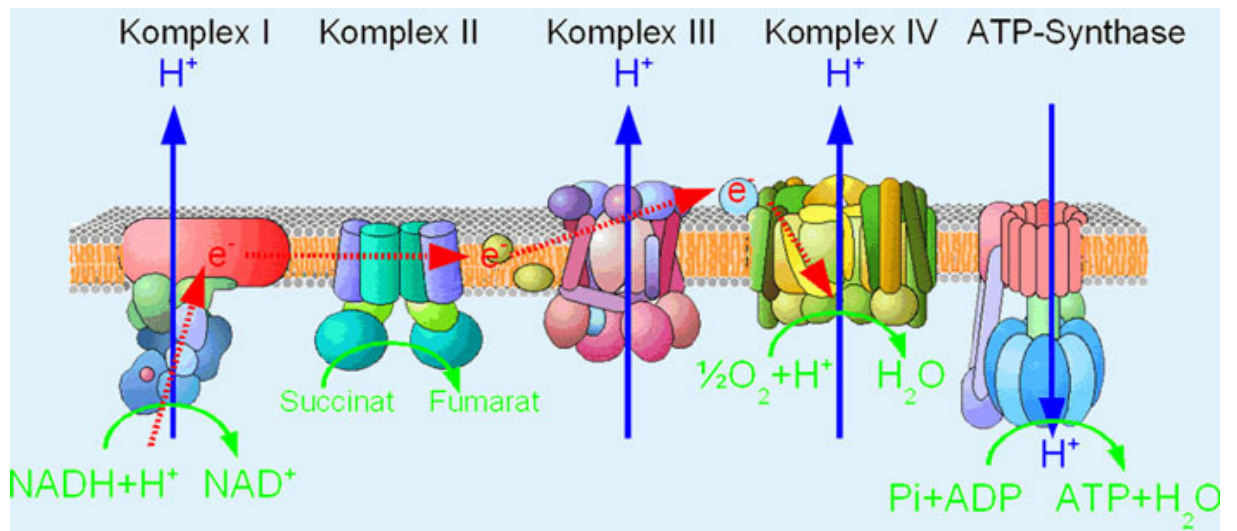
3)

---



4)

---



5)



6)



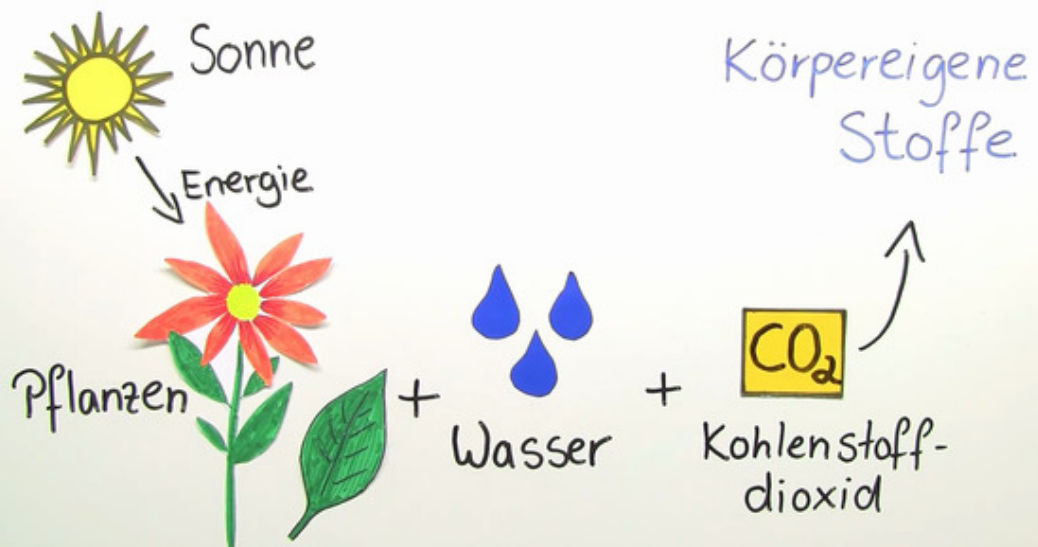
7)



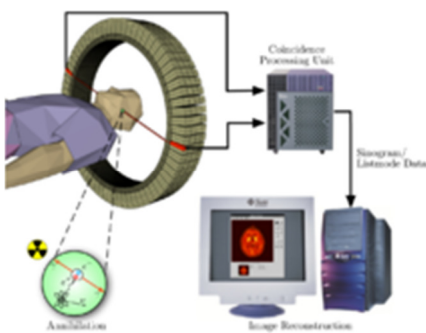
8)



## Bedingungen der Fotosynthese



9)



10)

- a) die Otto-Warburg-Medaille
- b) Warburgs Grab auf dem Friedhof Dahlem
- c) Labormäuse
- d) Fotosynthese der Pflanzen
- e) Sondermarke anlässlich des 100. Geburtstages von Otto Warburg
- f) Warburg-Apparat
- g) mitochondriale Atmungskette
- h) der Positronen-Emissions-Tomographie
- i) das Schloss Liebenberg
- j) die Harnack-Medaille

#### Übung 7. Fragen zur weiteren Internetrecherche

- 1) Warburgs Geburtsort ist Freiburg von Breisgau. Welche Touristenattraktionen bietet die Stadt? <https://visit.freiburg.de/>
- 2) Welchen Spitznamen hatte Otto Heinrich Warburg?  
<https://www.tagesspiegel.de/themen/gesundheit/otto-warburg-war-nach-1945-der-letzte-nobelpreistraeger-der-berlin-die-treue-hielt/113412.html>
- 3) Was ist Leopoldina?
- 4) Wer war Paul Ehrlich?
- 5) Worauf bezog sich der § 175 StGB?
- 6) Was war Spezialgebiet von Ernst van Aaken?
- 7) Einige der Preisträger der Otto-Warburg-Medaille erhielten außerdem den Nobelpreis. Wer war das? <https://de.wikipedia.org/wiki/Otto-Warburg-Medaille>



- 8) Wo steht diese Skulptur?
- 9) Worauf beruht die Positronen-Emissions-Tomographie?
- 10) Es gibt angeblich keine Therapie, der die Warburg-Hypothese zugrunde liegt. Stimmt das?  
<http://grubakaska.pl/kuracja-zdrowotna-dr-otto-horaka/>

Ćwiczenia na licencji Creative Commons



mgr Magdalena Małecka