

Das Funktionsprinzip des SensLab-Laktat-teststreifens

Die Probeaufnahme

Die Blutprobe wird am Sensor aufgrund von Kapillarkraftwirkung über eine Öffnung des Probearbeitungskanal bis zur so genannten Messkammer des Teststreifens transportiert. Über den nachfolgend angeordneten Probearbeitungskanal, der einen sehr kleinen Querschnitt aufweist, kann zwar die verdrängte Luft der Messkammer entweichen, der Weitertransport der Probe wird jedoch verhindert. Auf diese Weise kann eine sehr kleine Probe von nur 0,4 µl Volumen definiert und reproduzierbar in den Teststreifen aufgenommen werden (Abb. 1).

In der Messkammer des Teststreifens befindet sich eine Anordnung von Elektroden, über die das Reagenzgemisch aufgetragen ist. Wesentliche Bestandteile des Reagenzgemisches sind ein Enzym und ein so genannter Redoxmediator. Tritt die Blutprobe in die Messkammer ein, löst sich sofort das Reagenzgemisch auf und es beginnt die eigentliche Nachweisreaktion bzw. Laktatmessung.

Das Enzym Laktatoxidase und der Redoxmediator

Für die Laktatmessung wird als Enzym die Laktatoxidase (LOD), verwendet, die in natürlicher Umgebung das L-Laktat (das Salz der Milchsäure, Abb. 3) unter Nutzung von Sauerstoff spezifisch zu Pyruvat und Wasserstoffperoxid oxidiert. (Abb. 2). Sauerstoff dient dabei als Elektronenakzeptor, d.h. er übernimmt die Elektronen, die aus der Oxidation von Laktat zu Pyruvat frei werden. Pro Laktatmolekül werden zwei Elektronen auf ein Sauerstoffmolekül übertragen und unter unmittelbarer Einbindung jeweils zweier Wasserstoffionen entsteht Wasserstoffperoxid.

Diese Reaktion ist jedoch für Sensorzwecke nur begrenzt nutzbar, da insbesondere bei der Ausmessung höherer Laktatkonzentrationen eine Limitierung der Reaktion eintreten würde. Der Grund dafür liegt in der begrenzten Wasserlöslichkeit des Sauerstoffs.

Deshalb wird anstelle des natürlichen Elektronenakzeptors, Sauerstoff, ein künstlicher Elektronenakzeptor verwendet, der auch als Redoxmediator bezeichnet wird.

Dieser Redoxmediator ist in viel höherer Konzentration löslich, so dass für die enzymatische Reaktion auch bei hohen Laktatkonzentrationen ausreichend Elektronenakzeptormoleküle zur Verfügung stehen.

Der Redoxmediator ist außerdem in Lage, reversibel Elektronen zu transportieren, d.h. zu übernehmen und wieder abzugeben. Dabei wird der Mediator entweder reduziert (Elektronenaufnahme) oder oxidiert (Elektronenabgabe).



Abb. 1 Teststreifenaufbau

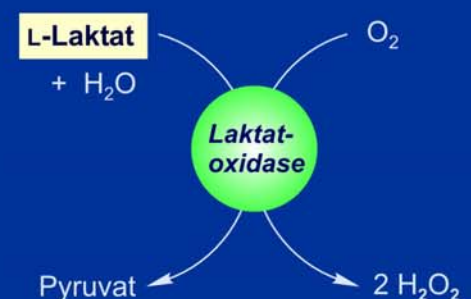


Abb. 2 Enzymatische Laktat-oxidation mit LOD



Abb. 3 Milchsäuremolekül

Die Nachweisreaktion

Bei der enzymatischen Oxidation von Laktat zu Pyruvat werden Elektronen frei, die zunächst von den redoxaktiven Zentren (FAD^+) des Enzyms übernommen werden. Mit der Übernahme der Elektronen werden diese redoxaktiven Zentren reduziert (FADH_2) und übertragen nun ihrerseits die Elektronen auf den Redoxmediator. Der Redoxmediator wiederum gibt die Elektronen an die Oberfläche einer Arbeitselektrode ab (Abb. 4).

Damit die zuletzt genannte Elektronenübergabe jedoch erfolgen kann, muss die Arbeitselektrode gegen eine Bezugselektrode (Referenzelektrode, Gegenelektrode) mit einem positiven (anodischen) Potential beauftragt werden. Die anzulegende Spannung zwischen beiden Elektroden wird als Polarisationsspannung bezeichnet.

Mit der Übernahme der Elektronen durch die Arbeitselektrode, d.h. der Oxidation des reduzierten Redoxmediators fließt ein Strom im Außenkreis gegen die Bezugselektrode. Über ein Amperemeter kann der Strom gemessen werden. Da die enzymatische Reaktion stöchiometrisch erfolgt, ist der resultierende Strom aus dem beschriebenen „Elektronen-Shuttle“ direkt proportional zur umgesetzten Laktatkonzentration. Derartige Teststreifen arbeiten also nach dem Prinzip amperometrischer Enzymsensoren.

Das Handmessgerät

Das Handmessgerät („Lactate Scout“, Abb. 5), mit dem die Teststreifen zu betreiben sind, stellt die Polarisationsspannung bereit, enthält einen Strommesser, verarbeitet die Stromwerte, gibt sie in Konzentrationswerten über das Display aus und speichert die Werte gemeinsam mit der Messzeit und dem Datum ab.

Da enzymatische Reaktionen temperaturabhängig sind, wurde im Handmessgerät ein Temperatursensor integriert, mit dessen Hilfe die Temperaturdrift des Messwertes korrigiert wird.

Darüber hinaus kontrolliert das Gerät, ob der eingesteckte Teststreifen bereits vorher benutzt wurde und ob die Messkammer des Teststreifens korrekt befüllt wurde. Es weist den Anwender auf fehlerhafte Teststreifen und Gerätefehler hin. Das Gerät kontrolliert außerdem die Umgebungstemperatur, gibt Warnungen bei Über- oder Unterschreitung der maximalen oder minimalen Betriebstemperatur aus und signalisiert eine bevorstehende Batterieentladung.

Weiterführende Literatur zur Funktion von Teststreifen siehe www.senslab.de / Biosensoren

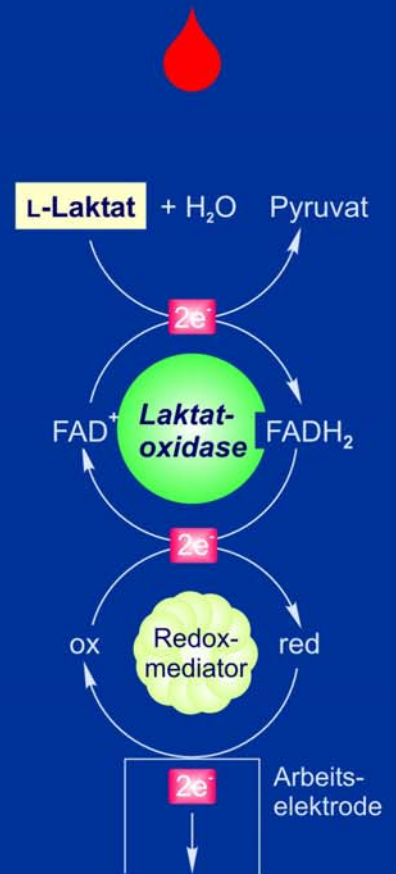


Abb. 4 Indikationsprinzip der SensLab-Laktatteststreifen



Abb. 5 Messgerät zur Signalauswertung und Messwertespeicherung

SensLab

Bautzner Str. 67, D-04347 Leipzig
Tel.: (0341) 23418 3
Fax: (0341) 23418 40
mail: info@senslab.de
web: www.senslab.de