

Dr. med. Dr. scient. med. Jürg Eichhorn

Allgemeine Innere Medizin FMH

Praxis für Allgemeine und Komplementärmedizin

Traditionelle Chinesische Medizin ASA
Manuelle Medizin SAMM
F.X. Mayr-Arzt (Diplom)
CAS - Genomisch-klinische Medizin
Wissenschaftliches Doktoratsstudium (UFL)_

Sportmedizin SGSM
Ernährungsheilkunde SSAAMP
Anti-Aging Medizin
Thermographie (ThermoMed-ISTT)

Neuraltherapie SANTH & SRN
Orthomolekulärmedizin SSAAMP
applied kinesiology ICAK-D & ICAK-A

Version 4. Mai 2026

Pyruvatkinase

Fon
Adresse
E-Mail

+41 (0)71 350 10 20
Im Lindenhof
drje49@gmail.com

Mobil Praxis
Bahnhofstr. 23
www.ever.ch

+41 (0)79 412 34 26
CH-9100 Herisau

Inhalt

INHALT	1
1 PYRUVATKINASE - DEFINITION	2
1.1 Struktur.....	2
1.2 Synthese – Verteilung – Abbau – Elimination.....	2
1.3 Funktion – Pathophysiologie	2
1.4 Untersuchungsmaterial – Entnahmebedingungen.....	2
1.5 Analytik.....	2
1.6 Indikation.....	3
1.7 Interpretation	3
1.8 Diagnostische Wertigkeit.....	3
2 EINORDNUNG: ERHÖHTE WERTE VS. ERNIEDRIGTE WERTE	4
2.1 Erhöhte Pyruvatkinase (PK)	4
2.1.1 Zellschaden / Zellumsatz	4
2.1.2 Tumorerkrankungen (sehr wichtig).....	4
2.1.3 Blutbild / Hämolyse	4
2.1.4 Infektionen / Entzündungen.....	5
2.1.5 Mögliche Folgen	5
2.1.5.1 Direkte Auswirkungen (funktionell).....	5
2.1.5.2 Indirekte Folgen (wichtiger).....	5
3 LITERATUR	7

1 Pyruvatkinase - Definition

Die Pyruvatkinase ist ein Schlüsselenzym der **Glykolyse**.

Sie katalysiert den letzten Schritt: Phosphoenolpyruvat → Pyruvat
Dabei entsteht **ATP** (Energie)

→ Steuert, wie effizient Zellen Zucker in Energie umwandeln

ATP wird in den Mitochondrien aus Eiweiss, Fetten und Kohlenhydraten synthetisiert. Coenzym Q10 ist hierbei der zentrale «Booster».

1.1 Struktur

[Zitate,4,8]

Es existieren mehrere gewebsspezifische Isoformen der Pyruvatkinase wie die M1-PK in Muskel- und Hirngewebe, L-PK in Leber- und Nierengewebe sowie R-PK in Erythrozyten. Während der Entwicklung von malignen Prozessen wurde die Expression einer tumorspezifischen M2-PK (Tumor-M2-Pyruvatkinase) beschrieben. Die Pyruvatkinase kann in tetramerer oder dimerer Form vorkommen.

1.2 Synthese – Verteilung – Abbau – Elimination

Die Pyruvatkinase ist ein ubiquitär vorkommendes Enzym der Glykolyse. Bei Hämolyse wird es vermehrt aus Erythrozyten freigesetzt.

1.3 Funktion – Pathophysiologie

Die Pyruvatkinase ist im Serum erhöht bei verschiedenen malignen Karzinomen insbesondere im fortgeschrittenen Stadium, außerdem bei Herzinfarkt, Infekten und Polytraumata.

1.4 Untersuchungsmaterial – Entnahmebedingungen

Serum, Plasma

1.5 Analytik

Enzymatischer Test, Enzymimmunoassay (EIA)

Konventionelle Einheit
U/mL (KU/L).

1.6 Indikation

Allgemeiner Aktivitätsmarker bei malignen Tumoren.

1.7 Interpretation

Stark erhöhte Werte der Pyruvatkinase finden sich im Serum bei metastasierten Karzinomen verschiedener Lokalisation, außerdem bei Herzinfarkt, Infekten und Polytraumata. Bei letzterem wird die Pyruvatkinase aus aktivierten Granulozyten freigesetzt. Gegenüber heute standardisiert eingesetzten Tumormarkern bietet die Pyruvatkinase keinen Vorteil für die Diagnostik von Tumorerkrankungen.

1.8 Diagnostische Wertigkeit

Allgemeiner Aktivitätsmarker bei malignen Tumoren.

2 Einordnung: Erhöhte Werte vs. Erniedrigte Werte

Erhöht → oft **Zellaktivität / Proliferation / Entzündungen / Hämolyse**

Erniedrigt → z. B. bei **Pyruvatkinase-Mangel**
→ führt zu hämolytischer Anämie (ganz anderes Problem!)

Eine erhöhte Pyruvatkinase ist **kein eigenständiges Krankheitsbild**. Sie ist Hinweis auf:

↑ Zellumsatz
↑ Glykolyse
evtl. Tumoraktivität

Entscheidend ist immer der Kontext (Labor, Symptome, andere Werte)

2.1 Erhöhte Pyruvatkinase (PK)

Eine **erhöhte Pyruvatkinase (PK)** ist kein klassischer „Einzelmarker“ wie z. B. Blutzucker oder Cholesterin. Ihre Bedeutung hängt stark davon ab, **wo** sie gemessen wurde (Blut, Tumorgewebe, Stuhl) und **welche Isoform** sie betrifft. Die Folgen können daher sehr unterschiedlich sein.

2.1.1 Zellschaden / Zellumsatz

- Lebererkrankungen
- Entzündungen
- Gewebeschäden

→ Zellen setzen PK frei → Blutwert steigt

2.1.2 Tumorerkrankungen (sehr wichtig)

Viele Tumorzellen exprimieren die Isoform **PKM2**.

Zusammenhang mit dem **Warburg-Effekt**: Krebszellen nutzen verstärkt Glykolyse (auch mit Sauerstoff)
Dies führt zu **erhöhter PK-Aktivität**

→ **Bedeutung: Marker für Tumoraktivität (z. B. im Stuhl bei Darmkrebs-Screening)**
Nicht spezifisch, aber ein Hinweis

2.1.3 Blutbild / Hämolyse

- Gesteigerter Abbau von Erythrozyten
- Vermehrte Freisetzung von PK aus roten Blutkörperchen

2.1.4 Infektionen / Entzündungen

- Aktivierte Immunzellen → hoher Energiebedarf
- Gesteigerte Glykolyse → erhöhte PK

2.1.5 Mögliche Folgen

Die **erhöhte PK selbst ist selten die Ursache von Problemen**, sondern eher ein **Signal**. Die Folgen hängen von der Grunderkrankung ab:

2.1.5.1 Direkte Auswirkungen (funktionell)

- Gesteigerter Zuckerabbau
- Erhöhte Laktatproduktion möglich
- Verschiebung im Energiestoffwechsel

2.1.5.2 Indirekte Folgen (wichtiger)

Hinweis auf: -Tumorwachstum
-Gewebeschaden
-Entzündung

→ Kann Teil einer metabolischen Umprogrammierung sein

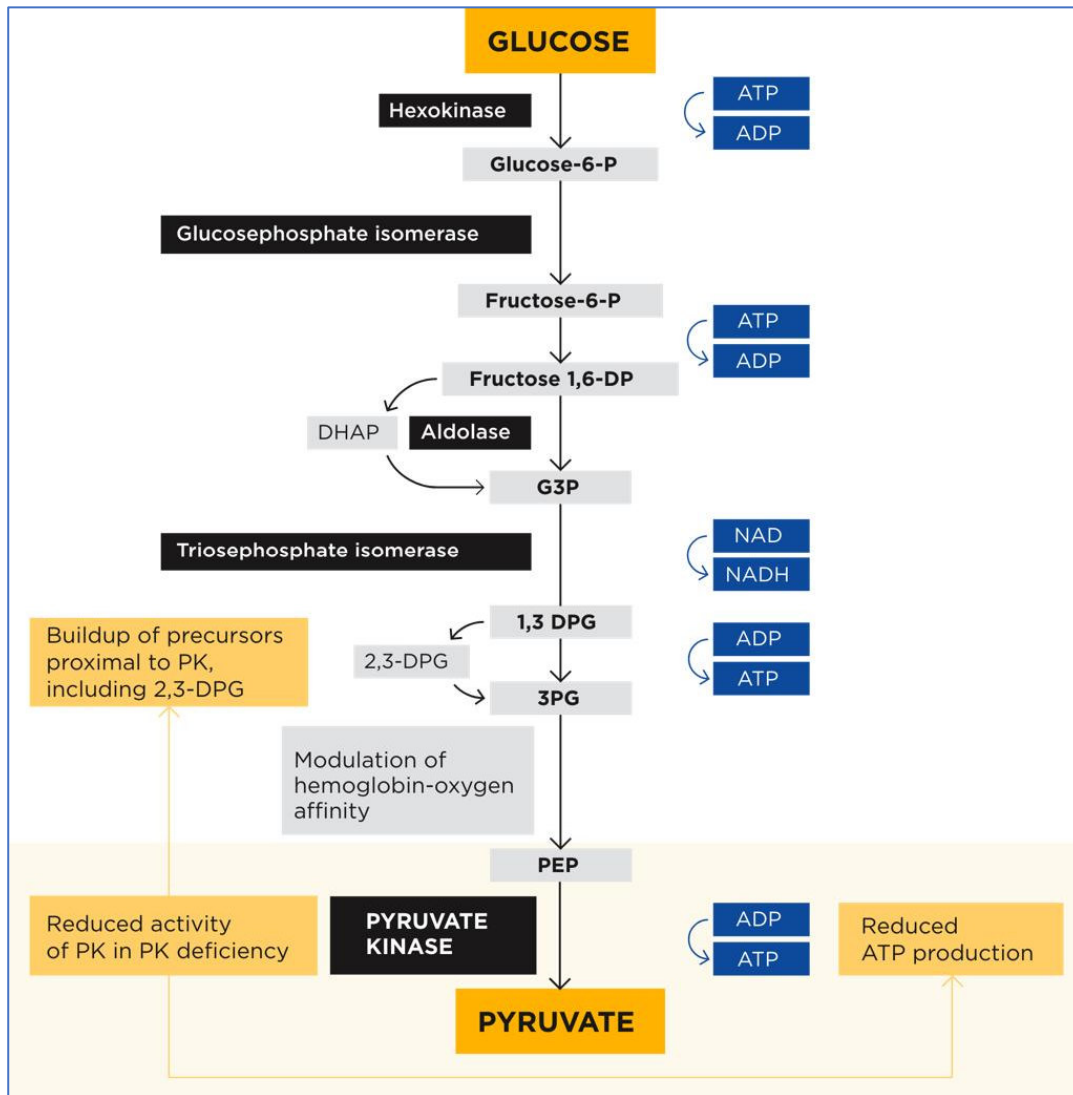


Abbildung 1 Die Pyruvatkinase ist ein Enzym im Endabschnitt des Stoffwechselwegs, das Phosphoenolpyruvat unter Bildung von ATP in Pyruvat umwandelt. Bei einem Mangel an Pyruvatkinase ist die Produktion von Zwischenprodukten wie 2–3-Biphosphoglycerat (2,3-BPG) erhöht [9, Abbildung modifiziert nach Grace RF et al., Am J Hematol 2020;95:133–146].

3 Literatur

1. Schormann, Norbert, Katherine L. Hayden, Paul Lee, Surajit Banerjee und Debasish Chattopadhyay. An Overview of Structure, Function, and Regulation of Pyruvate Kinases. *Protein Science* 28, Nr. 10 (2019): 1771–84. [Internet]. [zitiert 03.05.2026].
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pro.3691>
2. Muñoz, Ma. Enriqueta, Elizabeth Ponce. Pyruvate Kinase: Current Status of Regulatory and Functional Properties. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 135, Nr. 2 (2003): 197–218. [Internet]. [zitiert 03.05.2026].
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1096495903000812?via%3Dihub>
3. Baum, H. Pyruvatkinase, in Erythrozyten. In *Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik*, hrsg. von Axel M. Gressner und Torsten Arndt. Berlin: Springer-Verlag, 2018. [Internet]. [zitiert 03.05.2026]. https://link.springer.com/rwe/10.1007/978-3-662-49054-9_2601-1
4. Holdenrieder S, Stieber P. Pyruvatkinase. *Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik* hrsg. von Axel M. Gressner und Torsten Arndt. Berlin: Springer-Verlag, 2019. [Internet]. [zitiert 03.05.2026]. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-48986-4_2600
5. Jacobsach G, Grieger M, Gerth CH, Bier K. Energiestoffwechsel roter Blutzellen bei Pyruvatkinase-Enzymopathien. *Acta Biol. Med. Germ.* 36 (1977): 717–30. Berlin: Walter de Gruyter. [Internet]. [zitiert 03.05.2026]. <https://www.degruyterbrill.com/de/document/doi/10.1515/9783112650127-017/html>
6. Zanella Alberto. Red Cell Pyruvate Kinase Deficiency: From Genetics to Clinical Manifestation. *Baillière's Clinical Haematology* 13 (2000): 57–81. [Internet]. [zitiert 03.05.2026].
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1521692699900579>
7. Pyruvatkinase. [Internet]. [zitiert 03.03.2026]. <https://flexikon.doccheck.com/de/Pyruvatkinase>
8. Stewart Sell. Eleftherios P. Diamandis, Hervert A. Fritche, Hans Lilja, Daniel W. Chan, and Morton K. Schwartz. Tumor Markers: Physiology, Pathobiology, Technology and Clinical Applications. *Clinical Chemistry*, Volume 49, Issue 2, 1 February 2003, Page 342. [Internet]. [zitiert 03.05.2026].
<https://academic.oup.com/clinchem/article-abstract/49/2/342/5641741>
9. Neeti Luke, Kirsty Hillier, Hanny Al-Samkari, Rachael F Grace. Updates and advances in pyruvate kinase deficiency. *Trends Mol Med.* 2023 Mar 17;29(5):406–418. [Internet]. [zitiert 04.05.2026].
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11088755/>