
Vorlesung

Grundlagen der Diagnose & Beratung

Sascha Härtel, Gunther Kurz

Laktatdiagnostik

—

allgemeine Grundlagen



Gliederung

- 1. Formen der Energiebereitstellung**
- 2. Der Aufbau und die Rolle des ATP**
- 3. Möglichkeiten der ATP Neubildung**
- 4. Glykogen im menschlichen Körper**
- 5. Anaerobe Glykolyse**
- 6. Aerobe Glykolyse**
 - aus Kohlenhydrate**
 - aus Fetten**
- 6. Laktatabbau**

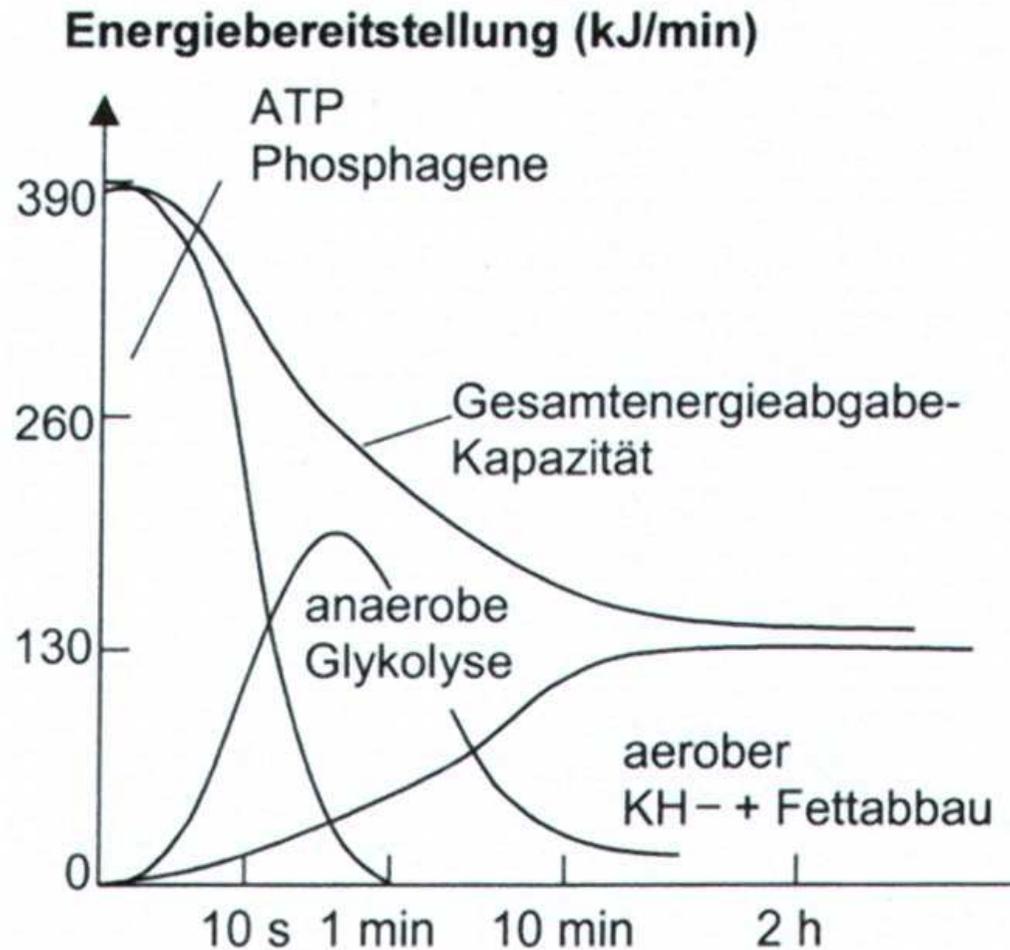


Formen der Energiebereitstellung

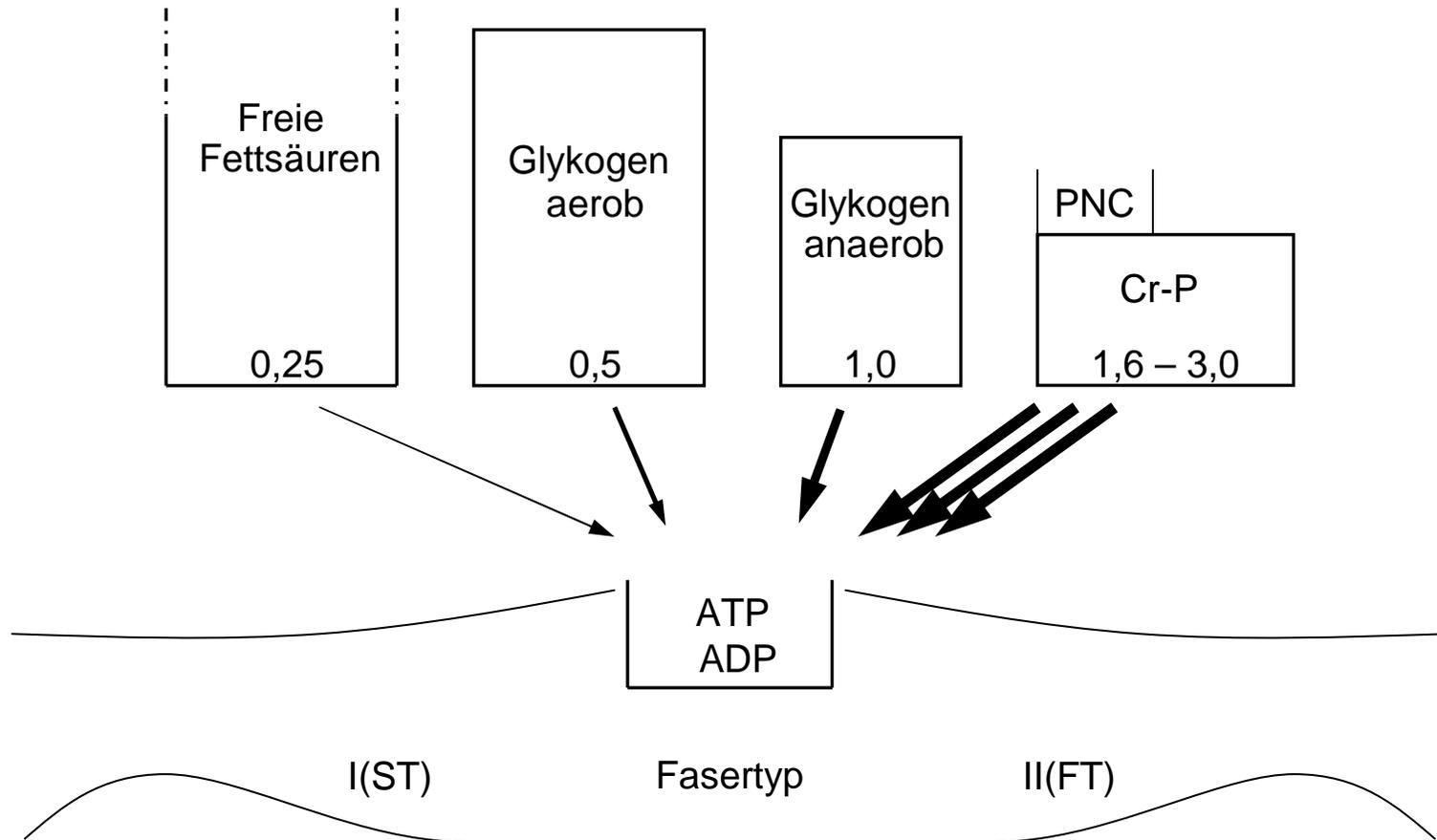
	Art der Verstoffwechslung	Substrat	Enzym	ATP Menge
anaerob	alaktazid	KP	Kreatinase	--
	laktazid	Phosphate (KH)	Phosphorfruktokinase (PFK)	2
aerob	--	Kohlenhydrate	Hexokinase Glukokinase	36
	--	Fette	Cholesterolalkyltransverase	130



Energiebereitstellung bei maximaler Belastung in Abhängigkeit der Belastungszeit



Flussraten der unterschiedliche Energiestoffwechsel



Beanspruchung des Energiestoffwechsels bei unterschiedlichen Wettkampfleistungen

	Messgröße	SA	KZA	MZA	LZA (1)	LZA (2)	LZA (3)
Dauer	“ – sec ' - min	10“ – 35“	35“ – 2'	2' – 10'	10' - 35'	35' – 90'	90' – 360'
Herzschlagfrequenz	(1/min)	185 - 200	185 – 200	190 - 210	180 - 190	175 - 190	150 - 180
O ₂ -Aufnahme	% VO ₂ max	100	100	95-100	90-95	80-95	60-90
Energiewandlung	% aerob % anaerob	10 90	20 80	60 40	70 30	80 20	95 5
Energieverbrauch	kJ/min	300	250	190	120	105	80
Abbauweg (anaerob)	% alactazid % lactazid	30 60	15-30 50	3-5 40-60	--- 10-20	--- ---	--- ---
Abbauweg (aerob)	% KH % Fette	10 ---	20-25 ---	60-40 ---	bis 80 bis 10	80 20	30-50 50-70
Energieliefernde Substrate		Phosp	Phosp (KH)	Glykogen	Leber - & Muskel-Glykogen	Glykogen (Fette)	Glykogen (Fette)

Neumann (1984)

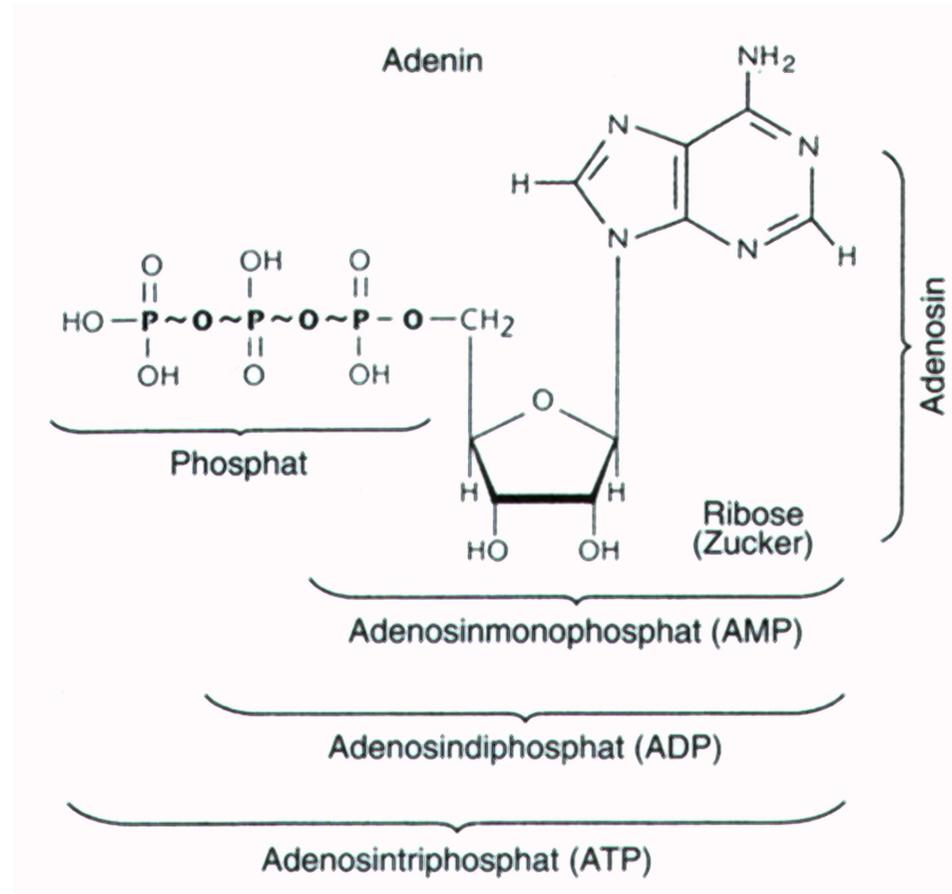


Weltrekorde

<i>Distanz</i>	<i>Zeit</i>	<i>Inhaber</i>
100m	9,77 sec	Asafa Powell
200m	19,32 sec	Michael Johnson
400m	43,18 sec	Michael Johnson
800m	1:41,11 min	Wilson Kipketer
1000m	2:11,96 min	Noah Ngeny
1500m	3:26,00 min	Hicham El Guerrouj
3000m	7:20,67 min	Daniel Komen
5000m	12:37,35 min	Kenenisa Bekele
10000m	26:17,53 min	Kenenisa Bekele
21.0975m	58:51 min	Paul Tergat
42.195m	2:04:55 h	Paul Tergat



Die Aufbau und Rolle des ATP



Dickhuth (2000)

- einzige Energieform, die von der Zelle genutzt werden kann
- Grundbaustein für jede menschliche Bewegung



ATP Gewinnung aus Kohlenhydrate bzw. Zucker

Bestandteile: Kohlenstoff + Wasserstoff (*gr. Hydra= Wasser*) + Sauerstoff

Allgemeine Summenformel: $C_n(H_2O)_n$

Glukose: $C_6H_{12}O_6$

Zuckerarten

Monosaccharide: (Einfachzucker)

Glukose, Fruktose, Galaktose (Hexosen)

Disaccharide: (Doppelzucker)

Laktose (Glukose & Galaktose (Milchzucker))

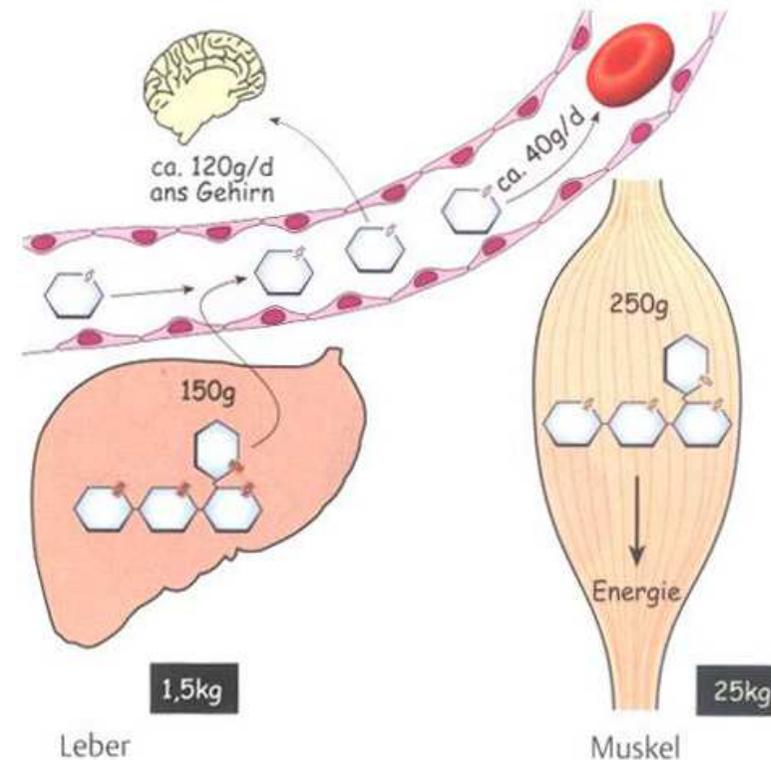
Saccharose (Glukose & Fruktose (Haushaltszucker))



Glykogenvorräte im menschlichen Körper – Welche Organe besitzen Glykogenvorräte?

Glykogen: Speicherform der Glukose

- Glukosegehalt im Blut: **80-120 mg/dl** (entspricht etwa 1g Glukose pro l Blut)
- Speicherkapazität der Glukose im menschlichen Körper liegt bei ca. 400g



Speicherorte

Leber: - speichert Glykogen und dient zur Auffüllung der Blutglukose und versorgt somit die restliche Organe mit Glukose

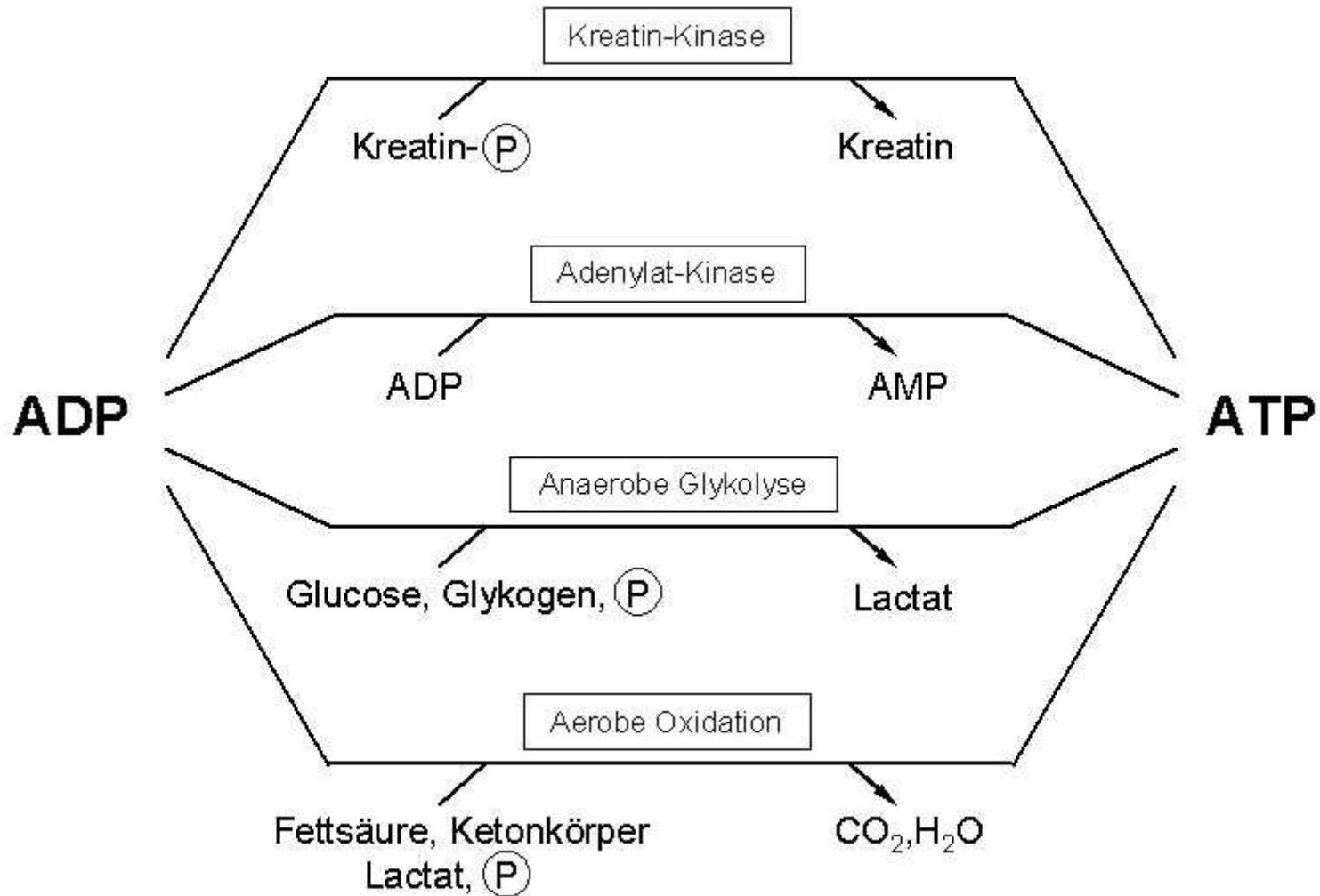
- Speicherkapazität ca. 150g (10% des Gesamtgewichts der Leber)

Muskulatur: - Speicherung nur für Eigenbedarf!!

- Speicherkapazität ca. 250g (1% des Gesamtgewichts der Muskulatur)



Möglichkeiten der ATP Bildung im Muskelgewebe



Resynthetisierung von ATP aus Kohlenhydrate

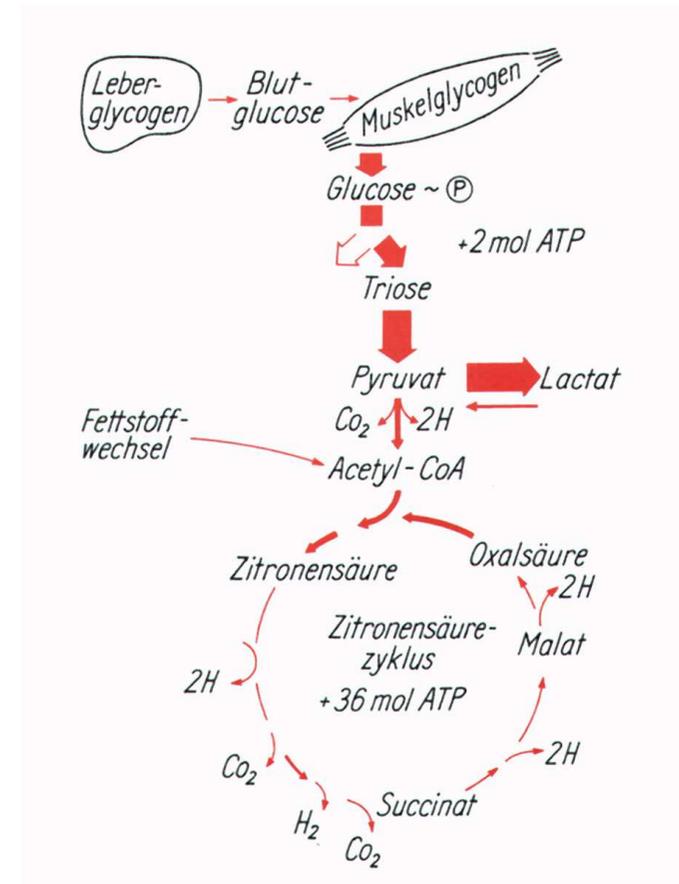
Glykolyse (gr. glykys=süß, lysis=auflösen)

Beschreibt den Abbau von Glukose zu Pyruvat (aerobe Glykolyse) oder zu Laktat (anaerobe Glykolyse).

Orte der Glykolyse

anaerobe Glykolyse: **Zytoplasma**

aerobe Glykolyse: **Mitochondrien**



Badtke (1994)

VL Diagnose & Beratung

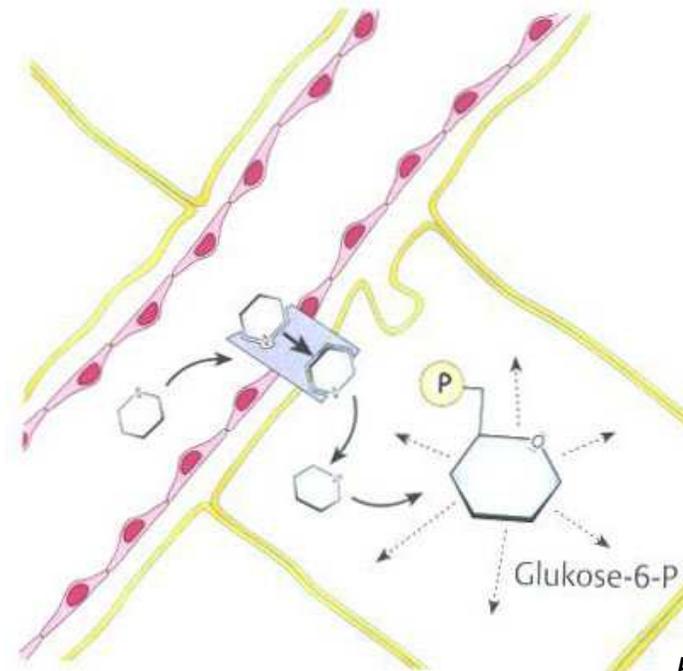


Resynthetisierung von ATP aus Kohlenhydrate

anaerobe Glykolyse

Weg der Kohlehydrate in die Zelle:

- Transport der Glukose in die Zelle erfolgt über Glukose-Transporter (GLUTs), die entsprechend dem Konzentrationsgefälle Hexosen in die Zelle hineintransportieren
- Nach Eintritt wird die Glukose sofort unter ATP-Verbrauch zu Glukose-6-Phosphat umgebaut (*Enzym Hexokinase*)

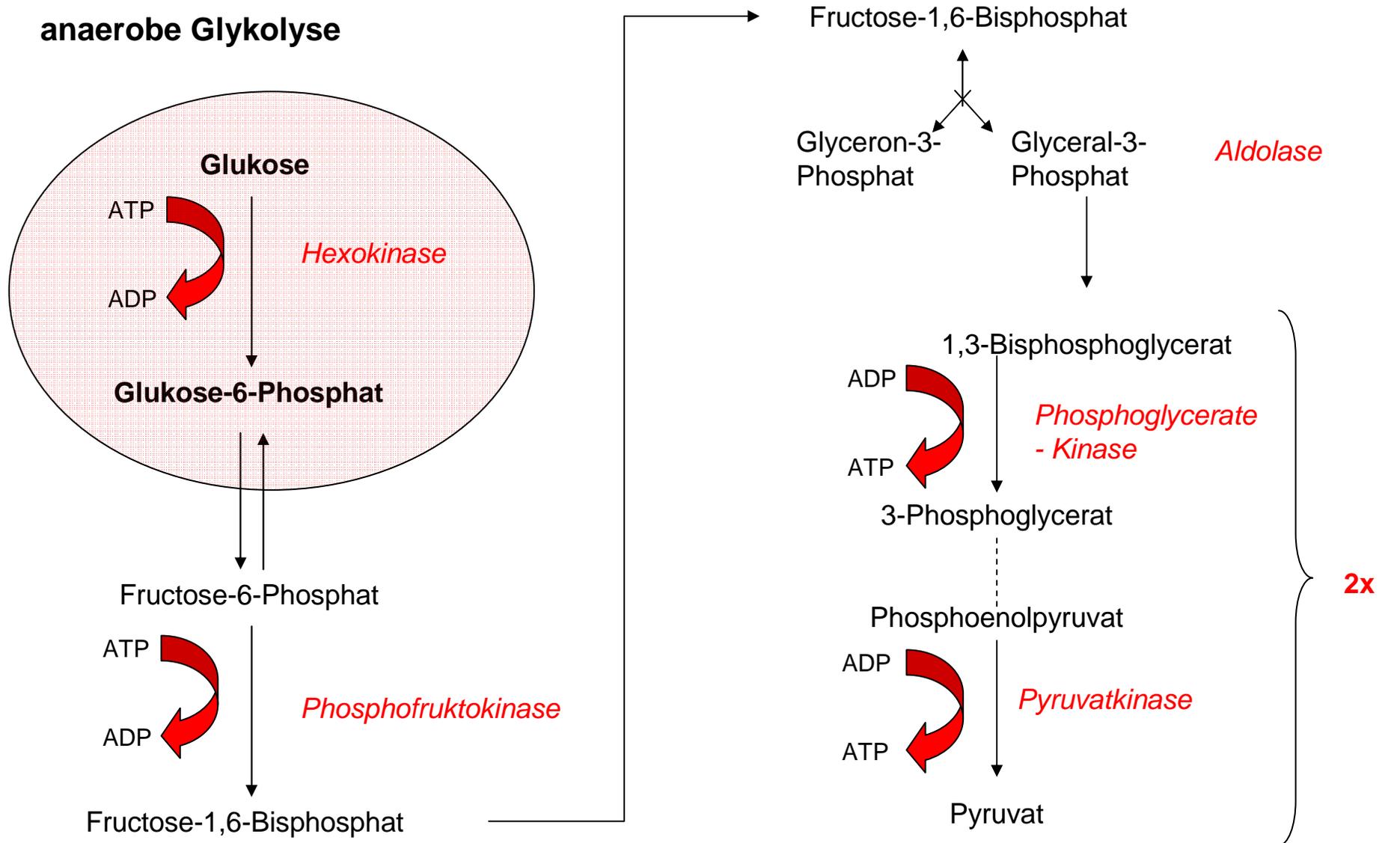


Horn et al. (2002)



Resynthetisierung von ATP aus Kohlenhydrate

anaerobe Glykolyse

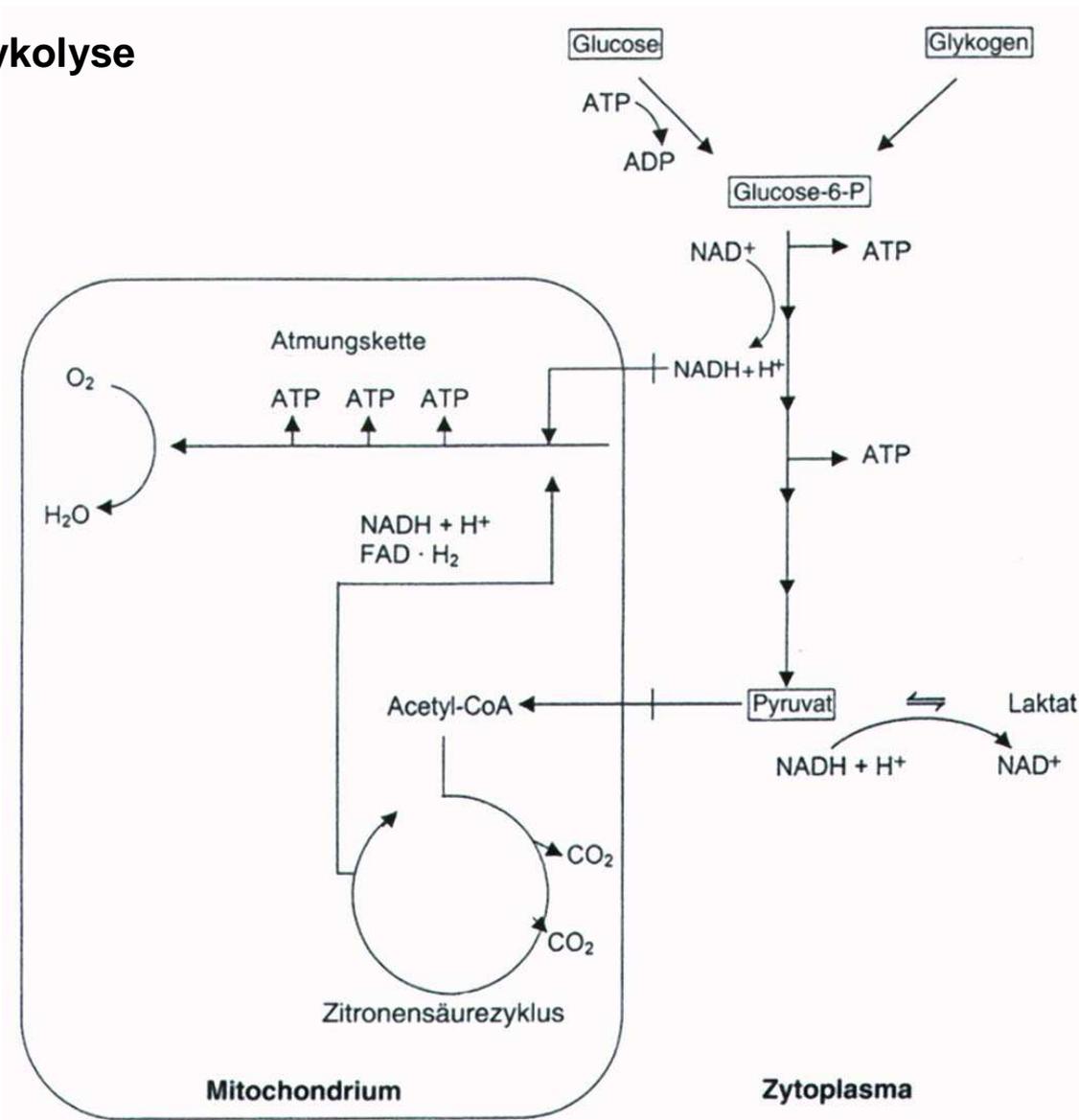


vereinfachte Darstellung nach Horn et al. (2002)



Resynthetisierung von ATP aus Kohlenhydrate

Überblick zur Glykolyse



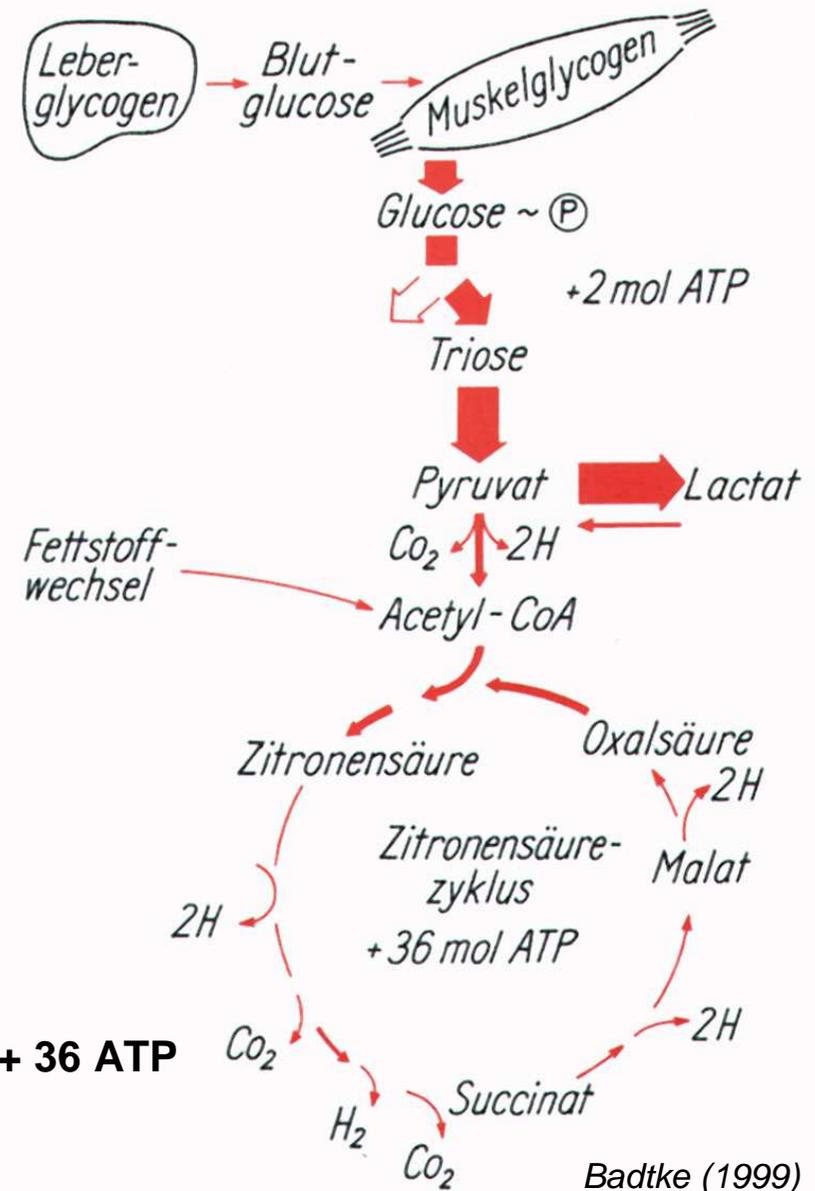
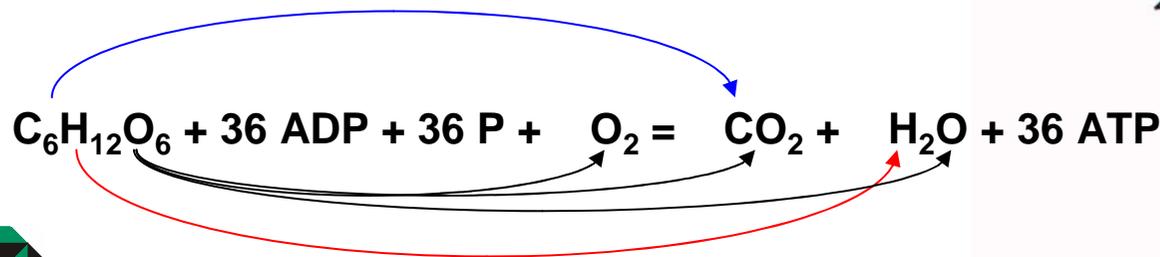
Dickhuth (2000)



Resynthetisierung von ATP aus Kohlenhydrate

aerobe Glykolyse - Citratzyklus

- Einschleusen des Pyruvats in das Mitochondrium
- Aktivierung zum Acetyl-CoA
- Verbindung des Acetyl-CoA mit der Oxalsäure zur Zitronensäure
- Schrittweiser Abbau wieder zur Oxalsäure
- Abspaltung von CO₂ und H
- Estandene Enzyme werden in Atmungskette übertragen und schrittweise mit dem Atemsauerstoff oxidiert (Knallgasreaktion)



Badtke (1999)

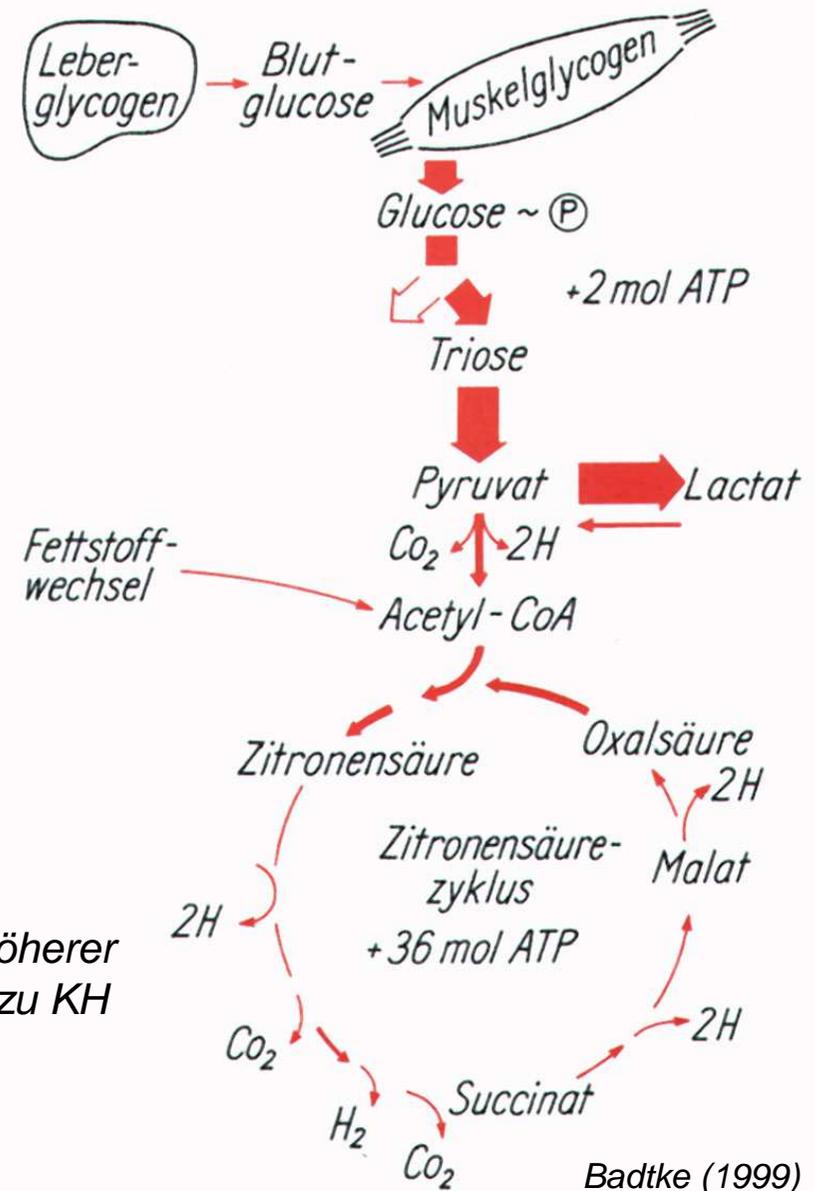


Resynthetisierung von ATP aus Fetten

β-Oxidation

- Aktivierung der langkettigen Fettsäuren im Zytoplasma zu Alcyl-CoA
- Einschleusen in die Mitochondrien (Carnitin-shuttle)
- Durch β-Oxidation schrittweise Abspaltung des Alcyl-CoA in Acetyl-CoA
- Prozess des schrittweisen Abbaus von Alcyl-CoA geht so lange bis nur noch Acetyl-CoA vorhanden ist.
- Acetyl-CoA geht in den Citratzyklus

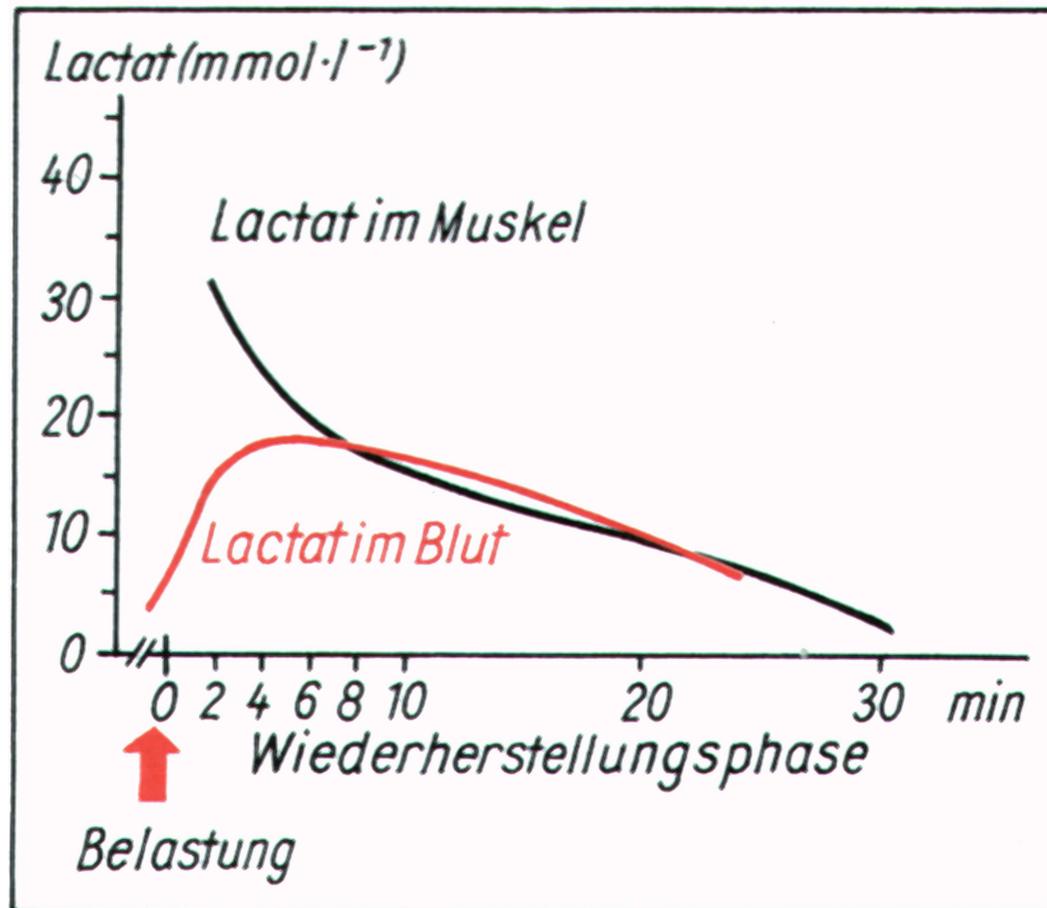
Zur Resynthetisierung von ATP aus Fetten ist ein höherer Sauerstoffbedarf nötig, da Fettsäuren im Vergleich zu KH weniger Sauerstoffmoleküle pro Atom enthalten.



Badtke (1999)



Laktatabbau



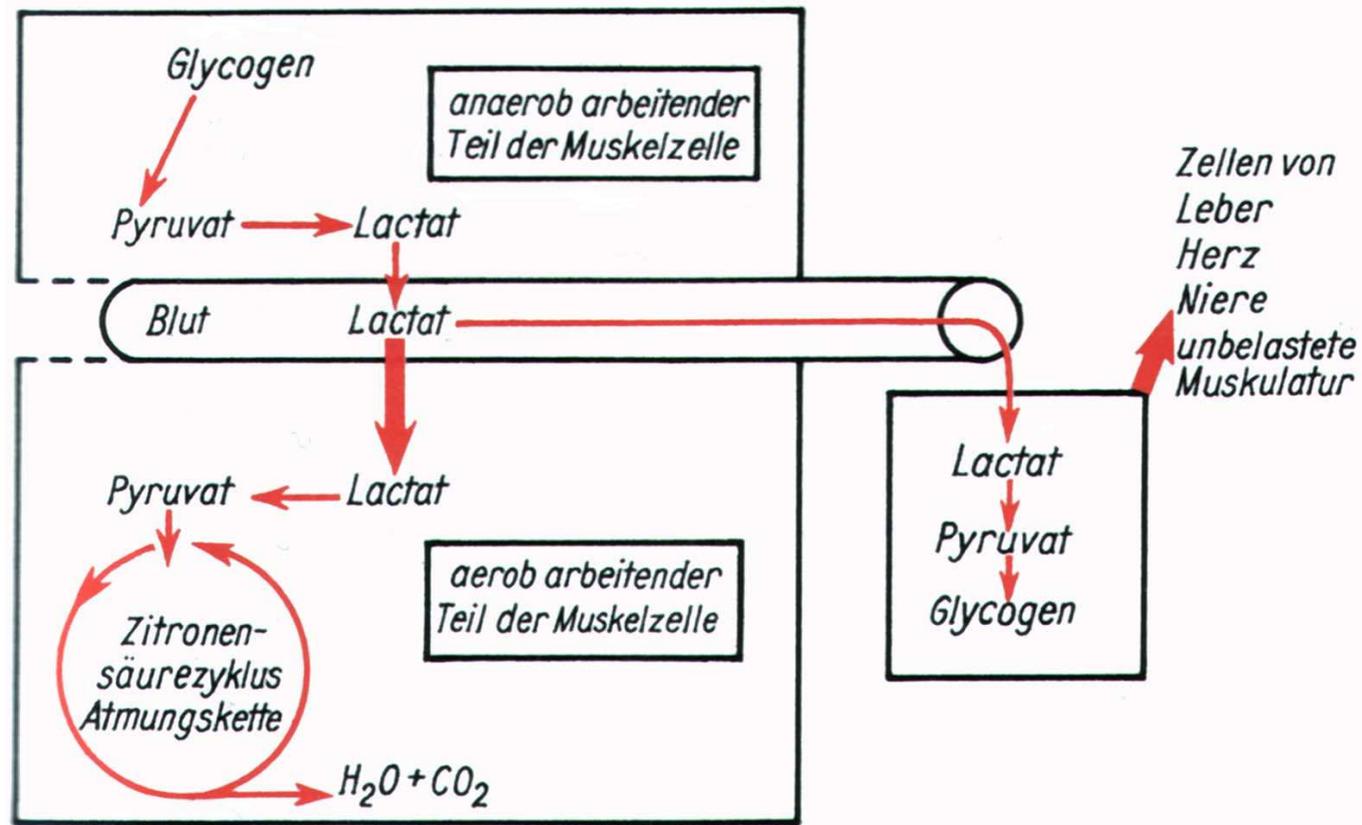
Badtke (1999)

- Ausschwemmen des Laktats in Richtung des Druckgradientens aus der Zelle in das Blut
- Laktatkonzentration nimmt ca. 0,5 mmol/l pro Minute ab bis zu einer verbleibenden Blutkonzentration von 5 mmol/l



Laktatabbau

Laktatumbau während der Belastung



Laktatabbau

Anteil verschiedener Organe am Laktatabbau in Prozent

<i>Organ</i>	<i>Abbau des Laktats in %</i>
Herz	10
Niere	10
Muskulatur	30
Leber	50



Literatur

Dickhuth, H.-H. (2000). *Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin*. Band 16: Sport und Sportunterricht. Schorndorf: Hofmann.

Badtke, G. (Hrsg.). (1999). *Lehrbuch der Sportmedizin* (4., neu bearb. Aufl.). Heidelberg; Leipzig: Barth.

Buddecke, E. (1994). *Grundriss der Biochemie – Für Studierende der Medizin, Zahnmedizin und Naturwissenschaften* (9., neu bearb. Aufl.) Berlin; New York: de Gruyter.

Hollmann, W.; Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin* (4. neu bearb. Aufl.). Stuttgart; New York: Schattauer.

Horn, F.; Lindenmeier, G.; Moc, I.; Berghold, S.; Schneider, N. & Münster, B. (2002). *Biochemie des Menschen – Das Lehrbuch für das Medizinstudium*. Stuttgart: Thieme Verlag

