

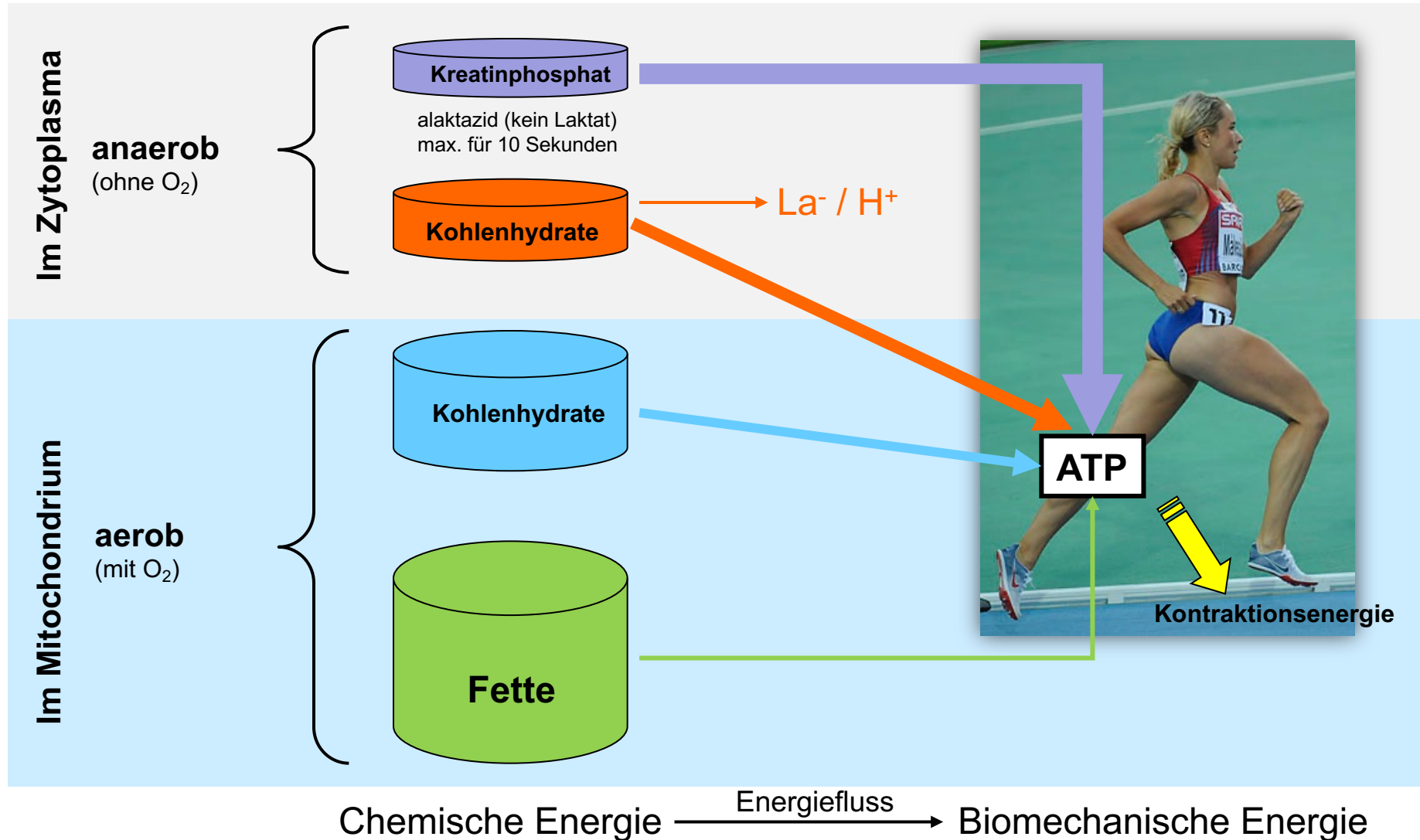
Energiebereitstellung

Trainer B





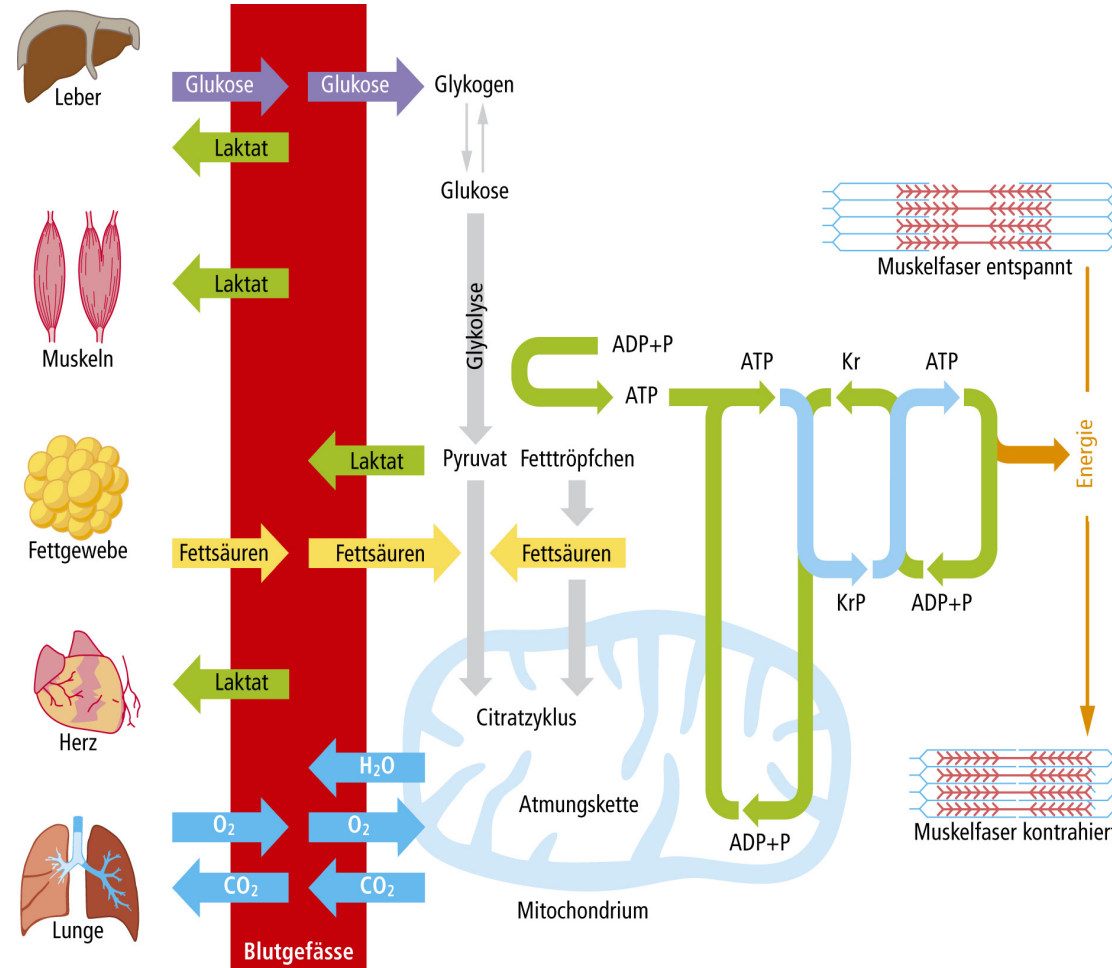
Energiebereitstellung im Muskel



adapted from T. Steiner / BASPO



ATP Produktion im Überblick



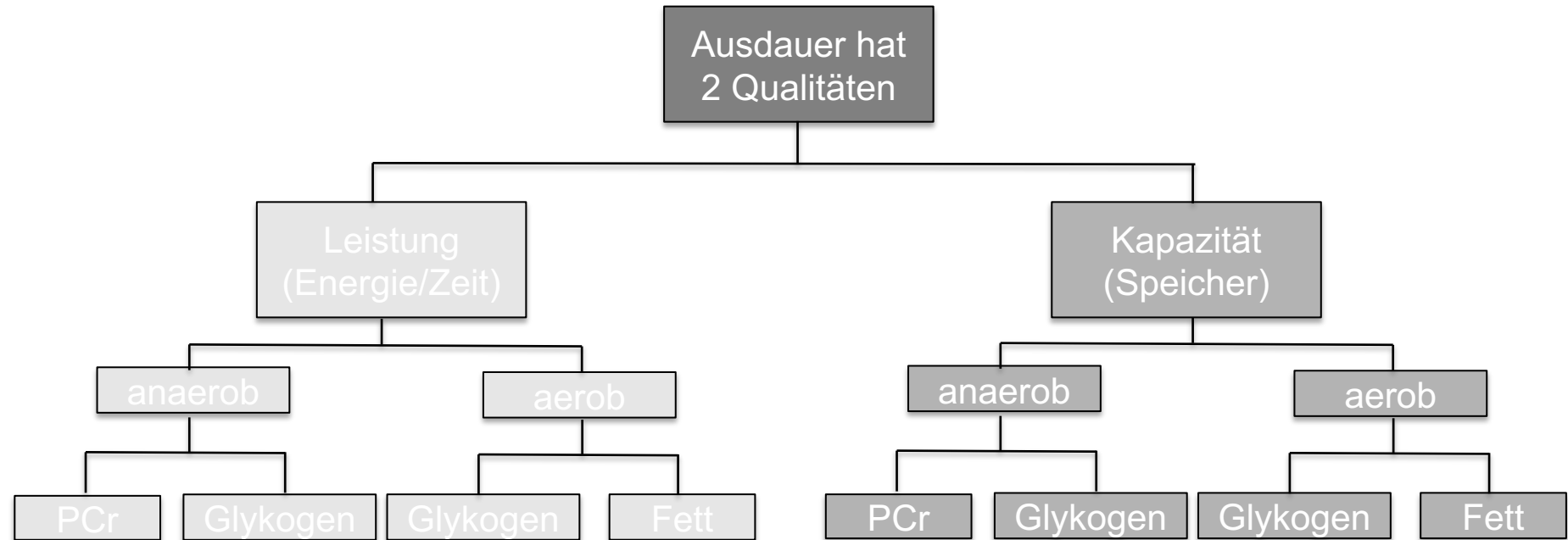
ATP ist die einzige, direkt verwertbare Energie bei der Muskelkontraktion!

Die **Mitochondrien** sind die Kraftwerke für die ATP-Produktion aus Kreatinphosphat (KrP), Glukose und Fettsäuren

Laktat wird in der Leber (mittels Sauerstoff) wieder zu Glykogen aufgebaut, Ist also kein Abfallprodukt.



Ausdauer



Power

Power

Capacity

Capacity

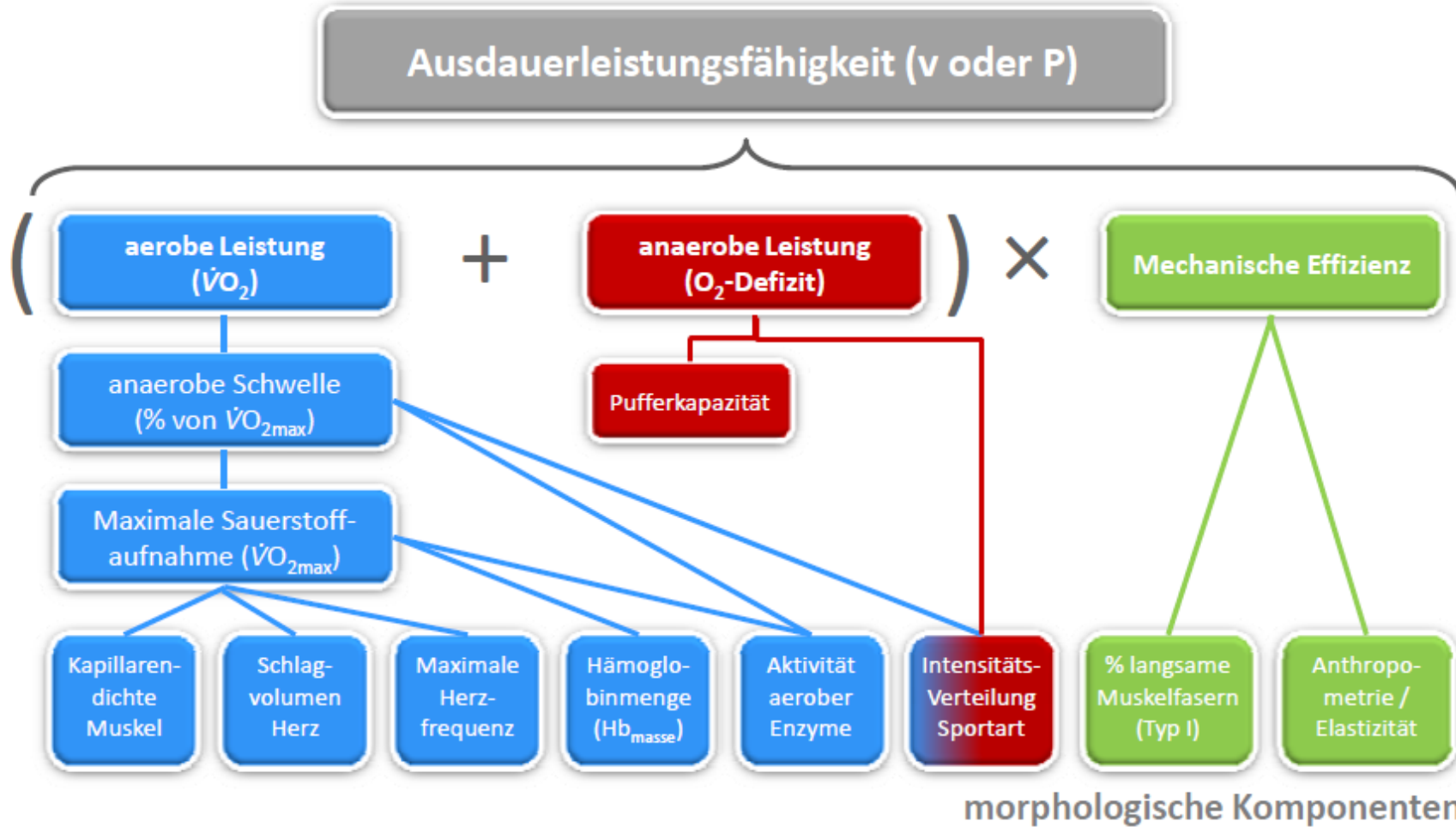


Leistungsfähigkeit und Kapazität im Überblick

	Leistungsfähigkeit (wie schnell)	Kapazität (wie lange)
anaerob	Die anaerobe Glykolyse ist intensiv aktiviert (Laktatanhäufung) Limitierend; ATP-Bildungsrate aus allen aeroben und anaeroben Energiequellen	Zeitdauer, über welche die unangenehmen Konsequenzen der anaeroben Glykolyse ertragen werden können (Laktattoleranz) Limitierend; Laktattoleranz sowie die lokalen Energiedepots (ATP, KP, muskuläres Glykogen)
aerob	Der ATP-Bedarf ist durch den aeroben Stoffwechsel gedeckt. Limitierend; ATP-Bildungsrate aus den aeroben Energiequellen	Zeitdauer, über welche die Glykogen- und Fettreserven bei einer Tätigkeit ausreichen Limitierend; die für den aeroben Stoffwechsel verfügbaren Energiedepots (Glykogen- und Fettspeicher)



Was bestimmt die Ausdauerleistungsfähigkeit?



Grafik nach: Joyner JM and Coyle EF. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol.* 2008; 586: 35-44.

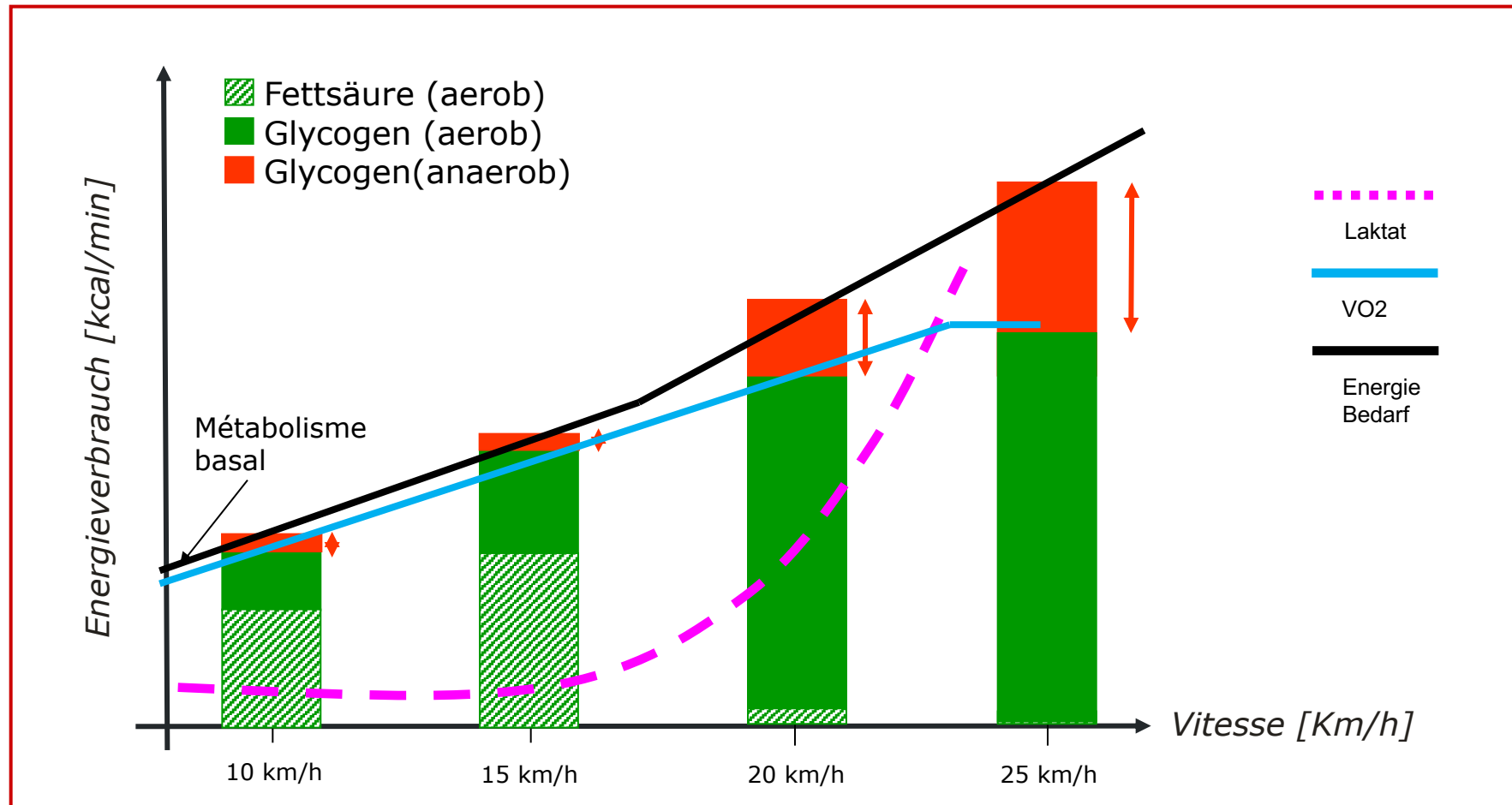


Bestimmende Faktoren der Ausdauer-leistungsfähigkeit

1. VO_2max
setzt oberes Limit!
2. Leistungsfähigkeit an der anaeroben Schwelle ($\%\text{VO}_2\text{max}$)
Wie nahe an's Limit kann ich?
3. Laufökonomie, Effizienz
Umgang mit den Ressourcen!
4. Sauerstoffkinetik
Verzögerung der aeroben Energiebereitstellung
5. (Anaerobe Kapazität)
„Säure Toleranz“



Energie Verteilung



adapted from T. Steiner / BASPO



Energie Verteilung

Energie Verteilung in %		Kreatinphosphat	Glycogen		Fettsäure	Leber Glucose
			anaerob	aerob		
	100m	50	50	-	-	-
	200m	25	65	10	-	-
	400m	12.5	62.5	25	-	-
	800m	6	50	44	-	-
	1500m	<i>nr</i>	25	75	-	-
	5000m	<i>nr</i>	12.5	87.5	-	-
	10000m	<i>nr</i>	7	93	-	-
	Marathon	-	3	75	20	2

nr : non-relevant



Aerobe Energiebereitstellung (%vVO₂max)

Intensität [% vVO ₂ max]	Geschwindigkeit über Wettkampfdistanz [m]	Gesamtbelastungsdauer [min]	T@VO ₂ max* [min]	Abbruchlaktat [mmol/l]	Aerobe Energiebereitstellung [%]
115 - 130	v800 v1000	2 - 3	1 - 2	15 - 18	65 - 75
105 - 115	v1500 v1600	4 - 6	2 - 4	13 - 15	80 - 85
100 - 105	v3000 (vVO ₂ max)	6 - 8	4 - 5	11 - 13	85 - 90
95 - 100	v5000	8 - 15	5 - 10	9 - 11	90 - 95
90 - 95	v10'000	15 - 30	1 - 10	7 - 9	97
85 - 90	Stundenrekord	30 - 60	0	5 - 7	98
80 - 85	maxLass**	60 - 80	0	3 - 5	99
75 - 80	Marathongeschwindigkeit	80 - 150	0	3 - 3.5	99.9

* Belastungszeit im Bereich $\geq 95\%$ VO₂max

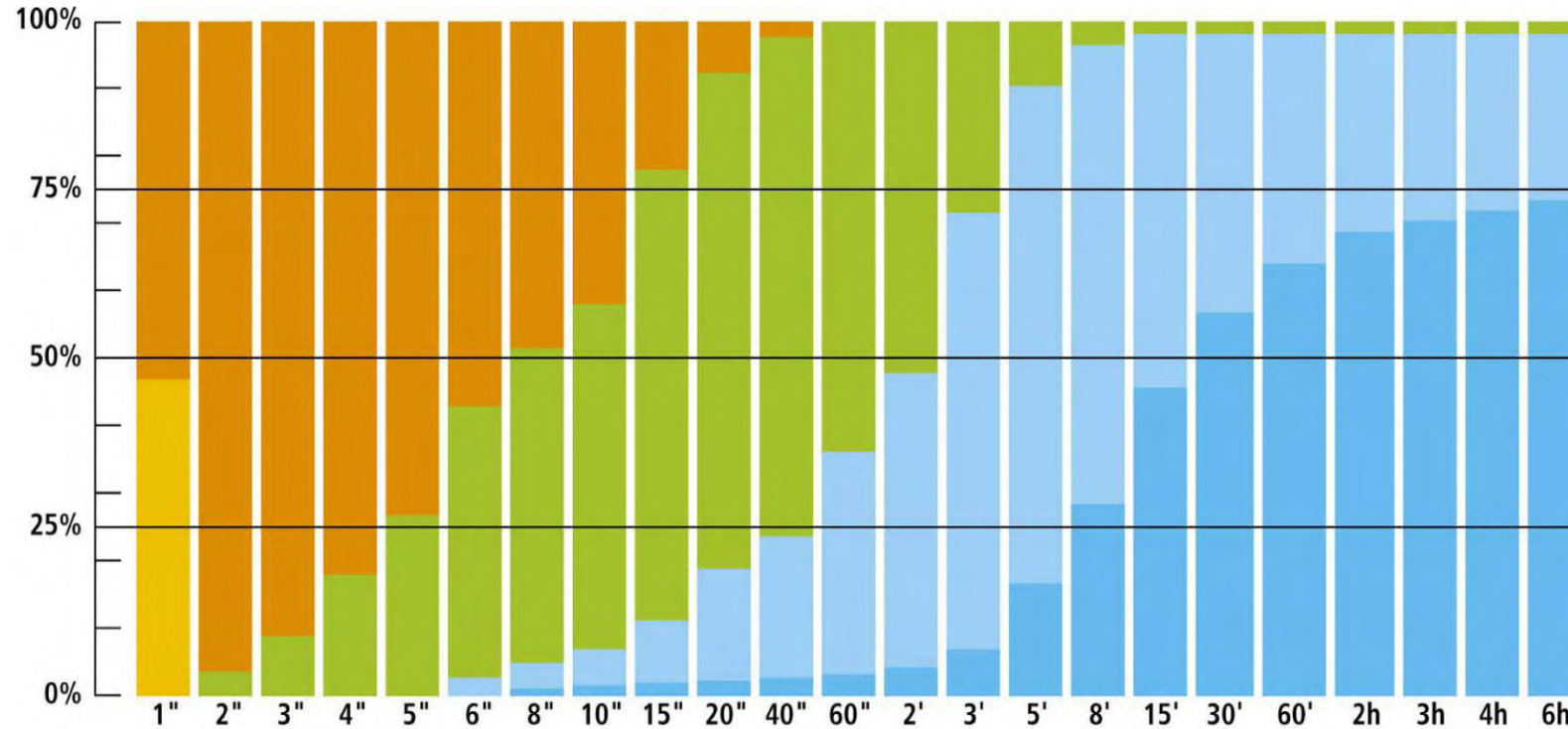
** Maximales Laktat Steadystate



Energie Verteilung

Energiebereitstellung

ATP Gewinn in der Übersicht



Grafik: HEGNER 2006



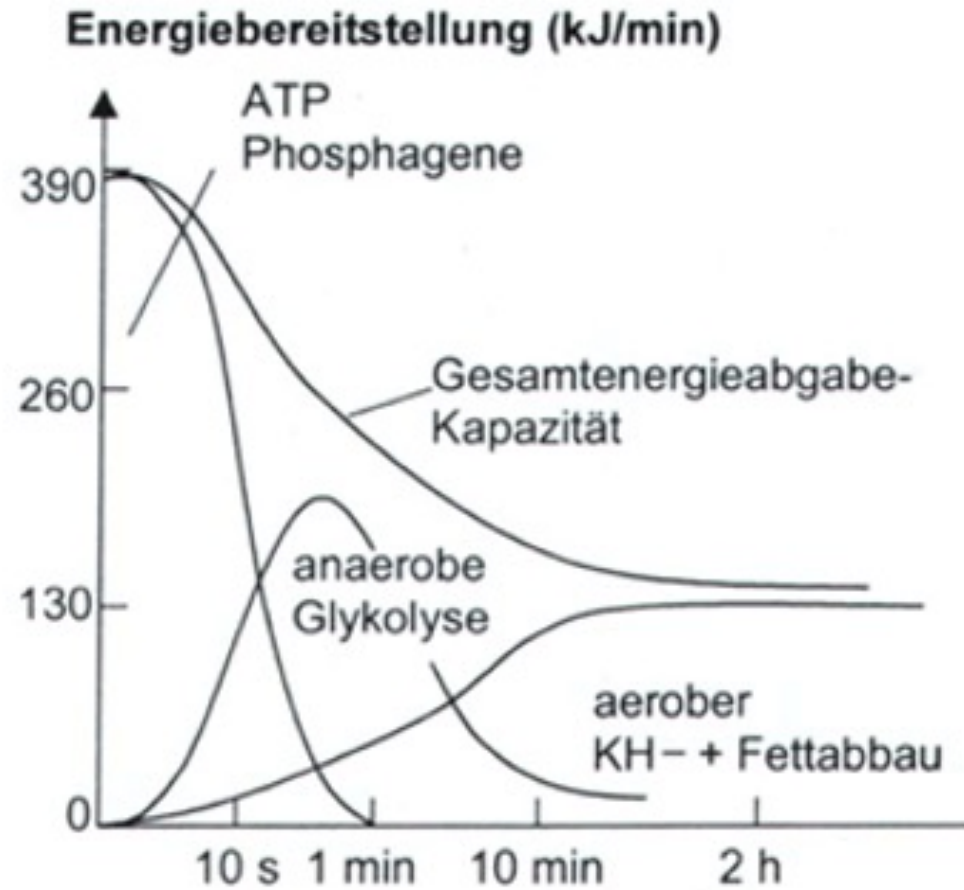
Physiologischer Brennwert

Nährstoff	physiologischer Brennwert	kalorisches Äquivalent
Fette	9,3 kcal/1 g	4,65 kcal/1 l O ₂
Kohlenhydrate	4,1 kcal/1 g	5,05 kcal/1 l O ₂
Eiweiß	4,1 kcal/1 g	4,48 kcal/1 l O ₂

Der physiologische Brennwert (= Kalorienwert) der Nährstoffe gibt den Energiegehalt von jeweils 1 g des Nährstoffes an. Aus dieser Sicht rangiert Fett weit vor Kohlenhydraten und Eiweiß. Das kalorische Äquivalent (= energetisches Sauerstoffäquivalent) gibt an, wie viel Energie aus den Nährstoffen zu gewinnen ist, wenn 1 Liter Sauerstoff für ihre Verbrennung aufgewendet wird. Hier liegen die Verhältnisse bei den Kohlenhydraten am günstigsten.

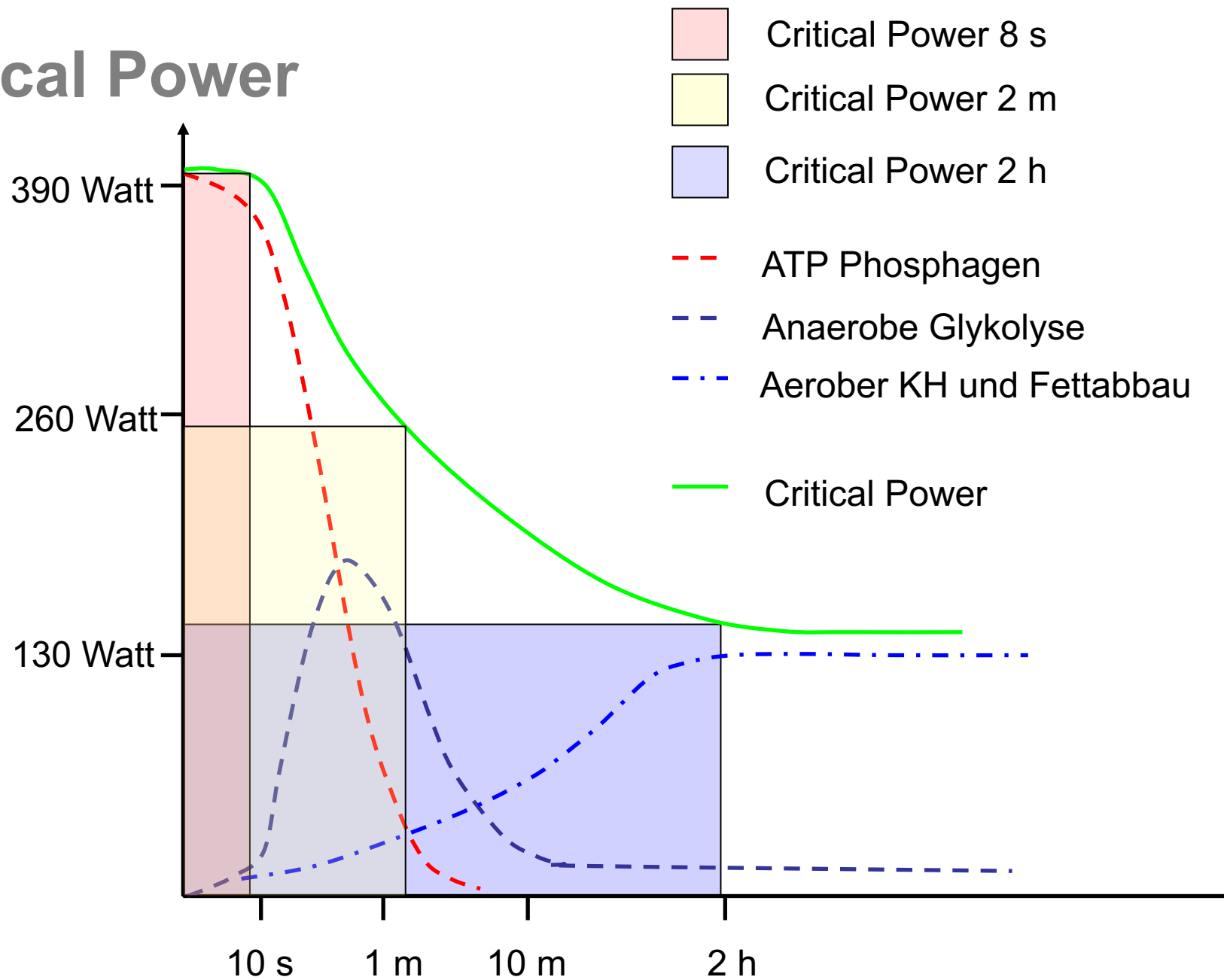


Energiebereitstellung





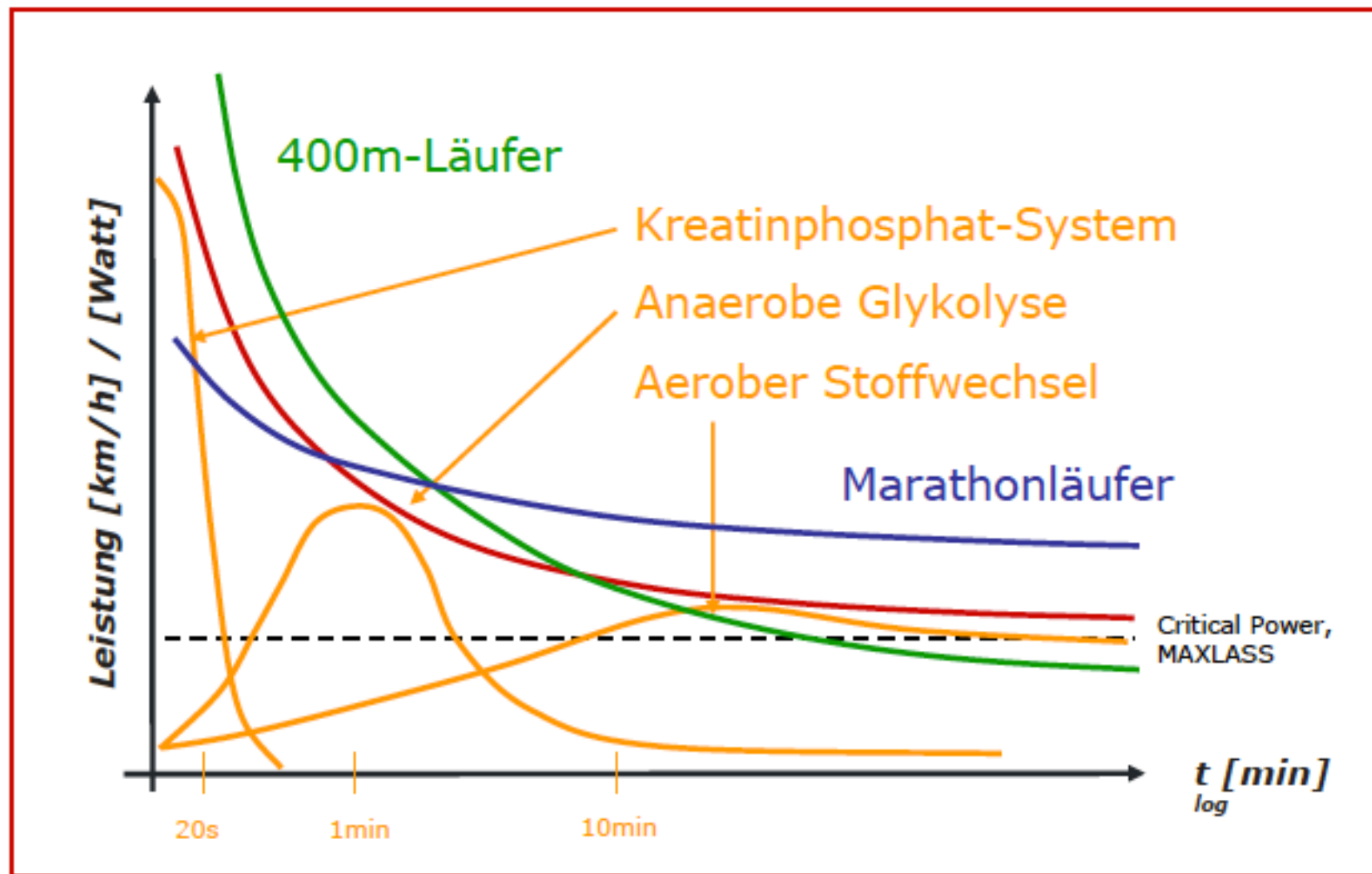
Critical Power



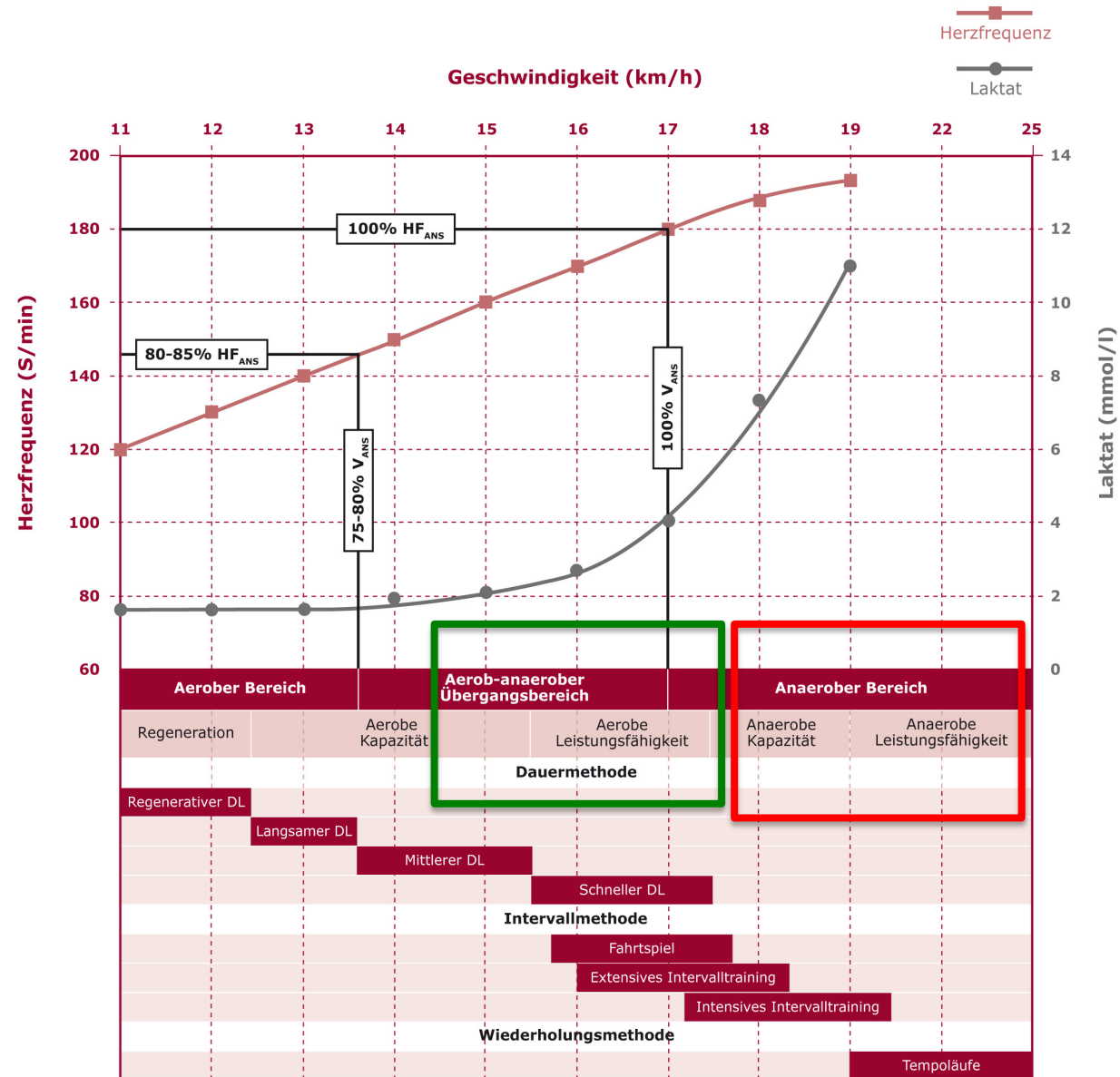


Die Leistungs-Zeit-Relation

Hill DW (1993). The Critical Power Concept. A Review. *Sports Medicine*: 16, 237-254.



Die Maximale Energieflussrate (= Umwandlung von chemischer in biomechanische Energie) über eine definierte Zeit bestimmt die Form der Leistungs-Zeit-Kurve!



RTPL, Abbildung 1, S. 6



Unterschiedliche Reize 1500m in 3'40.50

« pimp my brain »	free (bis aerobe Schwelle)	10' an der anaeroben Schwelle + 5' + 3' p:3'-2'	4'-3'-2'-1' p:3'-2'30-2' « all-out »	800-300-300-500 p:3'-2'-3' 100% V _{race} – 500m « all-out »
Erhaltung der Anpassung	50' DL inkl. 20' aerobe Schwelle	2x10' an der anaeroben Schwelle p:2'	2x10x30-30 (190m/115m) sp:6'	3x(600-200) p:1' und sp 6' oder 2x500 + 2x400 p:2' 100% V _{race}
Anpassung	60' DL inkl. 40' aerobe Schwelle	3x12' an der anaerobe Schwelle / p:3'	EL + 4x4' "all-out" p:3' + AL oder 3x10x30-30 (190m/115m) sp:6'	200-200-800 / 200-800-200 / 800-200-200 p:1' und sp:8' oder 5x500 p:2' 100% V _{race}
Vorbereitung für Anpassung	40-60' DL	3x6' an der anaeroben Schwelle p:2'	6x2'30 p:2' « all-out »	10-15x200p:2-3' 3x3x300 p:2', sp 5' 105% V _{race}
	Grundlagen- ausdauer	Anaerobe Schwelle	VO ₂ max	Disziplinspezifische Trainings

DL = Dauerlauf
EL = Einlaufen
AL = Auslaufen

p = Pause
sp = Serienpause
V_{race} = Wettkampfpacer



Unterschiedliche Reize 1500m in 3'40.50

UNTERSCHWELLIGER BELASTUNGSREIZ

Unterschwellige Reize haben **keinen Einfluss auf das biologische Gleichgewicht und bleiben wirkungslos**. Die Belastungsreize sind zu gering oder fehlen ganz (z.B.: verletzungsbedingtes Schonverhalten). Durch negative Beeinflussung des Organismus und Rückbildungen (Gewebeatrophie) sinkt die Leistungsfähigkeit oft auf das gerade notwendige Anforderungsniveau.

SCHWACH ÜBERSCHWELLIGER BELASTUNGSREIZ

Überschwellige schwache Reize **erhalten das aktuelle Leistungsniveau**. Somit kommt es zu keiner "Verbesserung" der Leistungsfähigkeit, die Reize sorgen jedoch dafür, dass Abbauprozesse (katabole Prozesse) verhindert werden. Dadurch, dass das Stoffwechselgleichgewicht nicht gestört wird, erfolgen keine Anpassungserscheinungen.



Unterschiedliche Reize 1500m in 3'40.50

STARK ODER OPTIMALER ÜBERSCHWELLIGER BELASTUNGSREIZ

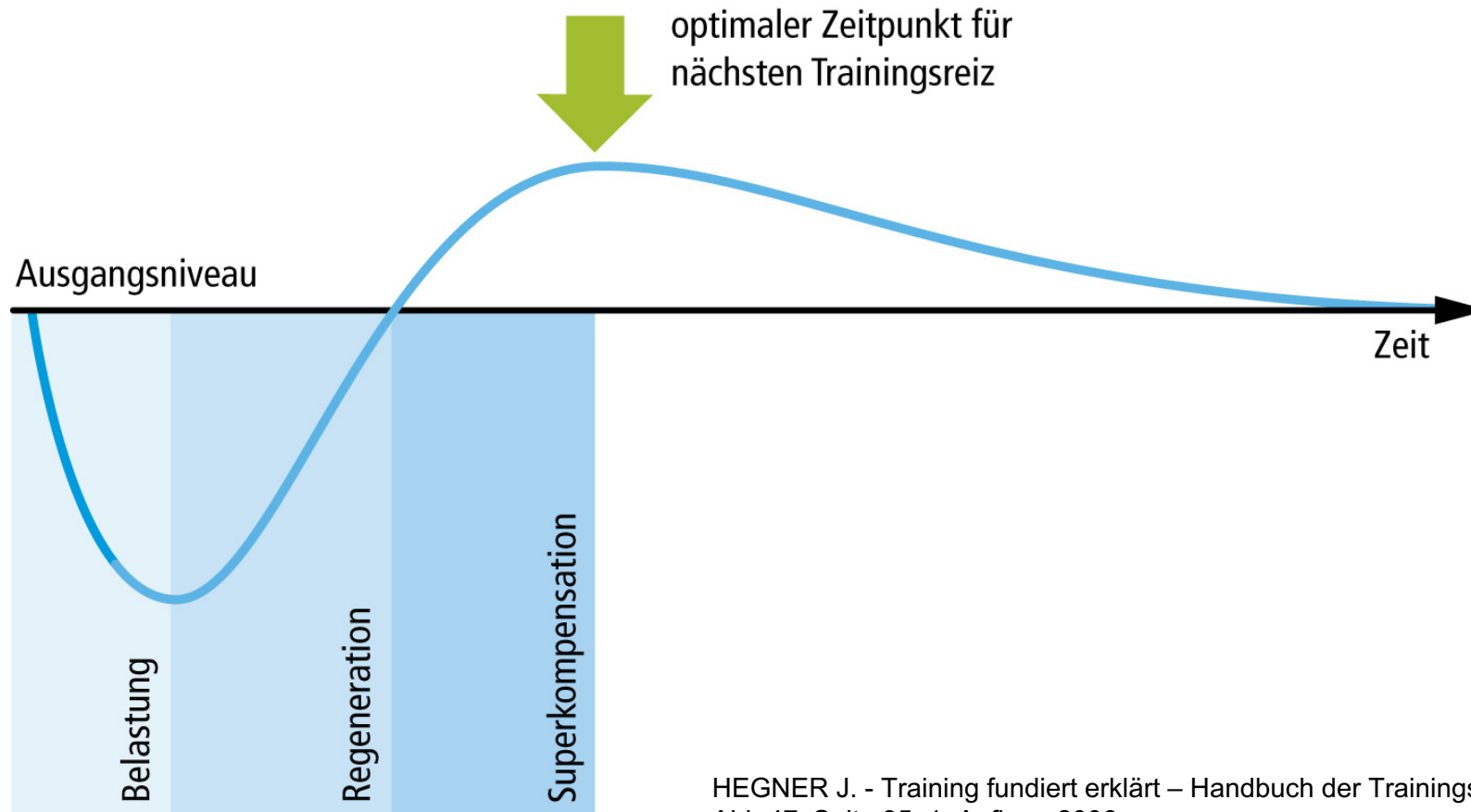
Stark überschwellige Belastungsreize -in der Trainingswissenschaft auch als "**Optimal überschwellige Belastungsreize**" bezeichnet- **führen zu Funktionsverbesserungen** / -Erweiterungen der Organsysteme und somit zur **Anpassung auf höherem Niveau**. Sie bilden die Grundlage für eine gewollte Leistungsverbesserung. Ausgerichtet am Trainingsziel müssen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit ständig optimal überschwellige Reize gesetzt werden. Voraussetzung für eine ständige Nachsteuerung dieser Reizstufe und somit zur Gestaltung neuer optimaler überschwelliger Belastungsreize sind Tests der aktuellen am Trainingsziel orientierten Leistungsfähigkeit.

ZU STARK ÜBERSCHWELLIGER BELASTUNGSREIZ

Ein zu stark **überschwelliger Belastungsreiz führt zu Beeinträchtigungen der Körperfunktionen und Reduzierung der Leistungsfähigkeit**. Dadurch, dass das Training keiner optimalen Belastungsgestaltung folgt, entstehen negative Folgeerscheinungen durch stets maximale Reize. Letztendlich führt diese Reizstufe durch physische und psychische Überlastung in ein Übertraining sowie schlimmstenfalls in chronische Überlastungserscheinungen.



Repetition: das Model der Superkompensation



HEGNER J. - Training fundiert erklärt – Handbuch der Trainingslehre, Abb.47, Seite 95, 1. Auflage 2006



Prinzip der optimalen Steuerung von Belastung und Erholung



Anpassungsgeschwindigkeit
biologischer Teilsysteme

-
- GESCHWINDIGKEIT**
1. Nervensystem
 2. Herz
 3. Skelettmuskulatur
 4. Knochen
 5. Sehnen und Bänder
 6. Knorpel (Gelenknorpel)
- DURCHBLUTUNG**

Grafik P5

© 2015 Martin Becker



Phasen der Erholungsprozesse



	Zeitdauer	Vorgänge
Frühphase	bis 6 Std.	<ul style="list-style-type: none">– Regeneration energiereicher Phosphate– Rückschwingung von Herzfrequenz u. Blutdruck, Atemfrequenz– Milchsäureabbau, Normalisierung des Säurezustands– Wiederherstellung der Nerv-Muskel-Funktionen– Beginn der Substratauffüllung
Spätphase	6–36 Std.	<ul style="list-style-type: none">– Auffüllung von Muskel- u. Leberglykogen– Einlagerung von Fetten in die Muskelzelle– Regeneration von Mitochondrien– Regeneration von kontraktilen Eiweißen– Regeneration von Binde- u. Stützgewebe
Superkompensationsphase	36 Std. bis mehrere Tage u. Wochen	<ul style="list-style-type: none">– Mehrausgleich bei den träge ablaufenden Wiederherstellungsvorgängen (z. B. Struktureiweiß, Hormonspeicher, Elektrolytkonzentrationen)

Grafik: Zintl & Eisenhut,
2009, S. 200