

9.1 Einleitung

Der Blutkreislauf ist das allgemeine **Transportsystem** des Organismus. Unabdingbar für das Überleben und die Funktionsfähigkeit des Gesamtorganismus ist der Energieumsatz in den einzelnen Zellen (→ Kap. 15.1). → **Abb. 9.1** zeigt die Reaktionsgleichung der Glucoseverbrennung, die diesen Energieumsatz symbolisiert. Für die Bereitstellung der Energieträger und des Sauerstoffs sowie für die Entsorgung von Stoffwechselprodukten wie CO_2 sorgen spezielle Organsysteme. Den Transport zwischen diesen und allen einzelnen Gewebszellen leistet das Kreislaufsystem.

Struktur des Kreislaufs

Im Transportsystem Kreislauf fungiert das Blut als Transportmedium, das in den Blutgefäßen (den Transportwegen) durch den Körper strömt. Den Antrieb für die Blutströmung liefert das Herz, das in rhythmischem Wechsel von Kontraktion und Erschlaffung Blut in die Gefäße auswirft und sich wieder mit Blut füllt, um dieses im nächsten Herzschlag wieder weiterzupumpen.

Das Kreislaufsystem setzt sich aus zwei in Reihe angeordneten Kreisläufen zusammen (→ **Abb. 9.2a**): Der **Lungenkreislauf** wird durch den rechten Herzventrikel (RV) angetrieben, der **Körperkreislauf** durch den linken Ventrikel (LV). Das aus dem Körperkreislauf zurückströmende Blut sammelt sich im rechten Herzen. Der rechte Ventrikel pumpt dieses sauerstoffarme Blut (blau) durch die Lungenarterien in die Lunge. Dort gibt es CO_2 in die Lungenalveolen ab und nimmt aus ihnen O_2 auf. Das arterialisierte Blut (rot) fließt durch die Lungenvenen ins linke Herz und wird von dort aus durch die Körperarterien zu den peripheren Geweben getrieben. Das Blut gibt O_2 an die Zellen ab und nimmt das im Stoffwechsel gebildete CO_2 auf. Durch die Körpervenen gelangt das sauerstoffarme Blut zurück ins rechte Herz.

Antrieb der Blutströmung

Die Blutströmung im Kreislauf weist eine Reihe von Analogien zum Stromfluss im elektrischen Stromkreis auf. Wesentliche physikalische Gesetzmäßigkeiten der Hämodynamik können daher durch Anpassungen bekannter Gesetze aus der Elektrizitätslehre beschrieben werden.

Ohm-Gesetz

Das Ohm-Gesetz, das besagt, dass im Stromkreis die Spannung U das Produkt aus Stromstärke I und Widerstand R ist (→ **Abb. 9.2b**), lässt sich auch auf den Kreislauf übertragen: Die Stärke der Blutströmung, d.h. das pro Zeiteinheit durch den Kreislauf oder einen Kreislaufabschnitt fließende Blutvolumen (**Durchblutung**), entspricht der **Stromstärke**. Als Maß der Stromstärke im Gesamtkreislauf kann das **Herzminutenvolumen (HMV)** angegeben werden, das als Produkt aus **Herzfrequenz (HF)** und **Schlagvolumen der Ventrikel (V_s)** berechnet wird:

$$\text{HMV} = \text{HF} \cdot V_s$$

Ruhewerte: HF = 80/min; V_s = 70 mL;

HMV = 5–6 L/min.

Wie im elektrischen Stromkreis ist die Stromstärke in allen hintereinander (in Reihe) liegenden Abschnitten gleich (**Kontinuitätsgesetz**, → **Kap. 9.11**). Das gilt in erster Linie für die beiden Anteile Lungen- und Körperkreislauf: $I_L = I_K$. Ist das nicht gewährleistet, entstehen Stauungen und Minderversorgung.

Klinik

Bei Patienten mit jahrelang bestehendem arteriellem Bluthochdruck entwickelt sich als Spätfolge oft eine **linkskardiale Insuffizienz** (nachlassende, unzureichende Pumpleistung). Der Blutdruck im Lungenkreislauf ist meist normal und der RV von der Insuffizienz nicht betroffen. Die gegenüber dem RV verminderte Pumpleistung des LV führt zum Blutrückstau in die Lunge. Infolge des erhöhten pulmonalen Kapillardrucks wird vermehrt Flüssigkeit ins Lungengewebe filtriert. Es entsteht ein **kardiogenes Lungenödem**, ein Zustand, der insbesondere bei akutem Linksherzversagen lebensbedrohlich werden kann.

Die treibende Kraft der Blutströmung ist die **Druckdifferenz (Δp)** zwischen Anfang und Ende der Strömungsstrecke. Für den Körperkreislauf wird die Druckdifferenz Δp_K zwischen aortalem Mitteldruck und systolischem Druck im rechten Vorhof (RA), für den Lungenkreislauf die Differenz Δp_L zwischen Mitteldruck in der A. pulmonalis und systolischem Druck im linken Vorhof (LA) berechnet (→ **Abb. 9.2a**). Der hohe Druck in den Ventrikeln wird durch deren rhythmische Kontraktion erzeugt (→ **Kap. 9.8**).

Δp_K ist etwa 16-mal größer als Δp_L (→ **Tab. 9.1**). Das ist bedingt durch den um den gleichen Faktor höheren **Strömungswiderstand (R)** im Körperkreislauf R_K (**totaler peripherer Widerstand, TPR**) gegenüber dem im Lungenkreislauf R_L (**pulmonal-vaskulärer Widerstand, PVR**). Der Strömungswiderstand wird maßgeblich durch die Blutgefäße bestimmt (→ **Kap. 9.11**).

Kreislauf als allgemeines Transportsystem des Körpers.

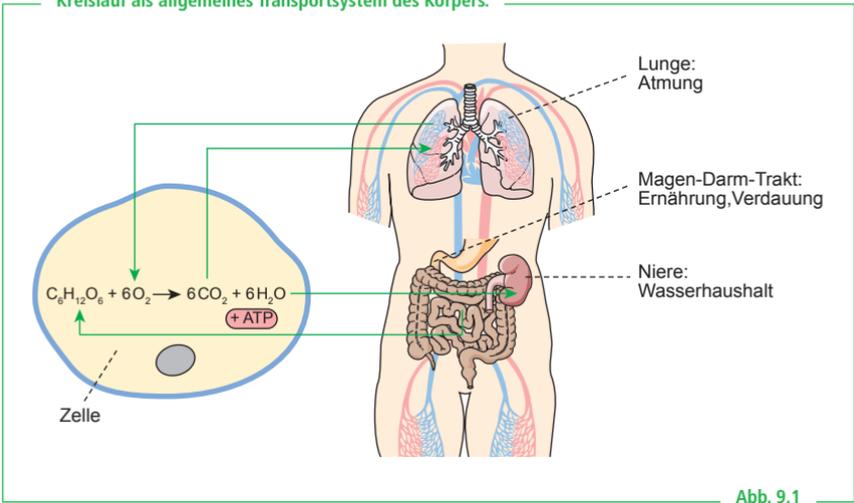


Abb. 9.1

Ohm-Gesetz.

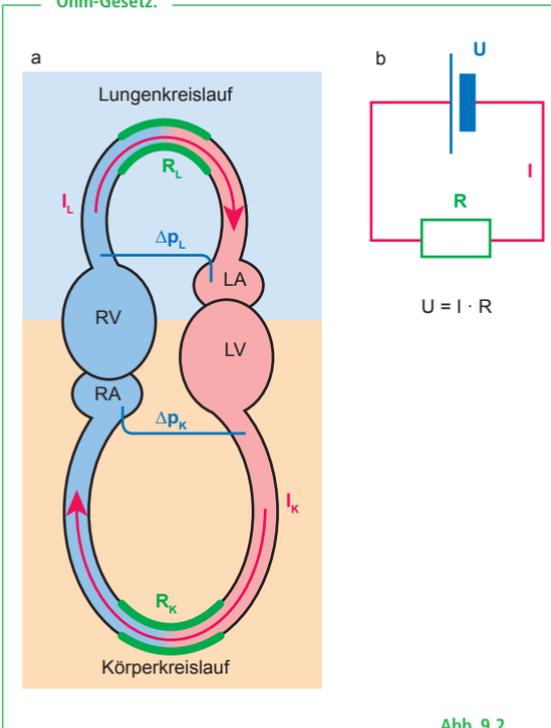


Abb. 9.2

Tab. 9.1: Drücke im Kreislauf (mmHg)

	systo- lisch	diasto- lisch
rechter Vorhof (RA)	5	3
rechter Ventrikel (RV)	20	4
A. pulmonalis	20	9
Mitteldruck (A. pulmonalis)	13	
Druckdifferenz (Δp_L)	6	
linker Vorhof (LA)	7	4
linker Ventrikel (LV)	120	6
Aorta	120	80
Mitteldruck (Aorta)	100	
Druckdifferenz ($\Delta p_K = p_{LV} - p_{RA}$)	95	