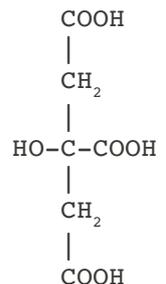
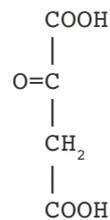
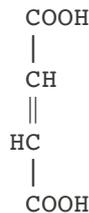
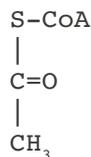
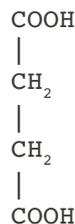
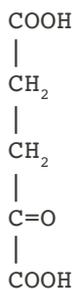
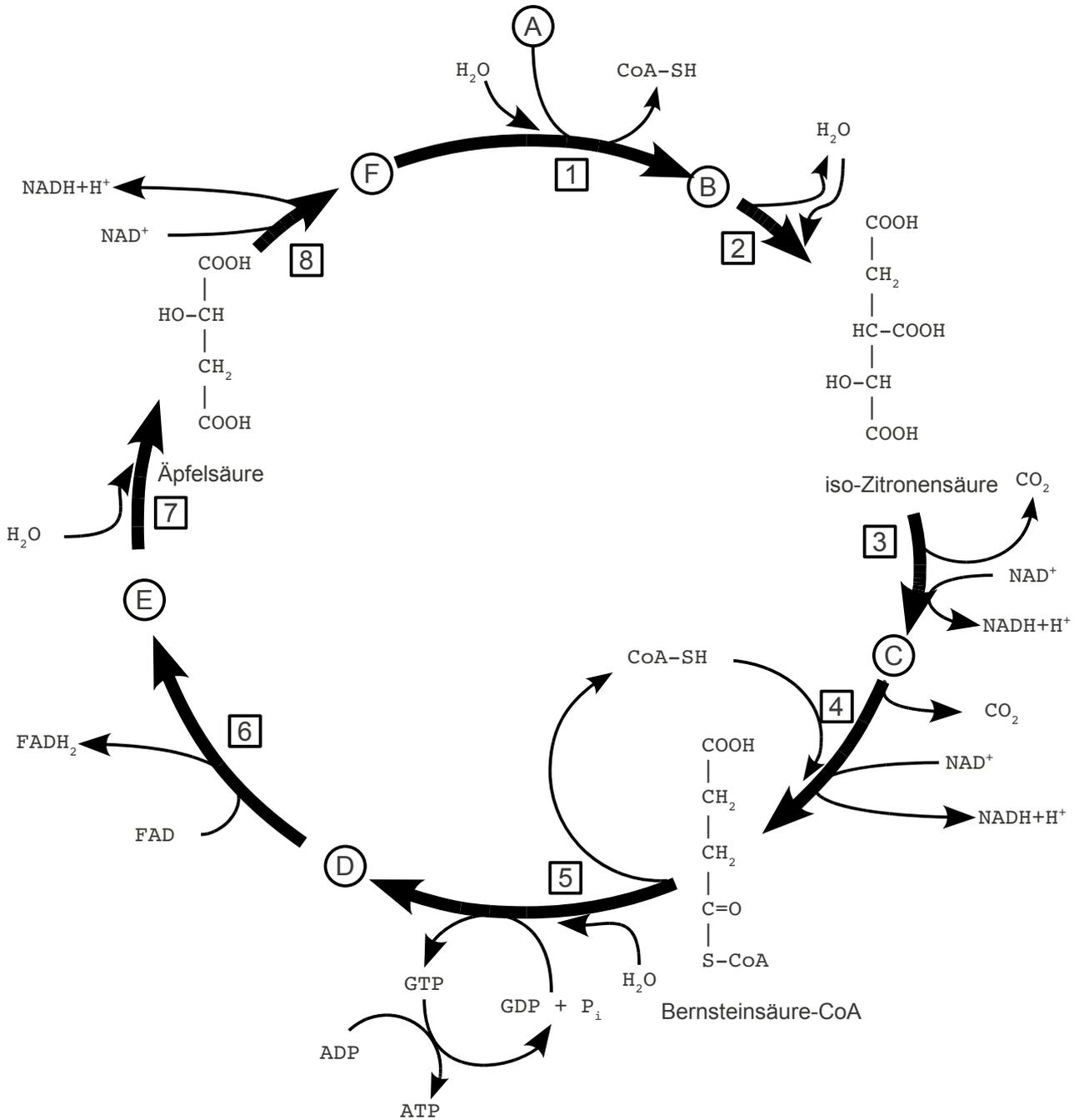


# Citratzyklus

auch  
 Zitronensäurezyklus, Tricarbonsäurezyklus oder Krebs-Zyklus  
 genannt





## Beschreibung der einzelnen Reaktionsschritte

**Achtung:** in der Abbildung sind die Säuren dargestellt, in der Beschreibung werden die Namen der Salze verwendet (vgl. Tabelle).

1. Acetyl-CoA überträgt seine Acetylgruppe (C<sub>2</sub>-Körper) auf Oxalacetat unter Addition eines Wassermoleküls. Es entsteht Citrat.  
Die **Citrat-Synthase** katalysiert diesen Schritt.
2. Citrat wird isomerisiert zu Isocitrat. Diese Isomerisierung wird durch eine Dehydratisierung (Abspaltung eines Wassermoleküls) und einer anschließenden Hydratisierung (Anlagerung eines Wassermoleküls) erreicht. Das Resultat der Isomerisierung ist, der Austausch eines H-Atoms und einer OH-Gruppe.  
Die **Aconitase** katalysiert diesen Schritt.
3. In der ersten von insgesamt vier Oxidations-Reduktionsreaktionen wird Isocitrat zu einer instabilen Zwischenverbindung oxidiert, während NAD<sup>+</sup> zu NADH+H<sup>+</sup> reduziert wird. Die instabile Zwischenverbindung gibt ein CO<sub>2</sub> ab und wird in α-Ketoglutarat umgewandelt.  
Die **Isocitrat-Dehydrogenase** katalysiert diesen Schritt.
4. Succinyl-CoA entsteht in einer Oxidations-Reduktionsreaktion aus α-Ketoglutarat. Dabei wird α-Ketoglutarat oxidiert, während NAD<sup>+</sup> zu NADH+H<sup>+</sup> reduziert wird. Außerdem wird in dieser Reaktion ein CO<sub>2</sub> abgespalten und das Molekül wird über eine energiereiche Thioesterbindung mit Coenzym A „aktiviert“.  
Der **α-Ketoglutarat-Dehydrogenase-Komplex** katalysiert diesen Schritt.
5. Das Coenzym A wird vom Succinyl-CoA abgespalten und es entsteht Succinat. Die Hydrolyse des Thioesters ( $\Delta G \approx -33,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) ist gekoppelt mit der Phosphorylierung des Guanosindiphosphates zur GTP, GTP überträgt ein Phosphat auf ADP so dass ATP entsteht.  
Zwei Enzyme sind an dieser Reaktion beteiligt: **Succinyl-CoA-Synthetase** und **Nucleosiddiphosphat-Kinase**.
6. Succinat wird zu Fumarat oxidiert. Die frei werdende Energie ist nicht hoch genug um NAD<sup>+</sup> zu reduzieren. Hier wird FAD zur FADH<sub>2</sub> reduziert, welches nicht vom Enzym dissoziiert, sondern die Elektronen direkt an die Atmungskette weiter gibt.  
Die **Succinat-Dehydrogenase** katalysiert diesen Schritt, sie ist ein integraler Bestandteil der Mitochondrienmembran und direkt mit der Atmungskette verbunden.
7. Fumarat wird hydratisiert, d.h. Wasser wird addiert und Malat entsteht.  
Die **Fumarase** katalysiert diese stereospezifische *trans*-Addition von H und OH, sodass nur L-Malt entsteht.
8. Oxalacetat wird durch die Oxidation von Malat regeneriert. NAD<sup>+</sup> dient hier als Wasserstoffakzeptor und wird zu NADH+H<sup>+</sup> reduziert.  
Die **Malat-Dehydrogenase** katalysiert diesen Schritt.

## Namen der Säuren und entsprechenden Salze

Säure	Salz	Säure	Salz
α-Ketoglutar Säure	α-Ketoglutarat	Fumarsäure	Fumarat
Acetyl-CoA	Acetyl-CoA	Isozitrone Säure	Isocitrat
Äpfelsäure	Malat	Oxalacet Säure	Oxalacetat
Bernsteinsäure	Succinat	Zitrone Säure	Citrat
Bernsteinsäure-CoA	Succinyl-CoA		

Literatur: Stryer, L., Biochemie, Völlig neubearbeitet Auflage, Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg • Berlin • Oxford, 1987

