

# Energiegewinnung (Zellatmung, Gärung)

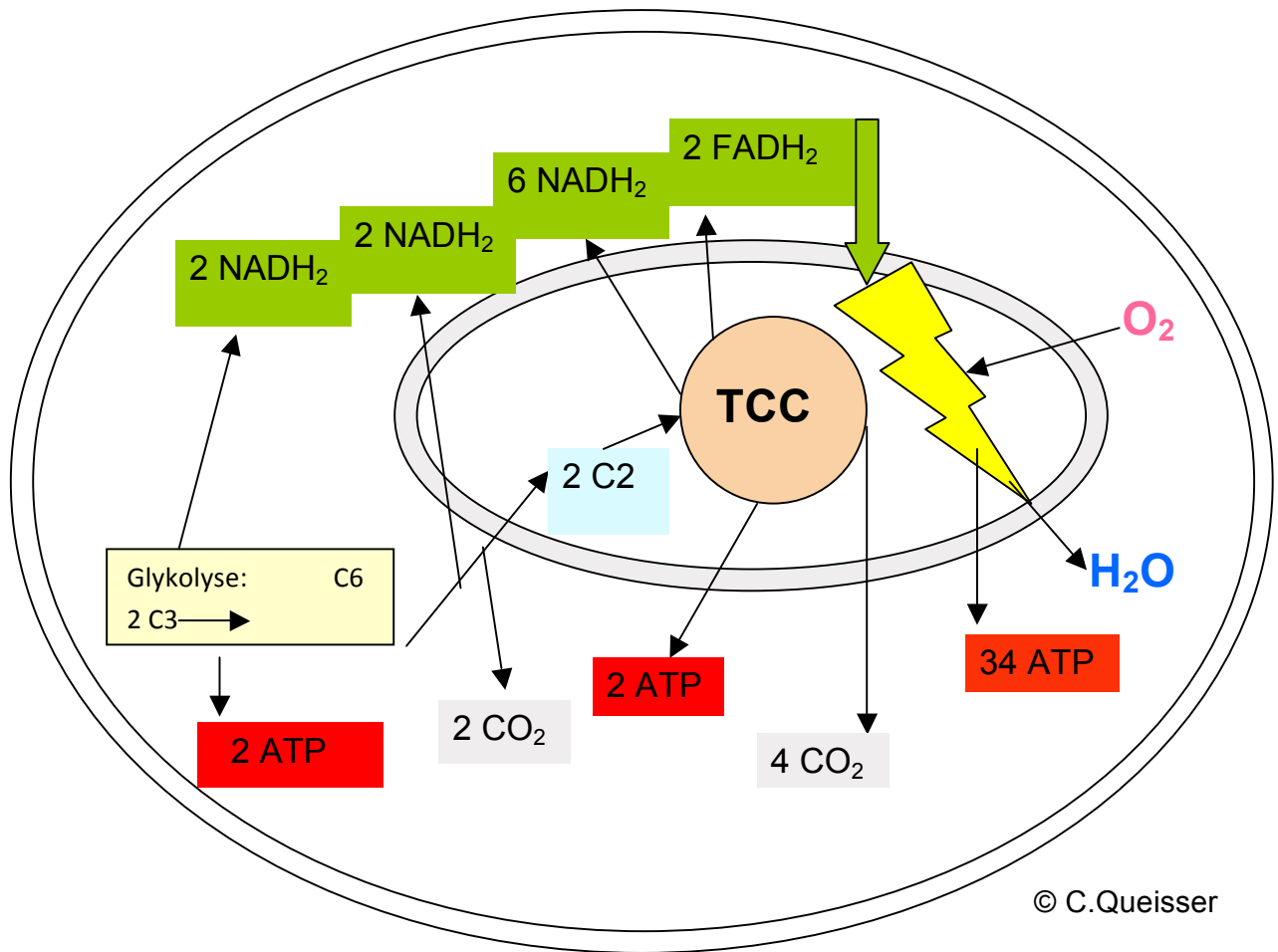
Für die Zellen eines Organismus gib es zwei unterschiedliche Arten Energie zu gewinnen: Zellatmung und Gärung.

## Zellatmung (aerobe Atmung)

Eukaryoten erzeugen ihre Energie hauptsächlich durch Zellatmung. Bei der Zellatmung ist Traubenzucker oder Glucose der Ausgangsstoff. Er wird im Laufe dieses Vorgangs zerlegt. Dabei wird Energie übertragen auf Stoffe wie ATP (Adenosintriphosphat, Abb. 1, rot) und Überträgerstoffe (NADH, FADH<sub>2</sub>, grün). ATP kann in kleinen Mengen vom Körper gespeichert werden. Abbildung 1 zeigt diese Vorgänge in vereinfachter Form. Der erste Schritt der Zellatmung, die **Glykolyse** (hellgelb), findet im Cytoplasma statt. Glucose, ein C<sub>6</sub>-Körper wird zu zwei C<sub>3</sub>-Körpern abgebaut, dabei werden pro Mol Glucose zwei Mol ATP frei. Die beiden C<sub>3</sub>-Körper wandern nun in die Mitochondrienmatrix und werden weiter zerlegt in zwei C<sub>2</sub>-Körper (hellblau), wobei zwei CO<sub>2</sub> Moleküle frei werden. Die C<sub>2</sub>-Körper durchlaufen den **Citronensäurezyklus** (oder **TCC**, hellbraun), hier werden weitere zwei Mol ATP frei. Die weitaus größere Menge an ATP (34 Mol) wird in der **Endoxidation**<sup>1</sup> gebildet, diese findet an der inneren Mitochondrienmembran statt, in Abbildung 1 durch den gelben Blitz dargestellt. NADH, FADH<sub>2</sub> sind Elektronen- und Protonenüberträger. Der Elektronentransport innerhalb der Membran und der Protonentransport durch die Membran sind gekoppelt. Aufgrund des Konzentrationsgefälles kann nun mit enzymatischer Hilfe ATP gebildet werden. In der Mitochondrienmatrix reagieren die Protonen mit Sauerstoff zu Wasser.

---

<sup>1</sup> oxidative Phosphorylierung



**Abb. 1: Schematische Darstellung der Zellatmung in einer Eukaryotenzelle (Doppelmembranen bei Zelle und Mitochondrium, grau)**

Insgesamt werden somit bei der Zellatmung pro Glucosemolekül 38 Mol ATP frei.

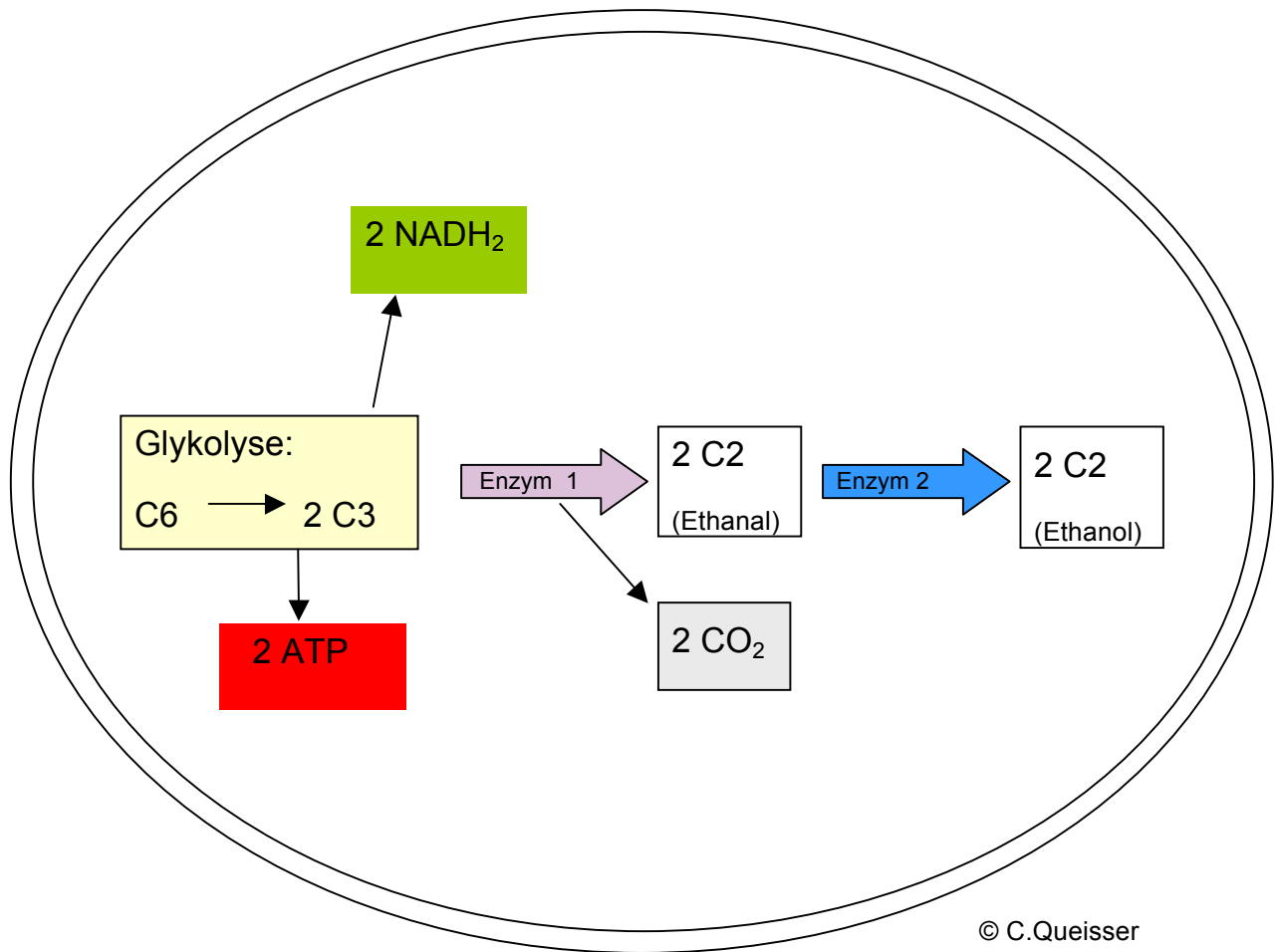
Die Gesamtgleichung der Zellatmung lautet:



### Gärung

Die Gärung ist eine andere Form der Energiegewinnung. Hier wird im Gegensatz zur Zellatmung kein Sauerstoff benötigt. Energie wird ebenfalls in Form von ATP gespeichert.

Bei der **alkoholischen Gärung** ist Glucose der Ausgangsstoff. Sie wird in der **Glykolyse** (Abb. 2, hellgelbes Feld), die im Cytoplasma stattfindet, zu zwei C3-Körpern zerlegt. Dabei werden wie bei der Zellatmung zwei Mol ATP frei. Die beiden C3-Körper wandeln sich mit Hilfe von Enzymen unter  $\text{CO}_2$  Abgabe zu Ethanal und später zu Ethanol (Alkohol) um; beide sind C2-Körper. Alkoholische Gärung betreiben zum Beispiel die Hefepilze im Bier. Das  $\text{CO}_2$ , das dabei entsteht, sorgt für die Kohlensäure im Bier.



© C. Queisser

**Abb. 2: Schematische Darstellung der alkoholischen Gärung**

Die Reaktionsgleichung der alkoholischen Gärung lautet:





Mit freundlicher Genehmigung [www.joachim-czichos.de](http://www.joachim-czichos.de)

Es gibt viele verschiedene Arten der Gärung. Sehr wichtig für viele Lebewesen ist die Milchsäuregärung, die unter anderem auch in den menschlichen Muskelzellen bei Sauerstoffmangel stattfindet. Viele Prokaryoten, vor allem Bakterien, verwenden ganz andere Ausgangsstoffe bei der Gärung. So ist z.B. Glycerin für das *Acetobacterium* der Ausgangsstoff der Gärung. Für die Darmbakterien *Salmonella*, *Shigella* und *Escherichia* ist eine gemischte Säuregärung ihr Weg der Energiegewinnung.

Die Energieausbeute bei Gärung und Zellatmung ist sehr unterschiedlich. Beim Abbau von 1 Mol Glucose entstehen mittels Zellatmung 38 Mol ATP, bei der Gärung gerade einmal 2 Mol ATP. Eukaryoten sind höher entwickelte Lebewesen, die viel Energie benötigen; sie gewinnen sie überwiegend durch Zellatmung.

Alexander Albert, 2010,

Christiane Queisser

### Quellen:

Horst Bickel et al., Natura Oberstufe, Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 2005, 1. Auflage, S. 70 – 80

M.T. Madigan et al., Brock Mikrobiologie, Spektrum Akademischer Verlag, 2003, Berlin, Seite 693

Abb. Zellatmung/Gärung: C. Queisser, 2010