

## C 1 Energie aus Biomasse

1 Unter Biomasse versteht man alle durch Lebewesen erzeugten organischen Substanzen.

1.1 Beim mikrobiellen Abbau pflanzlicher Biomasse entsteht aus Cellulose das Disaccharid Cellobiose.

Zeichnen Sie eine Strukturformel der Cellobiose, beschreiben Sie die Durchführung der Fehling-Probe mit Cellobiose und erklären Sie die Beobachtung unter Mitverwendung eines entsprechenden Strukturformelausschnitts!

[8 BE]

1.2 Hemicellulose ist ein in pflanzlicher Biomasse vorkommendes Gemisch von Polysacchariden, zu denen neben anderen die Xylane gehören. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt eines Xylans. Die Hauptkette besteht aus D-Xylose-Einheiten, die an einigen Stellen mit Essigsäure verestert sind.

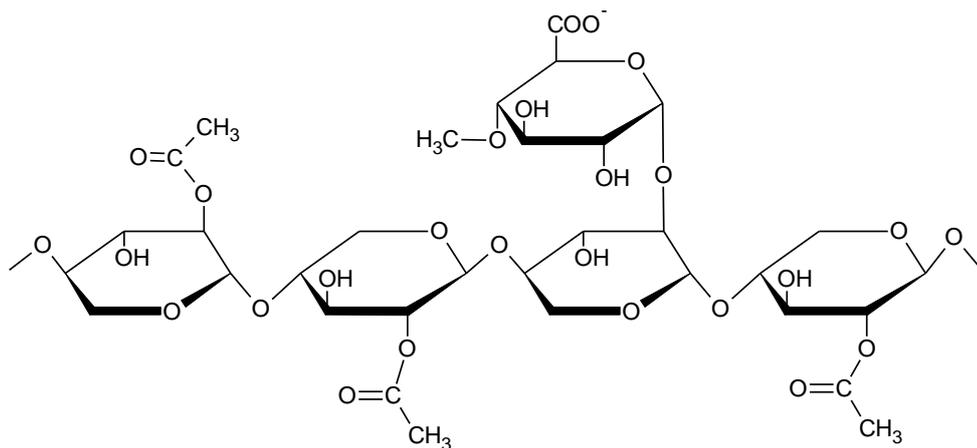


Abb. 1: Strukturformelausschnitt eines Xylans

1.2.1 Leiten Sie aus der Abbildung die Art der glycosidischen Bindung in der Hauptkette ab und zeichnen Sie die D-Xylose in der Fischer-Projektion! [5 BE]

1.2.2 Als weiteren Monosaccharid-Baustein findet man in Hemicellulosen D-Galactose, deren Molekülbau von dem des D-Glucose-Moleküls nur in der Konfiguration am C<sup>4</sup>-Atom abweicht. Zur experimentellen Unterscheidung von D-Galactose und D-Glucose stehen ein Polarimeter und verdünnte Salpetersäure zur Verfügung. Verdünnte Salpetersäure oxidiert bei 60 °C selektiv jeweils nur Aldehydgruppen und endständige Hydroxygruppen zu Carboxygruppen.

Zeichnen Sie die Fischer-Projektionen der beiden Monosaccharide und erläutern Sie, wie die beiden Zucker experimentell unterschieden werden können, ohne auf Tabellenwerte zurückzugreifen!

[9 BE]

(Fortsetzung nächste Seite)

2 BtL-Kraftstoffe (BtL = Biomass to Liquids) zählen zu den Biokraftstoffen der Zukunft. Bei ihrer Herstellung wird zunächst feste Biomasse bei hohen Temperaturen in gasförmige Produkte überführt. Hierbei entstehen überwiegend Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonooxid sowie Wasserstoff. Ein Gemisch aus Kohlenstoffmonooxid und Wasserstoff (sog. Synthesegas) kann großtechnisch mittels Fischer-Tropsch-Synthese zu flüssigen Kohlenwasserstoffgemischen umgesetzt werden, die als synthetische Kraftstoffe genutzt werden können.

2.1 Damit die Biomasse möglichst vollständig in Kraftstoff umgewandelt werden kann, muss die Kohlenstoffmonooxidausbeute bei der Biomassevergasung möglichst hoch sein. Hierbei spielt die Boudouard-Reaktion eine entscheidende Rolle:



Berechnen Sie die Temperatur, ab der die Boudouard-Reaktion exergonisch verläuft!

[4 BE]

2.2 Ein weiterer Störfaktor, der die Zusammensetzung des Synthesegases negativ beeinflusst, ist die Methanisierung. Hierbei reagiert der entstandene Wasserstoff mit Kohlenstoff zu Methan. Abbildung 2 zeigt die Lage des Gleichgewichts der beschriebenen Reaktion in Abhängigkeit von der Temperatur:

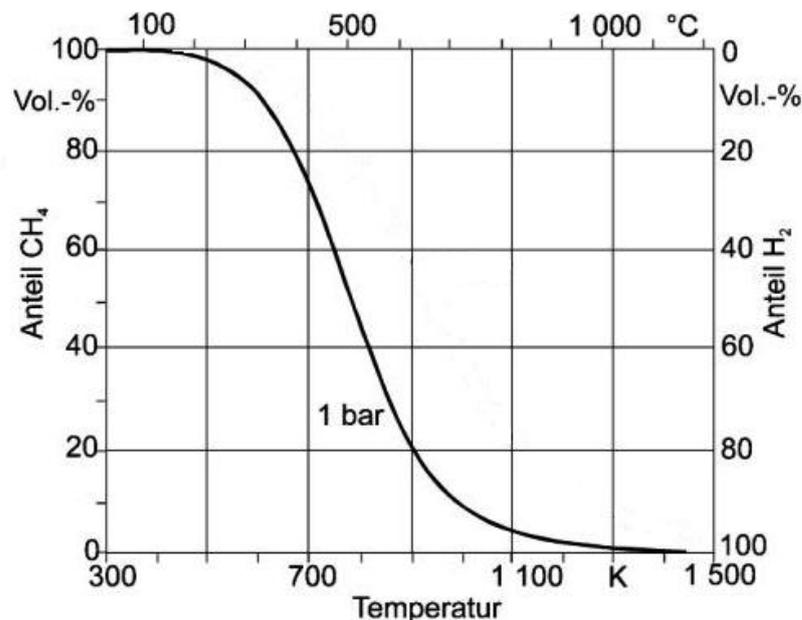


Abb. 2: Lage des CH<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>-Gleichgewichts<sup>1</sup>

Leiten Sie aus dem Diagramm ab, ob es sich um eine exotherme oder endotherme Reaktion handelt, und beurteilen Sie, wie sich eine Erhöhung des Drucks auf die Lage des Gleichgewichts auswirkt!

[8 BE]

(Fortsetzung nächste Seite)

- 3 Durch das Vergären von Biomasse wird Bioethanol hergestellt, das zum Beispiel in einem Reformer katalytisch mit Wasserdampf umgesetzt werden kann. Der dabei neben Kohlenstoffdioxid entstehende Wasserstoff kann anschließend in eine PEM-Brennstoffzelle (PEM = Proton Exchange Membrane) eingeleitet werden.

Geben Sie die Reaktionsgleichung für die Umsetzung von Ethanol mit Wasserdampf im Reformer sowie die Teilgleichungen für Anoden- und Kathoden-Reaktion der Brennstoffzelle an!

[6 BE]

---

[40 BE]