

Neues aus dem Energiegarten...

## Bäume in den Tank?

Wie weit kann man mit dem Holz eines Baumes Auto fahren?



Nehmen wir mal an man könnte Bäume in Cellulose, in Zucker und diesen dann in Alkohol verwandeln. Zu "Bioethanol" zum Autofahren. Das kann man bereits, nur es ist sehr teuer: Holz (Cellulose) kann man verzuckern, mit Hefe vergären und zu Ethanol destillieren.

Man kann Holz auch verschwelen (mit wenig Sauerstoff verbrennen). Dabei entsteht "Holzgas" und das kann man im Prinzip wie Erdgas einsetzen.

Das Schulbiologiezentrum beschäftigt sich schon einige Zeit lang mit diesem Thema: Wir vergären Zucker zu "Bier" und destillieren es zu "Bio-Ethanol". Aber wir können auch auf Holzgas-Öfen kochen.

Aber hat sich eigentlich schon mal jemand Gedanken darüber gemacht, wie viele Bäume wir dann auf der Straße "verheizen" würden?

Wie weit kann könnte mit einem Baum Auto fahren?

Würde ein Baum für im Leben eines Autofahrers reichen?

Und gäbe es dann noch genug Bäume für die nächsten Generationen?

Wie weit könnte man dann damit Auto fahren?

Wie viel Energie steckt im Holz? Und wie viel Holz enthält ein Baum?

### Wie viel Energie steckt im Holz?

### Wie viel "Benzin" steckt im Holz?

Holz (trocken)	Heizwert kWh/kg	Heizwert MJ/kg	Dichte kg/dm <sup>3</sup>
Buche, Esche	4,2	15	0,74
Eiche	4,2	15	0,69
Birke	4,2	15	0,68
Lärche	4,3	15,5	0,58
Kiefer	4,3	15,5	0,51
Fichte	4,3	15,5	0,44

1 Kilowattstunde (kWh) entspricht 3,6 MJ Energie

4,2 kWh = 4,2 x 3,6 = 15,1 MJ

Dazu im Vergleich (Durchschnittswerte!):

Brennstoff	Heizwert kWh/kg	Heizwert MJ/kg	Dichte kg/dm <sup>3</sup>	Heizwert kWh/l	Heizwert MJ/l
Ethanol	6,3	22,7	0,79	4,8	17,9
Benzin	12,1	43,5	0,74	9,0	32,2
Diesel	12,6	45,4	0,83	10,5	37,7

1 Liter Ethanol: 0,79 kg

1 Liter Benzin: 0,74 kg

1 Liter Diesel: 0,83 kg

Energiegehalt (Heizwert) Benzin: 12,1 kWh x 0,74 = 8,96 kWh bzw. 43,5 MJ x 0,74 = 32,2 MJ

1 Liter Benzin entspricht etwa 32,2 / 15 = 2,1 kg Holz

Für Buchenholz mit der Dichte 0,74 kg/dm<sup>3</sup> gilt: Ein Liter Benzin entspricht 2,1 kg / 0,74 = 2,8 dm<sup>3</sup>.

Das ist ein Quader mit der Seitenlänge (dritte Wurzel!) 14,1 cm

## Wie viel Holz enthält ein Baum?

Forstwirte benutzen zur Abschätzung des Holzertrages eine Formel in die der Stammdurchmesser, die Höhe und eine von der Baumart abhängige Formzahl eingehen.

### Stammdurchmesser:

Der Stammdurchmesser wird in Brusthöhe (BHD) von 1,3 m gemessen. Dies geschieht entweder mit einer Holzkluppe (einer großen Schieblehre) oder durch ein um den Stamm herumgeführtes Band.

Der Durchmesser verhält sich zum Umfang wie  $d = U/\pi$  mit  $\pi = 3,14$

Es geht auch mit der Hand: Eine Fingerspanne (Daumen und kleiner Finger) beträgt etwa 20 cm.

Umfasst man einen Baum (in Brusthöhe!) mit 20 Fingerspannen ist der Umfang etwa 2,2 m und der Durchmesser  $2,2 / 3,14 = 0,7$  m.

### Höhe des Baumes:

Die Höhe wird geometrisch mit dem Sextanten oder dem Jakobsstab - soweit vorhandenen oder im Schulbiologiezentrum ausleihbar - oder mit einem Lineal bestimmt. Man kann auch, z.B. mit dem Handy, in größerer Entfernung zum Baum eine vor dem Stamm stehende Person fotografieren und ihre Größe mit dem Baum ins Verhältnis setzen.

Sehr einfach ist auch die Abschätzung mit dem Lineal: Ein 1 Meter langer Stab (z.B. ein Tafellineal) wird senkrecht am Stamm aufgestellt. Entfernen Sie sich etwa 1 - 1,5 Baumhöhen vom Baum und bewegen ein Lineal senkrecht so lange vor Ihre Augen hin und her bis der Nullpunkt mit der unteren Kante und die Eins mit der oberen Kante des Stabs fluchtet. Dann können Sie die Höhe des Baumes direkt am Lineal ablesen.

### Formzahl:

Der Stamm eines Baumes ist kein Zylinder sondern hat etwa die Form eines Kegels. Das aus Durchmesser und Höhe bestimmbare Zylindervolumen ( $d^2\pi/4 \times h$ ) wird durch eine arttypische Formzahl auf die tatsächliche - mal breitere mal schmalere - Kegelform reduziert.

Formzahl für ausgewählte Baumarten:

Fichte: 0,43 - 0,47

Tanne: 0,45 - 0,50

Kiefer: 0,40 - 0,43

Lärche: 0,40 - 0,44

Buche: 0,45 - 0,50

### Beispielrechnung:

Buche

Stammdurchmesser (Brusthöhendurchmesser) 0,7 m

Höhe 25 m

Formzahl: 0,45 - 0,50 (Mittelwert 0,475)

$$(0,7^2 \times \pi) / 4 \times 25 \times 0,475$$

$$(0,49 \times 3,14) / 4 \times 25 \times 0,475 =$$

4,57 m<sup>3</sup> Holz

Heizwert Buche (trocken) ca. 4,2 kWh/kg oder 15 MJ/kg

Dichte Buche (trocken) : 0,74 kg/dm<sup>3</sup>

$$1 \text{ m}^3 \times 0,74 = 0,74 \text{ t} = 740 \text{ kg}$$

$$\text{Masse des Buchenholzes: } 4,57 \text{ m}^3 \times 0,74 = 3,38 \text{ t} = 3380 \text{ kg}$$

$$3380 \text{ kg} \times 15 \text{ MJ} = 50727,4 \text{ MJ}$$

Energiegehalt **Ethanol** 17,9 MJ/Liter

$$50727,4 \text{ MJ} / 17,9 \text{ MJ} = 2833,9 \text{ Liter}$$

Energiegehalt **Benzin** 32,2 MJ/Liter

$$50727,4 \text{ MJ} / 32,2 \text{ MJ} = 1575,4 \text{ Liter}$$

Energiegehalt **Diesel** 45,4 MJ/Liter

$$50727,4 \text{ MJ} / 45,4 \text{ MJ} = 1117,3 \text{ Liter}$$

Eine 25 m hohe Buche mit 70 cm Stammdurchmesser entspricht also etwa dem Heizwert von 2833,9 Liter Ethanol, 1575,4 Liter Benzin oder 1117,3 Liter Diesel.

Wie weit reicht das mit Ihrem Auto und Ihrer Fahrweise?

Und was ist die Buche dann wert?

In Geld?

## Oder gibt es da nicht noch andere Werte?

Dieser Text ist Teil einer zur Zeit in Entstehung befindlichen Arbeitshilfe

Ingo Mennerich, Schulbiologiezentrum Hannover, Juni 2012