Der AlkaPolP-Prozess

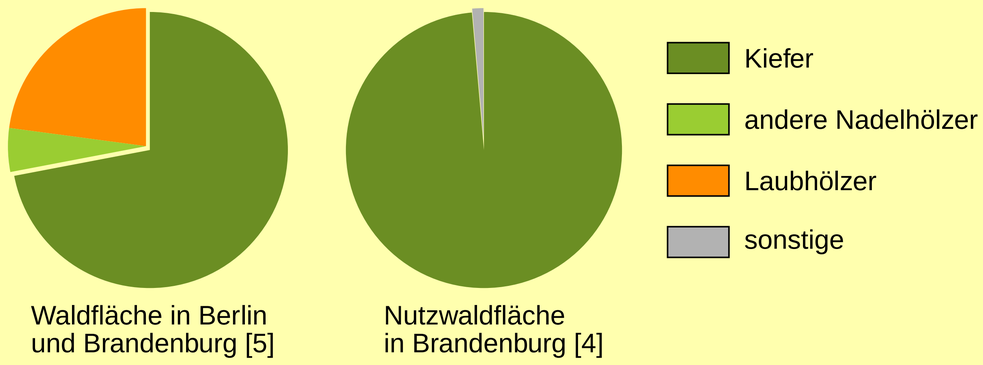
Ausgangspunkt für eine lignocellulosebasierte Bioraffinerie

M. Hundt[1] (M.Hundt@rt.tu-cottbus.de), N. Engel[1], K. Schnitzlein[1,2], M. G. Schnitzlein[2,3]

[1]Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Chemische Reaktionstechnik, 03044 Cottbus

[2]Naturechem.eu, 95213 Münchberg; [3]MCI Internationale Hochschule GmbH, A-6020 Innsbruck

Im Rahmen der dringend notwendigen Substitution fossiler Ressourcen stellt Lignocellulose für die Zukunft eine vielversprechende nachhaltige und regenerative Rohstoffquelle dar, da sie im Gegensatz zu stärkehaltiger Biomasse nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion steht. Der neuartige AlkaPolP-Prozess ist in der Lage, nicht nur einjährige Faserpflanzen oder Laubholz, sondern auch widerstandsfähigeres Nadelholz effektiv zu fraktionieren und so dessen stoffliche Verwertung zu ermöglichen [1-3]. Da der brandenburgische Wald zu fast drei Vierteln, der Nutzwald des Landes nahezu vollständig aus Kiefernwäldern besteht (s. rechts), wurde der Einsatz von *Pinus sylvestris* untersucht.



Aufschluss in alkalischem Glycerin

190 - 230°C, 15 - 25 min: $R_0 = t \cdot e^{\frac{T-100}{14.75}}$

$m_{Glycerin} : m_{Holz} \approx 13$

$m_{KOH} : m_{Holz} = 0{,}2 - 1{,}2$

Alkaline **Pol**yol **P**ulping

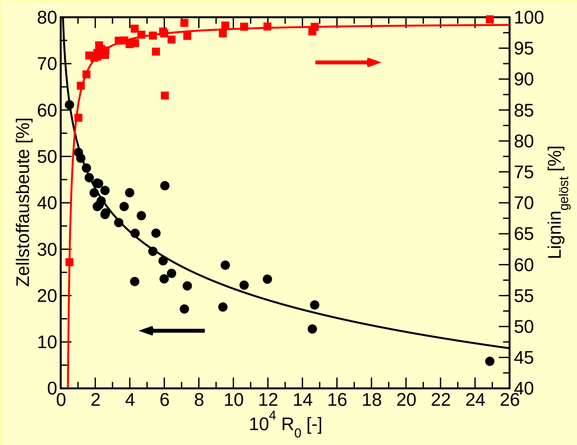
Filtration → Zellstoff → Enzymatische Hydrolyse → Glucose, Xylose → Fermentation

Fällung/Filtration → Lignin → Chemische/ enzymatische Derivatisierung

Lösemittelaufbereitung/ -regeneration

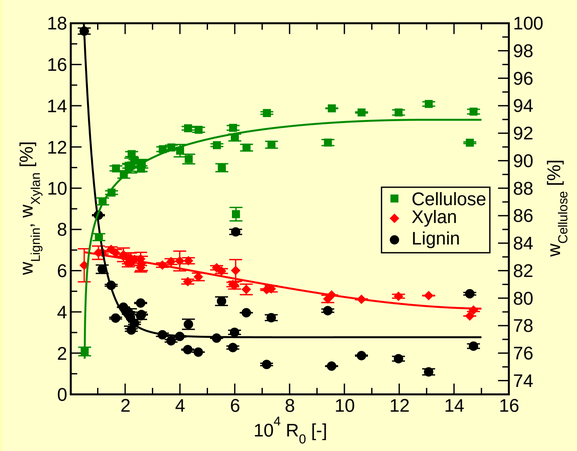
→ Niedermolekulare Aromaten, Aliphaten und Zuckerderivate

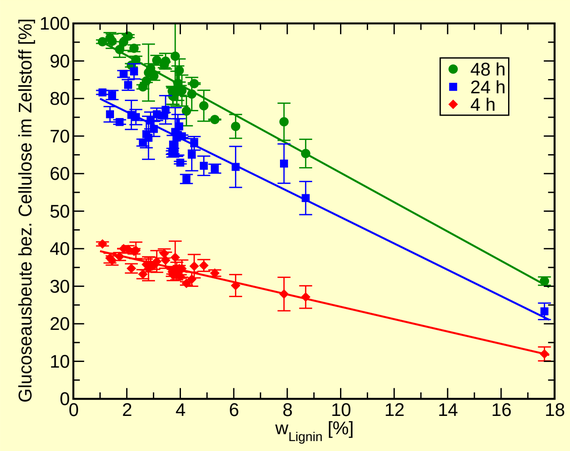
Regenerative Rohstoffbasis für die chemische Industrie



Die Zellstoffausbeute hängt stark von den Aufschlussbedingungen ab und kann in einem weiten Bereich variiert werden. Bereits bei mittleren Belastungsfaktoren um $5 \cdot 10^4$ werden rund 96% des im Holz enthaltenen Lignins herausgelöst (s. oben).

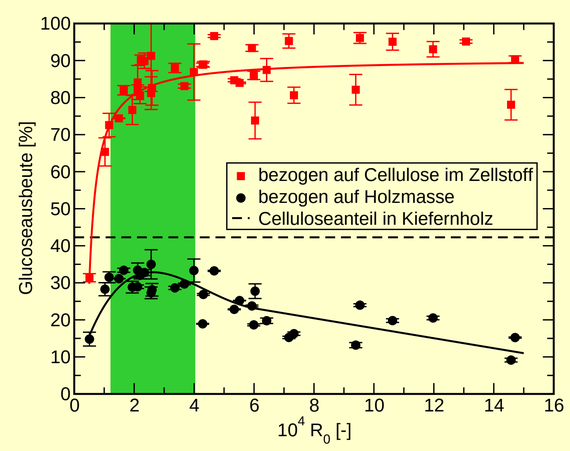
Neben Cellulose und Lignin enthält die Zellstofffraktion geringe Mengen Xylan, was dessen Resistenz gegen alkalische Bedingungen unterstreicht. Die Reinheit des Zellstoffs steigt mit steigendem R_0 und erreicht bereits bei $3 \cdot 10^4$ Werte von über 90% (s. unten).





Glucoseausbeute nach enzymatischer Hydrolyse als Funktion des Ligningehaltes des Substrats. Enzymbeladung: 15 FPU Cellulase pro g Zellstoff + 30 CBU β-Glucosidase pro g Zellstoff. Substratkonzentration: 11,5 g/l

Die Zellstoffe wurden mit einem Enzymcocktail aus Celluclast 1.5 L and Novozyme 188 (beide Novozymes) hydrolysiert. Die Glucoseausbeute nimmt zu jeder Zeit linear mit steigendem Restligningehalt ab (s. links). Zieht man die jeweils zugehörige Zellstoffausbeute mit in Betracht, wird das Maximum der Gesamtglucoseausbeute bereits bei $R_0 \approx 2{,}5 \cdot 10^4$ erreicht. In diesem Bereich werden bis zu 83% der ursprünglich im Holz enthaltenen Cellulose im Laufe der Hydrolyse als Glucose gewonnen (s. rechts).



Glucoseausbeuten nach enzymatischer Hydrolyse als Funktion des Belastungsfaktors. Enzymbeladung: 15 FPU Cellulase pro g Zellstoff + 30 CBU β-Glucosidase pro g Zellstoff. Substratkonzentration: 11,5 g/l

- effektive Delignifizierung von Nadelholz innerhalb weniger Minuten
- AlkaPolP-Zellstoff kann nahezu vollständig enzymatisch hydrolysiert werden
- linearer Zusammenhang zwischen Glucoseausbeute und Ligningehalt des Substrats
- Aufschlussbedingungen zur Maximierung der Gesamtglucoseausbeute gefunden

[1] Hundt, M., Schnitzlein, K., Schnitzlein, M. G. Alkaline polyol pulping and enzymatic hydrolysis of softwood: Effect of pulping severity and pulp properties on cellulase activity and overall sugar yield. Bioresource Technology (2013), http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.02.018

[2] Hundt, M., Schnitzlein, K., Schnitzlein, M. G. Alkaline polyol pulping and enzymatic hydrolysis of hardwood: Effect of pulping severity and pulp composition on cellulase activity and overall sugar yield. Bioresource Technology (2013), zur Veröffentlichung angenommen

[3] Hundt, M., Engel, N., Schnitzlein, M. G., Schnitzlein, K. Alkalischer Polyolaufschluss als Basis für eine Lignocellulose-Bioraffinerie. Chemie Ingenieur Technik (2013), DOI: 10.1002/cite.201200116

[4] Müller, K., 2007. Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland - Ökologie und Bewirtschaftung. In: Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXXII. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz (MLUV) des Landes Brandenburg, Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

[5] Polley, H., Hennig, P., Schwitzgebel, F., Kriebitzsch, W., 2004. Bundeswaldinventur[2] - Alle Ergebnisse und Berichte, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Innovationsforum Biopolymere und biobasierte Kunststoffe - Nachhaltige Materialien der Zukunft, 28. Februar bis 01. März 2013, Schwarzheide