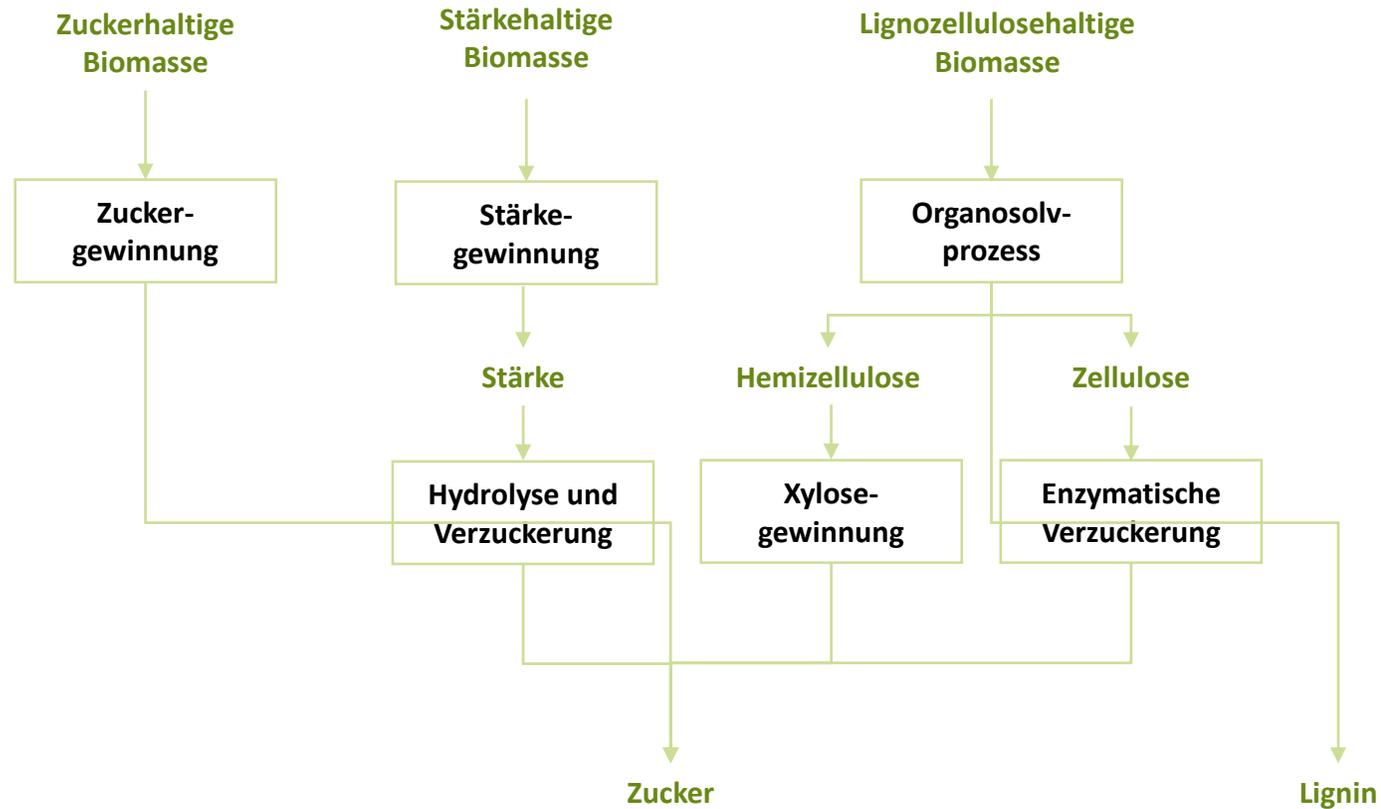


Darstellung der Ergebnisse - Technologie

Betrachtete Prozesse

Zucker und Lignin

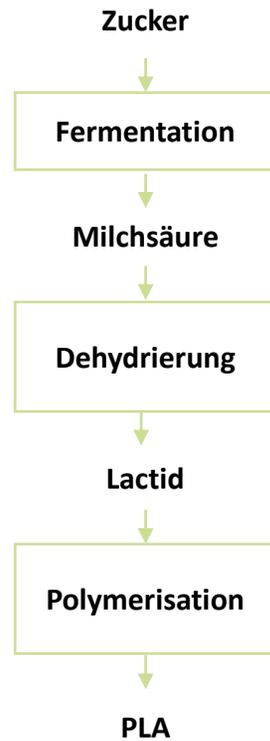


Darstellung der Ergebnisse - Technologie

Betrachtete Prozesse

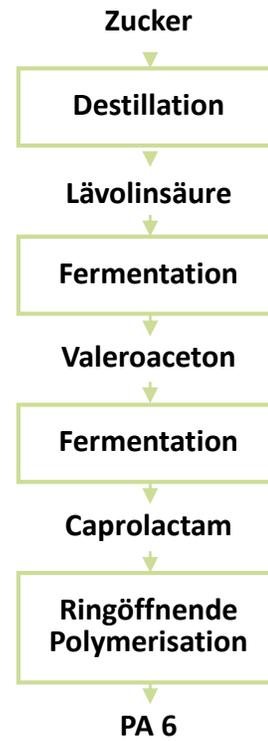


PLA



DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150594

PA6

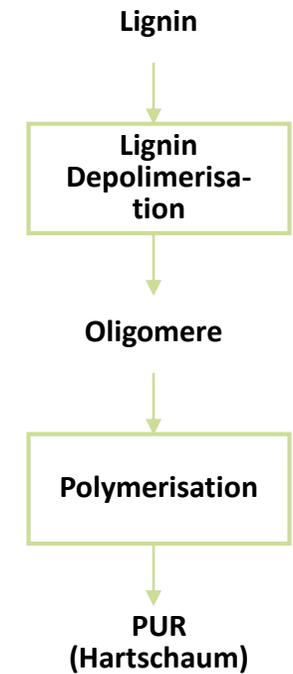
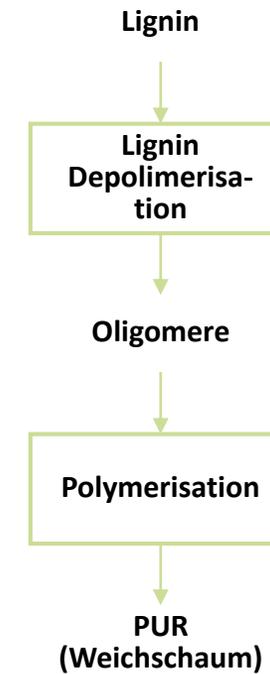


DOI:10.1002/bbb.1876

PUR

Weichschaum

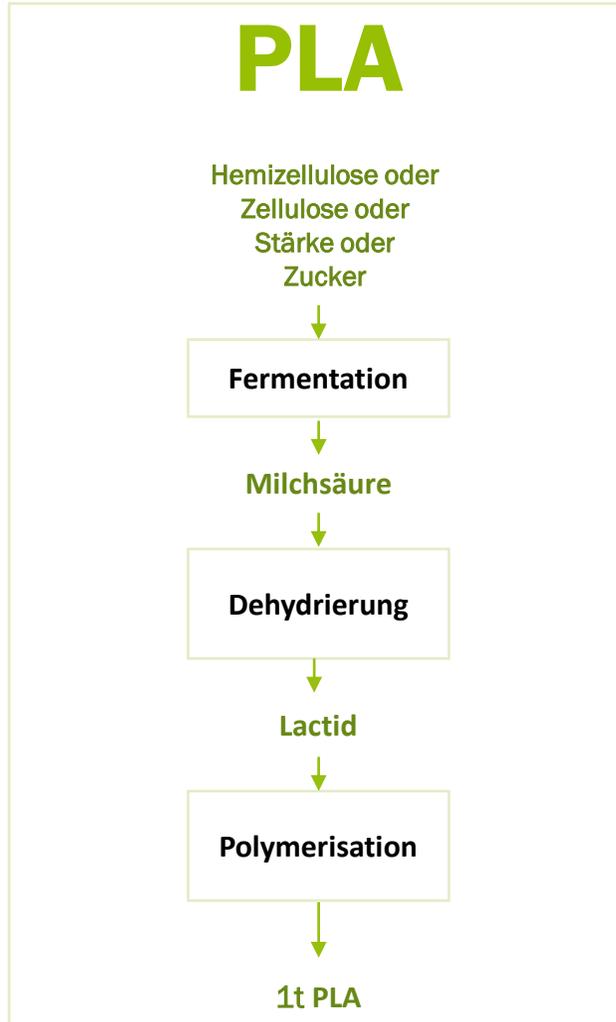
Hartschaum



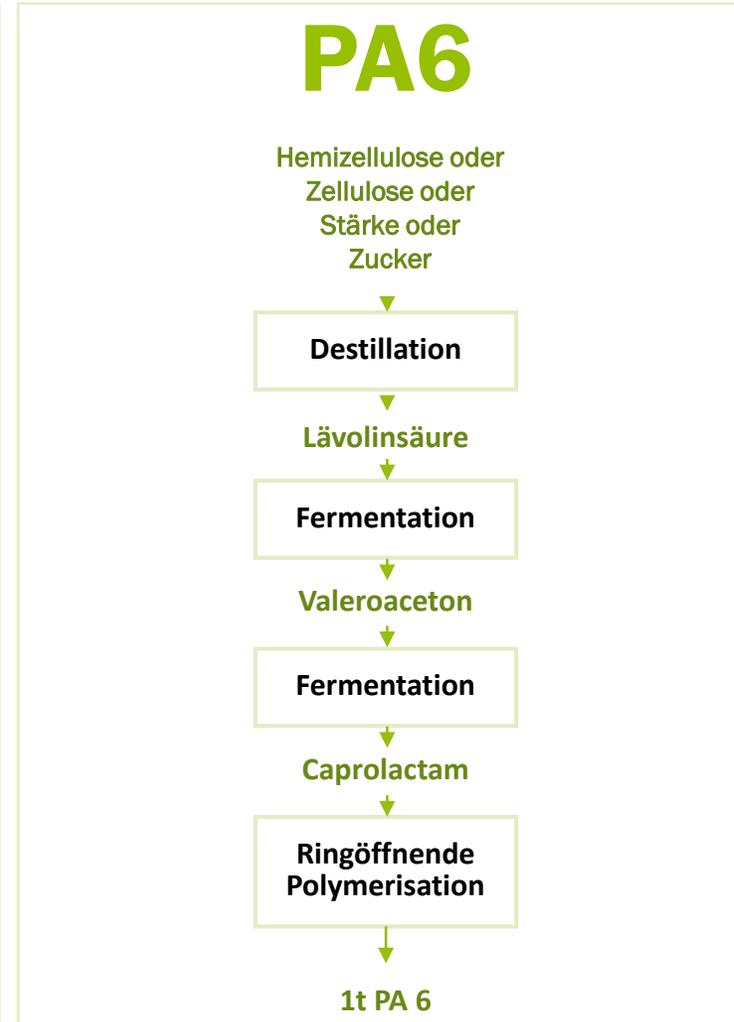
DOI:10.1007/s13399-020-00769-z

Darstellung der Ergebnisse - Technologie

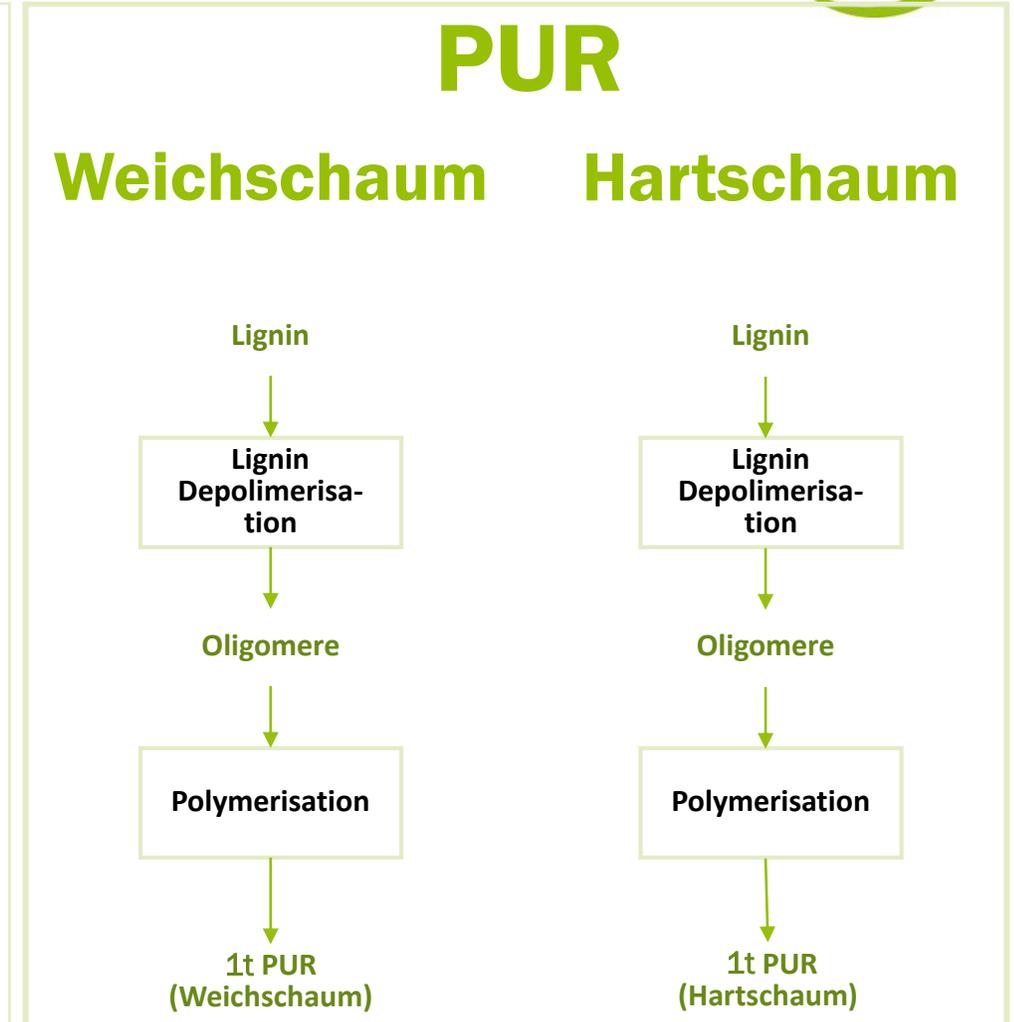
Betrachtete Prozesse



DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150594



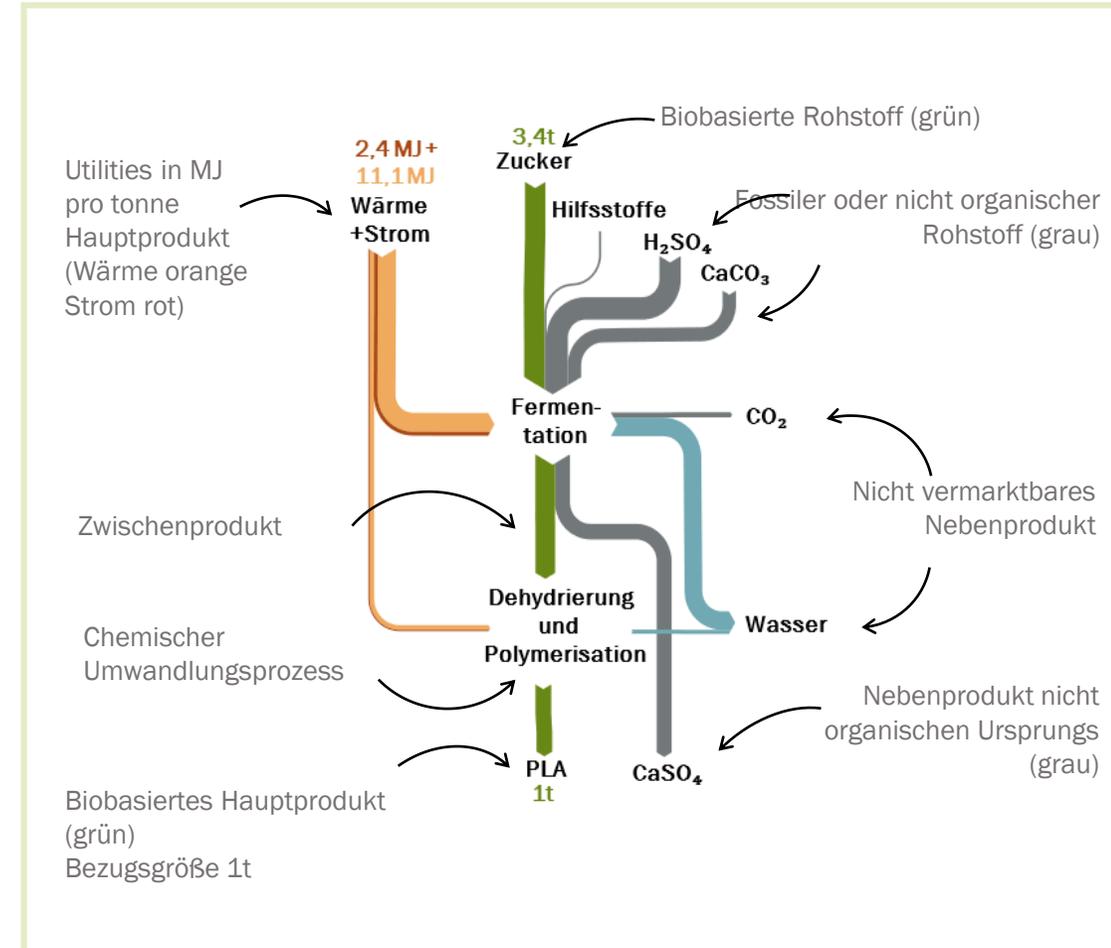
DOI:10.1002/bbb.1876



DOI:10.1007/s13399-020-00769-z

Darstellung der Ergebnisse - Technologie Bewertungsmethode

- Erhebung von Massen- und Energiebilanzen basiert auf Literaturrecherche
- Bilanzen werden nicht als Blackbox, sondern auf Ebene einzelner Konversionsprozesse erstellt
- Rückmeldungen von Stakeholdern im Rahmen von Workshops dienen zur Qualitätssicherung
- Bewertungen sind aufgeteilt in zwei Bilanzgrenzen:
 - Gewinnung von Zwischenprodukten Zucker aus zuckerhaltiger, stärkehaltiger und ligozellulosehaltiger Biomasse und Lignin aus ligozellulosehaltiger Biomasse
 - Polymererzeugung aus Zwischenprodukten Zucker und Lignin
- Die Bilanzen bilden die Grundlage für eine technische, ökonomische und ökologische Bewertung



Darstellung der Ergebnisse - Technologie

Bewertungskriterien



Der **kumulierter Primärenergieaufwand** KEA

Verhältnis des Prozessenergiebedarfs (Brennstoff, elektrische (el) und thermische (th) Energie) zum Hauptprodukt oder zur Gesamtmasse der Produkte.

Die **Kohlenstoffkonversion** η_c

Wiederfindung des Kohlenstoffs aus den Ausgangsstoffen in den Produkten. Im Gegensatz zu reinen Massenbilanzen enthält die η_c eine qualitative Aussage der tatsächlichen Kohlenstoffverwertung.

Die **massenbezogene Biomassenutzungseffizienz** BUE_M

spezifische Verhältnis der nutzbaren Biomasse in den Produktströmen bezogen auf Input-Biomasse. Je näher das Verhältnis an 100 % liegt, desto effizienter ist die BUE und umso weniger Abfall fällt an.

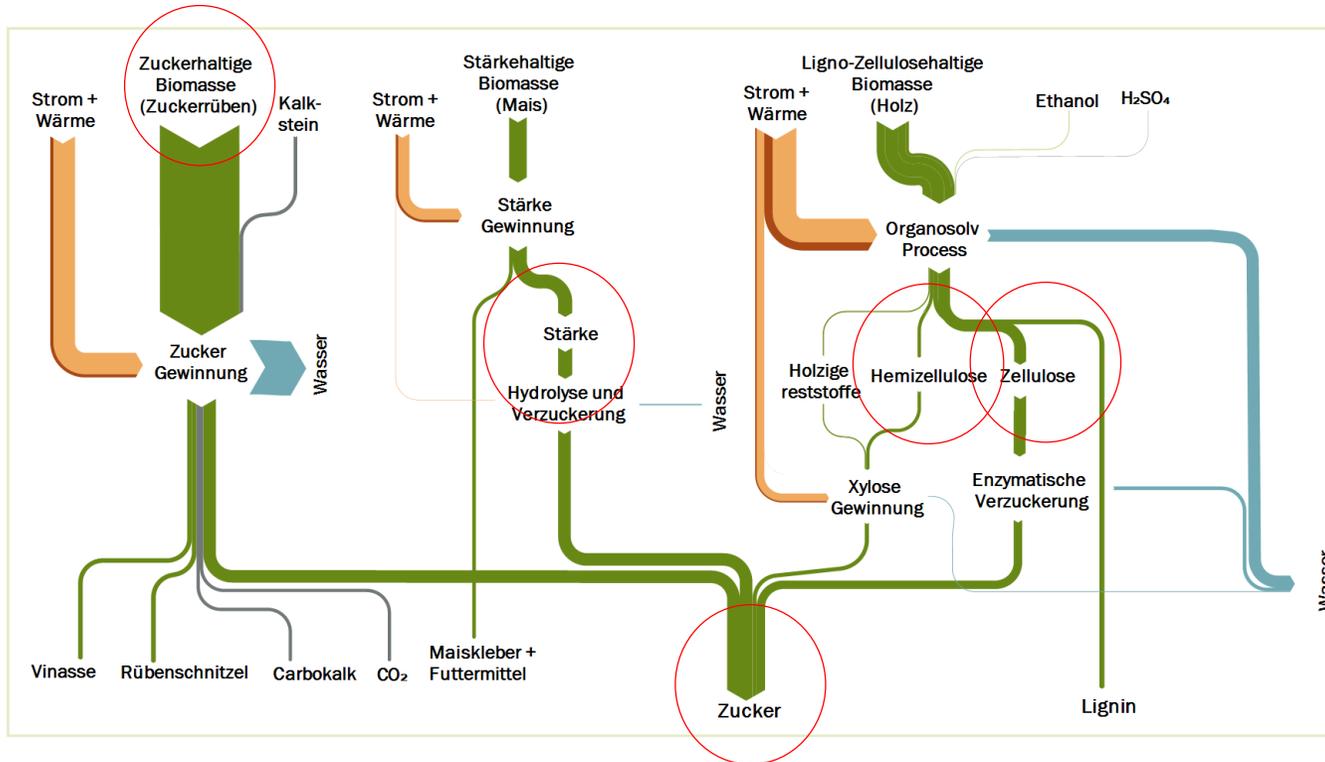
$$KEA = \frac{E_{el} * \eta_{el} + E_{th} * \eta_{th}}{m_j + \sum m_k}$$

E Energiebedarf in GJ
 η Umwandlungseffizienz
 c_c Kohlenstoffgehalt
 \dot{m} Massenstrom
 el elektrisch
 th thermisch
 j Hauptprodukt
 k Nebenprodukt
 i Inputbiomasse

$$\eta_c = \frac{c_{c,i} \cdot \dot{m}_i}{c_{c,j} \cdot \dot{m}_j + \sum c_{c,k} \cdot \dot{m}_k}$$

$$BUE_M = \frac{m_i}{m_j + \sum m_k}$$

Darstellung der Ergebnisse - Technologie Gewinnung von Zucker und Lignin



Biomasseinputmöglichkeiten

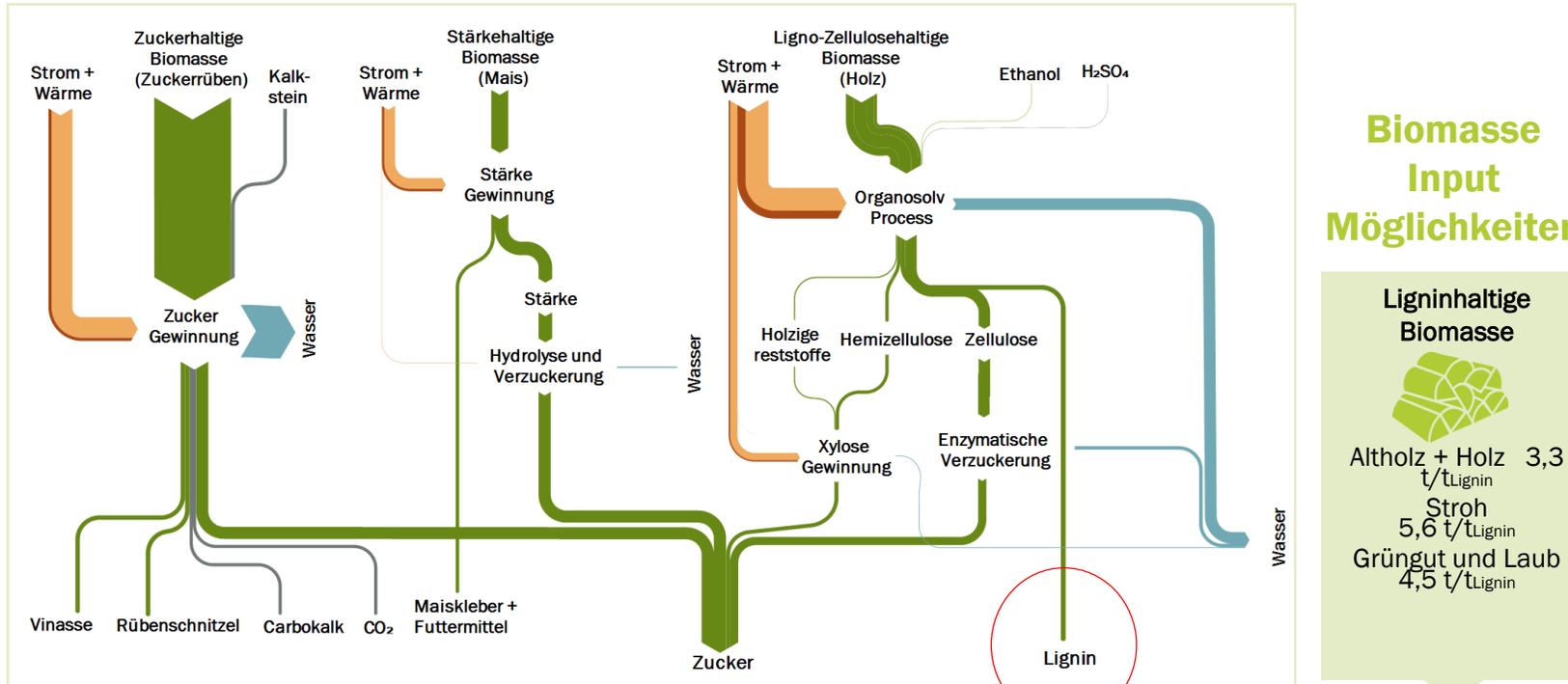
Zuckerhaltige Biomasse:	Stärkehaltige Biomasse:	Zellulosehaltige Biomasse:	Hemizellulosehaltige Biomasse
Zuckerrüben 6,3 t/tZucker	Weizen 1,8 t/tZucker	Stroh 3,9 t/tZucker	Stroh 3,2 t/tZucker
Zuckerrohr 7,7 t/tZucker	Mais 1,6 t/tZucker	Altpapier 3,0 t/tZucker	Altholz + Holz 4,2 t/tZucker
	Kartoffel 6,2 t/tZucker	Altholz + Holz 3,5 t/tZucker	Grüngut und Laub 3,3 t/t
Zucker	Zucker	Zucker	Zucker
3	9	37	107

DOI:10.1007/s13399-020-00769-z
 ISBN: 978-3-9817707-8-0
 DOI: 10.13140/RG.2.2.24122.06081

Kumulierter Primärenergieaufwand
in GJ/t bezogen auf Zucker

Darstellung der Ergebnisse - Technologie

Gewinnung von Zucker und Lignin



DOI:10.1007/s13399-020-00769-z
 ISBN: 978-3-9817707-8-0
 DOI: 10.13140/RG.2.2.24122.06081

Kumulierter Primärenergieaufwand
 in GJ /t bezogen auf Lignin

29,9

Darstellung der Ergebnisse - Technologie

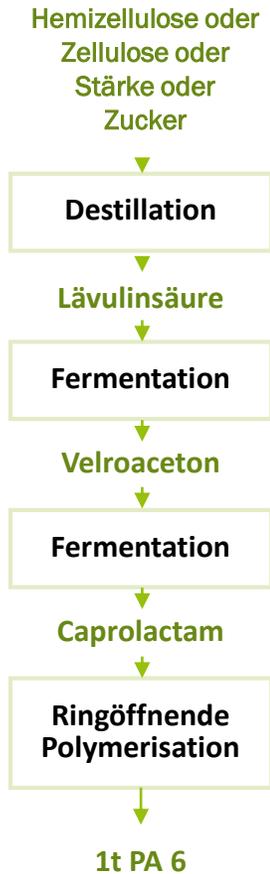
Betrachtete Prozesse



PLA

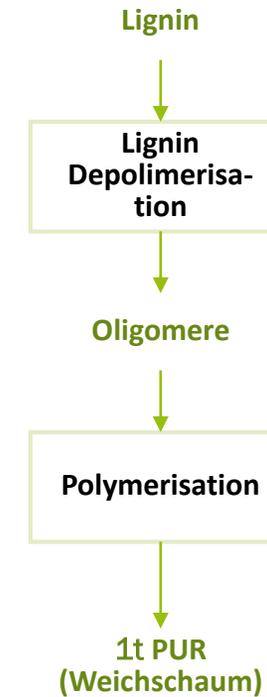


PA6

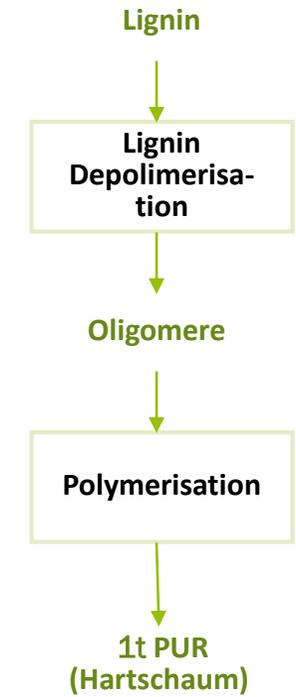


PUR

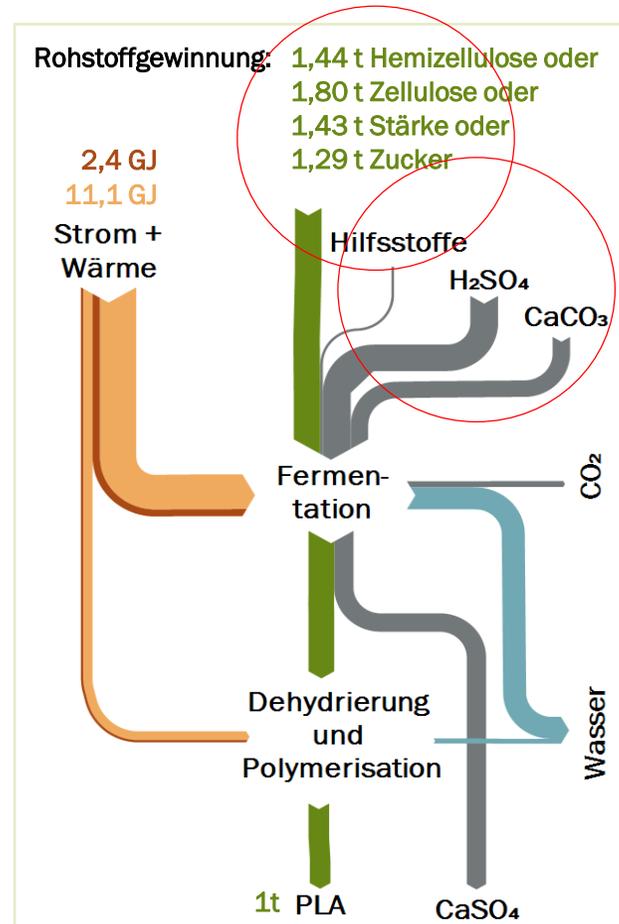
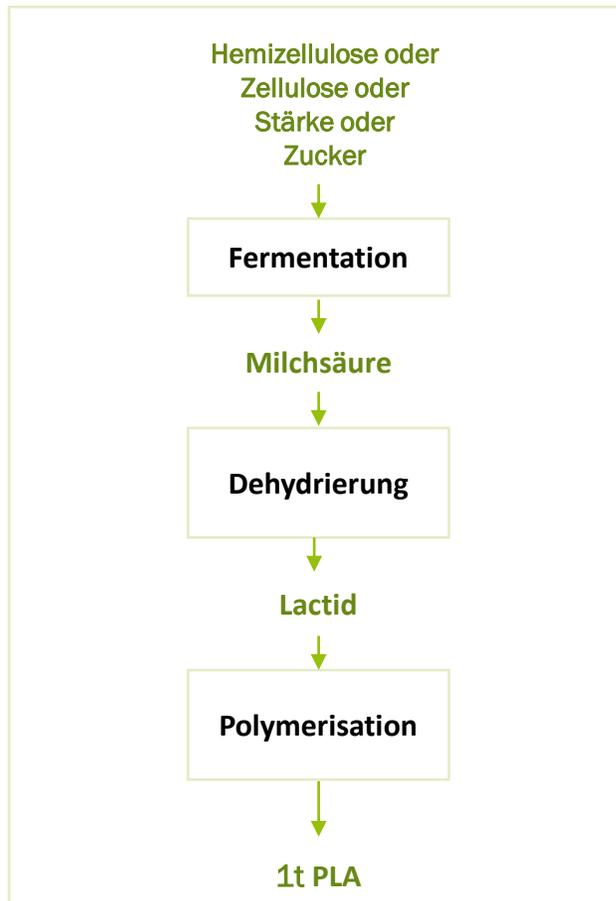
Weichschaum



Hartschaum



Darstellung der Ergebnisse - Technologie PLA



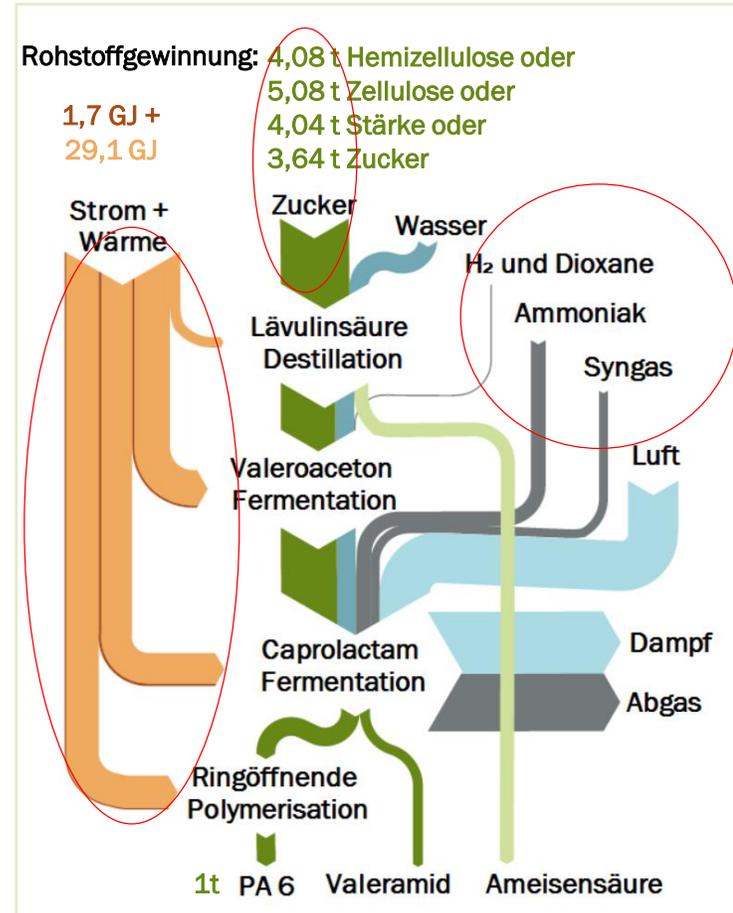
Kumulierter Primärenergieaufwand

KEA [GJ/t]	PLA
Fossil	39
Zucker	18
Stärke	18
Zellulose	18
Hemizellulose	37

Kohlenstoffkonversion

η_c [%]	PLA
Zucker	97%
Stärke	79%
Zellulose	63%
Hemizellulose	84%

Darstellung der Ergebnisse - Technologie PA6



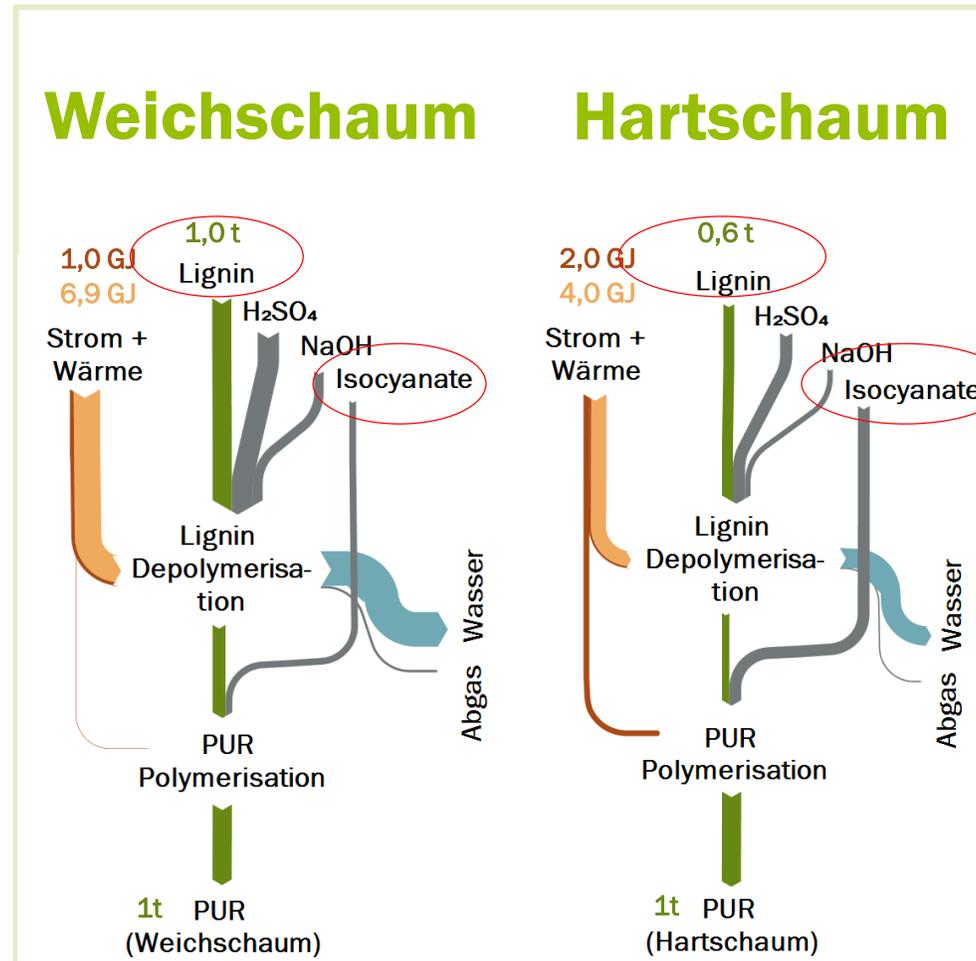
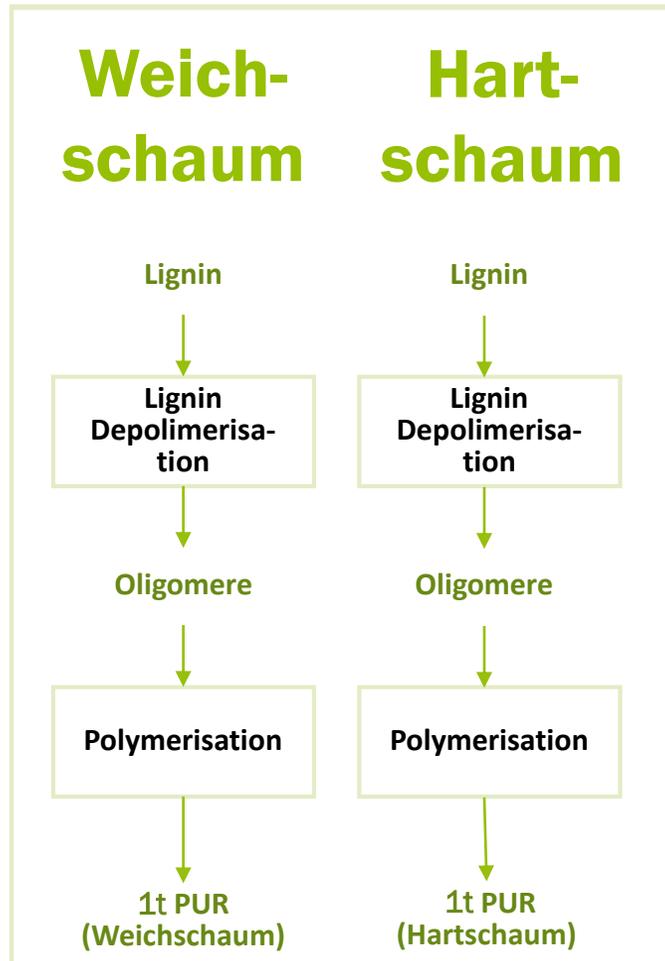
Kumulierter Primärenergieaufwand

KEA [GJ/t]	PA 6
Fossil	54
Zucker	47
Stärke	58
Zellulose	57
Hemizellulose	110

Kohlenstoff-konversion

η_c [%]	PA 6
Zucker	44%
Stärke	36%
Zellulose	28%
Hemizellulose	38%

Darstellung der Ergebnisse - Technologie PUR



Kumulierter Primärenergieaufwand

KEA [GJ/t]	PUR
Fossil	41
Weich	9
Fossil	19
Hart	10

Kohlenstoffkonversion

η_c [%]	PA 6
Weich	30%
Hart	51%

DOI:10.1007/s13399-020-00769-z

Fazit



Kumulierter Energieaufwand

- ❖ Der Energiebedarf für die Polymerproduktion ist am geringsten wenn zuckerhaltige Biomasse verwendet wird, gefolgt von Stärke und Zellulose. Hemizellulose basierte Pfade sind am Energieintensivsten.
- ❖ PLA weist den geringsten Energieaufwand unter allen Polymertechnologien auf.



Kohlenstoffkonversion und Biomassenutzung

- ❖ Die höchste Konversionseffizienz zeigt sich bei der Polymerproduktion basierend auf zuckerhaltiger Biomasse.
- ❖ In den großen Abwassermengen des Organosolv Prozesses, der enzymatischen Verzuckerung von Zellulose und der Depolymerisation von Lignin befinden sich oftmals noch Restanteile von Biomasse bzw. organischem Kohlenstoff, die bisher ungenutzt bleiben.
- ❖ Bei vielen Fermentationsprozessen entsteht CO₂ als Nebenprodukt. Wenn das CO₂ nicht genutzt wird, verschlechtert dies die Kohlenstoffkonversionseffizienz des Biomasseverwertungsprozesses.



Vorteilhafte Polymere und Rohstoffe

- ❖ PLA schneidet in allen technischen Kategorien am besten ab, da wenige Prozessschritte benötigt werden (bei jedem Prozessschritt treten Effizienzverluste auf).
- ❖ Für holzartige Biomasse ist es vorteilhaft, wenn beide Bestandteile Hemizellulose und Zellulose zu Zucker umgewandelt werden.