

# Fit für den Klimawandel

## Stresstolerante Pflanzen zur effizienten Energiegewinnung

Dr. Tobias Brüggemann

Thünen-Institut für Forstgenetik, Großhansdorf bei Hamburg



Hannover  
22.05.2019

# Über mich

Promotion an der Universität Hamburg

Post Doc am Thünen-Institut für Forstgenetik,  
Arbeitsbereich Genomforschung

Forschungsschwerpunkte:

- Genetik der Pappeln
- Transformationssysteme
- Gewebekultursysteme
- Genomeditierung
- CRISPR/Cas
- Wissenschaftskommunikation

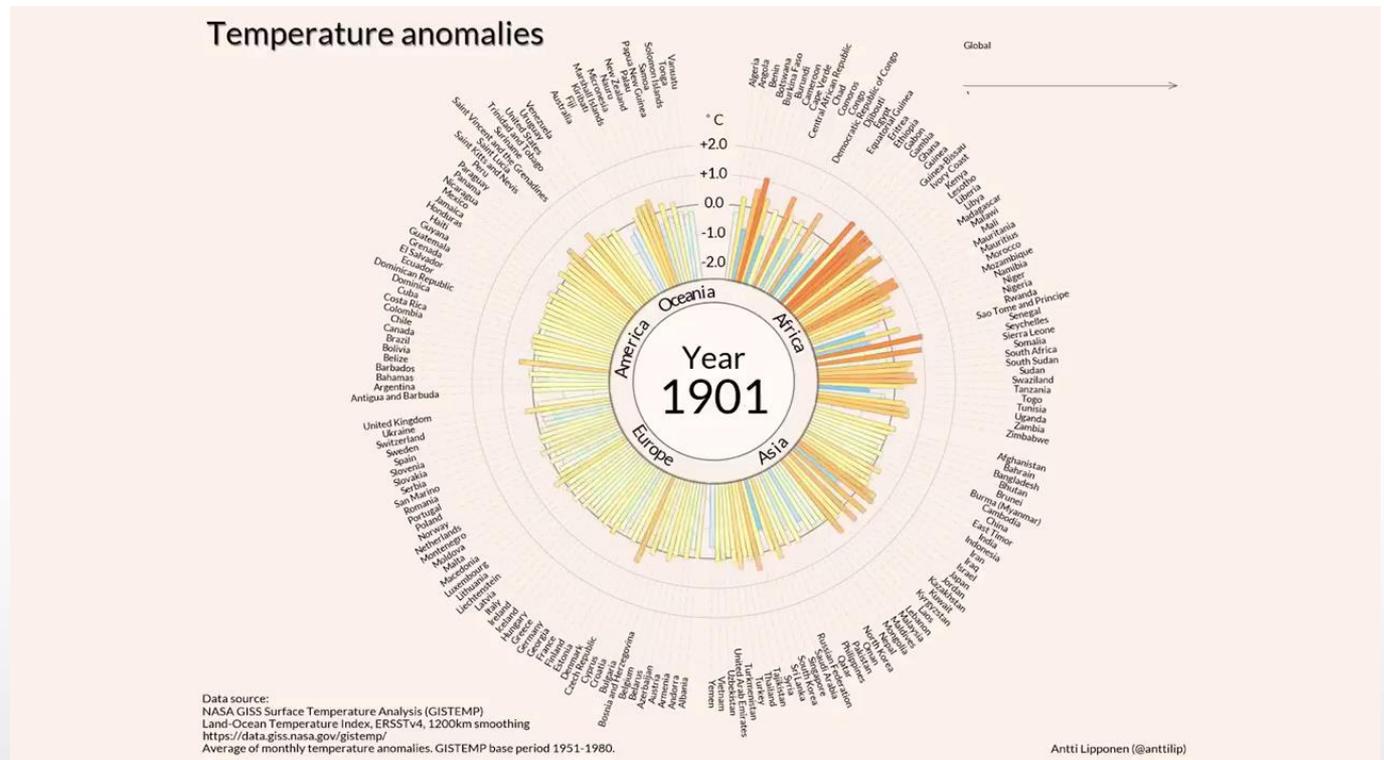


*Karte: NordNordWest*



# Klimawandel

## Temperatur-Abweichungen in einzelnen Ländern von 1900 bis 2016



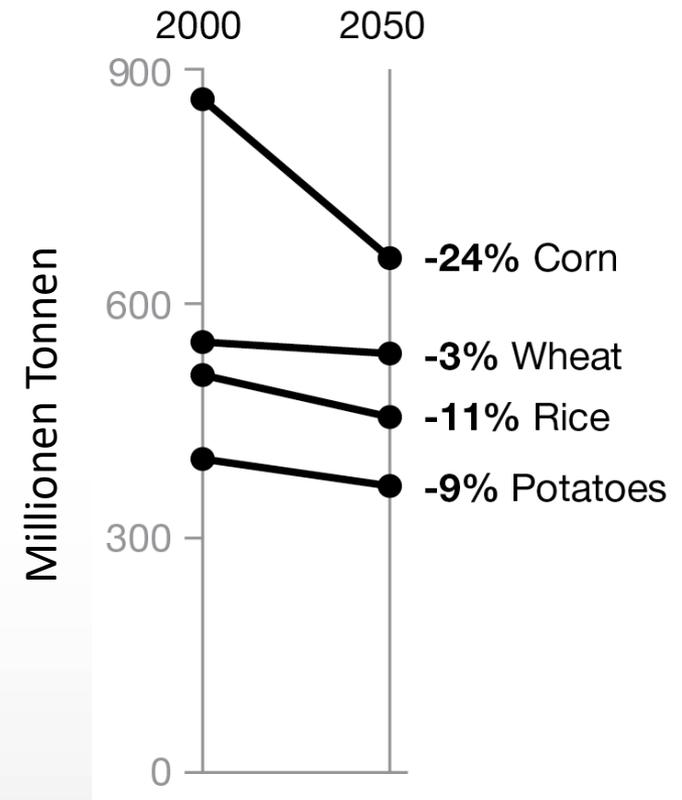
Data from NASA

Visualisation by Antti Lipponen of the Finnish Meteorological Institute

# Auswirkungen auf Nutzpflanzenenerträge

Vorhersage der Nutzpflanzenenerträge bis 2050

Basis: Klimamodell "HadGEM2" aus Großbritannien



*International Food Policy Research Institute,  
Washington DC, USA*

# Stress für Nutzpflanzen



**Trockenheit**



**Salz**



**Schadinsekten**



**Pathogene**

# Klassische Kreuzungszüchtung als Lösung?

## **Kreuzungszüchtung:**

Zeitintensive Kreuzungen

Nicht optimierte Varietäten als  
Kreuzungsmaterial

## **Gentechnik:**

Kontrovers durch externes genetisches  
Material

## **Genomeditierung:**

Genaue, minimale Modifikationen ohne  
externe Gene

# Genomeditierung als neues Werkzeug

*Oligonucleotide-directed  
mutagenesis*

ODM

CRISPR/Cas9

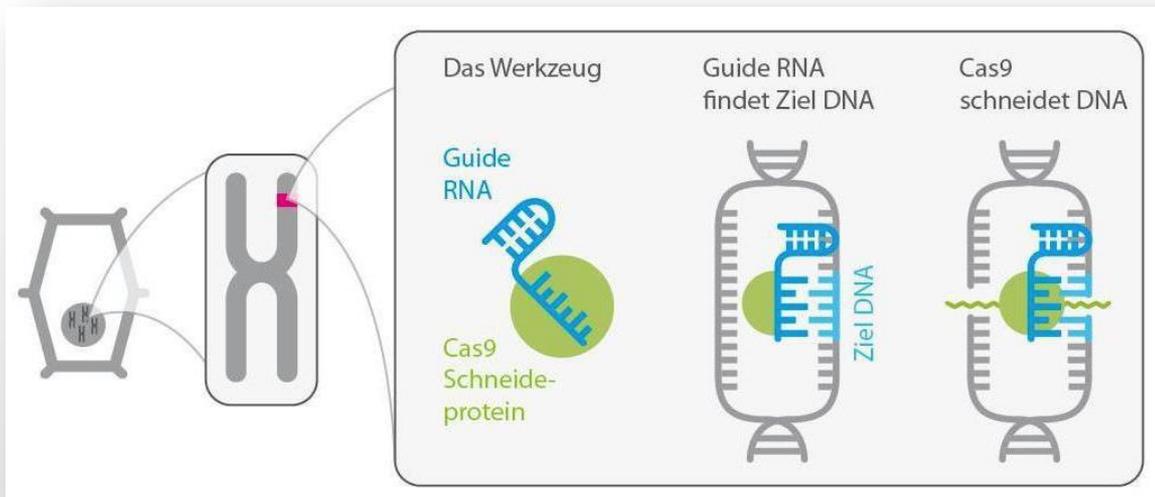
Zinkfinger-  
Nukleasen

TALEN

*Transcription activator-like  
effector nuclease*

# Genomeditierung durch CRISPR/Cas9

1. gRNA als Schablone, fusioniert mit der Endonuklease Cas9
2. gRNA bindet an die Zielsequenz der DNA
3. Cas9 fügt einen Doppelstrangbruch in die DNA ein
4. Der Doppelstrangbruch wird fehlerhaft repariert, eine Mutation entsteht.



Wissenschaftlerkreis  
Grüne Gentechnik

# Genomeditierung durch TALEN

- Genschere auf Proteinebene, wirkt ohne Nukleinsäure
- Schneidet sequenzspezifisch DNA
- Zeit- und kostenaufwendige Synthese

# Stress für Nutzpflanzen



**Trockenheit**



**Salz**



**Schadinsekten**



**Pathogene**

# Trockenheitsstress

## KLIMAWANDEL

Große landwirtschaftliche Flächen werden Trockenheit ausgesetzt sein durch geringere Niederschläge

## PROBLEM

Alle Pflanzenarten brauchen Wasser zum Überleben.

Wasser ist das Lösungsmittel für alle Mineralien und Stoffwechsel-Substanzen.

Ohne Wasser können Pflanzenzellen ihren inneren Zelldruck nicht aufrecht erhalten, wodurch sie welken.

# Trockenheitstoleranz in Mais

## HERAUSFORDERUNG

Trockenheit reduziert das Pflanzenwachstum durch weniger Ethylen. Zusätzlich haben die meisten anderen Gene eine reduzierte Aktivität.

## IDEE

ARGOS8 ist ein Protein, das die Sensibilität von Pflanzen gegenüber dem Wachstumshormon Ethylen reduziert.

Wenn die Pflanze mehr ARGOS8 bildet, setzt sie das Wachstum sogar unter trockenen Bedingungen fort.

## ERGEBNISSE

Der Regulator von *ARGOS8* wurde mit CRISPR/Cas editiert

Jetzt bleibt *ARGOS8* aktiv während der Trockenheit und unterstützt das Wachstum sowie höhere Erträge.

# Pathogene

## KLIMAWANDEL

Neue Pflanzenpathogene (Viren und Pilze) werden auftreten.

Erhöhte Temperaturen führen zu:

- Verkürzung der Entwicklung
- Verlängerung der Befallszeit
- Pathogene bleiben aktiv über den Winter

## PROBLEM

Pflanzenpathogene verursachen unterschiedliche Krankheiten, die zu abnehmendem Ertrag oder Pflanzensterben führen.

# Pathogene von Weizen

## HERAUSFORDERUNG

Weizen-Mehltau führt zu Ertragsverlusten bis zu 25%

Züchtung von resistenten Varietäten ist schwierig wegen einer komplexen Genomstruktur (jedes Gen ist dreifach vorhanden)

## IDEE

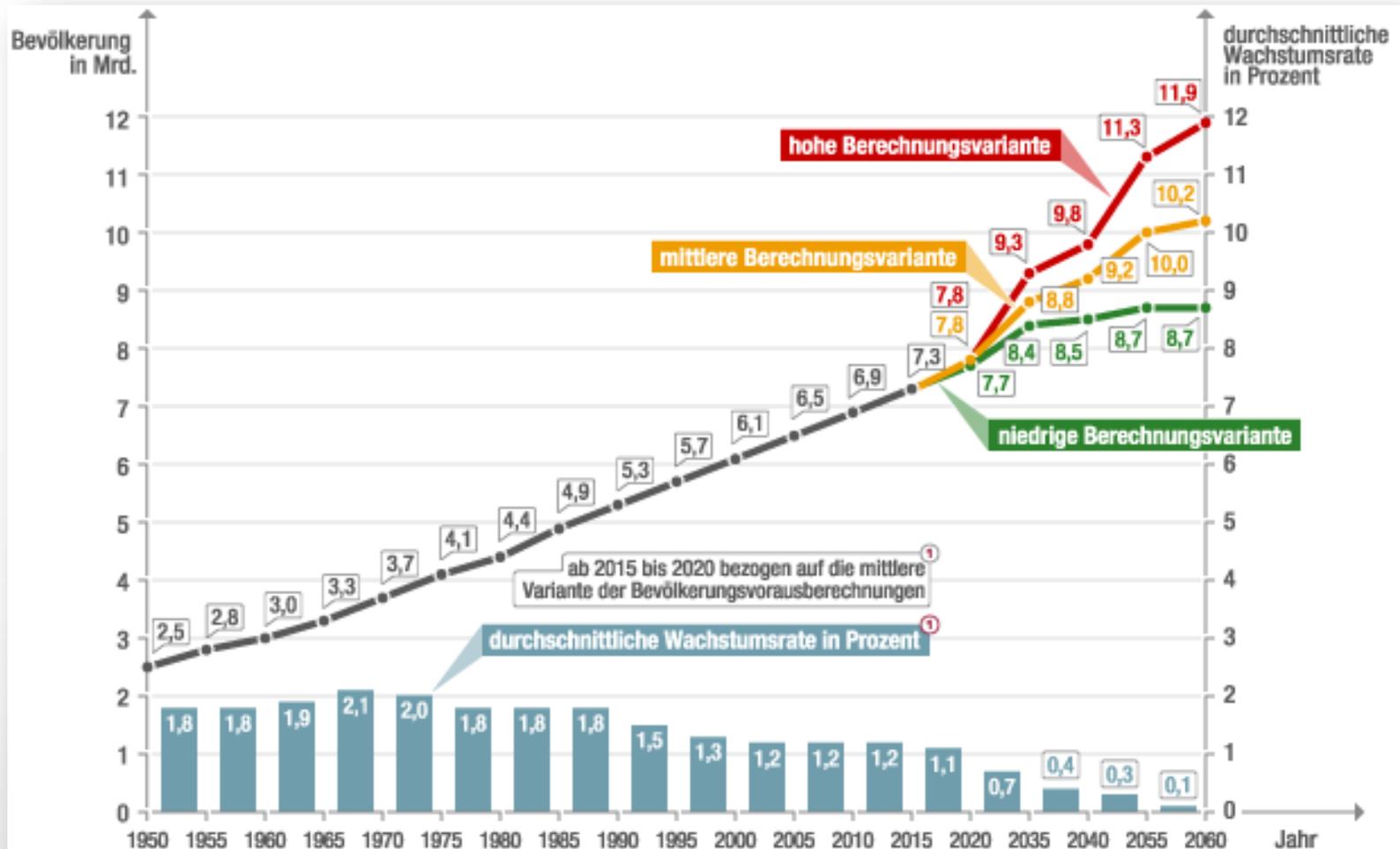
Das Protein MLO ermöglicht dem Mehltau das Eindringen in Pflanzenzellen.

Die *MLO*-Gene sollen ausgeschaltet werden.

## ERGEBNIS

Mit TALEN wurden alle drei *MLO*-Gene ausgeschaltet. Weizenpflanzen können nicht mehr durch Mehltau befallen werden.

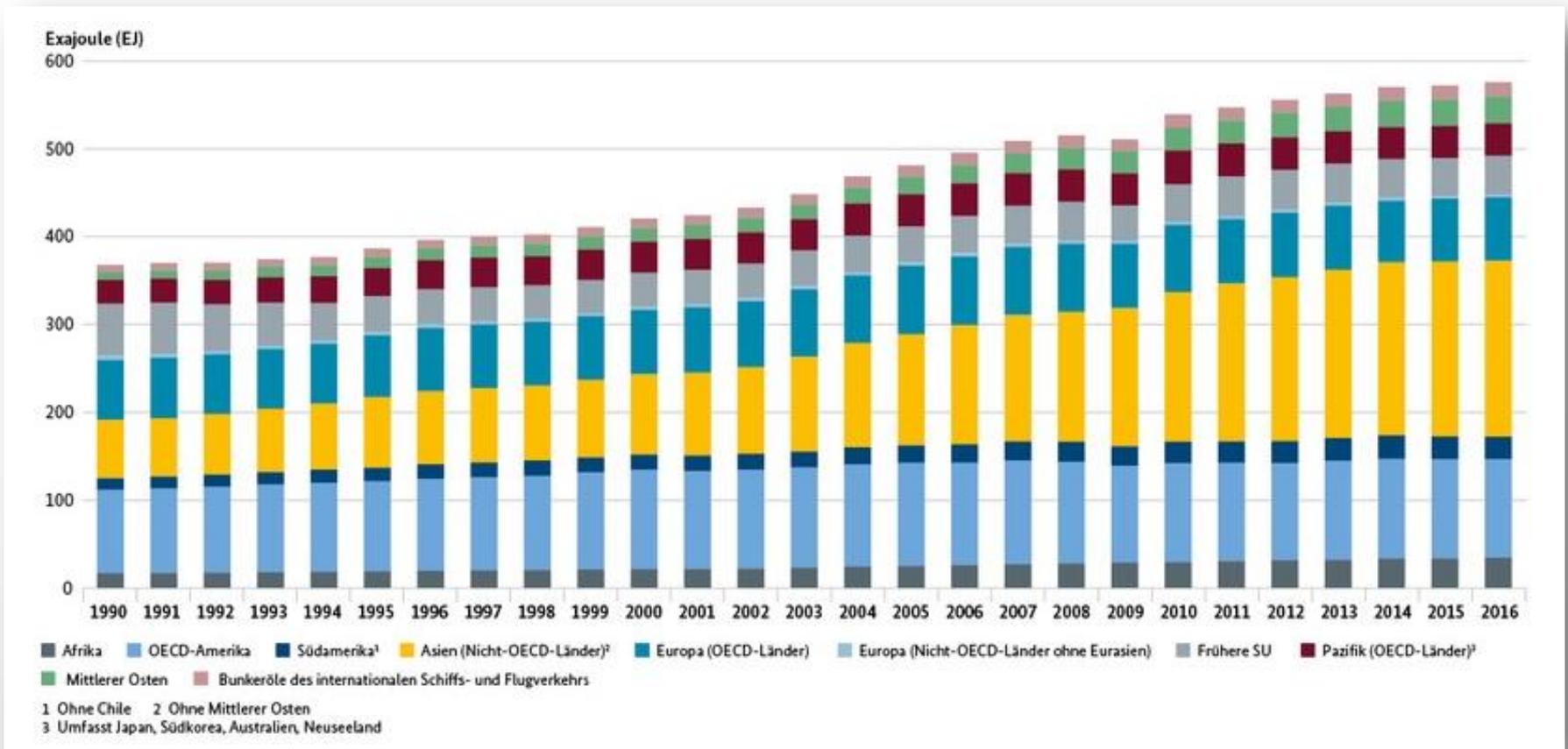
# Steigende Weltbevölkerung



Quelle: UN – DESA, Population Division (2015): World Population Prospects: The 2015 Revision

<http://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/52699/bevoelkerungsentwicklung>

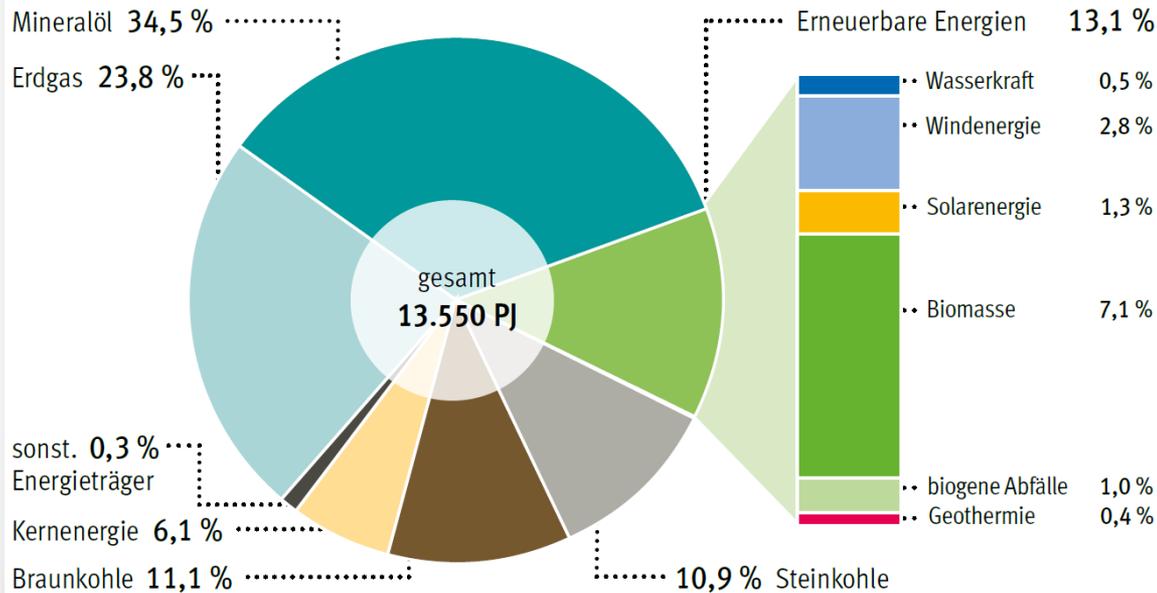
# Steigender Energiebedarf



<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/Energiedaten/Internationaler-Energiemarkt/energiedaten-int-energiemarkt-46.html>

# Regenerative Energieträger

## Primärenergieverbrauch 2017



Quelle: FNR nach ZSW/AGEB (Februar 2018)

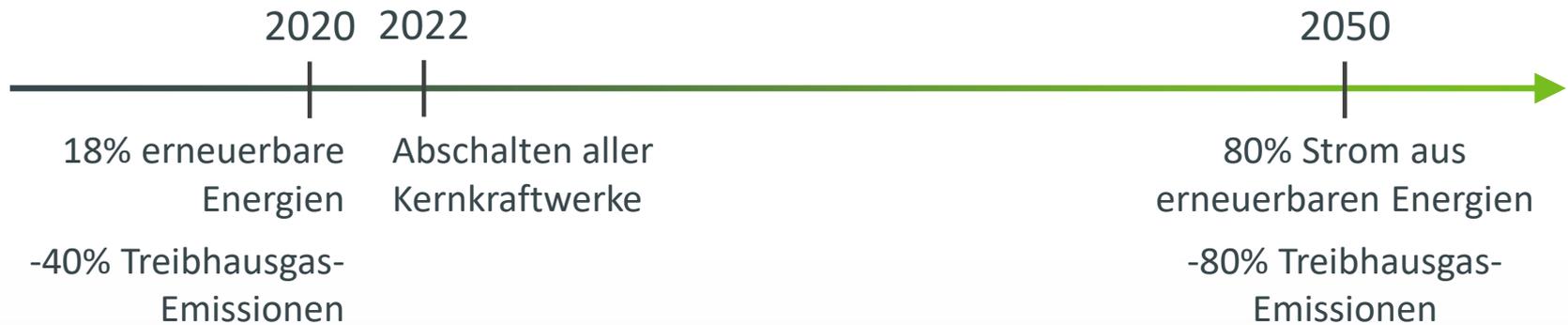
© FNR 2018

## Vorteile der Biomasse:

- Dezentrale Herstellung
- Gute Lagerbarkeit
- Einfache Abrufbarkeit
- Umweltverträgliche Produktion

# Regenerative Energieträger

## Energiewende bis 2050



# Nachwachsende Rohstoffe



## Pappelholz als Energieträger

- Holzhackschnitzel oder Holzpellets
- 2017: 2,1 Mio. Tonnen Holzpellets in Deutschland verbraucht (FNR 2018)
- Für Biokraftstoffe ist Holz noch keine signifikante Quelle (Nieminen *et al.* 2012)

## Brennwerte unterschiedlicher nachwachsender Rohstoffe (Kaltschmitt *et al.* 2009, FNR 2005)

Stroh, <i>Miscanthus</i>	18 MJ/kg
Fichten-Holz	19 MJ/kg
<b>Pappel-Holz</b>	<b>20 MJ/kg</b>
Bioethanol	27 MJ/kg
Rapsöl	37 MJ/kg

# Pappeln im Kurzumtrieb

7.000 Hektar für Kurzumtriebsplantagen in Deutschland genutzt

76 Pappelklone und Klonmischungen in Deutschland zugelassen

Auch auf den KUPs kommt der Klimawandel an.



*K. Pfennig, Thünen-Institut*

# Bäume zur Energiegewinnung optimieren

- Ertragssteigerung
  - Blatentwicklung
  - Belaubungszeit
  - Photosynthese-Effizienz
  - Verzweigung
  - Zellteilung
  - Biomassebildung
- Veränderung der Holzzusammensetzung
- Ökologische Anpassung
- Schutz der Ökosysteme



# Ertragssteigerung

Durch transgene Überexpression wurde eine Beteiligung der Blütengene *SOC1* und *FUL* an der Biomassebildung ermittelt.

Die Überexpressionslinien blieben kleiner.

**Das Ausschalten von *SOC1* + *FUL* sollte das Wachstum steigern!**



**Derzeitiger Ansatz:** Mit CRISPR/Cas9 sollen alle fünf Gene ausgeschaltet werden, um eine Wachstumssteigerung zu erreichen.



Bruegmann & Fladung (2019)

<https://doi.org/10.1007/s11295-019-1326-9>

# Ökologische Anpassung

Euphrat-Pappel *Populus euphratica*

Salz- und Trockenstresstoleranz durch

*SCL4*

*SCL7*

Transkriptionsfaktoren, auch in einheimischen Pappelarten vorhanden

# Ökologische Anpassung

Haben *SCL4* und *SCL7* eine Auswirkung auf die Toleranz in einheimischen Pappeln?

*SCL4*

*SCL7*

*SCL7*

Transgene Überexpression zur Ermittlung eines Effekts auf die Toleranz

**Mögliche Weiterentwicklung:**

Über Genome Editing kann das Gen in einheimischen Pappeln aktiviert werden durch basengenaue Anpassung des Promoters

# Zusammenfassung

- Der Klimawandel verursacht Probleme für wichtige Nutzpflanzen.
- Das Potential der klassischen Pflanzenzüchtung ist begrenzt.
- Genomeditierung kann bereits domestizierte Nutzpflanzen in einzelnen, festgelegten Merkmalen optimieren.
- Zur Energiegewinnung können schnellwachsende Baumarten auf Kurzumtriebsplantagen angebaut werden.
- Pappeln lassen sich durch Genomeditierung zielgerichtet und in einem überschaubaren Zeitrahmen optimieren.

# Forschungsthemen auf YouTube

## YouTube-Kanal „erforschtCRISPR“



### Tobiology: DNA-freie Genomeditierung

erforschtCRISPR • 413 Aufrufe • vor 1 Monat

Mit Forstgenetiker Tobias geht es auf eine Zeitreise in die 1980er Jahre, in die Anfangszeiten der alten Gentechnik, bei der ...



### Tobiology: Bäume im Klimawandel

erforschtCRISPR • 291 Aufrufe • vor 7 Monaten

Wegen ihrer langen Generationszeiten können sich Bäume nur schwer an den Klimawandel anpassen. Anhand von Pappeln, die ...

# Danksagung

Thünen-Institut für Forstgenetik

PD Dr. Matthias Fladung



Wissenschaftlerkreis Grüne Gentechnik e.V.

G. Krczal, S. Schuh



Bundesministerium für Bildung und Forschung

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



@tobiology\_de



@tobiology.de



Tobiology.de

