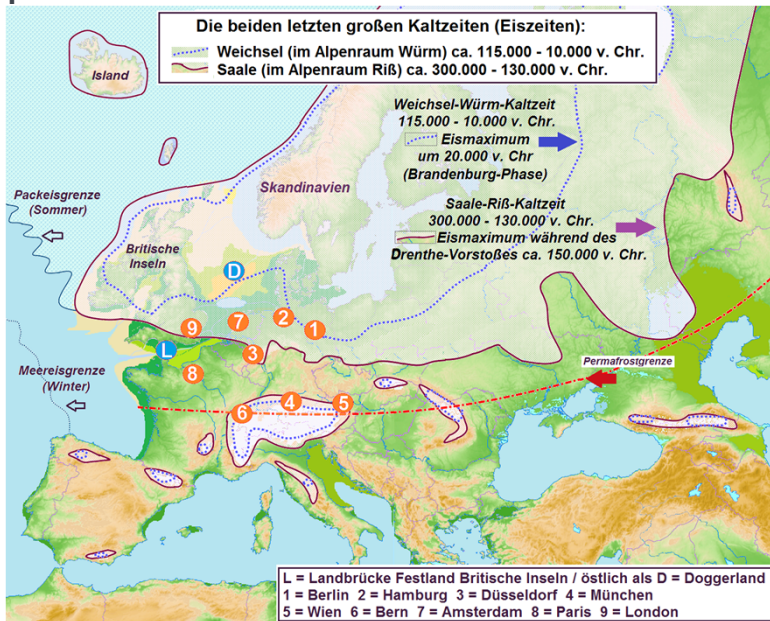




# Ressourcen schonen, nachhaltig denken

Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen  
Studiendekan Bachelorstudiengang  
Erneuerbare Energien

## Europa vor 20.000 Jahren

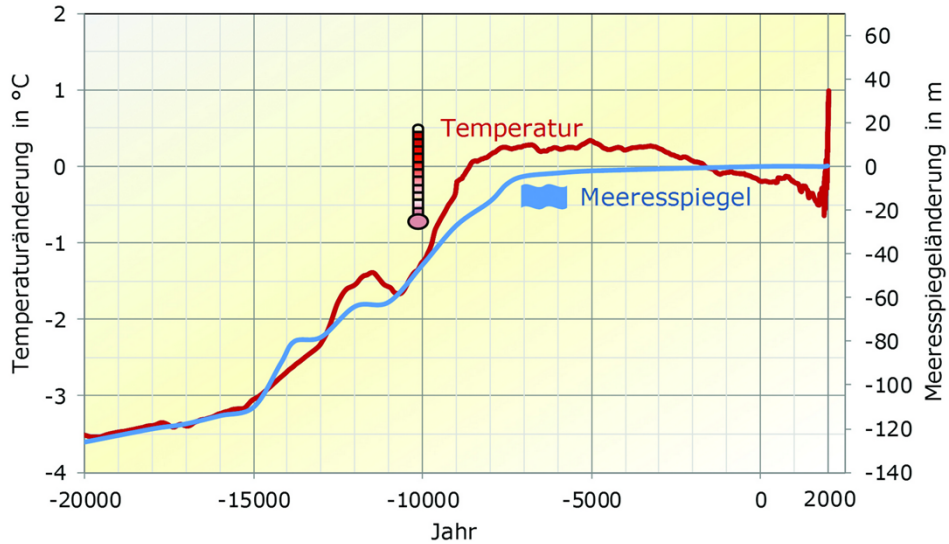


Stefan Tenbohlen | Universität Stuttgart

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SaaleWeichsel\\_x.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SaaleWeichsel_x.png)

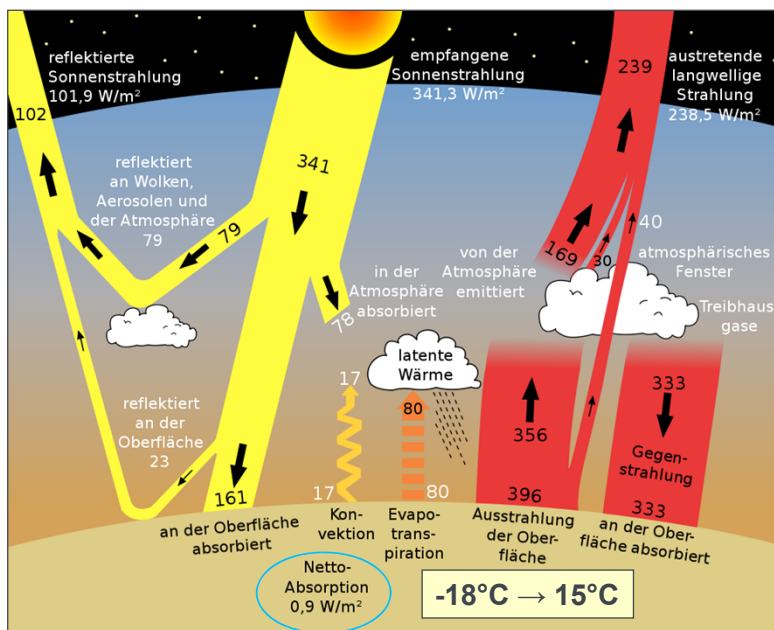


### Entwicklung der weltweiten Durchschnittstemperaturen und der Meeresspiegel seit dem Ende der letzten Eiszeit



Quelle: V. Quaschnig und CDIAC, Marcott et al., Shakun et al., Fleming et al. 1951-1980

### Der natürliche Treibhauseffekt



| GWP:            |         |
|-----------------|---------|
| CO <sub>2</sub> | 1 (60%) |
| CH <sub>4</sub> | 21      |
| FCKW            | >1000   |
| O <sub>3</sub>  | 2000    |
| NO <sub>x</sub> | 300     |
| SF <sub>6</sub> | 22500   |

## Ausstieg aus der Kohle

Haushalte/  
Kleinverbraucher

2015 Pariser Klimavertrag **Ziel** Erderwärmung deutlich unter 2 °C

CO<sub>2</sub>-Budget weltweit max. 890 Gigatonnen CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>-Budget (2015 – 2050) Deutschland = 10 Gigatonnen CO<sub>2</sub> > Stromsektor = 4 Gigatonnen CO<sub>2</sub>

**2015**  
80 % CO<sub>2</sub>-Emissionen des Stromsektors durch Braun- und Steinkohlekraftwerke  
→ 280 von 352 Mio. tCO<sub>2</sub>

**2019**  
**Abschaltung** erster Kohlekraftwerke  
→ Die max. Laufzeit eines Kraftwerks beträgt 30 Jahre.  
→ Nach 21 Jahren muss eine Emissionsbeschränkung auf 3,35 t CO<sub>2</sub>/kWh stattfinden.

**2035** **Ziel**  
**Kohleausstieg**  
Stilllegung aller Kohlekraftwerke

erneuerbare Energien

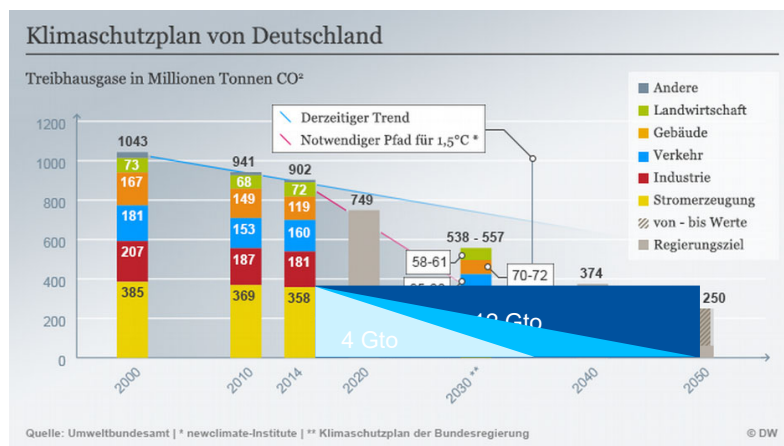
Kohlekraftwerke

Erdgaskraftwerke

**Fazit** Der beschleunigte Ausstieg aus der Kohle muss schnell beginnen. Der Ausbau der erneuerbaren Energien muss deutlich ambitionierter werden.

Quelle: Kohleausstieg 2035, World Wide Fund for Nature (WWF), 2017

## Ausstieg aus der Kohle

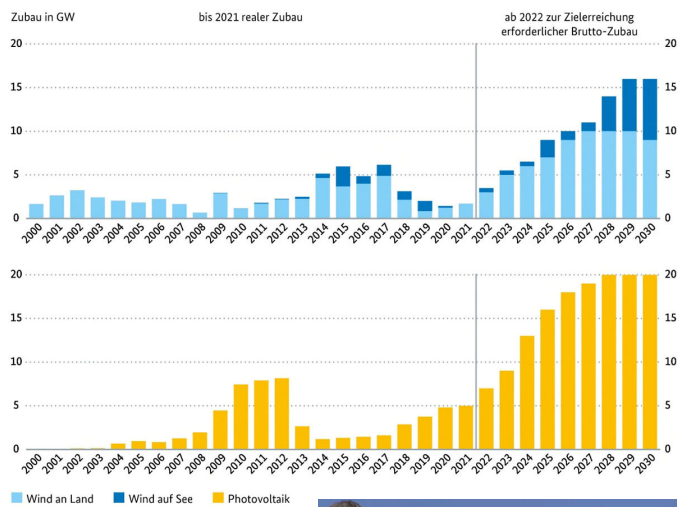


- Stromsektor darf bis 2050 nur 4 Gto CO<sub>2</sub> emittieren, da Budget Deutschland gemäß Paris nur 10 Gto!

## Das Osterpaket

- Stromerzeugung soll bereits ab 2035 nahezu aus erneuerbaren Energien erfolgen.
- In 2030 sollen bereits 80 % aus erneuerbaren Energien erzeugt werden, bezogen auf die Brutto-Stromerzeugung von 715 TWh. (2021: rd. 42 % aus EE, Brutto-Stromverbrauch rd. 560 TWh)

Ausbau Wind und Photovoltaik



Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)



## Bachelorstudiengang Erneuerbare Energien

- Ingenieurstudium  
Maschinenbau, Elektrotechnik, Erneuerbare Energien
- Zugangsvoraussetzung: Abitur, 4-wöchiges Vorpraktikum
- Regelstudienzeit: sechs Semester, 180 LP
- Hochschulgrad: Bachelor of Science
- Profil „stärker forschungsorientiert“
- Grundlage für verschiedene Masterprogramme
  - M.Sc. Energietechnik
  - M.Sc. Nachhaltige Elektrische Energieversorgung



### Ziele des Bachelorstudiengangs Erneuerbare Energien

- *Grundlagen* der maschinenbaulichen und elektrotechnischen Ingenieurwissenschaften insbesondere hinsichtlich des Einsatz erneuerbarer Energien
- Kenntnisse der Technik, Bedeutung, Potenziale und Wirtschaftlichkeit der *erneuerbaren Energien* und deren Integration in das Energiesystem
- Kommunikation mit Spezialisten verschiedener Disziplinen
- Verantwortliche und selbständige wissenschaftliche Arbeitsweise
- Voraussetzung für Master



Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

10

### Struktur des Bachelorstudiengangs Erneuerbare Energien

- **Ingenieurwissenschaftliches Grundstudium**
  - Höhere Mathematik, Numerik
  - Werkstoffmechanik, Konstruktionslehre, Technische Mechanik, Technische Thermodynamik
  - Erneuerbare Energien, Elektrotechnik, Elektrische Energietechnik, Informatik
- **Drei Wahlbereiche zur Vertiefung**
  - Elektrische Energiesysteme: Photovoltaik, Windenergie plus Zusatzfächer
  - Thermische Energiesysteme: Biomasse, Solarthermie plus Zusatzfächer
  - Kinetische Energiesysteme: Windenergie, Wasserkraft plus Zusatzfächer
- **Praktika, Exkursionen, Projektarbeit, Bachelorarbeit**

Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

11

| <b>Wahlbereiche</b>                                  |   |
|--|---|
| 1. Wahlbereich:<br><b>Elektrische Energiesysteme</b> | Photovoltaik I                                      |
|  | Windenergie I - Grundlagen Windenergie              |
|  | Leistungselektronik I                               |
|  | Regelungstechnik I                                  |
|  | Elektrische Energienetze I                          |
|  | Elektrische Maschinen I                             |
|  | Grundlagen der Schaltungstechnik                    |
| 2. Wahlbereich:<br><b>Thermische Energiesysteme</b>  | Solarthermie I                                      |
|  | Einführung in die energetische Nutzung von Biomasse |
|  | Grundlagen Technischer Verbrennungsvorgänge I+II    |
|  | Technische Strömungslehre                           |
|  | Grundl. der Wärmeübertragung                        |
|  | Regelungs- und Steuerungstechnik                    |
|  | Mechanik II   |
| 3. Wahlbereich:<br><b>Kinetische Energiesysteme</b>  | Windenergie I - Grundlagen Windenergie              |
|  | Wasserkraft und –bau                                |
|  | Technische Strömungslehre                           |
|  | Konstruktionslehre II (EE & LRT)                    |
|  | Elektrische Maschinen I                             |
|  | Regelungs- und Steuerungstechnik                    |
|  | Mechanik II   |

Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

12

## Grundlagen Windenergie



### Inhalt

- Einleitung, Historie & Potenziale,
- Windbeschreibung für Ertragsberechnung, Standortwahl und Windparkaspekte
- Typologie und Funktion von Windenergieanlagen
- Aerodynamische Auslegung und Blattelement-Impulstheorie
- Kennlinien und Leistungsbegrenzung,
- Konstruktiver Aufbau: 1. Mechanik, 2. Elektrisches System und Regelung,
- Dynamische Belastungen
- Offshore-Windenergieanlagen
- Wirtschaftlichkeit, Energiepolitische Fragen

### Windenergielabor I

4 Laborversuche:

- Windmesstechnik
- Hochlaufversuch
- Leistungsbegrenzung und –regelung
- Generatorkennlinie anhand einer Klein-Windenergieanlage



Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

13

### Pflichtmodule mit Wahlmöglichkeit

| 1) Energiewandlung und –anwendung              |    | 2) Erweiterte Grundlagen                     |                  |
|--|----|--|------------------|
| Energiewirtschaft und –versorgung              | WS | Leistungselektronik I                        | WS               |
| Hydr. Strömungsmaschinen in der Wasserkraft    | WS | Mikroelektronik I                            | WS               |
| Wasserkraft und –bau                           | WS | Elektrische Energienetze I                   | WS               |
| Grundlagen der Heiz- und Raumluftechnik        | WS | Hochspannungstechnik I                       | WS               |
| Einf. in die energetische Nutzung von Biomasse | SS | Elektrische Maschinen I                      | WS               |
| Solarthermie I                                 | SS | Halbleitertechnik I                          | WS               |
| Grundl. d. Thermischen Strömungsmaschinen      | SS | Automatisierungstechnik I                    | SS               |
| Energie- und Umwelttechnik                     | SS | Leichtbau                                    | SS               |
| Photovoltaik I                                 | SS | Technische Mechanik II                       | SS               |
| Windenergie I - Grundlagen Windenergie         | SS | Konstruktionslehre II (EE)                   | WS               |
| <b>3LP:</b>                                    |    | Schaltungstechnik                            | WS               |
| Energie und Umwelt                             | SS | Grundl. techn. Verbrennungsvorgänge I+II     | WS               |
| Rationelle Wärmeversorgung                     | SS | Technische Strömungslehre                    | SS               |
|  |    | Grundlagen der Wärmeübertragung              | WS               |
|  |    | Regelung von Kraftwerken und Netzen          | WS               |
|  |    | Digitale Signalverarbeitung                  | WS               |
|  |    | Elektrische Signalverarbeitung               | SS               |
|  |    | Speichertechnik für elektrische Energie I    | WS               |
|  |    | Techn. Mechanik IV                           | SS               |
|  |    | <b>3 LP:</b>                                 |                  |
|  |    | Grundzüge der Angew. Chemie                  | SS               |
|  |    | Informatik I                                 | WS               |
|  |    | Umweltsoziologie                             | SS               |
|  |    | Grundlagen d. BWL                            | WS               |
|  |    | Grundlagen der Wirtschaftswissenschaften     | WS               |
|  |    | Meteorologie                                 | WS               |
|  |    | Fertigungslehre mit Einf. Fabrikorganisation | WS <sup>14</sup> |

Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

### Beteiligte Fakultäten

21 Institute aus acht Fakultäten


























- Fakultät 2: Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
- Fakultät 3: Chemie
- Fakultät 4: Energie-, Verfahrens- und Biotechnik
- Fakultät 5: Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik
- Fakultät 6: Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie
- Fakultät 7: Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
- Fakultät 8: Mathematik und Physik
- Fakultät 10: Wirtschafts- und Sozialwissenschaften



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

15

| Potentielle Arbeitgeber  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
| Hersteller Erzeugungsanlagen   | Hersteller Netzkomponenten   | Netzbetreiber  | Leistungselektronik Speichertechnologie   | Projektplaner  |
|   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |
|  |  |  |  |  |

### ...und was machen die da?

- Anwendungs- und grundlagenorientierte Forschung
- Entwicklung von neuen Produkten
- Produktion (im Werk)
- Qualitätskontrolle (im Werk)
- Vertrieb und Marketing (Arbeit mit Kunden)
- Service und Montage (bei Kunden vor Ort)
- Management
- Unternehmensberatung
- Patentanwalt





# Die Energiewende mitgestalten



## Erneuerbare Energien stellen sich vor

WS 2022/23, HÖRSAAL V47.02, 15.45  
oder online über WEBEX






**07.11.2022**  
*Wasserstoff @ Voith - Treibstoff für Zukunft & Karriere*  
Lina Hagemann, Voith  
*Power System Consulting: Windparkplanung, Stromnetzstudien & Stabilität*  
Marina Brenner, Moeller & Poeller Engineering GmbH

**14.11.2022**  
*Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen*  
Lutz Kräckel, Ramboll  
*Zustandsüberwachung und Digitale Zwillinge von Gründungsstrukturen*  
Jannis Tautz-Weinert, Ramboll

**21.11.2022**  
*Data Management in der Energiewirtschaft*  
Sebastian Kaus, Vattenfall  
*Wärmepumpenentwicklung bei Bosch Thermotechnik*  
Jennifer Rösler, Bosch Thermotechnik GmbH

**28.11.2022**  
*Einblick in die Batterieentwicklung für Off-Highway Anwendungen – Die Batterie als Motor von morgen*  
Carsten Rabenhorst, Rolls-Royce Solutions GmbH  
*Planung der Stromnetze für die Elektromobilität*  
Kathrin Walz, Universität Stuttgart

**05.12.2022**  
*Quartiere der Zukunft – Vom Studium der Erneuerbaren Energien zur Umsetzung der Energiewende im Wärmesektor*  
Pia Heinen, GETEC WÄRME & EFFIZIENZ GmbH Nord  
*Entwicklung eines dynamischen Start-Ups in den Erneuerbaren*  
Joscha Lauer, Adler Smart Solutions

**12.12.2022**  
*Windenergie Technologietrends*  
Leander Rust, Vestas  
*Wasserstoff für die Mobilität von morgen*  
Felix Kleinheinz, Mahle International GmbH

**19.12.2022**  
*Als "Ernie" in einer kommunalen Verwaltung arbeiten*  
Urs Abelein, Stadt Stuttgart, Amt f. Umweltschutz  
*Zeozweifrei 2035 - Energiewende im Landkreis Karlsruhe*  
Simon Kostecky, Umwelt- und Energieagentur Landkreis Karlsruhe (UEA)

**09.01.2023**  
*Energiesystem 2050*  
Natnael Kidane, TransnetBW  
*Systemverhalten und System Split*  
Christoph John, TransnetBW

**16.01.2023**  
*Energieeffizientes Planen im Gebäudebereich*  
Elisa Ehrlicher, solares bauen GmbH, Freiburg  
*Wie nachbarschaftliche Solarinfo-Partys die Energiewende voranbringen können*  
Taalk Wolf, Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.

**23.01.2023**  
*Die Rolle von dezentraler Flexibilität im zukünftigen Energiesystem*  
Anyra Heider, Reiner Lemoine Institut  
*Die Energiewende findet im Verteilnetz statt*  
Steffen Müller, Netze BW GmbH

**30.01.2023**  
*Optimizing district heating via digital twin*  
Fabian Ney, Gradyent.ai  
*Als EE-Ingenieurin in die Automobilindustrie*  
Julia Hahn, Robert Bosch Automotive Steering GmbH

**06.02.2023**  
*Systemauslegung HGÜ / Projekt Ultranet*  
Max Rosenhauer, Siemens Energy  
*HGÜ-Projekt SuedLink – Technisches Grundkonzept*  
Simon Beckler, TransnetBW

## Studium der Erneuerbaren Energien (Mentoring)

wiss. Mitarbeiter



Mentoren





erfahrene Studierende





Gruppen von Studienanfängern





Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen 21

Universität Stuttgart

18.11.2022

9

**Titel der Präsentation**



### ...als Student (Freizeit)



Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen



24

### Crossing Borders Stuttgart e.V.



#### Wer wir sind:

- ca. 50 Studenten der Universität Stuttgart
- Gemeinnütziger Verein, gegründet 2011

#### Unsere Ziele :

- Umweltbewusstsein schaffen
- (Energie-)Nutzungs- und Einsparmöglichkeiten vermitteln
- Einfache technische Modelle entwickeln



[www.facebook.com/CrossingBordersStuttgart](http://www.facebook.com/CrossingBordersStuttgart)

Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen



25

## Bildungsprojekte: Schüler erforschen erneuerbare Energien



### Bisheriger Erfolg:

**ca. 400 Schülern in 20 Klassen**  
(u.a. Schulen in Hohenheim, Stuttgart,  
Holzgerlingen, Vaihingen, Reutlingen, ...)



Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

26

## Technikprojekt: Bau einer Kleinwindkraftanlage



Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

27

## Studium der Erneuerbaren Energien



[www.ee.uni-stuttgart.de](http://www.ee.uni-stuttgart.de)

<https://www.uni-stuttgart.de/studium/bachelor/erneuerbare-energien-b.sc/>

Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen

28

## Ihre Meinung interessiert uns!

Bitte nehmen Sie im Anschluss an unserer kleinen Umfrage teil: was hat Ihnen gefallen, was können wir beim nächsten Studieninfotag besser machen ...  
Vielen Dank im Voraus!



Ihre Meinung interessiert uns.  
<https://uni-stuttgart.de/st-feedback>



Universität Stuttgart

## Vielen Dank!



**Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen**

E-Mail [Stefan.tenbohlen@ieh.uni-stuttgart.de](mailto:Stefan.tenbohlen@ieh.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685-67870

Fax +49 (0) 711 685-67877

Universität Stuttgart

Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik