

# Le Kombikraftwerk 2

(la centrale électrique combinée 2)

- services système avec 100% d'énergies renouvelables

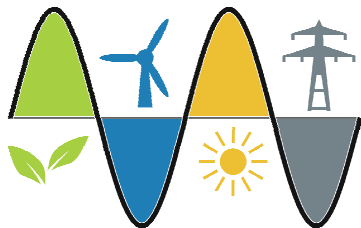
Dipl.-Ing. Kaspar Knorr

Fraunhofer IWES

Berlin, Germany

7/11/2014

## Kombikraftwerk 2

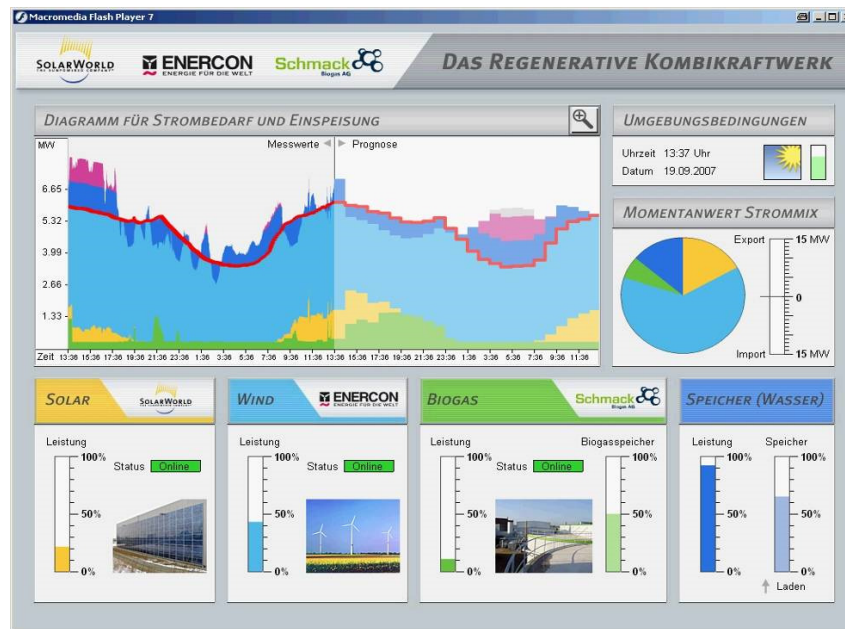


## Rétrospective du "Kombikraftwerk 1"



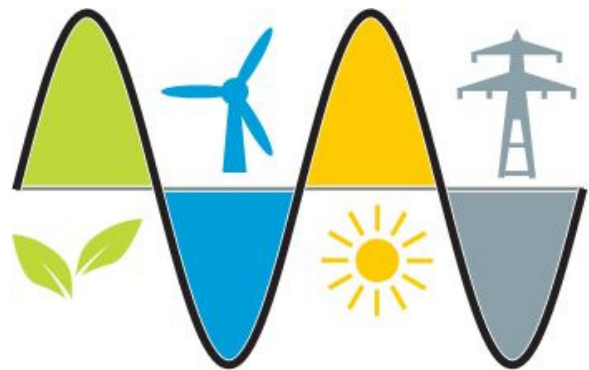
- **Fin du projet:** octobre 2007
- **Le But:** Prouver la possibilité d'une système électrique complètement renouvelable en Allemagne
- **L'approche:** établir une connexion de communication entre des énergies renouvelables différentes pour créer une „centrale électrique virtuelle“ (env. 22MW)  
(compte tenu des potentiels énergétiques)

## Rétrospective du "Kombikraftwerk 1"



- **Demonstration:** Couverture d'une petite part (1/10,000) de la consommation électrique en Allemagne à tout moment.
- **Résultat:** Les énergies renouvelables domestiques peuvent couvrir la consommation électrique en Allemagne à tout moment.
- Preuve de la fiabilité de l'alimentation électrique
- **Question ouverte:** Est-ce que c'est possible qu'un système électrique complètement renouvelable en Allemagne reste stable?
- la qualité de l'alimentation électrique?  
(qualité de la tension et de la fréquence, stabilité du réseau)

## Le projet suivant: le "Kombikraftwerk 2"



### Kombikraftwerk 2

Gefördert durch:

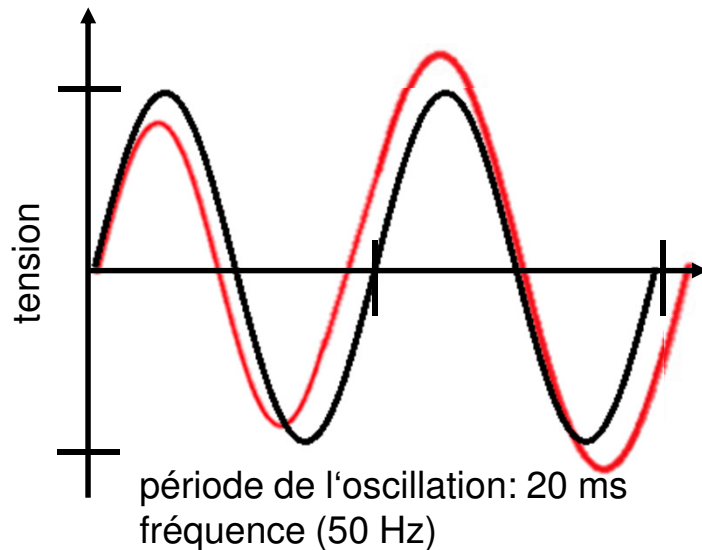


aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

- **Le But:** Analyser la stabilité d'un système électrique complètement renouvelable en Allemagne  
(l'économie et les secteurs du chauffage et du transport ne sont pas examinés)
- **Sponsor:** Ministère fédéral de l'Environnement d'Allemagne
- **Volume du projet:** 3.053 million euros
- **Durée du projet:** 3 années
- **Fin du projet:** décembre 2013
- **Partenaires:** 10 partenaires de la science, de la industrie et des services
- **[WWW.KOMBIKRAFTWERK.DE](http://WWW.KOMBIKRAFTWERK.DE)**

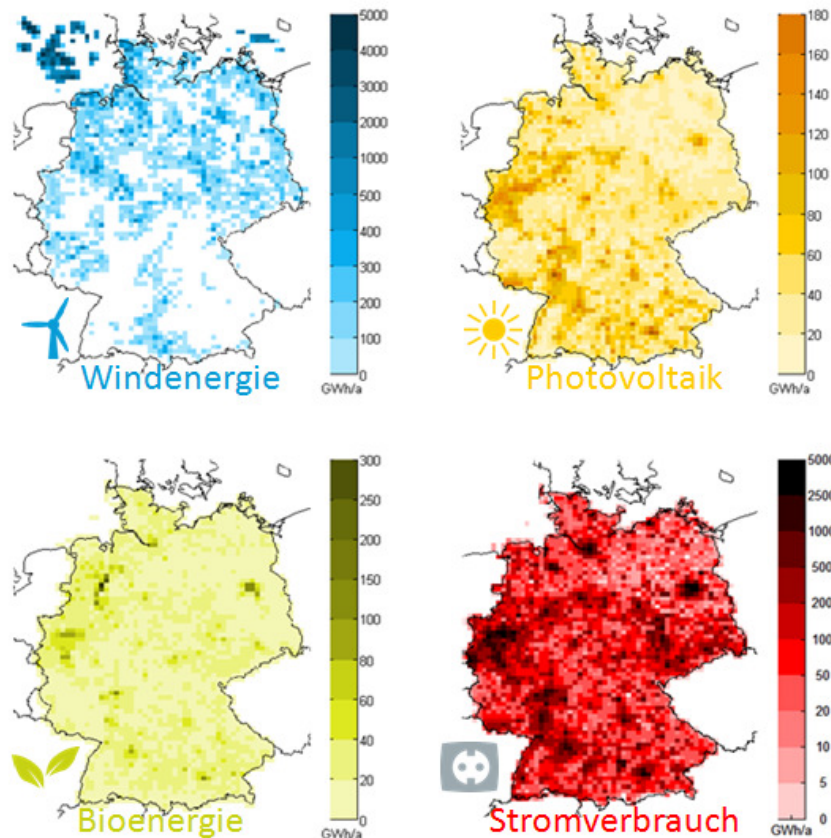


## Explications sur „la stabilité du réseau“



- La fréquence et la tension doivent être à l'intérieur d'une bande de tolérance
  - Services système: „le maintien de la fréquence et de la tension“
  - La fréquence représente la balance entre génération et consommation dans le système électrique au total
  - La tension, au contraire, dépend du lieu et du réseau en détail
- **Une modélisation géographique très précise**  
(des sites des générateurs, des consommateurs et du réseau)  
**est nécessaire pour analyser la stabilité future du réseau**

## Modélisation géographique



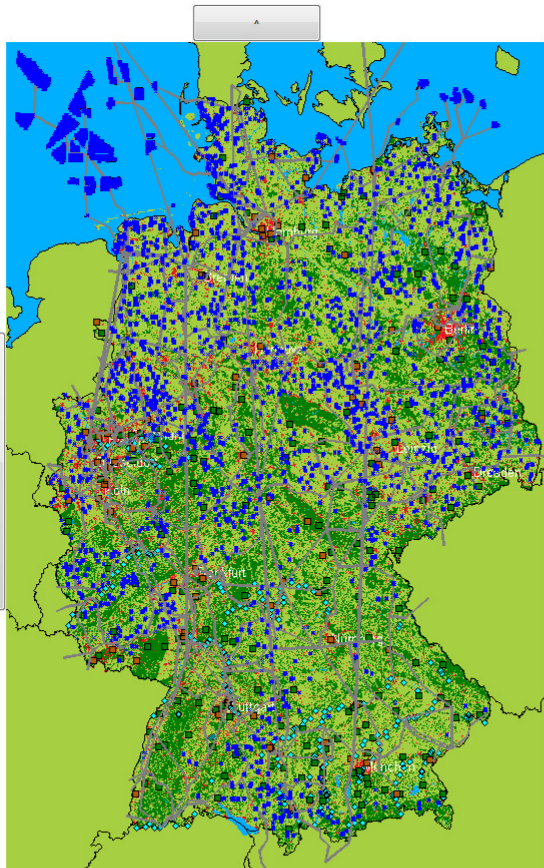
- Beaucoup de technologies:
  - ✓ 5 sortes d'éoliennes
  - ✓ 5 sortes de systèmes photovoltaïques
  - ✓ 10 sorte de bioénergie
  - ✓ Géothermie
  - ✓ Énergie hydraulique
  - ✓ Centrales à méthane
  - ✓ 4 sortes d'accumulateurs d'énergie
  - ✓ 7 sortes d'consommateurs électrique
  - ✓ Imports et exports
- Intégration des sites potentiels, des distributions présentes et des conditions météorologiques
- Une résolution spatiale très précise (100 m x 100 m)

# Modélisation géographique

**Fraunhofer**  
IWES

Auswahlmethode:

- Rechteck
- PLZ-Gebiet
- Gemeinde/Stadt
- Landkreis
- Regierungsbezirk
- Bundesland
- Deutschland**



Manuelle Eingabe aus

Projekte

- H6S-Netz
- Holz-KW
- MHKW
- WEA pot.
- Laufwasser

Auswahl:  
Deutschland  
82367512 Einwohner

**121588 GWh aus Solaranlagen insgesamt:**

- 76258 GWh aus Anlagen auf Daechern:  
83000 MW inst. Leistung
- 3019 GWh aus Fassadenanlagen:  
4487 MW inst. Leistung
- 14073 GWh aus Anlagen an Autobahnen:  
14930 MW inst. Leistung
- 28238 GWh aus Anlagen an Schienenwegen:  
11920 MW inst. Leistung



Dummy

Kombikraftwerk 2

**379219 GWh aus Windenergie**

- 21392 Windkraftanlagen
- 126960 MW installierte Leistung



**277747 GWh privater Stromverbrauch, davon:**

- 5555 GWh für Klimatisierung
- 41662 GWh für Elektroautos
- 19442 GWh für Wärmepumpen

**60150 GWh aus Bioenergie insgesamt:**

- 9138 GWh aus Altholz
- 5877 GWh aus Bioabfall
- 1543 GWh aus Biofluidpflanzen
- 10229 GWh aus Biogaspflanzen
- 6001 GWh aus Biomassepflanzen
- 14055 GWh aus Gülle
- 268 GWh aus industriellem Klärgas
- 1315 GWh aus Klärgas aus Siedlungen
- 11785 GWh aus Waldrestholz



**245864 GWh industrieller Stromverbrauch**

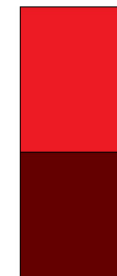
Σ 560957 GWh

**Stromerzeugung**



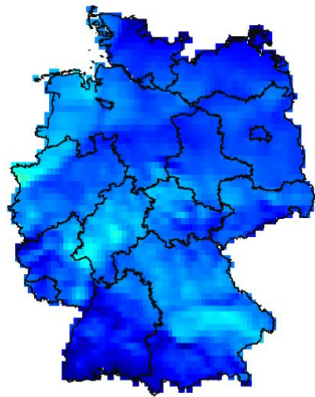
Σ 523611 GWh

**Strombedarf**

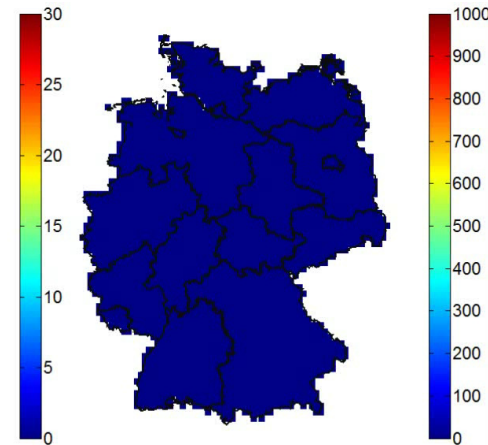


# Modélisation temporelle

Wind speed [m/s]



Solar irradiation [W/m<sup>2</sup>]



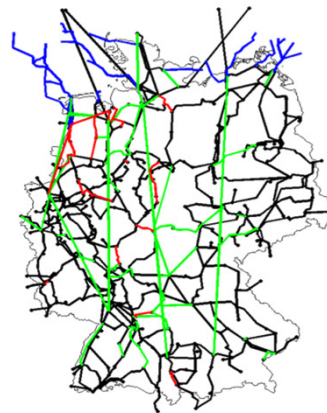
## réseau de transmission modélé

Present grid

+ Offshore connection

+ dena1 + GDP2012

+ Own additional  
construction



- Generation dépendant des conditions météorologiques

- données météorologiques du service météorologique allemand (DWD)
- Modèles physiques: . P. ex. Characteristiques system caractéristiques des installations, modèles d'ombrage, orientations, angles d'inclinaison

- Consommation

- Série chronologique de la consommation
- Profils de la consommation standard
- Stratégies pour la gestion de la charge

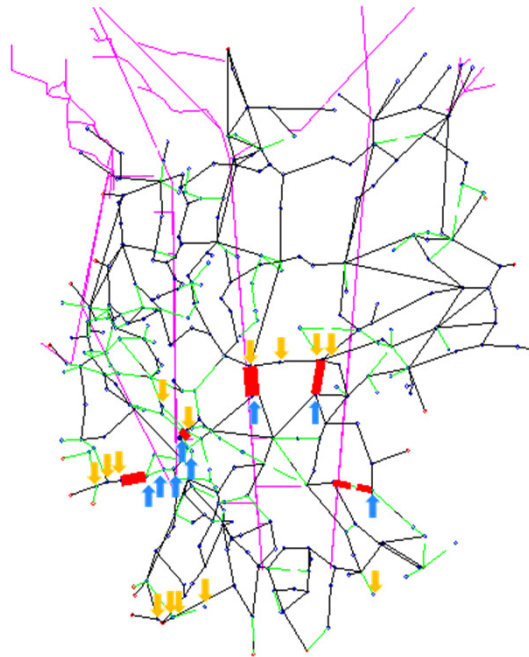
- Système de la compensation (bioénergie, accumulateurs, Centrales à méthane)

- Détermination de la capacité et de la localisation via une optimisation des coûts

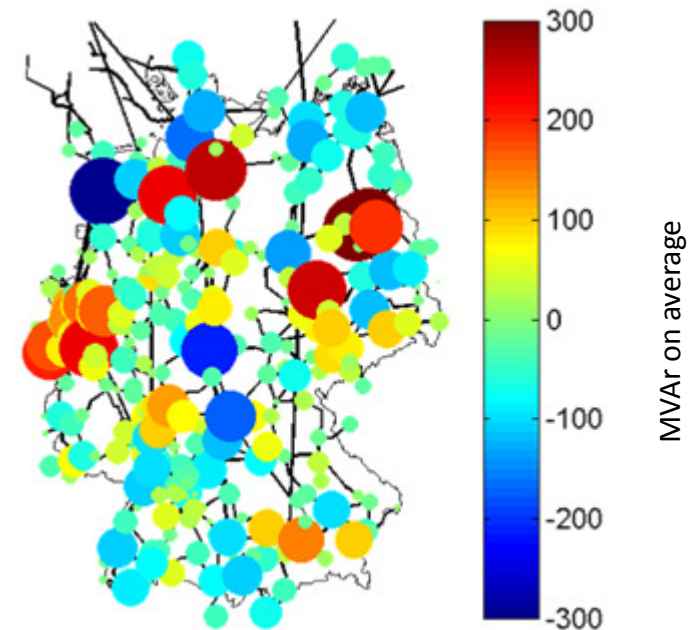




## Calculations de la stabilité du réseau

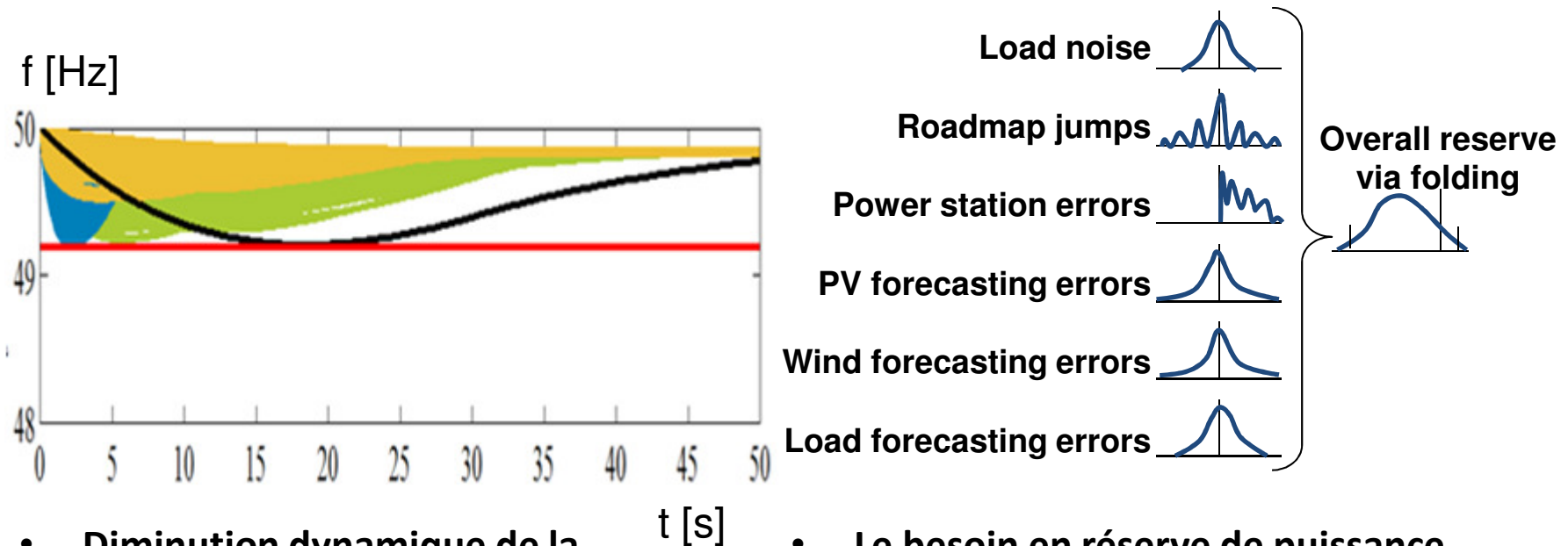


- **Congestions du réseau** sur la base des évaluations de sécurité (n-1)
- **Gestion des congestions** au moyen d'une multiplicité de générateurs décentralisés



- **Le besoin en puissance réactive** sur la base d'un calcul de charge (AC)
- **L'apport de la puissance réactive** sur la base d'une estimation de la influence des générateurs connectés

## Calculations de la stabilité de la fréquence



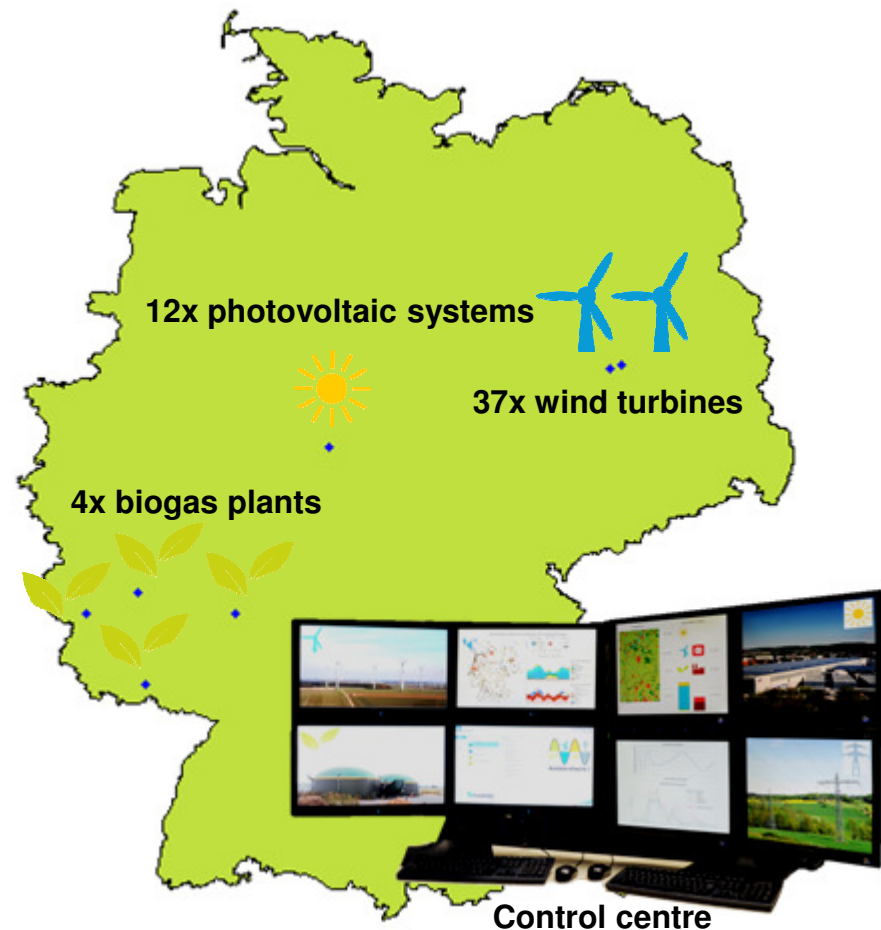
- **Diminution dynamique de la fréquence** après une panne de génération
- **Recrudescence dynamique de la fréquence** à l'aide de la grande vitesse des énergies renouvelables

- **Le besoin en réserve de puissance** sur la base des méthodes de calcul dynamiques
- **L'apport de réserve de puissance** via une optimisation économique avec une planification des engagements



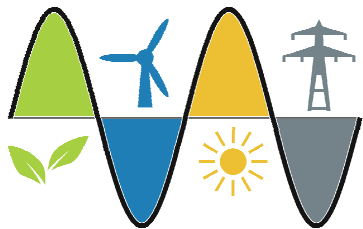
## Démonstration de l'apport de réserve de puissance

- Première démonstration de l'apport de réserve de puissance avec une combinaison d'éoliennes, systèmes photovoltaïques et bioénergie
- Commande de puissance active et intelligente en 3 secondes
- Concept de commande innovatif:
  - Prédiction probabilistique de la puissance sur la base des prédictions météorologiques
  - Détermination de la „puissance possible“ des éoliennes et les systèmes photovoltaïques pour l'accomplissement et la vérification de l'apport de réserve de puissance



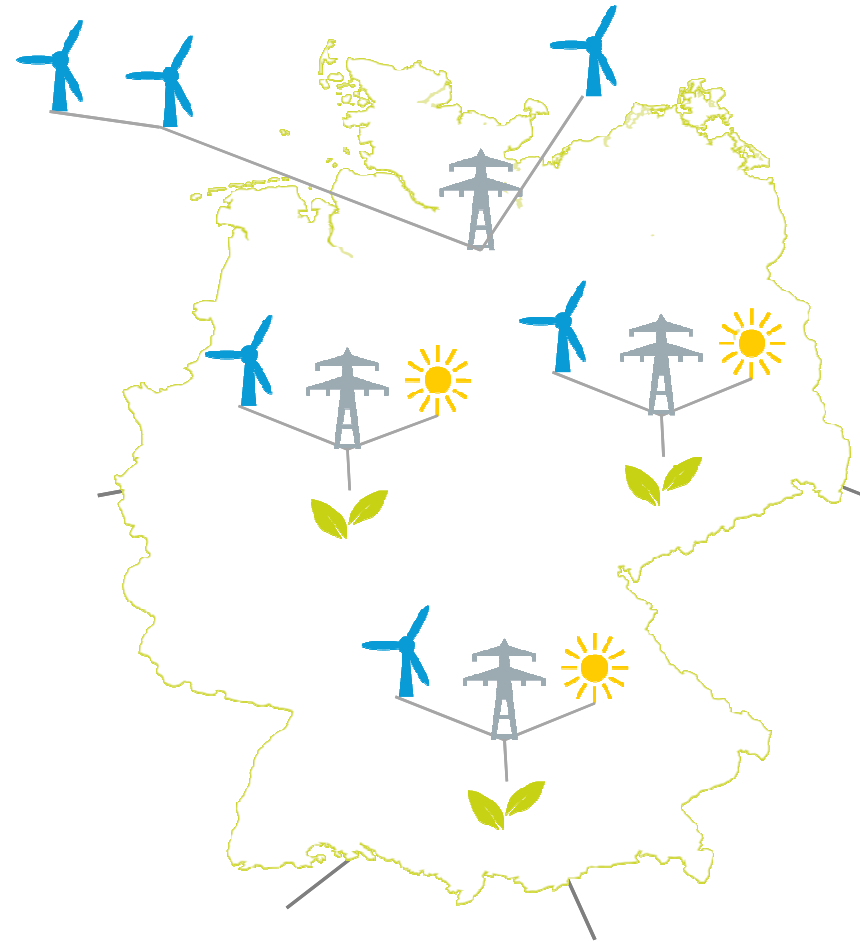
# Résultats du projet

Kombikraftwerk 2



Les calculs montrent:

Une système électrique  
complètement renouvelable et  
stable est techniquement  
possible en Allemagne  
si les énergies renouvelables,  
les accumulateurs et la  
système de la compensation  
interagissent intelligemment.



L'experiment montre:  
Les énergies renouvelables  
peuvent déjà apporter services  
systèmes importantes  
aujourd'hui.  
On doit adapter le cadre  
législatif à cette fin.



Les énergies renouvelables doivent être contrôlées par standards sécuritaires et puissantes pour assurer la stabilité du réseau.

L'utilisation des centrales électriques combinées (Kombikraftwerke) élargit la marge de manoeuvre

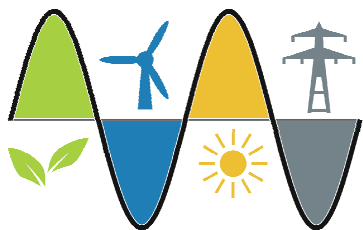


# Merci beaucoup pour votre attention!

une version française du rapport final du Kombikraftwerk2  
va paraître en décembre 2014

visitez [www.kombikraftwerk.de](http://www.kombikraftwerk.de)

## Kombikraftwerk 2







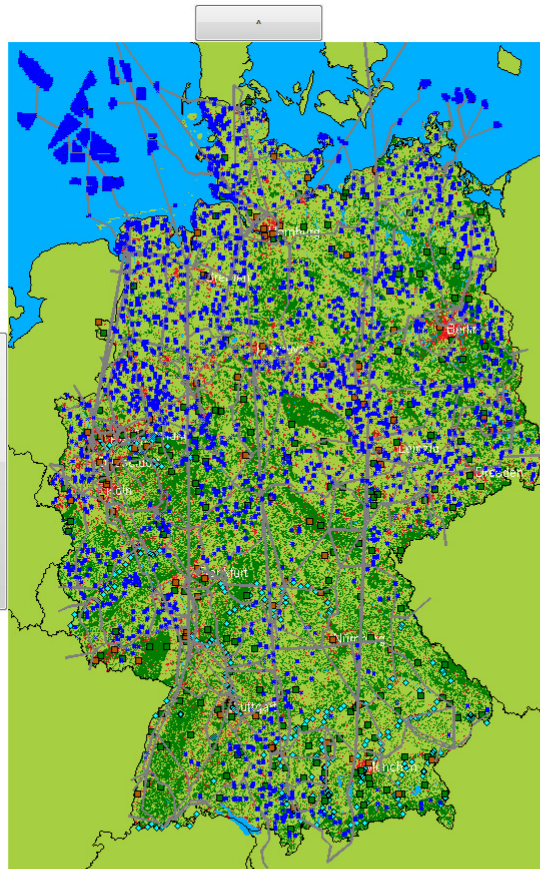
## Kombikraftwerk 2

Auswahl:  
Deutschland  
82367512 Einwohner



Auswahlmethode:

- Rechteck
- PLZ-Gebiet
- Gemeinde/Stadt
- Landkreis
- Regierungsbezirk
- Bundesland
- Deutschland**



Manuelle Eingabe aus

Projekte

- H&S-Netz
- Holz-KW
- MHKW
- WEA pot.
- Laufwasser

### 121588 GWh aus Solaranlagen insgesamt:

- 76258 GWh aus Anlagen auf Dächern:  
83000 MW inst. Leistung
- 3019 GWh aus Fassadenanlagen:  
4487 MW inst. Leistung
- 14073 GWh aus Anlagen an Autobahnen:  
14930 MW inst. Leistung
- 28238 GWh aus Anlagen an Schienenwegen:  
11920 MW inst. Leistung



- Dummy
- Kombikraftwerk 2

### 379219 GWh aus Windenergie

- 21392 Windkraftanlagen
- 126960 MW installierte Leistung



### 277747 GWh privater Stromverbrauch, davon:

- 5555 GWh für Klimatisierung
- 41662 GWh für Elektroautos
- 19442 GWh für Wärmepumpen

### 60150 GWh aus Bioenergie insgesamt:

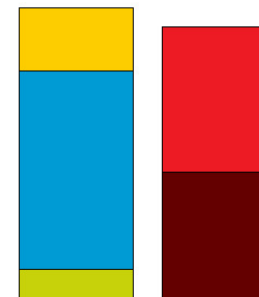
- 9138 GWh aus Altholz
- 5877 GWh aus Bioabfall
- 1543 GWh aus Biofluidpflanzen
- 10229 GWh aus Biogaspflanzen
- 6001 GWh aus Biomassepflanzen
- 14055 GWh aus Gülle
- 268 GWh aus industriellem Klärgas
- 1315 GWh aus Klärgas aus Siedlungen
- 11785 GWh aus Waldrestholz



### 245864 GWh industrieller Stromverbrauch

Σ 560957 GWh

Stromerzeugung



Σ 523611 GWh

Strombedarf

