

Power-to-Heat & Power-to-Gas w miejskich systemach ciepłowniczych

Potencjał i powiązania sektorowe jako ważny składnik transformacji ciepłownictwa

Georg Bosak, AGFW-Project GmbH, Frankfurt am Main
tłumaczenie i adaptacja Jarosław Łosiński, IMP PAN



Pakiet zagadnień LowTEMP – Spis treści

Wstęp

Wstęp do Polityki i Celów Ochrony Klimatu

Systemy zaopatrzenia w energię i LTDH
Systemy zaopatrzenia w energię w regionie bałtyckim (Baltic Sea Region)

Strategie energetyczne i projekty pilotażowe

Metodyka rozwoju strategii energetycznych

Pilotażowe strategie energetyczne – cele i uwarunkowania

Pilotażowe strategie energetyczne – przykłady

Sposoby testowania instalacji pilotażowych

Obliczenia emisji CO₂

Obliczenia LCA

Aspekty Finansowe

Szacowanie kosztów w cyklu życia projektów LTDH

Efektywność ekonomiczna i inżynieria finansowa

Modele kontraktowania i płatności

Modele biznesowe i innowacyjne fundusze

Aspekty Techniczne

Typoszeregi rur ciepłowniczych

Elektrociepłownie

Wielkoskalowe kolektory słoneczne

Ciepło odpadowe

Wielkoskalowe (dzielnicowe) pompy ciepła

Instalacje *Power-to-Heat* i *Power-to-Gas*

Zasobniki ciepła, chłodu i magazyny zmiennofazowe

Systemy pomp ciepła

Grzejniki konwekcyjne oraz płaszczyznowe

Sposoby przygotowywania CWU

Systemy wentylacji

Dobre praktyki

Dobre praktyki I

Dobre praktyki II

Spis treści

- Wprowadzenie do modułu
- Podstawowe zasady technologii *Power-to-Heat* (P2H)
- Integracja *Power-to-Heat* w ramach elektroenergetyki (rynek bilansujący) i ciepłownictwa
- *Power-to-Heat* – przegląd technologii
- *Power-to-Heat* – przykład realizacji
- Wykorzystanie i aspekty ekonomiczne instalacji P2H
- Podstawowe zasady technologii *Power-to-Gas* (P2G)



Podstawowe zasady technologii *Power-to-Heat*

- Instalacje P2H są przeznaczone do konwersji energii elektrycznej na ciepło
 - **Niskoskalowe wdrożenia indywidualne:**
 - nocny podgrzewacz z zasobnikiem wody
 - ogrzewanie oparte na pompie ciepła
 - **Wdrożenia wielkoskalowe:**
 - grzałki oporowe (podgrzewacze rezystancyjne)
 - kotły elektrodowe
 - wielkoskalowe pompy ciepła
 - **Zwykle wdrożenia wielkoskalowe są powiązane z miejską siecią ciepłowniczą; technologia rozwijana głównie w Niemczech i Danii**
- **Powiązanie sektorowe:** elektroenergetyka z ciepłownictwem

Integracja *Power-to-Heat* w ramach elektroenergetyki (rynek bilansujący) i ciepłownictwa

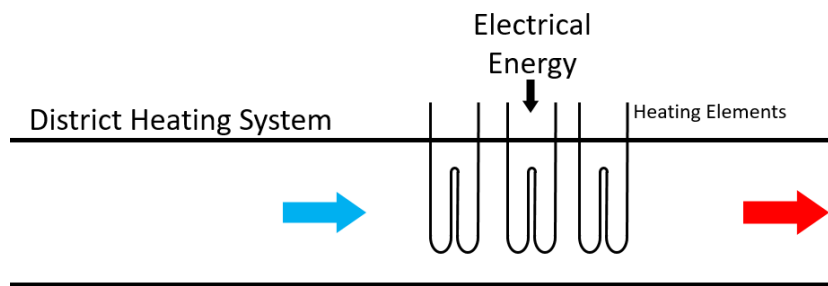
Właściwie działający rynek bilansujący umożliwia utrzymanie zadanej częstotliwości 50 Hz w systemie elektroenergetycznym (zależy ona od bilansu mocy czynnej):

- ***positive balancing energy*** = nadwyżka mocy zapotrzebowanej nad wytwarzaną, co powoduje konieczność jej zbilansowania
- ***negative balancing energy*** = nadwyżka mocy wytwarzanej nad zapotrzebowaną, j.w.
- regulacja częstotliwości i mocy obejmuje regulację pierwotną, wtórną i trójną; wymaga posiadania odpowiedniej rezerwy mocy (*positive balancing energy*) oraz instalacji uruchamianych w przypadku *negative balancing energy* (zamiast ograniczania mocy zainstalowanych), jak w szczególności P2H (w tym **zasobniki ciepła i sieć ciepłownicza**) – regulacja wtórna, tj. która powinna się rozpocząć po zadziałaniu regulacji pierwotnej najpóźniej w chwili $t = 30$ s po wystąpieniu zaburzenia i zakończyć przed upływem 15 min
- ze względu na rosnącą liczbę i integrację w większości **niestabilnych odnawialnych źródeł energii, technologie przetwarzania energii elektrycznej w ciepło mogą mieć w przyszłości istotne znaczenie** jako ważny instrument na rynku bilansującym

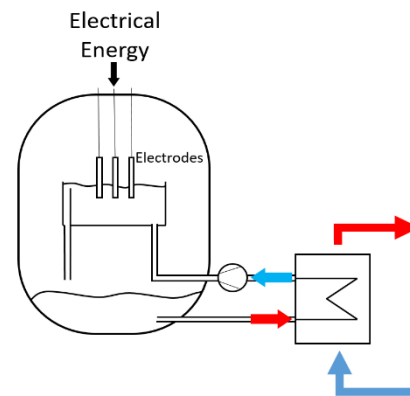
Power-to-Heat – przegląd technologii

Trzy różne technologie są wykorzystywane obecnie w instalacjach P2H

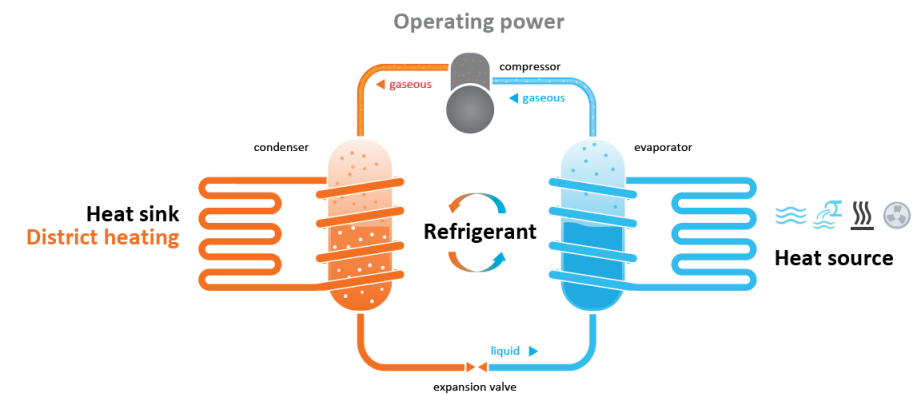
- Grzałki oporowe (podgrzewacze rezystancyjne, zgodnie z prawem Joule'a)
- Kotły elektrodowe
- Pompy ciepła



Rys. 1, Źródło: AGFW



Rys. 2, Źródło: AGFW

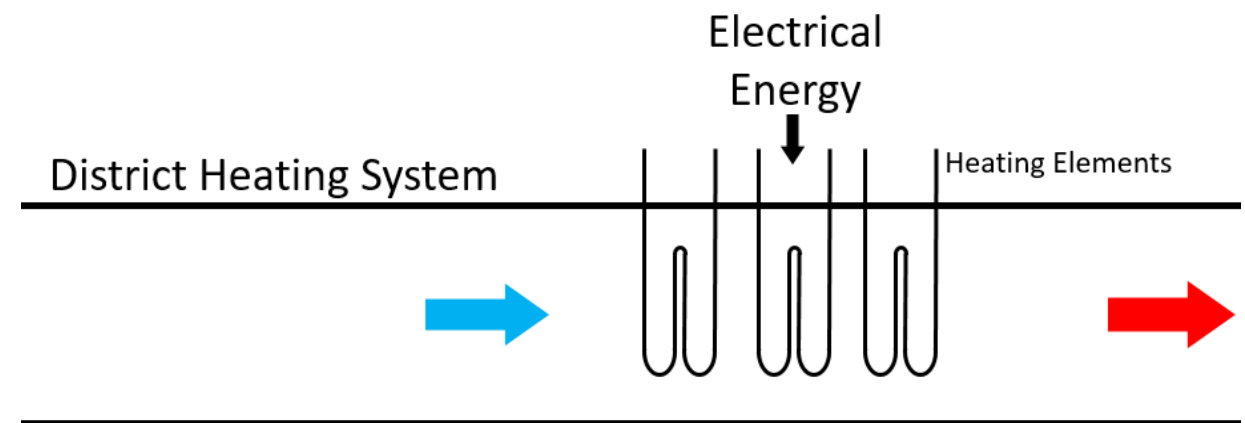


Rys. 3, Źródło: AGFW

Power-to-Heat – przegląd technologii

Podgrzewacze rezystancyjne

- **podgrzewacze przepływowe**
 - stosowane w przemyśle oraz w systemach ciepłowniczych, działają w zakresie mocy elektrycznej od 50 kW do 15 MW, przy napięciu znamionowym do 690 V
- **pręty grzejne (zasada grzałki zanurzeniowej)**
 - zastosowanie w gospodarstwach domowych i przemyśle, zwykle o mocy do 10 kW, przy napięciu 230/400 V

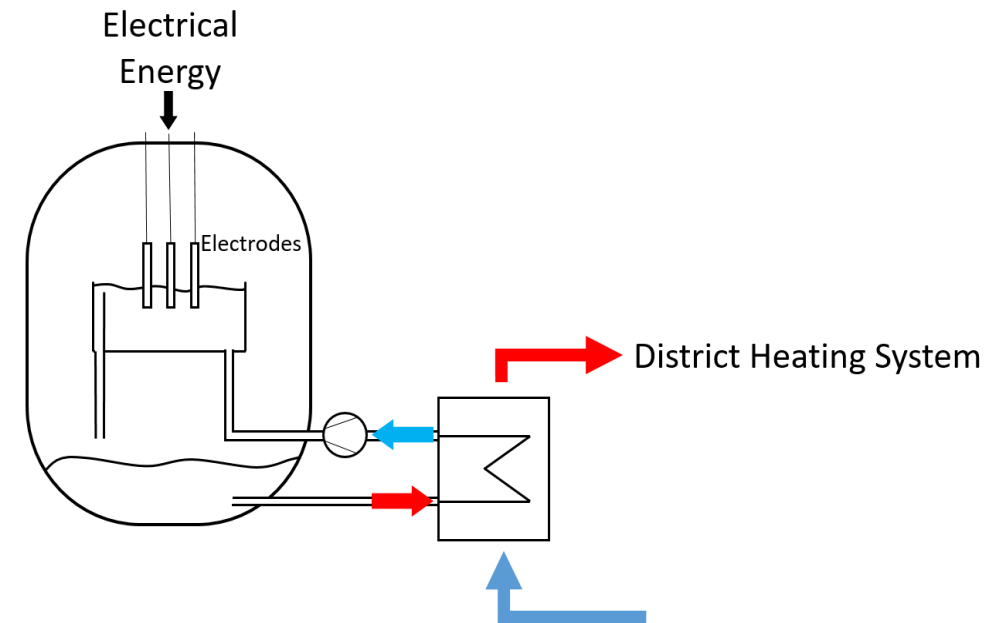


Rys. 4. Schemat podgrzewacza, Źródło: AGFW

Power-to-Heat – przegląd technologii

Kotły elektrodowe

- głównymi elementami kotłów elektrodowych są elektrody zanurzone w wodzie
- jeśli elektrody są pod napięciem, opór elektryczny wody powoduje jej podgrzanie, bardzo **krótki czas reakcji**
- dzięki dodatkowemu wymiennikowi ciepła ta energia cieplna może być przekazywana do systemu ciepłowniczego
- moce kotłów elektrodowych wahają się od 5 MW do 50 MW (przy praktycznie 100% sprawności), a napięcie znamionowe od 1 kV do 35 kV (choć jest przypadek zasilania wysokim napięciem 150 kV)

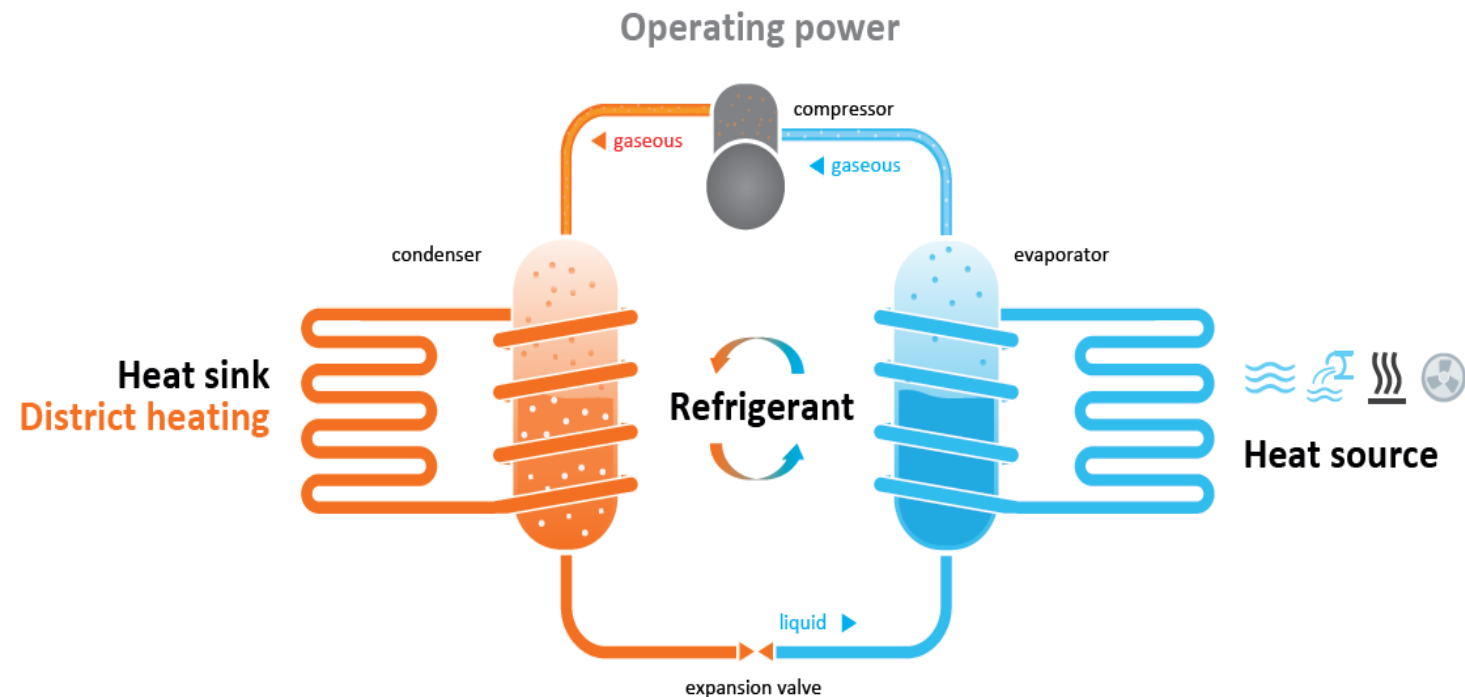


Rys. 5. Schemat kotła elektrodowego, Źródło: AGFW

Power-to-Heat – przegląd technologii

Pompy ciepła

- wysoce sprawna w podnoszeniu temperatury
- elastyczne rozwiązanie dla miejskiego systemu ciepłowniczego
- duży zakres dostępnych mocy
- pobiera i dostarcza ciepło z otoczenia, jak woda lub powietrze atmosferyczne
- zużywa znacznie mniej energii elektrycznej w porównaniu do podgrzewaczy rezystancyjnych o tej samej mocy cieplnej
- **wysokie (najwyższe wśród trzech technologii) nakłady inwestycyjne**

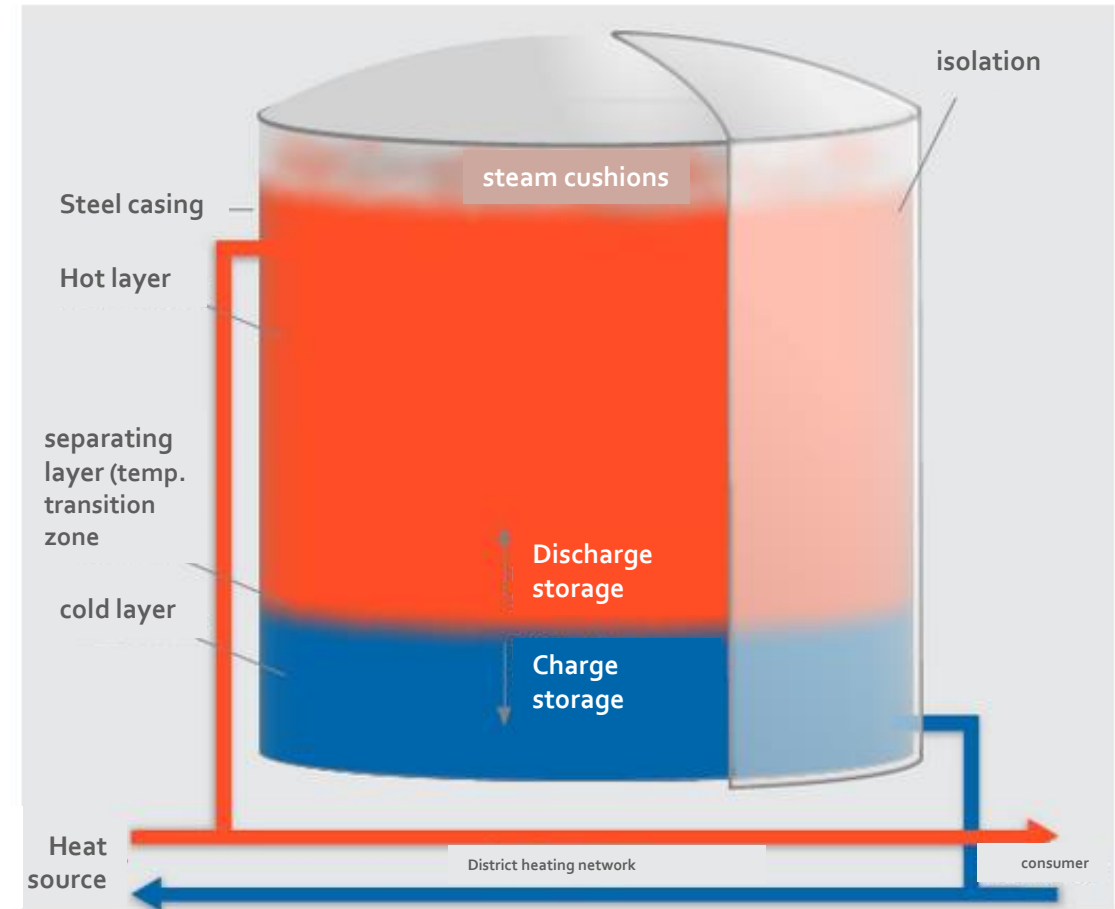


Rys. 6. Zasada działania pompy ciepła, Źródło: AGFW

Power-to-Heat – przegląd technologii

Zasobnik ciepła w powiązaniu z P2H

- zasobniki ciepła są zwykle powiązane z instalacjami P2H
- zasobniki warstwowe (stratyfikacja) są najczęstszymi zastosowaniami w systemach ciepłowniczych (patrz rysunek)
- ciepło może być magazynowane do późniejszego zużycia przez okres od kilku godzin do kilku dni, w zależności od wielkości zasobnika (i jego izolacji termicznej)
- w Polsce zbudowano kilka wielkoskalowych zasobników ciepła, m.in. w EC Siekierki w Warszawie (30000 m³) i w EC Białystok (12000 m³), lecz bez instalacji P2H



Rys. 7. Stratyfikacja w zbiorniku, współpraca z siecią ciepłowniczą, Źródło: Vattenfall [2]

Power-to-Heat – przykład realizacji

Elektrociepłownia Adlershof w Berlinie (BTB GmbH Berlin) wraz z instalacją P2H

- pięć ciśnieniowych zasobników gorącej wody (całkowita pojemność **2000 m³**, **100 MWh**)
- max temperatura wody **115 °C**



Rys. 8. EC Adlershof i instalacja *Power-to-Heat* © Ieva Pakere, RTU, Łotwa

Power-to-Heat – przykład realizacji

Elektrociepłownia Adlershof w Berlinie (BTB GmbH Berlin) wraz z instalacją P2H

- dwa rurowe, oporowe podgrzewacze wody o mocy cieplnej po 3 MW i łącznym obciążeniu elektrycznym 6,6 MW, a więc sprawności 90,9%
- podłączone do sieci średniego napięcia 10 kV, poprzez transformator – napięcie robocze 690 V (w obwodzie wtórnym) prąd 3,45 kA)



Rys. 9. EC Adlershof i rurowe podgrzewacze wody © a.v.e. – Energieberatungs- und Planungsgesellschaft mbH, Berlin [6]

Potencjał instalacji P2H

Analiza ekologiczna

- **Jeżeli oparte na odnawialnych źródłach energii...**
- ...ciepło wytwarzane elektrycznie może w znacznym stopniu przyczynić się do ograniczenia i zastąpienia paliw kopalnych w przyszłych systemach ciepłowniczych
- **Pozytywny efekt uboczny:** wykorzystując „zieloną” nadwyżkę energii elektrycznej produkowanej na obszarach wiejskich, „zielone” ciepło może być dostarczane do gęsto zaludnionych obszarów miejskich
- **Ogólny potencjał:**
 - Wzrastająca efektywność energetyczna
 - Obniżenie emisji CO₂

Wykorzystanie i aspekty ekonomiczne instalacji P2H

P2H wraz z elektrociepłownią

- Możliwe niemal ciągłe korzystanie z ciepła sieciowego
- Możliwość łatwej integracji dodatkowego zasobnika ciepła
- W przypadku nadwyżki energii elektrycznej w systemie instalacja P2H dostarcza ciepło do sieci ciepłowniczej lub zasobnika

Aspekty ekonomiczne, nakłady inwestycyjne

- Nakłady inwestycyjne dla bezpośrednich zastosowań P2H zależą w dużej mierze od istniejącej infrastruktury i wymaganego poziomu temperatury
- Dla instalacji opartych na podgrzewaczu rezystancyjnym, które głównie są używane w sieciach ciepłowniczych, przybliżone nakłady inwestycyjne wahają się w granicach **150-270 EUR/kW** mocy elektrycznej
- W przypadku pomp ciepła nakłady są zwykle znacznie wyższe

Podstawowe zasady technologii *Power-to-Gas*

- *Power-to-Gas* odnosi się do technicznego procesu konwersji, który wykorzystuje energię elektryczną do produkcji gazu
- Wytwarzany gaz to wodór (**elektroliza**)
- Wodór można także wykorzystać celem produkcji metanu (**metanacja**)
- Ideą tej technologii jest wykorzystanie energii odnawialnej do tych procesów w celu wytworzenia odnawialnego (bez CO₂) gazu
- **Technologia ta jest kolejnym instrumentem procesu dekarbonizacji w ciepłownictwie**



Rys. 10. Uproszczony schemat technologii *Power-to-Gas*, Źródło: AGFW, 2019

Źródła

- [1] Euroheat & Power. <https://www.euroheat.org/group-documents-category/dhc-and-buildings-g5/>
- [2] Vattenfall; translated & adjusted); quoted from <https://www.smarterworld.de/smart-energy/sonstige/fernwaerme-ein-zuverlaessiger-energiewende-baustein.108753.html>
- [3] EEB ENERKO, 2017/2020;). <https://enerko.de/>
- [4] bdew 2016; translated. https://www.bdew.de/media/documents/Factsheet_PowerToHeat.pdf
- [5] BTB Blockheizkraftwerks- Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin. <https://www.btb-berlin.de/>
- [6] a.v.e. – Energieberatungs- und Planungsgesellschaft mbH, Berlin. <https://www.ave-berlin.de/>
- [7] REPORTS ON STUDY VISITS IN DENMARK, SWEDEN, GERMANY, GoA 6.1 Implementation of study visits, lectures and seminars to increase the partnerships knowledge on LTDH, Cenian A, Cenian W, Losinski J, cooperation with: Reinholz A, Simonides S

Contact



AGFW-Project GmbH

Project company for rationalisation,
information & standardisation

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main
Germany

E-mail: info@agfw.de
Tel: +49 69 6304 - 247
www.agfw.de