

## ***Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase.***

Von den Versorgungsgrundlagen der klassischen Gaswirtschaft bis zu den H<sub>2</sub>-Innovationen zum Erreichen der Pariser Klimaziele und der Resilienz-Anforderungen des Green Deals

### **Teil 11 – Innovationen**

Prof. Dr. Gerald Linke  
CEO Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches

# INHALTSVERZEICHNIS

- A **Baggerdetektion**  
(u.a. Threat Scan, PipeMon, Live-eo)
- B **Methandetektion**  
(klassisch und mit Lasertechnologie)
- C **Weitere Innovationsbeispiele**
- D **KI und Digitalisierung (Grundlagenbeitrag)**

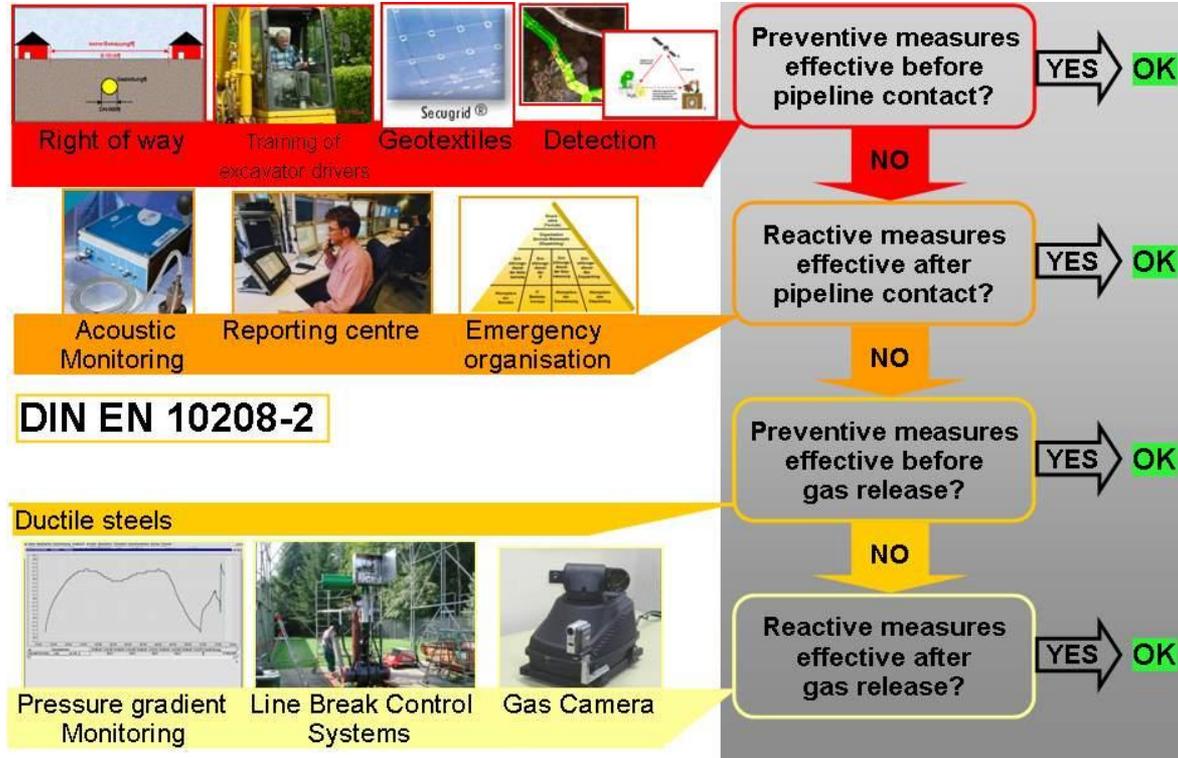
## A Baggerdetektion

---

- ➔ Wie kann man das Risiko der Leitungsbeschädigung durch äußere Einwirkungen reduzieren?
- ➔ Test verschiedener Systeme:
  - ➔ Secure Pipe
  - ➔ Sensa
  - ➔ Threat Scan
  - ➔ PipeMon
  - ➔ LiveEO

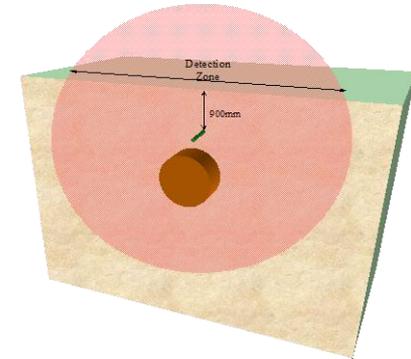
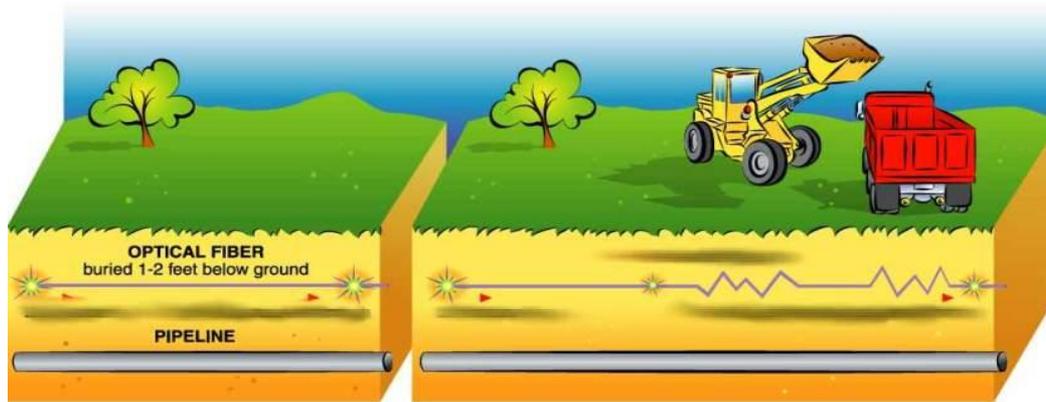
# Baggerdetektion: Wie kann man das Risiko einer Leitungsbeschädigung durch Bauaktivitäten weiter senken?

## 3<sup>rd</sup> party damage: Survey of preventive & reactive measures



## Description and comparison of different innovative technologies

### 1 “Secure Pipe” system – Optical pipeline monitoring:

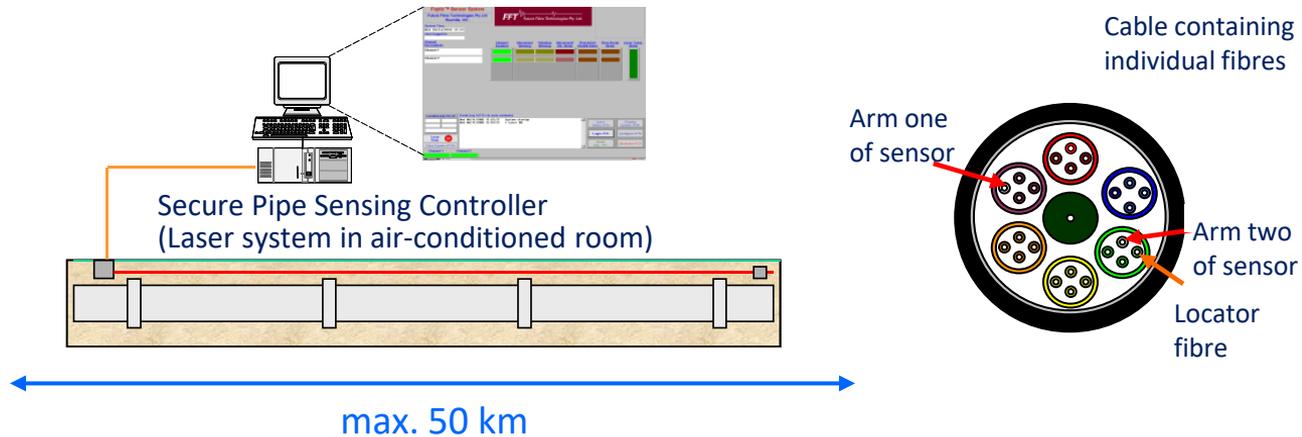


Fibre optical measurement system to detect and localise ground motion and vibrations above the pipeline

Manufacturer: Future Fibre Technologies, Australia

## Description and comparison of different innovative technologies

### 1 "Secure Pipe" system

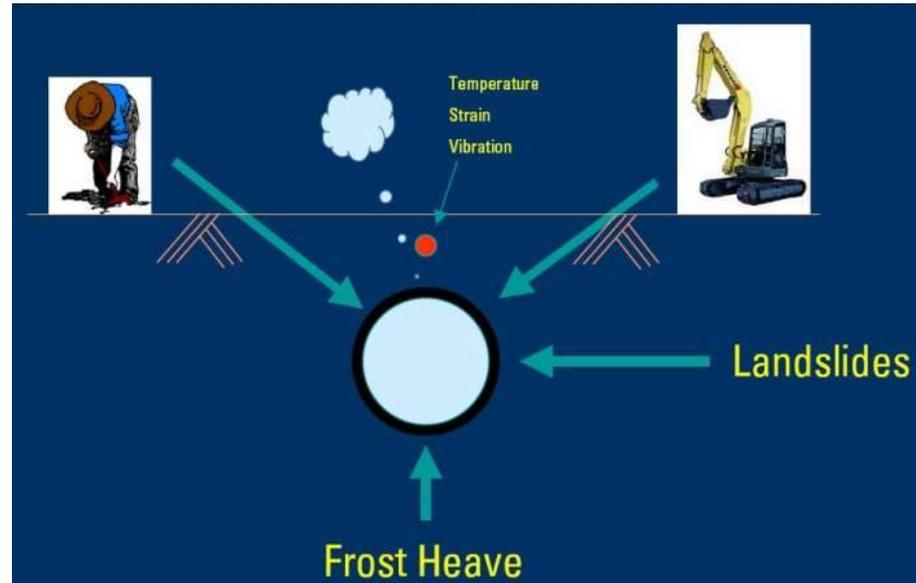


## Description and comparison of different innovative technologies

### 2 Schlumberger Sensa: CMS Pipeline Condition Monitoring System

Fibre optical measurement system to detect

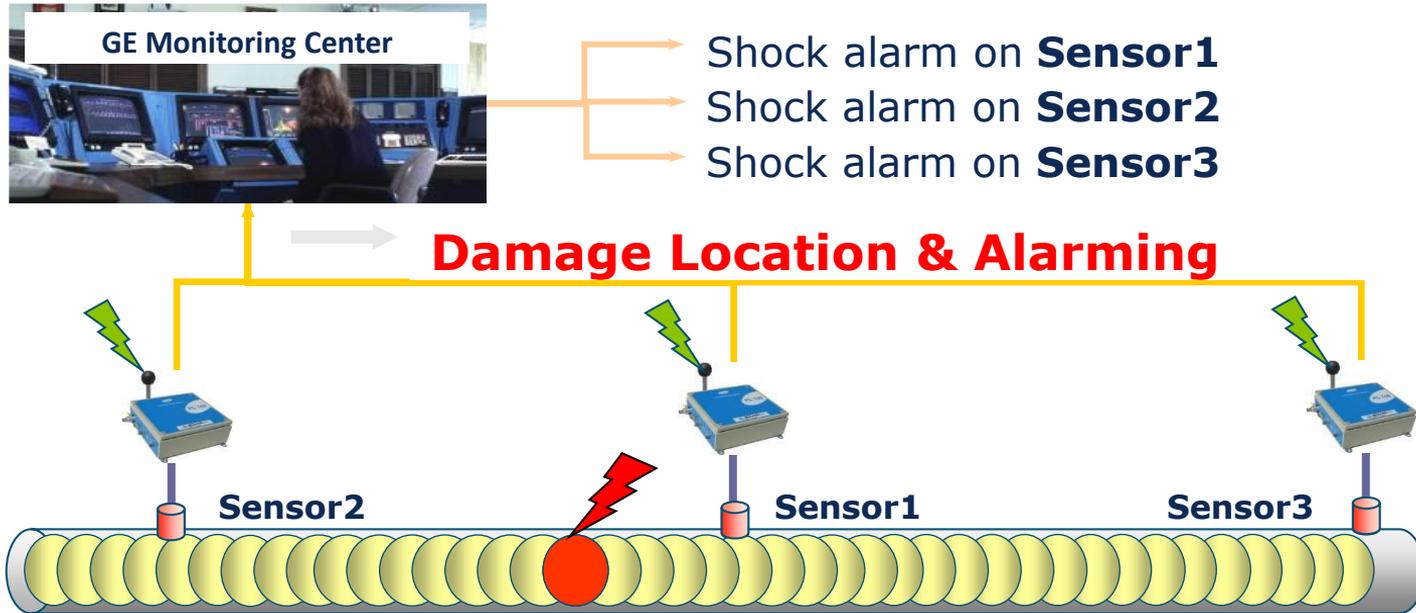
- Vibrations (= activities on the ROW)
- Temperature abnormalities (= leaks)
- Elongations (= static loads caused by external forces)



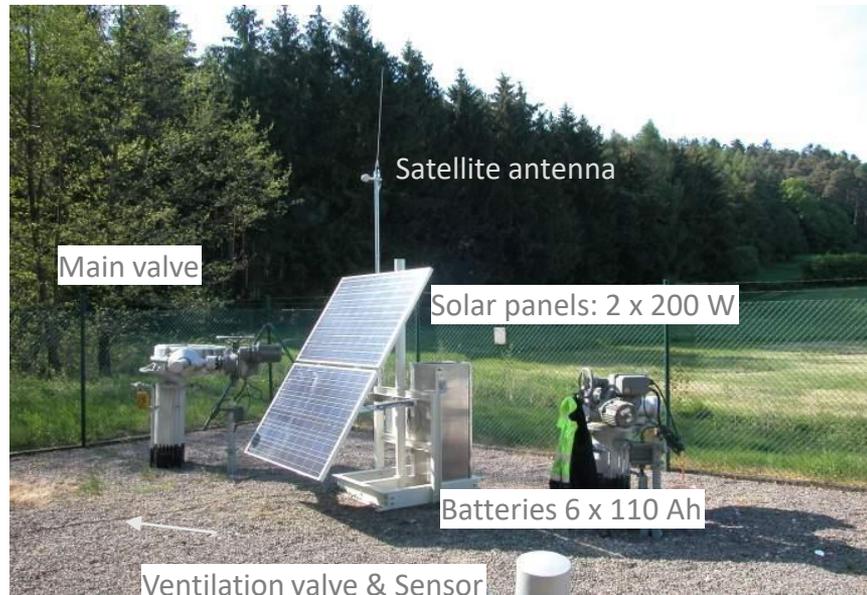
## Description and comparison of different innovative technologies

3

### Threat Scan System: Acoustic Monitoring“



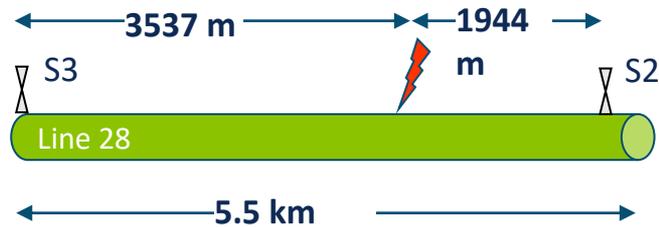
## Threat Scan System Installation



Threat Scan Sensor Unit:

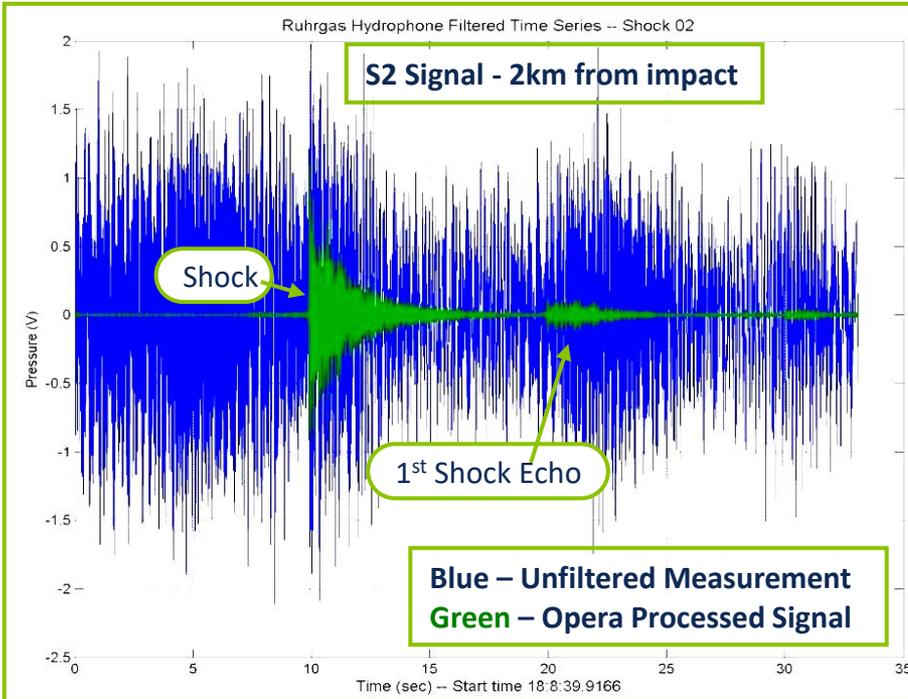
- Hydrophone
- Data-Processor
- Data-Beacon
- Power supply

## Test of the Threat Scan System

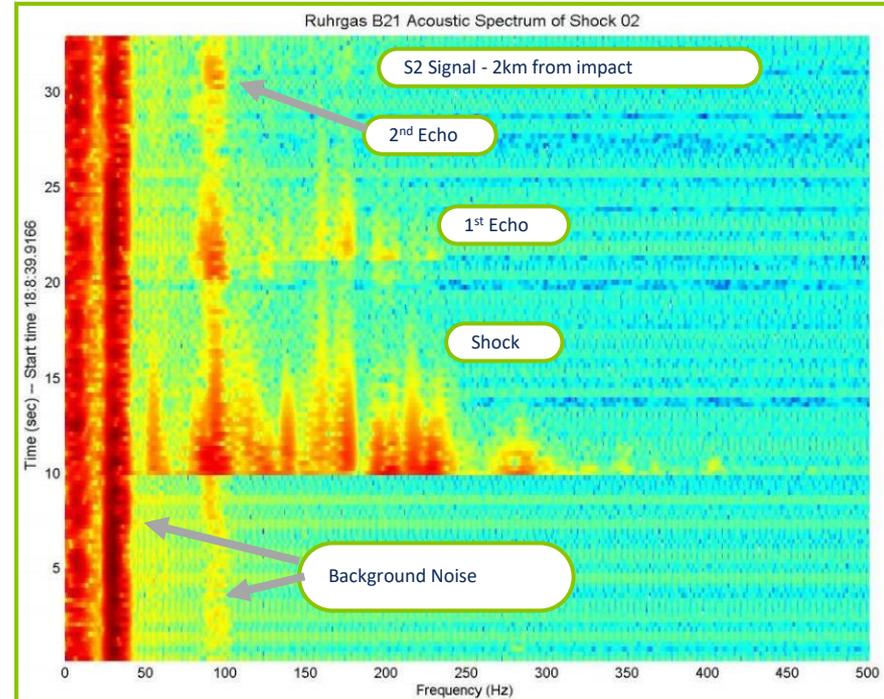


## Test of the Threat Scan System

### Unfiltered shock signal



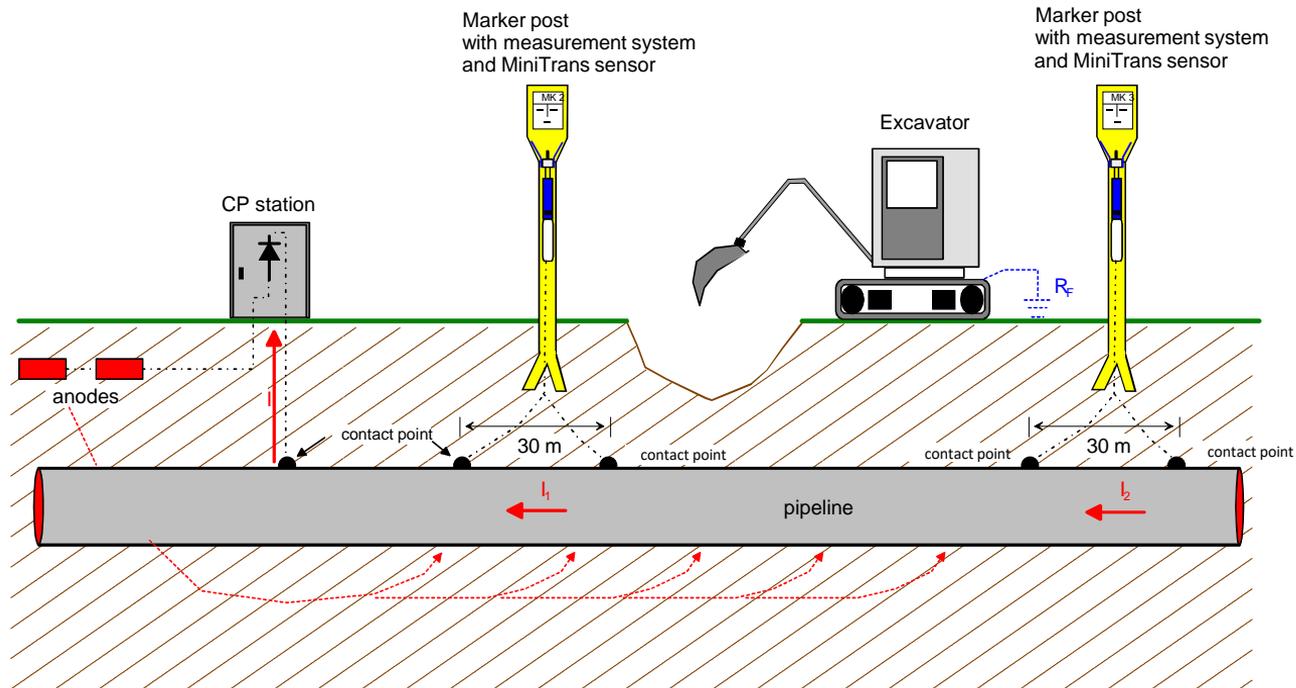
### Fourier de-composition of the signal



## Description and comparison of different innovative technologies

4

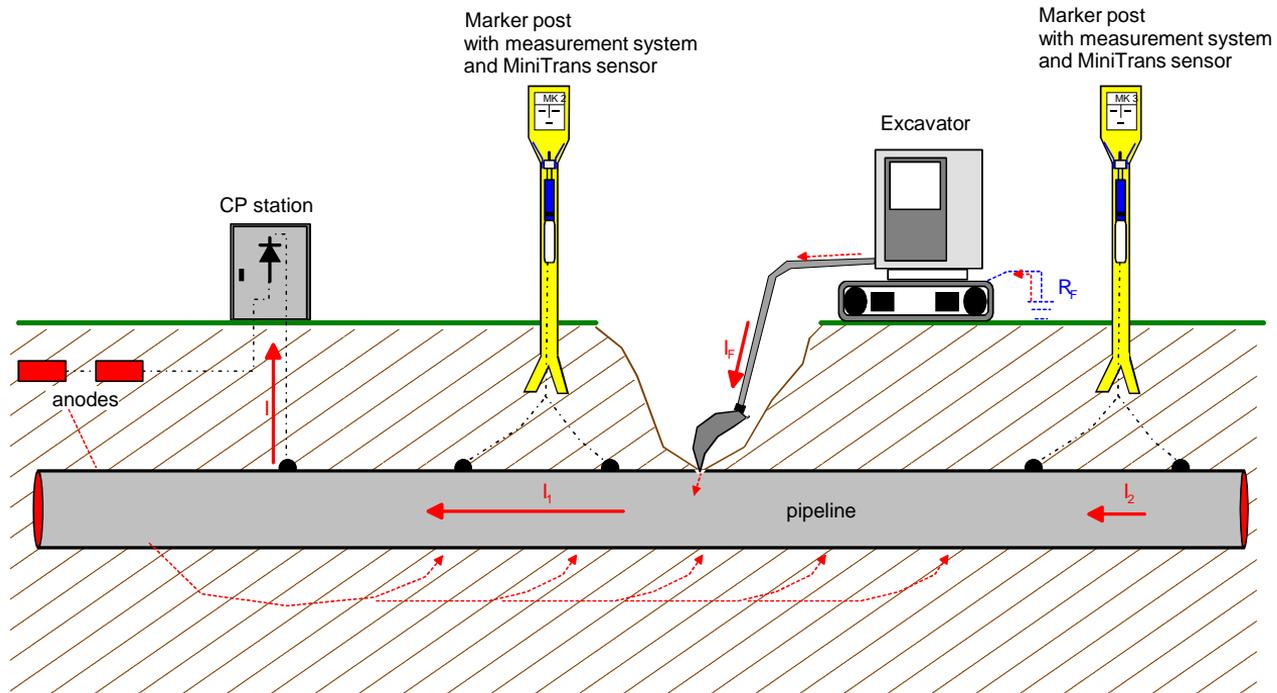
### Electric monitoring: PipeMon from OGE



## Description and comparison of different innovative technologies

4

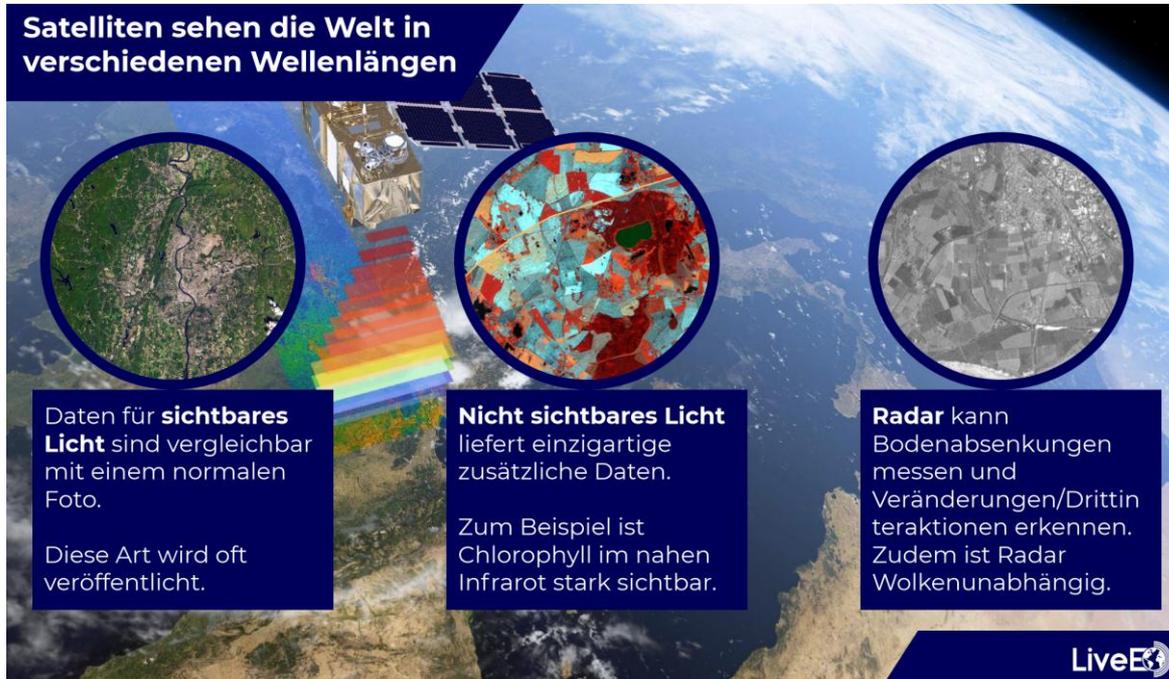
Electric monitoring: PipeMon from OGE



## Description and comparison of different innovative technologies

5

### Satellite observation



The diagram shows a satellite in orbit over Earth. Three circular callouts illustrate different data types: a natural color photograph, a false-color image representing chlorophyll, and a grayscale radar image. A rainbow-colored bar is positioned between the first and second callouts.

**Satelliten sehen die Welt in verschiedenen Wellenlängen**

Daten für **sichtbares Licht** sind vergleichbar mit einem normalen Foto.  
Diese Art wird oft veröffentlicht.

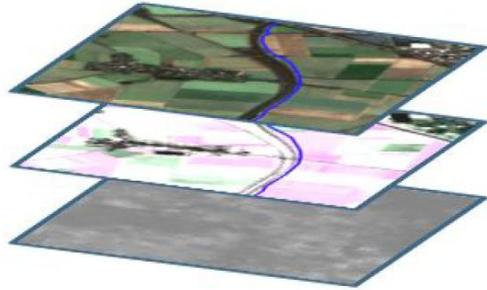
**Nicht sichtbares Licht** liefert einzigartige zusätzliche Daten.  
Zum Beispiel ist Chlorophyll im nahen Infrarot stark sichtbar.

**Radar** kann Bodenabsenkungen messen und Veränderungen/Drittinteraktionen erkennen. Zudem ist Radar Wolkenunabhängig.

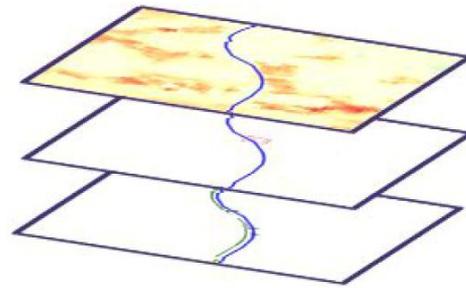
LiveE3

## Input:

Anlagen-Standort &  
Satellitendaten



LiveEO identifiziert,  
erfasst und  
verarbeitet die  
relevanten Daten



Automatisierte Analyse  
mit künstlicher  
Intelligenz und  
Industrie-Expertise



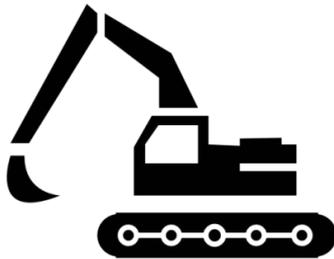
## Output:

Anlagengenaue  
Aktualisierungen

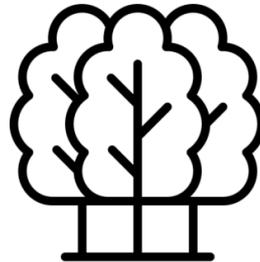


Keine Kenntnisse  
über Satellitenbilder  
oder Geoinformatik  
erforderlich.

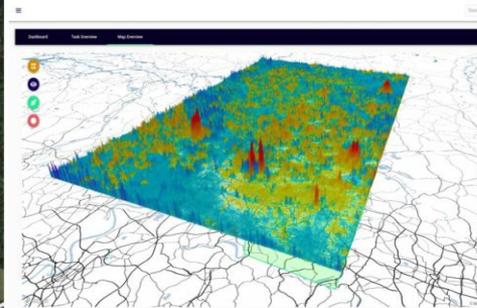
## Dritt - interaktionen



## Vegetations- Management



## Boden- deformationen



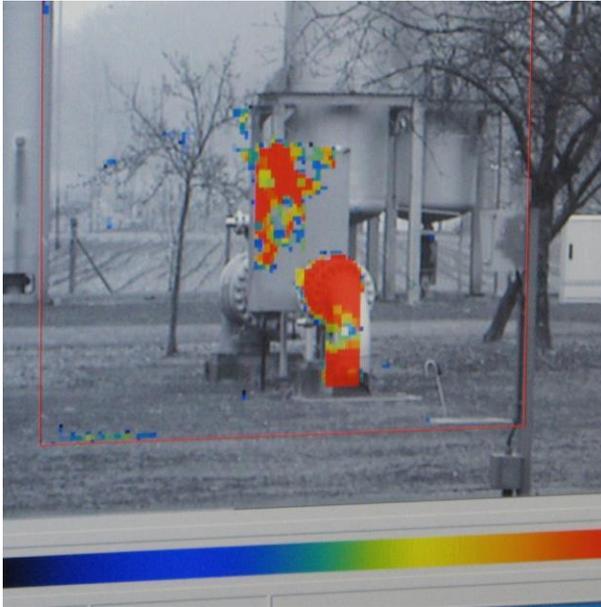
## B Methandetektion und Messung

---

- ➔ GasCam
- ➔ Charm®
  - ➔ Exkurs Kalmanfilter-Algorithmus
- ➔ Genauere Produkt- und Leistungsbeschreibung von CHARM®

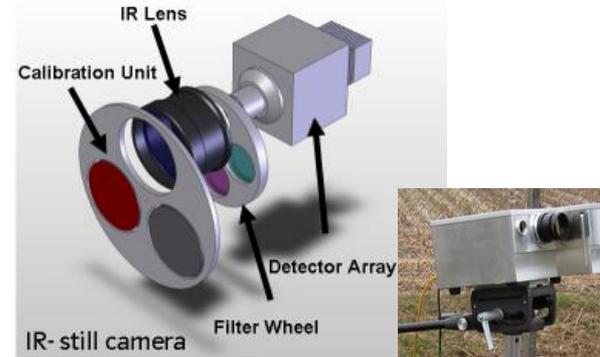
„Problem“

Unknown methane releases in plants



„Solution“

Gas camera detects 100 l/h



Benefit:

- Proof of safe operation or identification of explosion zones
- Fast und efficient leak detection



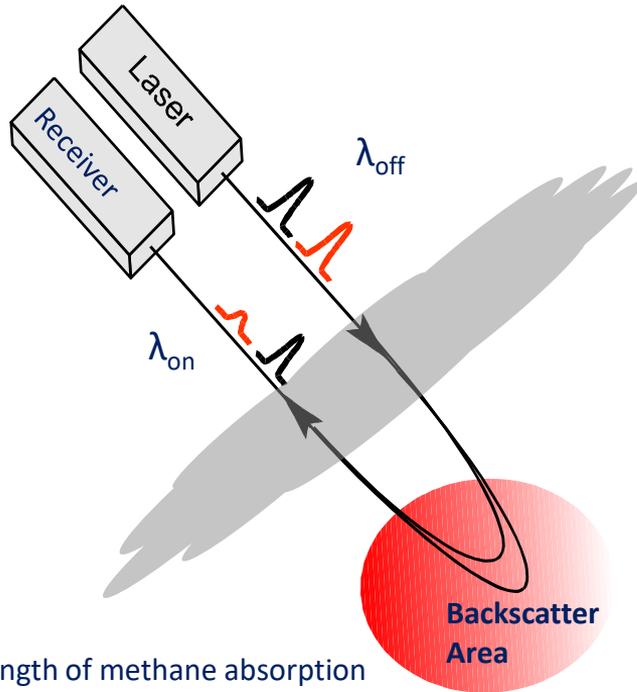
Yesterday



Today



Tomorrow



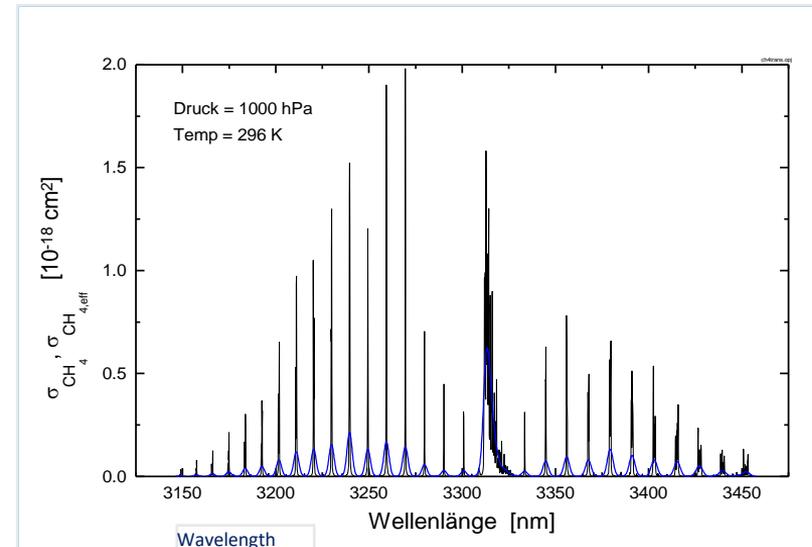
$\lambda_{on}$  Wavelength of methane absorption

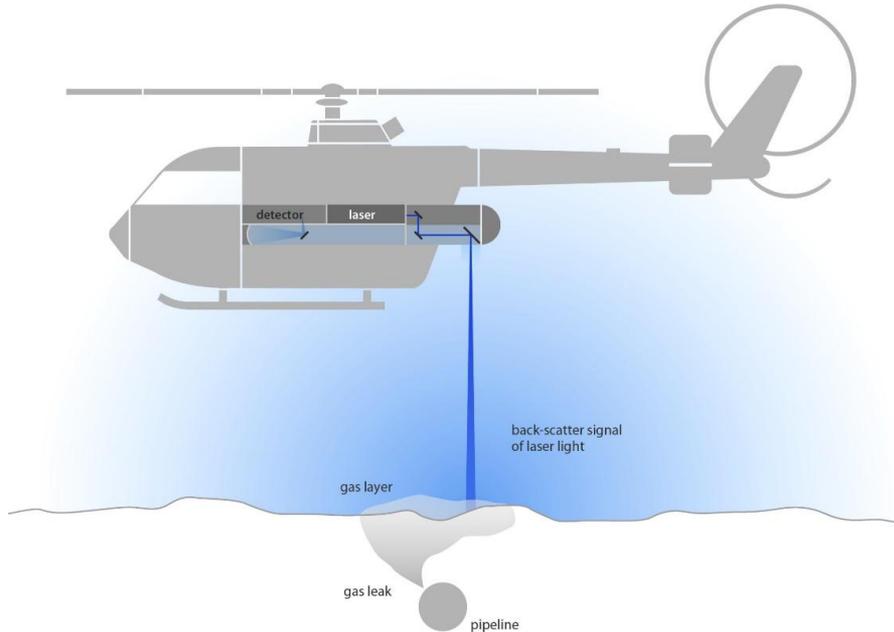
$\lambda_{off}$  Reference wavelength

Source: DLR

## Laser Measurement Principle

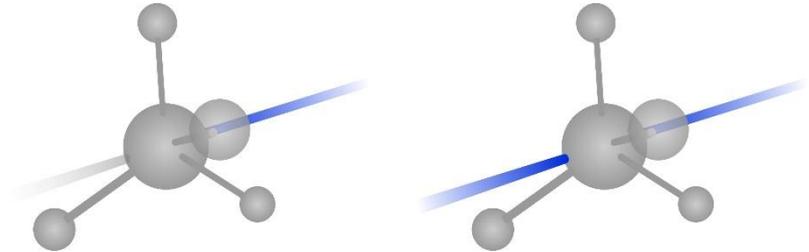
- DIAL - Differential absorption Lidar
- Lidar - Light detection and ranging
- Methane absorption lines at 1,6  $\mu\text{m}$  – 2,3  $\mu\text{m}$  – 3,3  $\mu\text{m}$





## Differential Absorption LIDAR (Light Detection And Ranging)

Laser Licht Absorption an  $\text{CH}_4$ -Molekülen bei  $3,3 \mu\text{m}$



$\lambda_{\text{on}}$

Mess-Wellenlänge, wird durch Methan-Moleküle absorbiert

Nicht-fokussierte Laser-Pulse – augensicher

# CHARM<sup>®</sup> was born out of the idea to combine methane detection with arial survey

## Today's Pipeline Surveillance in Germany



Arial surveillance with small helicopters every month or every fortnight helps to identify Third Party Interference

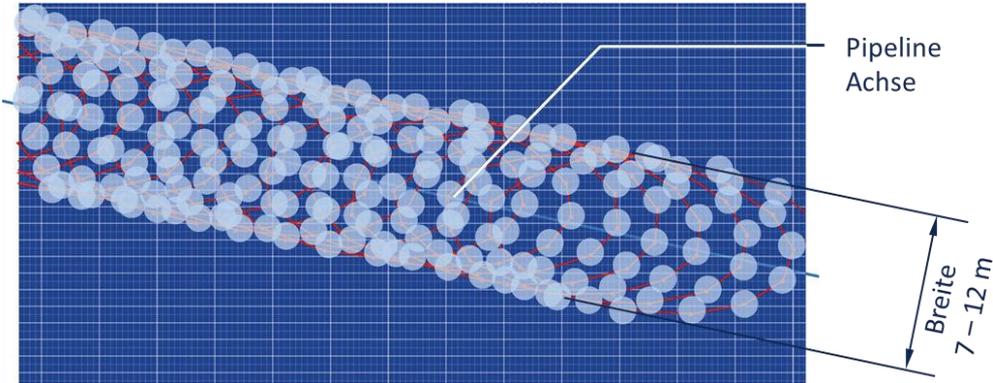
## CHARM - CH<sub>4</sub> Airborne Remote Monitoring

### Properties of the system

- Optical gas detection with IR laser light
- Pulsed laser providing two successive rays with different, distinct wavelengths in a double pulse (methane-sensitive and insensitive)
- Measured quantity: gas column density  
Unit: ppm×m
- 100 – 1000 double pulses per second. Diameter of illuminated spots on the ground approx. 1m.
- Width of trace on the ground adjustable. Maximum width 12 m.
- Fully automated positioning of laser spots.

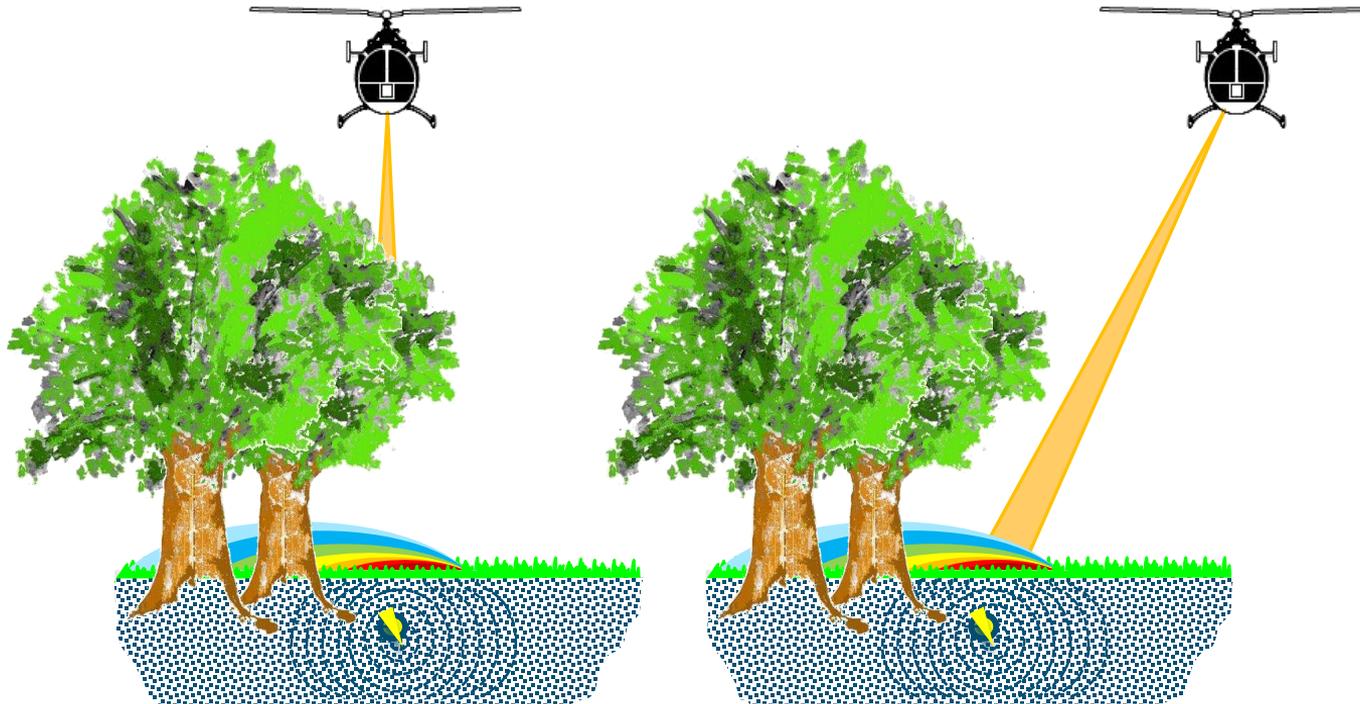


## CHARM - CH<sub>4</sub> Airborne Remote Monitoring

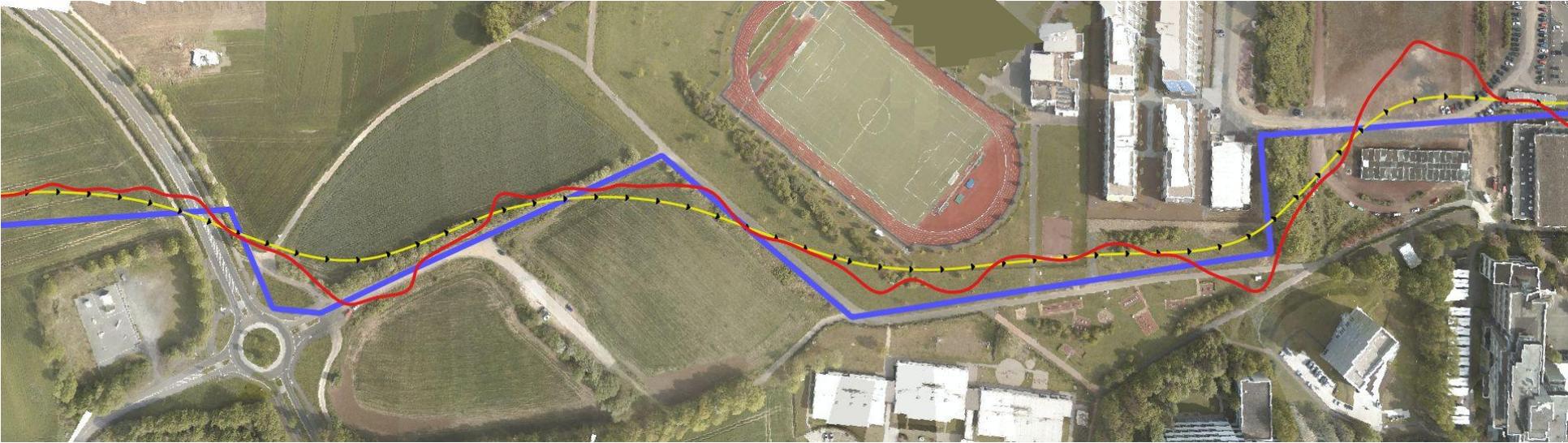


- Laser Pulse werden auf beiden Seiten der Leitung platziert
- Typischerweise werden ~ 33 % der Fläche abgedeckt

# Die Laserpositionierung kann nicht manuell erfolgen. Es bedarf komplexer Algorithmen



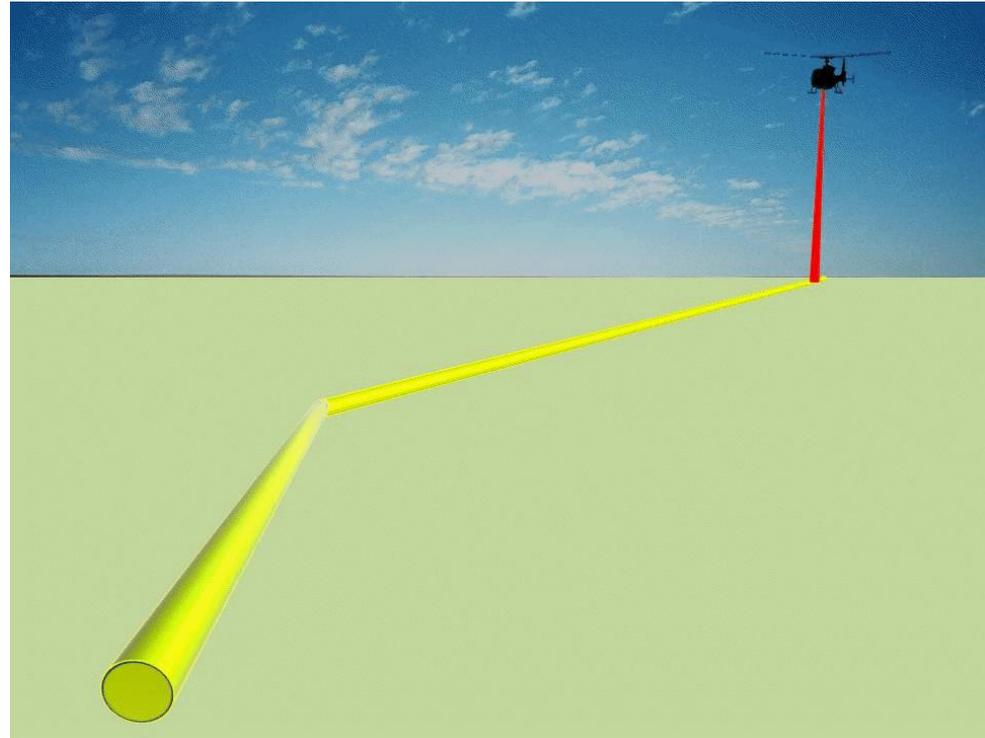
# So sähe eine Laserführung ohne “smarte” Algorithmen aus



Pipeline   
Flugspur   
Laserspur am Boden ohne aktives automatisches Zielen 

## Herausforderungen bei Luftgestützter Gasferndetektion:

- Große Entfernung zwischen Luftfahrzeug und Leitungstrasse
- Helikopter schweben nicht sanft durch die Lüfte – ständiges Schlingern, Rollen und Kippen
- Gasfreisetzung an der Oberfläche muss nicht unmittelbar oberhalb der Leitung sein



# Erst Auto-Tracking mit Kalman-Filter-Technologie führt zu einer befriedigenden (vollständigen) Leitungsabdeckung

Berechnung der Hubschrauberbewegung bis 2 Sekunden im Voraus durch ein Inertial-Mess-System.

Hubschrauberposition durch D-GPS ( $\pm 0,25$  m)



- Schwenkbarer Optik-Kopf mit Laser-Fenster und drei Kamera-Fenstern zur Foto-Dokumentation
- Automatisches und Präzises Zielen der Laser-Pulse in Richtung Pipeline-Mittel-Achse mit einer Zielgenauigkeit  $\leq 0.5$  Meter



Bei der Steuerung der Laseroptik des Methan-Mess-Systems CHARM® werden Algorithmen der sog. Kalman-Filter-Technologie eingesetzt. Diese dienen dazu, die Optik in dem sich schnell bewegenden Hubschrauber, der außerdem äußeren Störeinflüssen ausgesetzt ist (Wind), immer auf der „Ziel“ (zu scannendes Pipeline-Segment) auszurichten.



Eine „Nachsteuerung“ kommt hierbei nicht in Betracht, denn das optische System ist massereich und damit träge und die Ansteuerung der Stellmotoren zur Nachjustierung benötigt auch eine kurze Zeitspanne.

Daher muss das System „vorgesteuert“ werden, was nichts anderes heißen soll als: Der zukünftige Systemzustand (Position und Lage des Hubschraubers) ist mit hoher Präzision vorherzusagen, um frühzeitig die Optik in Position zu bringen.

Zu diesem Zweck wird im System CHARM® der Prognose-Algorithmus des sog. **Kalman-Filters** eingesetzt, der seine erste berühmte Anwendung in den Apollo-Missionen fand. Das Filter-Prinzip wird nachfolgenden erläutert.

# Exkurs Kalman-Filter

**Das Kalman-Filter** ist ein Verfahren der angewandten Stochastik, um den zukünftigen Zustand eines dynamischen Systems vorherzusagen. Das dynamische System ist dabei zufälligen Störgrößen (Kräften) ausgesetzt. Einige Systemkomponenten werden jedoch einer Beobachtung unterzogen. Auch die Beobachtungsdaten können prinzipiell gestört („verrauscht“) sein.

## Beschreibung des Systemzustandes:

$X_{t+1} = \mathbf{F}(t + 1, t) X_t + B_t$  Differenzgleichung (Bewegungsgl.) zur zeitl. Entwicklung des Systemzustandes

mit  $\left\{ \begin{array}{l} X_t \\ \mathbf{F}(t + 1, t) \\ B_t \end{array} \right.$

- $X_t$   $n$ -Vektor des zeitabhängigen Systemzustandes
- $\mathbf{F}(t + 1, t)$   $n \times n$ -linearisierte und zeitabhängige „Kraftmatrix“
- $B_t$   $n$ -dimensionale Zufallszahl (diskrete Brownsche Bewegung)  
mit Erwartungswert Null und mit der Varianzmatrix  $\mathbf{Q}(t) = \langle B_t \cdot B_t^T \rangle$

## Beobachtet wird:

$Z_t = H(t) X_t$

mit  $\left\{ \begin{array}{l} Z_t \\ H(t) \end{array} \right.$

- $Z_t$   $m$ -Vektor (Beobachtungsvektor)
- $H(t)$   $m \times n$ -Matrix

Auf der Basis der Beobachtungen  $z_1, z_2, \dots, z_n$  wird der beste Schätzer des zukünftigen Systemzustandes gesucht, abgekürzt mit  $\hat{X}_{n+1}$

Lösung:

$$\tilde{F}(n+1, n)$$

$$\hat{X}_{n+1} = [\mathbf{F}(n+1, n) - \mathbf{K}(n) \cdot \mathbf{H}(n)] \hat{X}_n + \mathbf{K}(n) z_n$$

(\*)

mit  $\mathbf{K}(n) = \mathbf{F}(n+1, n) \cdot \mathbf{P}(n) \cdot \mathbf{H}(n)^T \cdot [\mathbf{H}(n) \cdot \mathbf{P}(n) \cdot \mathbf{H}(n)^T]^{-1}$

(\*\*)

$$\mathbf{P}(n) = \tilde{\mathbf{F}}(n, n-1) \cdot \mathbf{P}(n-1) \cdot [\tilde{\mathbf{F}}(n, n-1)]^T + \mathbf{Q}(n-1)$$

Die Matrix  $\mathbf{K}$  heißt „Zielmatrix“. Sie kann in diesem einfachen Fall „offline“ berechnet werden.

Schreibt man die Kalman-Filtergleichungen

$$\hat{X}_{n+1} = [\mathbf{F}(n+1, n) - \mathbf{K}(n) \cdot \mathbf{H}(n)] \hat{X}_n + \mathbf{K}(n) z_n$$

etwas um, so erhält man

$$\hat{X}_{n+1} = \mathbf{F}(n+1, n) \hat{X}_n + \mathbf{K}(n) (z_n - \mathbf{H}(n) \hat{X}_n)$$

Der Schätzer bewegt sich daher wie der Mittelwert, jedoch um den zweiten Term auf der rechten Seite korrigiert.

## Interpretation des Kalman-Filters (und mathematische Herleitung):

Der „Schätzer“  $\hat{X}_{n+1}$  für den zukünftigen Systemzustand lässt sich auf verschiedene Arten interpretieren:

1. Er ist der bedingte Erwartungswert der Zufallsgröße  $X_{n+1}$  unter der Bedingung, dass die Messgrößen die Werte  $z_1, z_2, \dots, z_n$  angenommen haben. In Formeln:

$$\hat{X}_{n+1} = E(X_{n+1} | z_1, z_2, \dots, z_n)$$

Die Matrix  $\mathbf{P}(n)$  gibt die „Schätzgenauigkeit“ wieder. Sie stellt die Varianz des Schätzers dar, d.h. es gilt:

$$\mathbf{P}(n) = E \left( (X_n - \hat{X}_n) \cdot (X_n - \hat{X}_n)^T \right)$$

2. Wenn der Anfangszustand  $X_0$  normalverteilt ist, so wie das Systemrauschen  $B_t$ , ist der Schätzer eine lineare Funktion der Messdaten, d.h.:

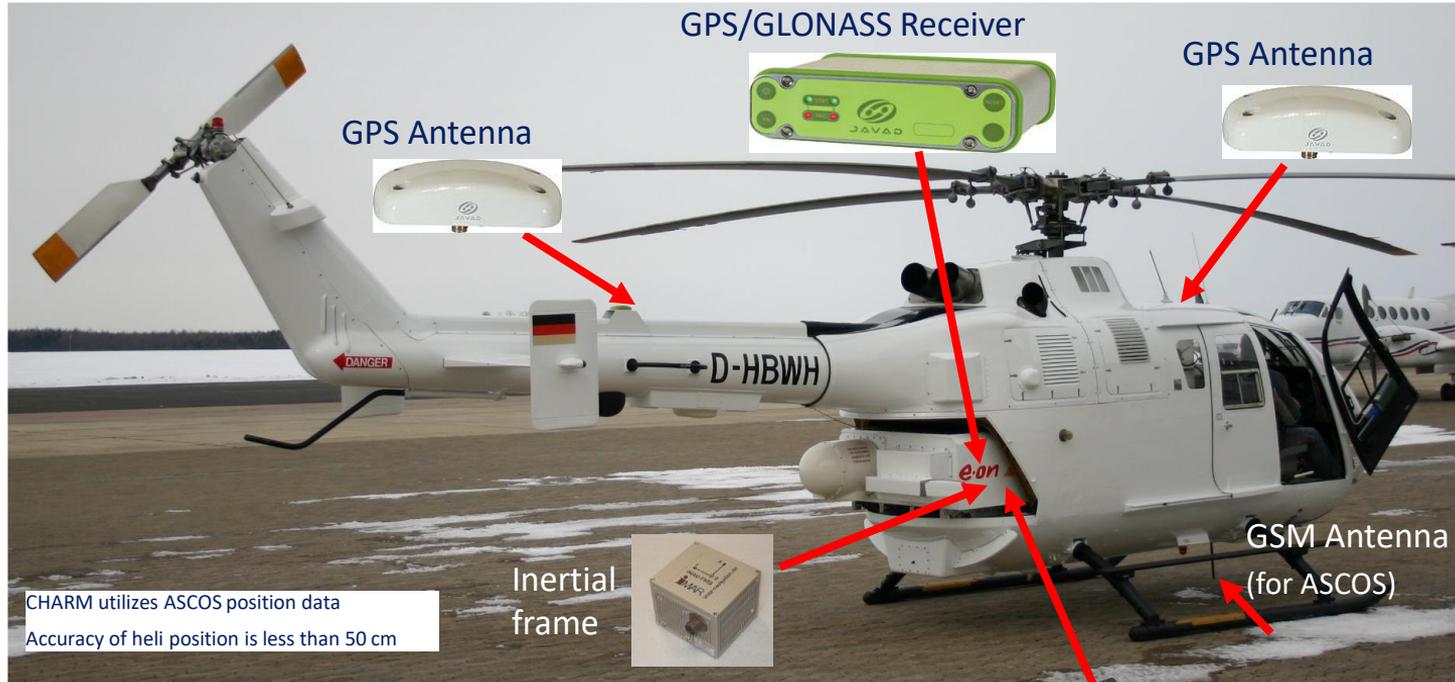
$$\hat{X}_{n+1} = \sum_{i=0}^n \mathbf{A}(n) z_n \quad \text{mit einer Schar von passenden Matrizen } \mathbf{A}$$

3. Dann lässt sich zeigen, dass der bedingte Erwartungswert der beste aller Schätzer ist, der die gesamte Historie der Messungen berücksichtigt.
4. Der Vorteil der Gleichung (\*) ist der, dass sich dieser komplexe Schätzer iterativ berechnen lässt und dabei immer auf dem gerade zuvor ermittelten Schätzwert aufsetzt.

## Verallgemeinerungen des Kalman-Filters:

1. Häufig findet man in der Bewegungsgleichung noch einen „Steuerungsvektor“, mit dem eine weitere Kraft simuliert wird, die das Objekt auf einem „Kurs“ halten soll. Daher ist das Kalman-Filter auch Thema in der Control-Theorie.
2. Etwas allgemeiner werden die Filter-Gleichungen, wenn man in der Beobachtungsgleichung ein Störrauschen auftaucht. Dann lässt sich die Gleichung für  $\mathbf{P}$  nicht mehr offline berechnen.
3. Ist  $\mathbf{H}(n) \cdot \mathbf{P}(n) \cdot \mathbf{H}(n)^T$  nicht invertierbar, so rechnet man in Gleichung **(\*\*)** mit der sog. Pseudo-Inversen.
4. Das Kalman-Filter lässt sich auch auf ARMA-Prozesse (Auto-Regressive-Moving Average) ausweiten. Dabei taucht auf der rechten Seite der Bewegungsgleichung nicht nur der Systemzustandsvektor des zurückliegenden Zeitschrittes auf, sondern auch weitere Vergangenheitsdaten.
5. Kennt man das Dynamische System nicht vollständig, d.h. sind „Kräfte“  $\mathbf{F}(n, n-1)$  auf der rechten Seite von **(\*)** unbekannt, aber konstant, so kann man das System um diese Unbekannten erweitern und ebenfalls im Verlauf der Messung mit schätzen lassen. Man spricht dann von selbst-adaptierenden Filtern.
6. Beim Übergang von der diskretisierten Darstellung zur kontinuierlichen erhält man die sog. Kalman-Bucy-Filter-Gleichungen, die aufgrund der Nicht-Differenzierbarkeit des Brownschen Prozesses in der Systemgleichung mathematisch schwieriger zu behandeln sind.

# Bestückung des CHARM®-Helikopters der ersten Generation zur Positions-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungserfassung

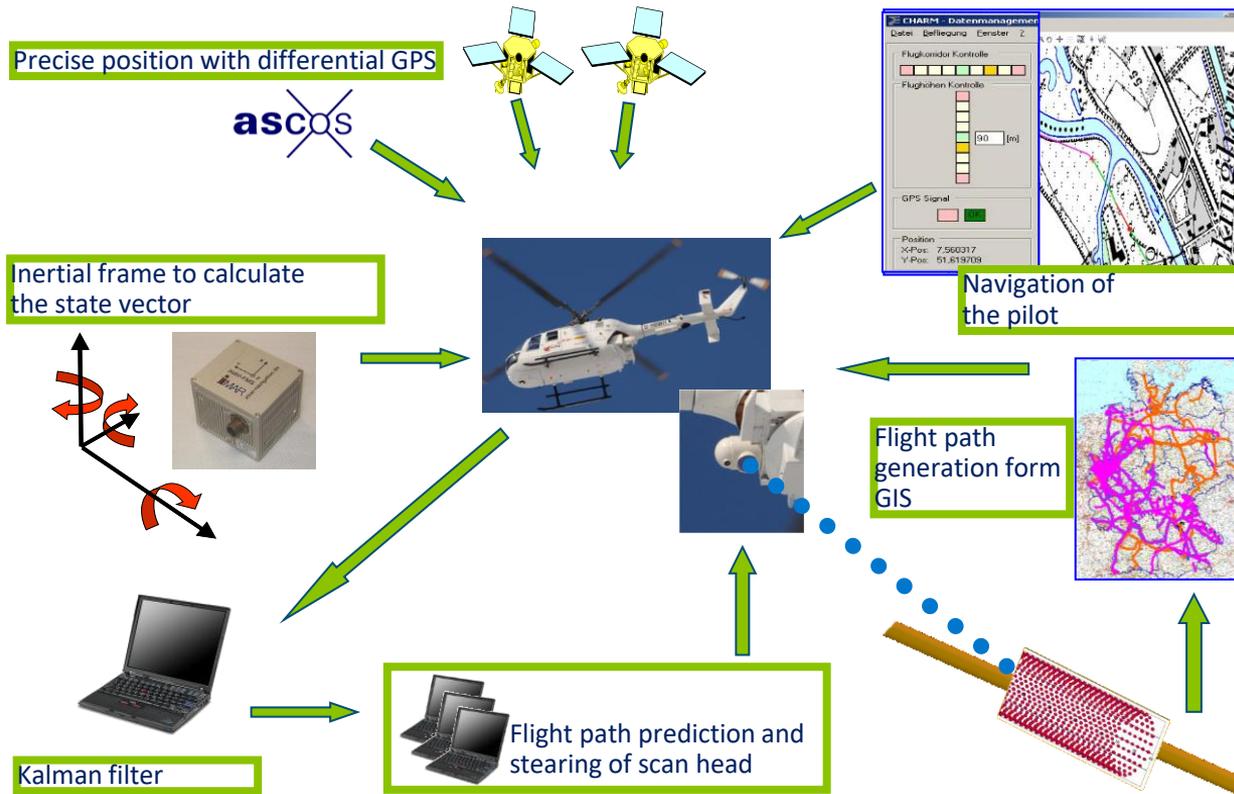


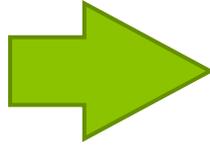
## CHARM (CH4 Air Remote Monitoring)

GSM Modems (for ASCOS)



# Datenabgleich im CHARM®-System der ersten Generation zur Routenplanung und Flugkorridoreinhaltung





- ✓ Neuer Laser mit 10-mal höherer Frequenz
- ✓ Neuer Helikopter mit längerer Flugzeit
- ✓ Erhöhung der Netto-Überprüfungskapazität
- ✓ Reduzierung der spezifischen Kosten

# Zulassung von CHARM<sup>®</sup> und Vergleich des Altsystems mit dem neuen System CHARM<sup>®</sup>-2

## Zulassung von CHARM<sup>®</sup> als regelwerkskonform

Aufgrund der Ergebnisse zahlreicher Testflüge hat DVGW-G-TK-GTL entschieden, dass CHARM<sup>®</sup> für die oberirdische Überprüfung von Gashochdruckleitungen gemäß G 466-1 geeignet ist.

Gleichzeitig wurden somit die Anforderungen des neuen Merkblattes G 501 festgelegt.

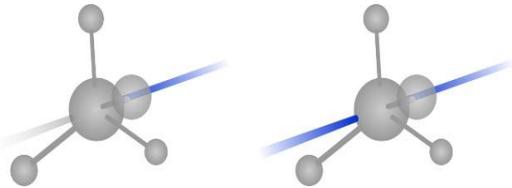
## Vergleich der Systeme (Technische Daten)

	CHARM-1			CHARM-2		
Fluggeschw.	50 - 90 km/h			70 - 190 km/h		
Höhe	80 - 120 Meter			80 - 150 Meter		
Frequenz	100 Hz Doppel-Pulse			1.000 Hz Doppel-Pulse		
Leckraten	150 l/h	≥ 100 l/h	20 l/h	150 l/h	≥ 100 l/h	20 l/h
Windgeschw.	5,5 m/s	≤ 3,5 m/s	2,0 m/s	16 m/s	≤ 10 m/s	3,0 m/s

# CHARM<sup>®</sup> unterscheidet sich von anderen luftgestützten Leckerkennungssystemen

## Sensitivität

Verwendet einen 3,3  $\mu\text{m}$  Laser und DIAL\*-Prinzip um Spuren von Methan zu detektieren



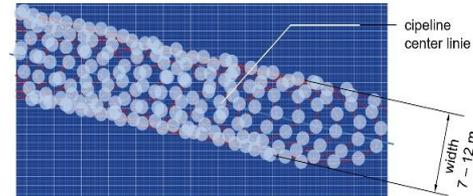
## Auto-Tracking

Gezielte Laserpulse auf die Mitte der Pipeline mit einer Genauigkeit von  $< 0,5 \text{ m}$



## Scanning

Verwendung eines Scanners, um mit Laserpulsen einen Korridor aufzuspannen – nicht nur eine Linie



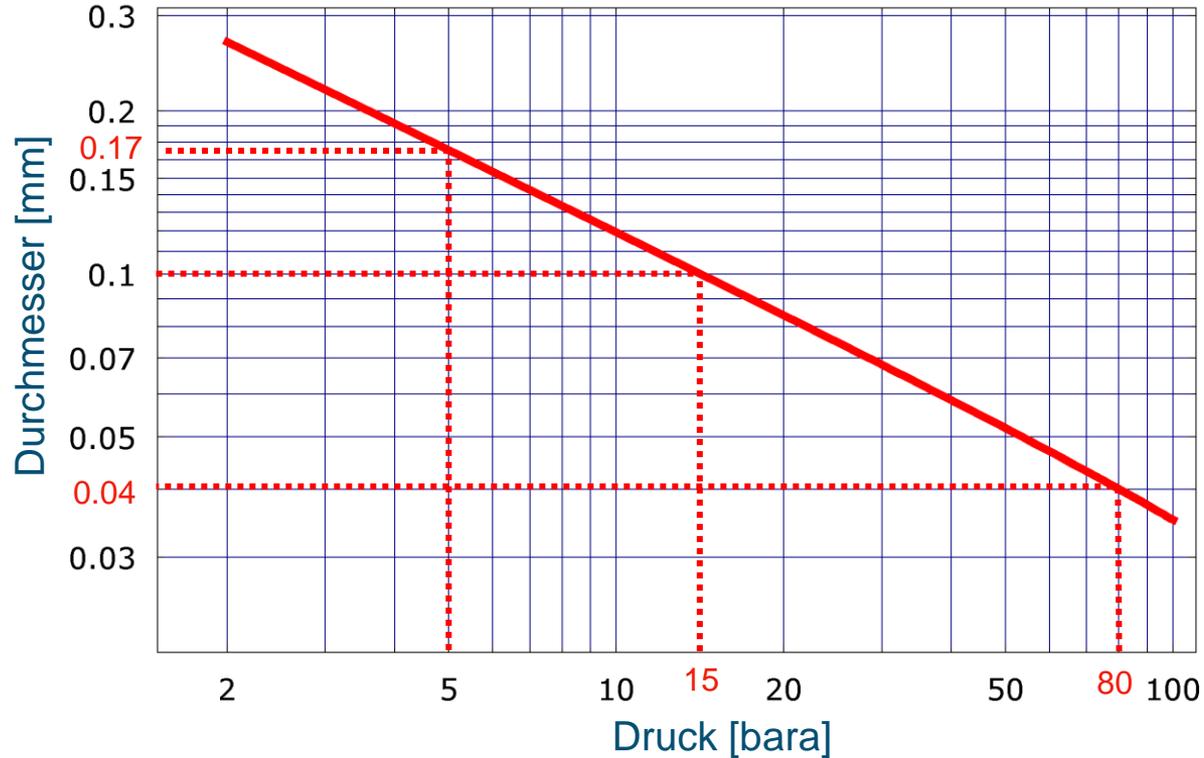
## Zuverlässigkeit

Einziges System, das die Richtlinie G 501 des DVGW erfüllt



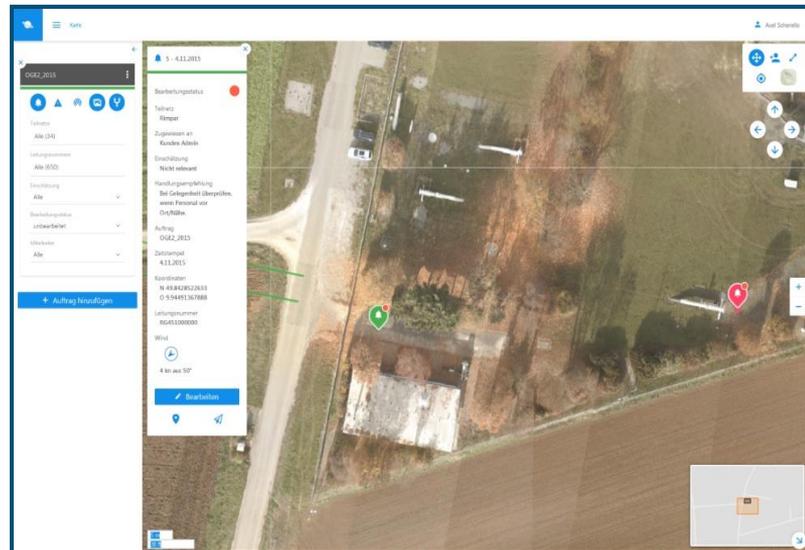
\* DIAL – differential absorption LIDAR

## Leck-Durchmesser bei 100 l/h Leckrate





- Befliegung von 20 % des eigenen OGE-Netzes
- ohne Ballungsräume, da hier hohe Präsenz des Betriebspersonals
- Bereitstellung der CHARM-Kapazitäten für weitere Ferngas-Netzbetreiber europaweit
  - Sicherheit
  - Kostenreduktion, durch frühzeitige Reparatur kleiner Defekte
  - Nachweis der Vermeidung flüchtiger Methan-Emissionen auf Leitungen und Armaturen-Stationen



## Wichtige Vermarktungs-Features:

- ✓ Automatische Dokumentation der Leitungsüberprüfung
- ✓ Fotodokumentation der Befliegung ermöglicht Aussagen zum Zustand der Leitungstrassen
- ✓ Sofortige Meldung potentiell gefährlicher Methan-Indikationen per SMS
- ✓ Präzise Datenauswertung samt Bewertung (Freisetzung/Einwehung)  
→ keine unnötigen Überprüfungen vor Ort
- ✓ Effektive und praktikable Datenbereitstellung über Internet-Portal

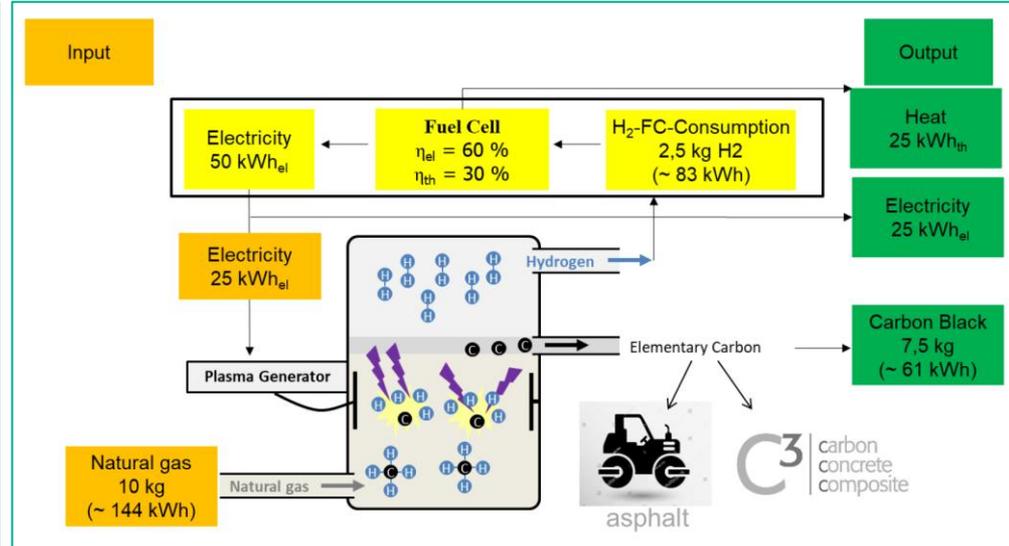
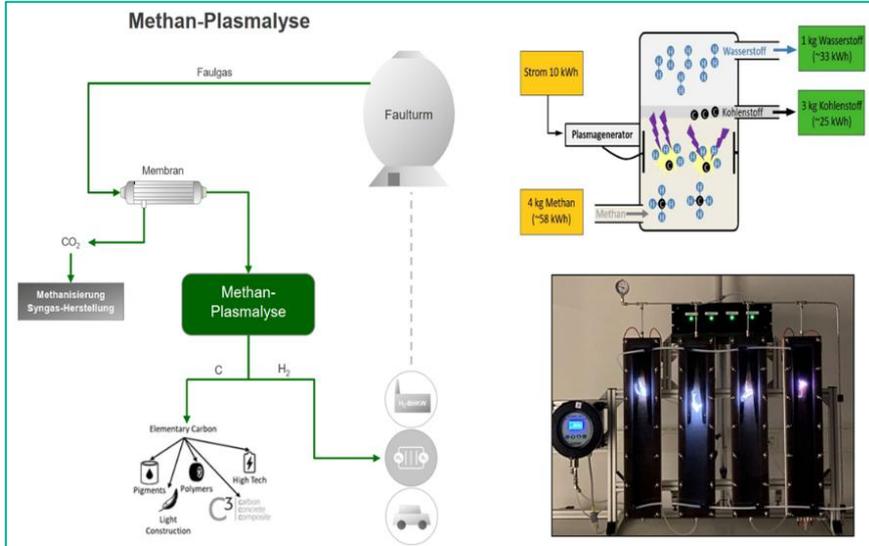
## C Weitere Innovationsbeispiele

---

- ➔ Beispiel 1: Plasmalyse von Graforce und anderen
- ➔ Beispiel 2: H<sub>2</sub>-Inselversorgung picea von hps
- ➔ Beispiel 3: Hybrid-SOFC-System
- ➔ Beispiel 4 bis n: Aus dem Innovationspreis NEUE GASE des Jahres 2024

## Methan-Plasmapolymerisation aus Faulgasen

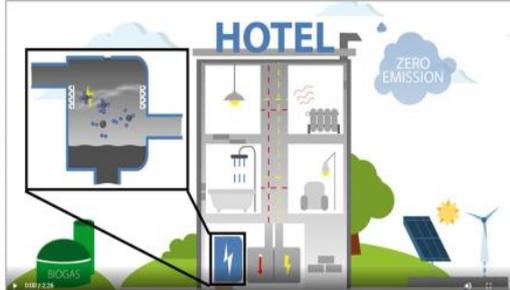
## Energiebilanz



# Beispiel 1: Plasmalyse der Firma Graforce Anwendung in einem Hotelbetrieb

## Emissionsfreie Heizung mit negativer CO<sub>2</sub>-Bilanz im Mercure Hotel MOA Berlin

- Kombination von neuartiger Methan Plasmalyse zur H<sub>2</sub>-Erzeugung aus Biomethan, in Verbindung mit H<sub>2</sub>-BW-Kesseln u. PV, Anlage zur Spaltung von Erdgas/Biomethan in Wasserstoff und Kohlenstoff
- Kein CO<sub>2</sub> wird abgegeben, Kohlenstoff fällt in weiter nutzbarer Reinform aus dem Prozess aus



Für neue Anwendung der  
Graforce-Plasmalyse  
siehe u.a.:

[https://www.graforce.com/images/pdfs/Methan-Plasmalyse\\_DE\\_V3.pdf](https://www.graforce.com/images/pdfs/Methan-Plasmalyse_DE_V3.pdf)



<https://www.sfc.com/de/glossar/methanpyrolyse/>

<https://kit-neuland.de/de/blog/was-wurde-aus-wasserstoff-aus-erd-und-biogas/>

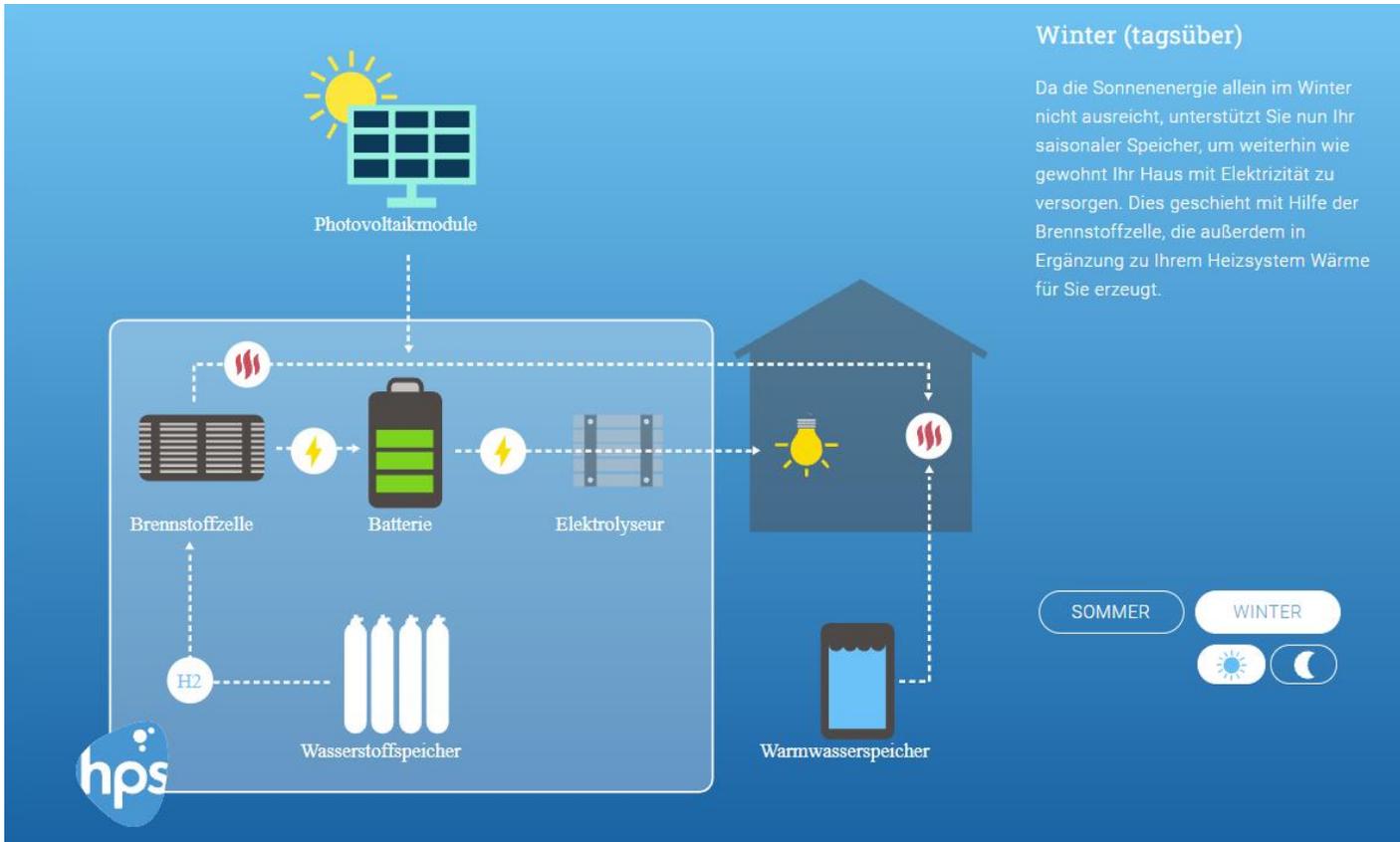
<https://edison.media/umwelt/neues-pyrolyseverfahren-fuer-preiswerten-wasserstoff/25216862/>

<https://www.ee-news.ch/de/erneuerbare/international/article/53386/empa-pyrolyse-von-synthetischem-methan-negative-emissionen-trotz-enormem-energieaufwand>

<https://energie.blog/plasmapyrolyse-erzeugt-mit-weniger-stromeinsatz-wasserstoff-aus-methan/>

<https://www.dvgw.de/leistungen/publikationen/publikationsliste/pyrolyse-kompakt>

# Beispiel 2: Inselversorgungs-Lösungen mit EE und Wasserstoff (Inselkonzepte): picea von hps



## Winter (tagsüber)

Da die Sonnenenergie allein im Winter nicht ausreicht, unterstützt Sie nun Ihr saisonaler Speicher, um weiterhin wie gewohnt Ihr Haus mit Elektrizität zu versorgen. Dies geschieht mit Hilfe der Brennstoffzelle, die außerdem in Ergänzung zu Ihrem Heizsystem Wärme für Sie erzeugt.

<https://www.homepowersolutions.de/produkt#content>

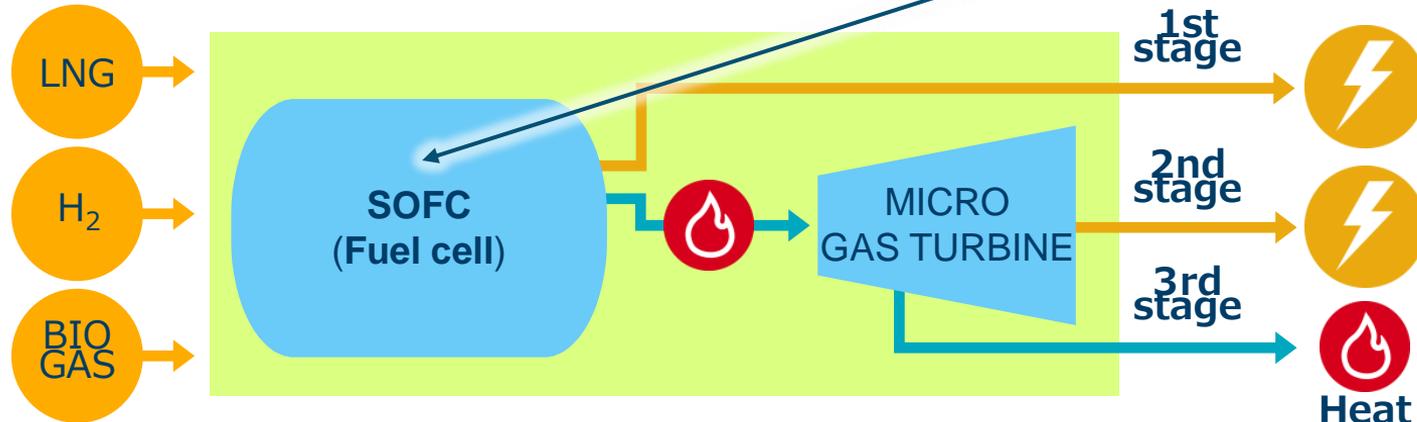
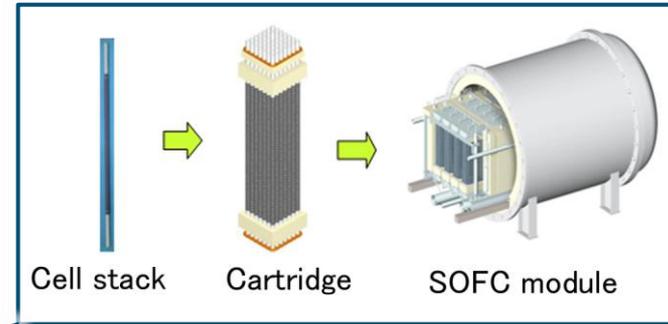
## Technische Spezifikationen des Hybrid-SOFC-Systems

Tubulare SOFC

interne, katalytische  
Oberflächenreformierung

Nachgeschaltete Mikro-Gasturbine

Wärmeauskopplung



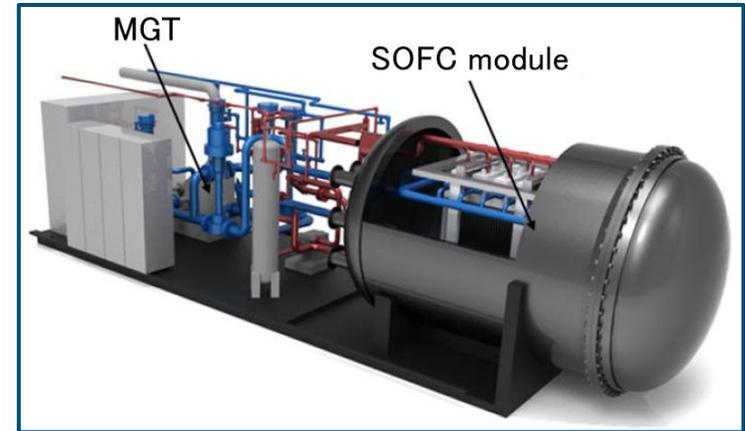
## Das System und die GWI-Forschungsinfrastruktur

### Technische Daten:

El. Leistung:	200 kW
Therm. Leistung:	80 kW
El. Wirkungsgrad:	> 50 %
Gesamtwirkungsgrad:	> 73 %

### Anwendungspotenziale:

- **Hocheffiziente dezentrale Strom- & Wärmebereitstellung in Gewerbe, Industrie, Quartiersentwicklung**
- Flexibilität durch Mikro-Gasturbine
- Erweiterung um Absorptionskälteanlage für den ganzjährigen Betrieb und eine emissionsarme Kältebereitstellung
- Pilotbetrieb mit Erdgas, LNG und H<sub>2</sub>
- Integration in das LivingLab des GWI und wissenschaftliche Begleitforschung



## Potenziale und Forschungsbedarf

Die elektrischen **Wirkungsgradpotenziale** hybrider SOFC-Systeme wurden in der Theorie bereits aufgezeigt.

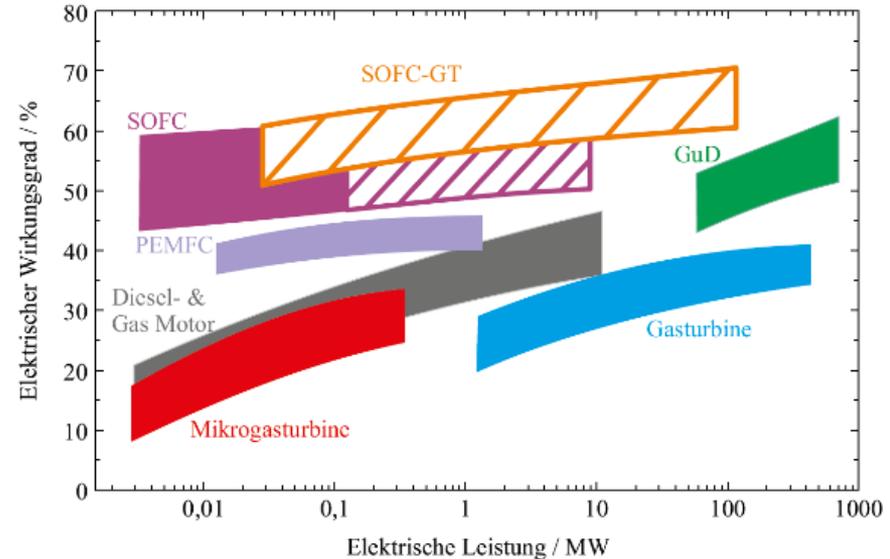
Die Kopplung mit der **Kraft-Wärme-Kopplung** birgt weitere Effizienzpotenziale.

Die gute Skalierbarkeit lässt eine Nutzung sowohl als **dezentrale Anlage** als auch in **Großkraftwerken** zu.

Die **technologische Reife** der bisher entwickelten Anlagenkonzepte stagniert (in EU und D) jedoch.

Für eine zeitnahe Integration ins Energiesystem ist der nächste **Kommerzialisierung** notwendig.

Dazu sind umfassende **Betriebsdaten und -erfahrungen** erforderlich, um belastbare Aussagen zur Robustheit sowie zur realen System- und Brennstoffflexibilität machen zu können.



Bildquelle modifiziert aus: [https://www.dlr.de/vt/DesktopDefault.aspx/tabid-9006/18909\\_read-15119/gallery-1/gallery\\_read-Image.29.27157/](https://www.dlr.de/vt/DesktopDefault.aspx/tabid-9006/18909_read-15119/gallery-1/gallery_read-Image.29.27157/)



## KATEGORIE ERZEUGUNG



### INNOVATIVE BESCHICHTUNGEN FÜR H<sub>2</sub>- ANWENDUNGEN

Schaeffler hat mit edelmetallfreien Enertect-Beschichtungen neue Maßstäbe für Wasserstoffanwendungen gesetzt. Diese ermöglichen eine wirtschaftlichere Produktion von Bipolarplatten mit bis zu 75 % geringerem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und verbessern die Effizienz von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren.

[Zum Steckbrief](#)



## KATEGORIE TRANSPORT UND INFRASTRUKTUR



Gewinner des Publikumspreises

### H<sub>2</sub>-SPEICHER EPE

Der H<sub>2</sub>-Speicher Epe von RWE Gas Storage West ermöglicht die effiziente Speicherung von Wasserstoff in unterirdischen Salzkavernen, um eine konstante Versorgung auch in ertragsarmen Zeiten sicherzustellen. Das Projekt trägt zur Strukturierung des Wasserstoffnetzes bei und unterstützt die Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff.

[Zum Steckbrief](#)



## KATEGORIE ANWENDUNGSTECHNOLOGIEN



### 100 % WASSERSTOFF IN DER GLAS- PRODUKTION

SCHOTT hat als erstes Unternehmen optisches Spezialglas mit 100 Prozent Wasserstoff im industriellen Maßstab erfolgreich hergestellt. Dieses Projekt zeigt, dass eine Umstellung von fossilen Brennstoffen auf Wasserstoff in der Glasproduktion möglich ist, ohne Kompromisse bei der Qualität einzugehen.

[Zum Steckbrief](#)

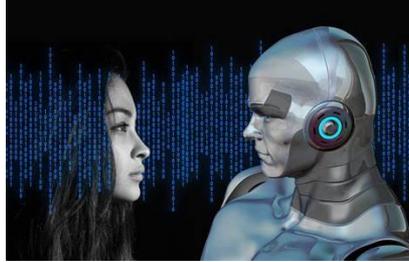
## D KI und Digitalisierung (Grundlagenbeitrag)

---

- ➔ Intelligenz und KI
- ➔ Begrifflichkeiten in der KI
- ➔ Sprache und Mensch-Maschinen-Interfaces
- ➔ Umgangshinweise mit KI und De-Mystifizierung
- ➔ Geplante KI-Anwendungen im DVGW

## Was ist (menschliche) Intelligenz?

Keine eindeutige Antwort oder Definition

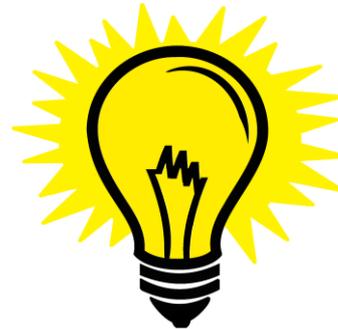


## Was ist künstliche Intelligenz?

Keine eindeutige Antwort oder Definition

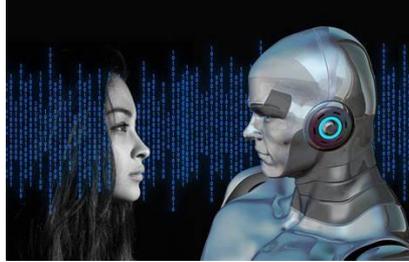
**Nach Howard Gardner gibt es (9) verschiedene Intelligenz-Typen:**

- Logisch-mathematisch
- Verbal-linguistisch
- Visuell-räumlich
- Existentiell
- Körperlich-kinästhetisch
- Interpersonell
- Intrapersonell
- Naturalistisch
- Musikalisch-rhythmisch



## Was ist (menschliche) Intelligenz?

Keine eindeutige Antwort oder Definition



### Umschreibung:

*Menschliche Intelligenz ist die Fähigkeit, Entscheidungen auf der Grundlage von Informationen und Verständnis zu treffen. Das bedeutet, dass Menschen in der Lage sind, komplexe Informationen auf eine Weise zu verarbeiten, wie es Computer (noch) nicht können.<sup>2</sup>*



## Was ist künstliche Intelligenz?

Keine eindeutige Antwort oder Definition

### Umschreibung:

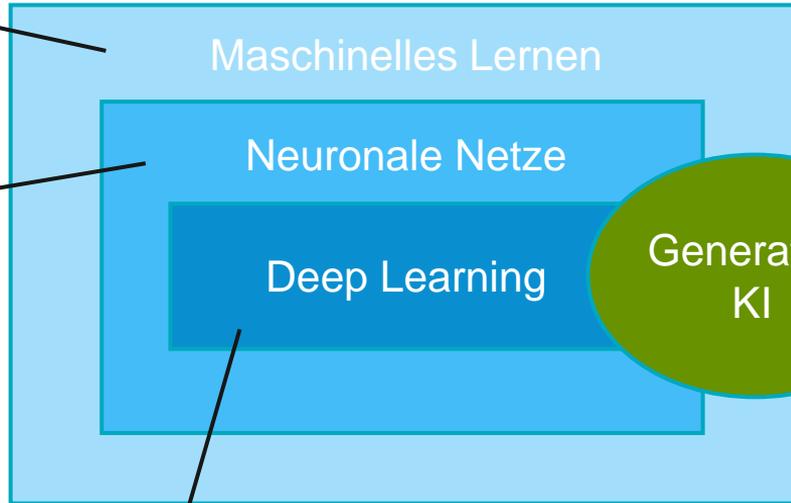
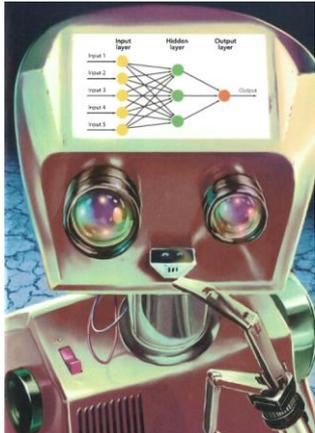
*„KI ist eine Software, die sich an menschlichen Kognitionsprozessen orientiert und die Aspekte wie das selbstständige Treffen von dynamischen Entscheidungen beinhaltet.“<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> M. Engelbach, T. Müller, M. Kintz (Fraunhofer IAO): *KI und Generative KI. Strategie & Prozesse 2023*

<sup>2</sup> [Menschliche Intelligenz und künstliche Intelligenz - Ein Vergleich \(clickworker.de\)](https://clickworker.de) um das „noch“ modifiziert

Algorithmen  
„lernen“ aus einer  
Menge an  
Trainingsdaten

den menschlichen  
Neuronen  
nachempfunden



besonders „tiefes“  
Neuronales Netz

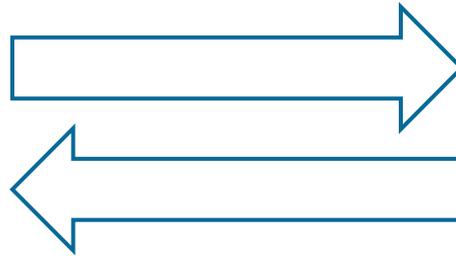
Fähigkeit der KI,  
neue Texte,  
Bilder und Inhalte  
zu erzeugen



Generieren von  
natürlicher Sprache  
(Large Language Model)  
**wahrscheinlichkeits-  
basiert**



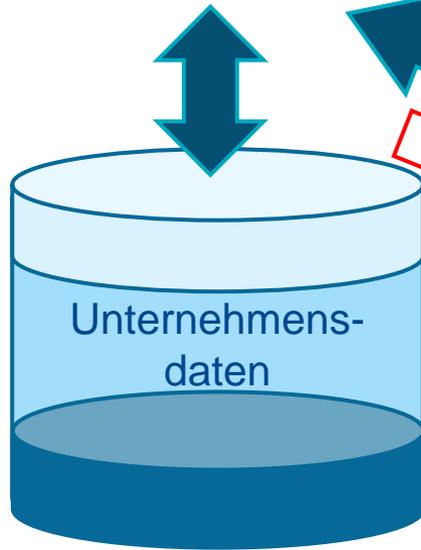
Ein Chatterbot, Chatbot oder kurz Bot ist **ein textbasiertes Dialogsystem, das Chatten mit einem technischen System erlaubt.**



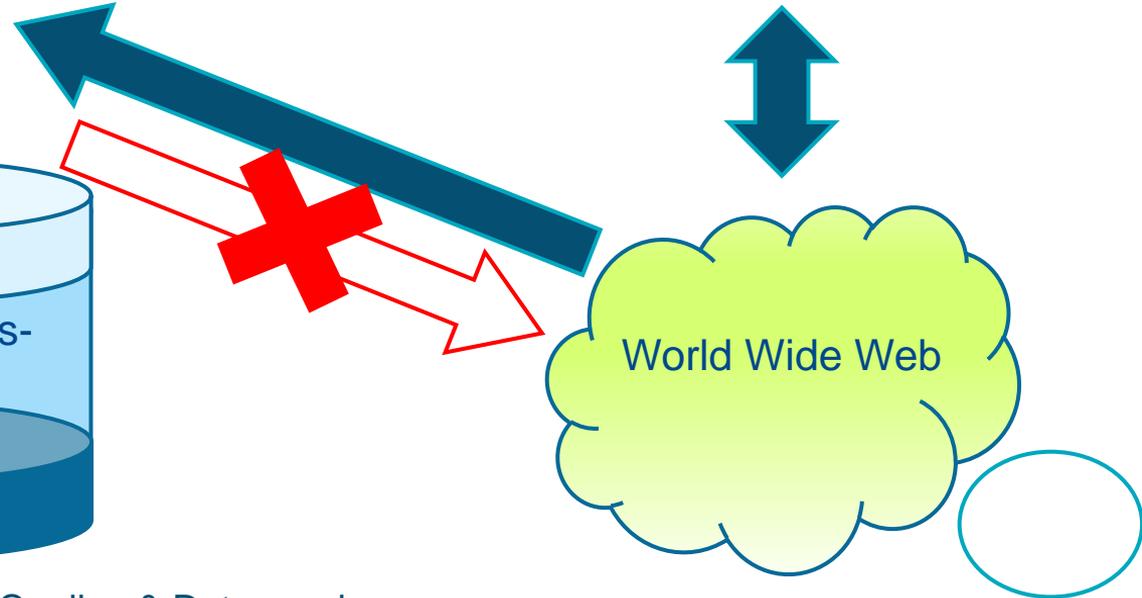
Gab es schon früher  
(eingeschränkt) als Chat-  
Dinosaurier mit Namen Clippy



## Company Chatbot (vertraulich)



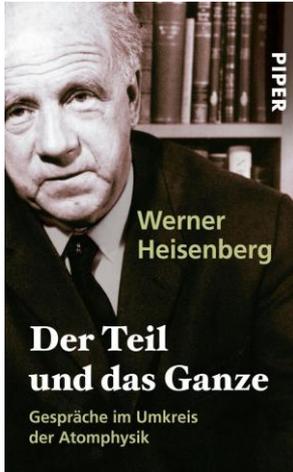
## Chatbot wie ChatGPT (OpenAI)



Herausforderung: Bei limitierten Quellen & Daten und einem anfänglich geringen Training des Bots (aufgrund weniger Korrekturen durch den Anwender) die **Qualität der Antworten** zu verbessern

# Wie kann dieses Mensch-Maschinen-Interface und der „Small talk“ überhaupt gelingen? 1) Zum Gebrauch der Sprache

Das Phänomen einer – trotz aller Begriffs- und Formulierungsungenauigkeiten - funktionierenden Kommunikation ist nicht neu und soll mit einer Analogie erklärt werden:



In dem Buch “Der Teil und das Ganze” von Werner Heisenberg wird eine Anekdote über Werner Heisenberg erzählt:

“Eines Tages, als wir zusammen in Heisenbergs Küche saßen, bemerkte dieser nachdenklich, dass man mit einem dreckigen Tuch und dreckigem Wasser dreckiges Geschirr doch sauber bekomme.“



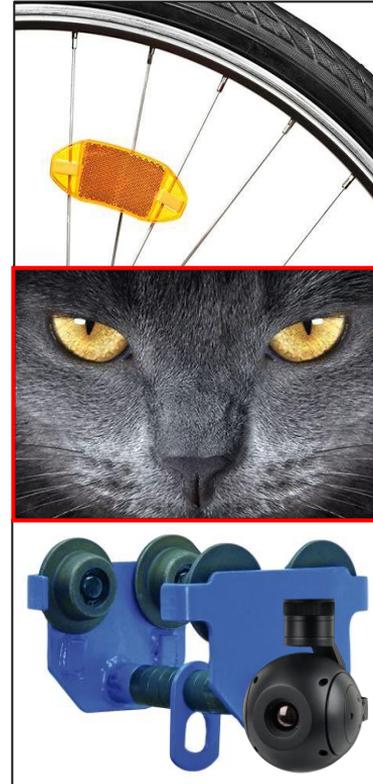
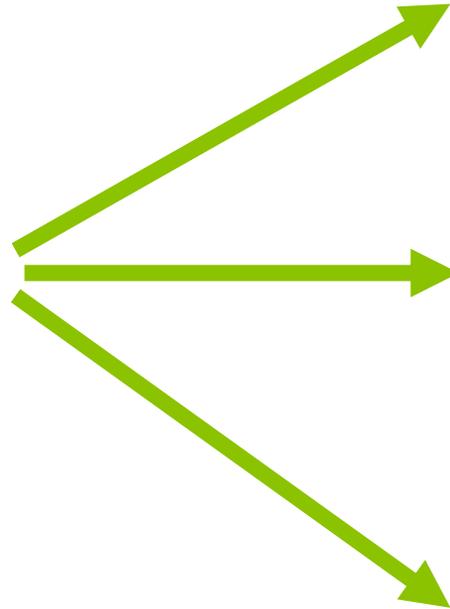
Erklärungsversuch:

Das Geschirr wird nicht „sauber“ sondern nur weniger dreckig ... was wir als „sauber“ bezeichnen

Zeige mir ein Katzenauge

... eines Tieres.

Korrelation bzw.  
Wahrscheinlichkeit macht  
den Unterschied



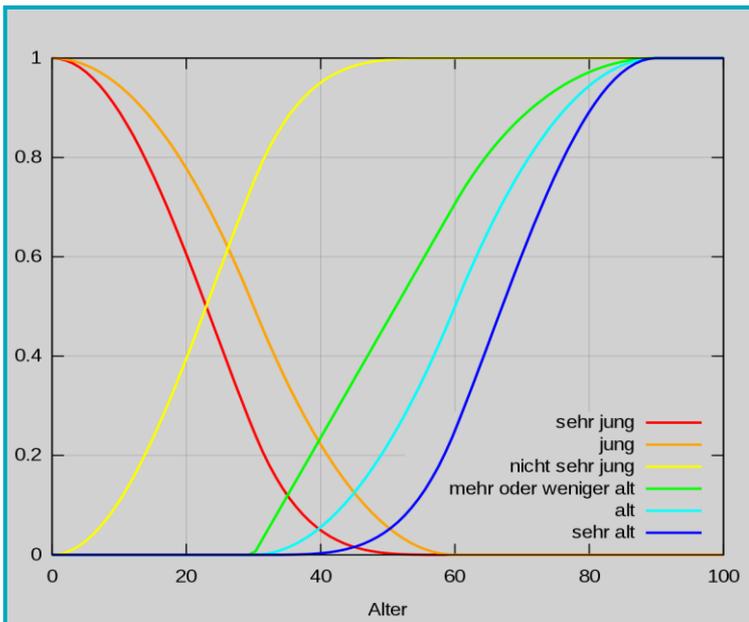
Katzenauge  
als Reflektor

Katzenauge  
dies Tieres „Katze“

Laufkatze mit  
„Auge“ (Kamera)

# Korrelative Sprachinterpretationen sind nichts Neues und wurden bereits erfolgreich in der Fuzzy-Logik eingesetzt

In der Fuzzy-Logik wird ein Attribut wie Alter nicht binär mit „alt“ (1) und „nicht alt“ (0) beschrieben, sondern mit einem Ausprägungsgrad mit kontinuierlichen Werten zwischen 0 und 1.

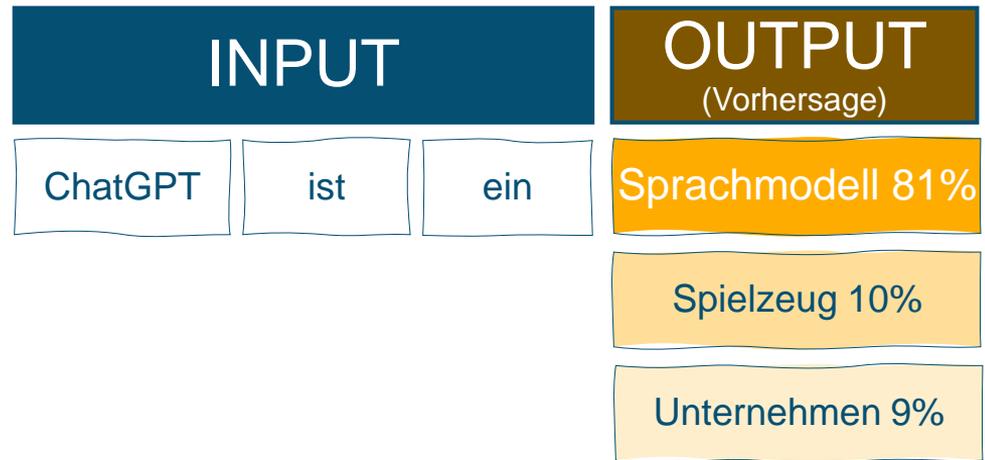


Ein berühmtes Anwendungsbeispiel der Fuzzy-Logik ist ein Steuerungs- und Brems-System eines lokführerlosen Personenzuges für Flughafenpassagiere, das 1993 von Hitachi in Betrieb genommen wurde



Was wir als „intelligente“ Antwort interpretieren, ist eine mit Wahrscheinlichkeiten arbeitende Wörter-Komposition

## Beispiel<sup>2</sup>



<sup>2</sup> ebenda

- **Hinweis beherzigen: Nicht jedes Problem muss mit KI gelöst werden**
- Vor Anwendung Mitarbeiter(innen) **schulen**
- **Datensicherheit** sicherstellen, insbesondere, wenn es um kritische Infrastruktur geht
- Eigene KI-Systeme als zusätzliche Hilfe (**Decision Support System**) – aber nicht als alleinige Entscheidungsgrundlage – einsetzen; **Trainingsphase** berücksichtigen
- Mit **internen Anwendungsfällen** starten bevor man nach außen geht





Erkennung und Analyse **komplexer Muster** (z.B. in Zeitreihen, etwa zu Instandhaltungsoptimierung)



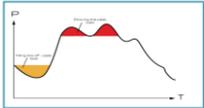
Ergänzung von **fehlenden Daten** zu Netzzuständen



Prognose **Energiepreisentwicklung**



Ertrags**prognose** PV-Anlagen-Ertrag (abhängig von vielen Externalitäten)



Prognosebasiertes **Peak-Shaving**

Geht aber auch ohne KI und stattdessen mit analytischen Methoden

- Bilderkennung
- Aging-Models
- Filter-Algorithmen (selbstadaptierend)
- Regelungskurven, -flächen

Künstliche Intelligenz (KI) wird in der Energiewirtschaft in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Hier sind einige typische Anwendungsbeispiele:

1. **Anlagenplanung:** KI kann bei der Planung von Energieanlagen helfen, indem sie die Energieerzeugung und -verteilung optimiert <sup>1</sup>.
2. **Instandhaltung, Wartung, Anlagenmanagement:** KI kann bei der Überwachung von Energieanlagen helfen, indem sie Anomalien erkennt und Wartungsbedarf prognostiziert <sup>2</sup>.
3. **Netz- und Anlagenbetrieb:** KI kann bei der Überwachung von Stromnetzen helfen, indem sie die Netzstabilität und -zuverlässigkeit verbessert <sup>3</sup>.
4. **Vertrieb und Kundenschnittstelle:** KI kann bei der Analyse von Kundenverhalten und -präferenzen helfen, indem sie personalisierte Angebote und Dienstleistungen bereitstellt <sup>1</sup>.

Es gibt viele weitere Anwendungsbeispiele für KI in der Energiewirtschaft, wie z.B. die Optimierung von Energieeffizienz, die Vorhersage von Energiebedarf und -preisen, die Integration von erneuerbaren Energien und vieles mehr <sup>1 2 3 4</sup>.

<sup>1</sup> : Quelle 1\_ <sup>2</sup> : Quelle 2\_ <sup>3</sup> : Quelle 3\_ <sup>4</sup> : Quelle 4

Weitere Informationen 

<sup>1</sup>  bdew.de

<sup>2</sup>  bing.com

<sup>3</sup>  energie-digitalisieren.de

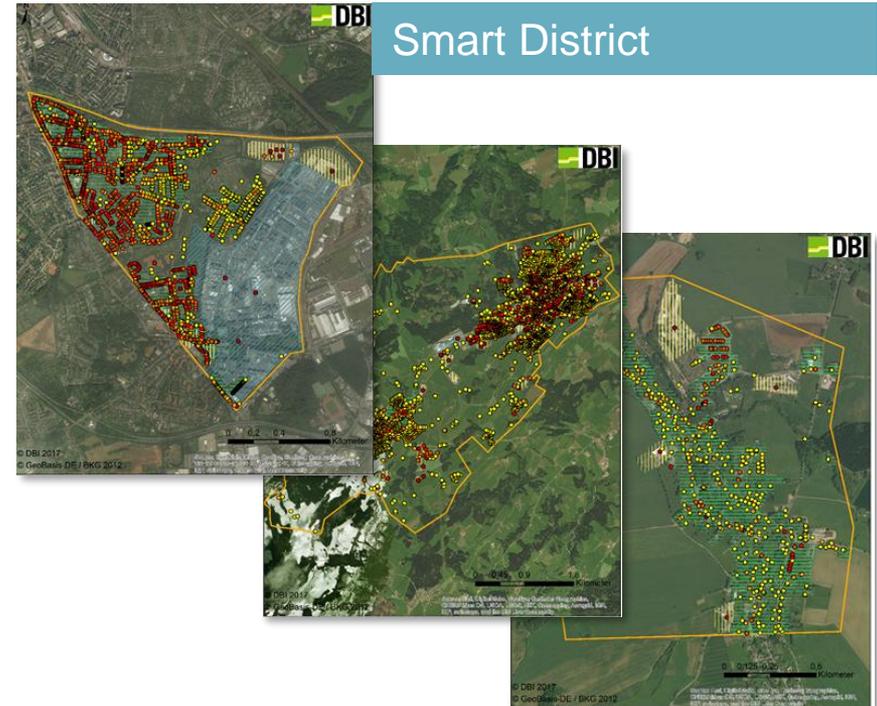
## Wasserwerk-Assistenz-System



## Live-EO

Dritt - interaktionen	Vegetations- Management	Boden- deformationen

## Smart District



## LiveEO sammelt 10 Mio. US-Dollar für KI-basiertes Abholzungsmonitoring ein (Greencode Ventures • DeepTech • Satelliten)



Startup Insider

Jan Thomas



Veröffentlicht am 07.12.2023

Dauer: 22 m



Player: Spotify

LiveEO hat in einer Finanzierungsrunde 10 Millionen US-Dollar eingesammelt. Neben Bestandsinvestoren kommen neue Partner wie der finnische VC-Investor Greencode Ventures hinzu. Das frische Kapital soll dafür eingesetzt werden, das Abholzungsmonitoring auszubauen, sodass Rodungen auf den Satellitenaufnahmen punktgenau erkennbar werden. Über eine eigene Plattform sollen die Kundenunternehmen dann die Veränderungen auf Plantagen ihrer Zulieferer überprüfen können. Damit können sie auch nachweisen, dass ihre Produkte auf Flächen angebaut werden, für die keine Bäume gefällt werden mussten. Diese Nachweismöglichkeit steigt insbesondere durch eine neue Verordnung der Europäischen Union in der Signifikanz.

# KI-Anwendungen sind „en vogue“: Neulich im Buchladen

Zweifelhafte  
Ratgeber ...?

In jedem Fall  
ein Umsatz-  
Motor.



Künstliche Intelligenz (KI) ist ein breites Feld, das viele verschiedene Technologien und Anwendungen umfasst. Es gibt viele Missverständnisse und Mythen rund um KI, die zu ihrer Mystifizierung beitragen. Einige Beispiele von Problemen, die man auch ohne KI lösen kann, sind:

1. **Einfache Algorithmen:** Viele Probleme können mit einfachen Algorithmen gelöst werden, ohne dass KI erforderlich ist. Beispielsweise können einfache mathematische Formeln zur Berechnung von Durchschnittswerten oder Wahrscheinlichkeiten verwendet werden <sup>1</sup>.
2. **Regelungskurven:** Regelungskurven können verwendet werden, um Systeme wie Maschinen oder Prozesse zu steuern und zu optimieren <sup>1</sup>.
3. **Simplex Bilderkennungstechnik:** Einfache Bilderkennungstechniken wie Schwellenwertfilterung oder Kantendetektion können verwendet werden, um Bilder zu analysieren und zu verarbeiten <sup>1</sup>.
4. **Filter-Algorithmen:** Filter-Algorithmen wie das Kalman-Filter können verwendet werden, um Rauschen aus Daten zu entfernen und Vorhersagen zu treffen <sup>1</sup>.

Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass KI in vielen Fällen eine leistungsfähigere und effektivere Lösung für komplexe Probleme bietet. KI kann beispielsweise verwendet werden, um Muster in großen Datenmengen zu erkennen, Vorhersagen zu treffen und Entscheidungen zu automatisieren <sup>2 3 4</sup>. Es ist auch wichtig zu beachten, dass KI-

# ***(Geplante) KI-Anwendungen im DVGW:***

- ➔ **ChatBot F&E**
- ➔ **ChatBot Regelwerk**
- ➔ **KI in der Beruflichen Bildung**

# Wissensmanagement im Kontext von Forschungsvorhaben (interne Anwendung)

F&E



ChatBot

Produkt-  
Steckbrief

Forschungsberichte und Fachartikel



Umsetzung:  
in 2024  
Gebrauch:  
intern (dedizierte  
F&E-Gruppe im  
DVGW)  
Kommerzialisierung:  
nein

# Wissensmanagement im Kontext von Forschungsvorhaben

## Beispielhafte Abfrage

F&E



*„Kann ich eine Gasverteilnetzleitung mit ihren Anlagenkomponenten und Einbauteilen für die Wasserstoffnutzung umstellen?“*



### Antwort

*Gasleitungen lassen sich auf Wasserstoff umstellen, wie eine Studie zu Rohrleitungsstählen belegt hat. Hier der Link auf die Studie: [1]*

*Bei Einbauteilen und Geräten spielt neben der Materialeignung eine Rolle, ob die Funktionalität bei der Umstellung auf Wasserstoff erhalten bleibt. Dies ist in vielen Fällen gegeben, wie Versuche belegen [2], [3], [4].*

*Die Frage lässt sich positiv beantworten, wenn eine Gerätezulassung für Wasserstoff vorliegt. Siehe hier die von der DVGW CERT veröffentlichte Liste der H2-20- H2-100-Geräte [5].*

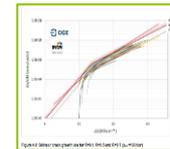
*Die Datenbank VerifHy liefert zu Anlagenkomponenten dedizierte H2-Eignungsaussagen und beinhaltet Herstellerinformationen zu H2-ready Alternativen [6].*

### Referenzen & Links

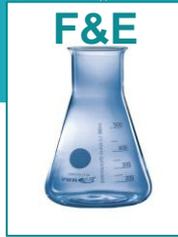
[1] SyWeSt-H2

[2] ...

### Grafiken



# Wissensmanagement im Kontext von Forschungsvorhaben: Herausforderungen:



Für das Forschungs-Wissensmanagement gibt es besondere **Herausforderungen**:

- **Zeitliche Komponente:** "was gibt es Neues zu ...?" kann nur dann von einer KI verarbeitet werden, wenn sie die Ergebnisse der Vergangenheit chronologisch geordnet in ihrer Antwort verarbeiten kann
- **Ergebnisdarstellung:** Forschungsberichte nutzen häufig Formeln und Grafiken zur Verdeutlichung der Textinhalte. Wie aussagekräftig sind diese Daten aber für eine multimodale KI? Eventuell reicht die textbasierte KI, die auf Quellen inkl. Grafiken verweisen kann
- **Genutzte Sprache:** Forschungsberichte sind meist nur im Executive Summary in einfacher Sprache gehalten, jedoch soll die KI sehr spezifische Fragen beantworten können.

# Wissensmanagement im Kontext von Forschungsvorhaben

## Erwartete Vorteile/Verbesserungen:

F&E



Durch einen **niedrigschwelligen Zugang** zu erzielten Forschungsergebnissen erhofft der DVGW sich

- eine noch **schnellere Verbreitung** neuer Ergebnisse
- eine schnellere **Umsetzung** aktueller Forschung in der täglichen Arbeit (Gremien, Zertifizierung, Labor, ...)
- Verfügbarkeit von **Historienwissen** zu Themenfeldern



Die offensichtliche Nutzung ist der Regelwerks-Chatbot:

- Kunden können inhaltliche Fragen zu ihren gekauften Regelwerken stellen
  - "Wo finde ich **Informationen zu...**"
  - "Welche **Arbeitsschritte...**"
  - "Welches **Material...**"
- ... aber auch Fragen im **Zeitkontext**:
  - "Was hat sich mit der letzten Veröffentlichung geändert?"

Projekt ist aktuell in der Pilotphase, der Bot wird später auch Hinweise auf **Regelwerke mit mehr Informationen** zum Thema geben können.



## DVGW-Regelwerk



Produkt-Steckbrief

Umsetzung:  
in 2024  
Gebrauch:  
extern  
Kommerzialisierung:  
ja, als Regelwerks-  
erweiterung

# Denkbare Weiterentwicklung des Regelwerk-Bots um Gesetze, Verordnungen, Förderrichtlinien, etc.



## DVGW-Regelwerk



## Erweiterung

Andere Regeln	Gesetze & Verordnungen	Förderrichtlinien

# KI in der Beruflichen Bildung – Beispiel



Generierung von (digitalen) Lerninhalten,  
Prüfungsfragen und Musterantworten  
aus den Bildungsmaterialien



Produkt-  
Steckbrief

Umsetzung:  
in 2024  
Gebrauch:  
Intern/extern  
Kommerzialisierung:  
nein, interne  
Arbeitserleichterung

Bildungs- und Qualifikationsprogramm des DVGW





Generierung von (digitalen) Lerninhalten,  
Prüfungsfragen und Musterantworten  
aus den Bildungsmaterialien



Erweiterung

Bildungs- und Qualifikationsprogramm des DVGW

KI-gestützter virtueller Tutor

Chatbot integriert in die Lern-  
plattform Moodle ist:

- Hilfe-Funktion
- Fachinformationsquelle
- Lernpartner



## Office-Alexa

### Frage:

„Was sagt gerade

- das Regelwerk
- VerifHy
- politische Stellungnahmen
- der GTP
- die nächsten Konferenzen
- die Forschung
- der „Flurfunk“

in Bezug auf Wasserstoff im  
Heizungssektor?“



**Ende Teil 11 –  
Innovationen**

**Nächster Teil 12 –  
Zusammenfassung**