



**Schlussbericht/Jahresbericht** 14. Januar 2013

---

# **IDEALHY**

Integrated Design for demonstration of efficient  
liquefaction of hydrogen

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Wasserstoff  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Kofinanzierung:****Auftragnehmer:**

WEKA AG  
Schürlistrasse 8  
CH-8344 Bäretswil  
[www.weka-ag.ch](http://www.weka-ag.ch)

**Autoren:**

Michael Börsch, WEKA AG, [m.boersch@weka-ag.ch](mailto:m.boersch@weka-ag.ch)

<http://www.idealhy.eu/>

**BFE-Bereichsleiter:** Dr. Stefan Oberholzer

**BFE-Programmleiter:** Dr. Stefan Oberholzer

**BFE-Vertrags- und Projektnummer:** SI/500693-01, SI/500693

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

# **Inhaltsverzeichnis**

- 1. Abstract**
  - 2. Einleitung / Projektziele**
  - 3. Kurzbeschreibung des Projekts / der Anlage**
  - 4. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse**
  - 5. Nationale / internationale Zusammenarbeit**
  - 6. Bewertung 2011 bis 2013**
- Anhänge I bis VII**

# 1. Abstract

In processes for the liquefaction of hydrogen, valves are required to control or stop flow. As part of the IDEALHY project, research has been carried out into valves that are used for cryogenic mass flow, so called cryovalves. The projected increase in liquefaction capacities and system pressures require valve sizes that are not currently available.

In the project, a new valve design has been developed and tested which satisfies the requirements of future processes for hydrogen liquefaction and has sufficient capacity for further improvement in performance.

The new valves are equipped with a compensation function for the forces exerted on the valve spindle by the pressure. The unique feature of the design of the pressure compensation is that the fluid works on the warm end of the valve via a heat exchanger. This means the necessary sealing functions can be achieved considerably more easily.

These sealing functions have been tested for valves up to the maximum size of DN400. The valve concept has also been tested using a prototype under cryogenic conditions and the effectiveness has been proven.

## 2. Einleitung / Projektziele

Um den zukünftigen Bedarf an Wasserstoff decken zu können, müssen die Verflüssigungskapazitäten in den nächsten Jahren deutlich erhöht werden.

Die Europäische Union unterstützt im Rahmen des Forschungsprogramms „7. Framework Programme“ Entwicklungsarbeiten, in denen dafür die Grundlagen geschaffen werden. Das Projekt IDEALHY (Integrated design for demonstration of efficient liquefaction of hydrogen, [www.idealhy.eu](http://www.idealhy.eu)) wurde im Zeitraum vom November 2011 bis Oktober 2013 ausgeführt.

Die WEKA entwickelte und testete in IDEALHY Konzepte und technische Lösungen, um die Grundlagen sowie erreichbare Spezifikationen für zukünftig benötigte Ventile und weitere Komponenten zu erarbeiten. Zukünftige Ventile werden durch deutlich grössere Nennweiten DN250 bis 400 bei höheren Drücken von etwa 80bar gekennzeichnet sein, die heute als kryogene Ausführungen, die den Anforderungen im Betrieb mit flüssigem Wasserstoff gerecht werden, noch nicht vorhanden sind.

Im Detail werden folgende Aufgaben durchgeführt:

- Zusammentragen und Systematisieren von Informationen zu State-of-the-art Kryo- und Warm-Ventilen, Bewerten der technischen Parameter hinsichtlich Funktion und Effizienz
- Aufstellen der Grenzen für technisches Design, Bereich möglicher Spezifikationen ermitteln
- Bericht erstellen, Analyse der bestehenden Anlagen sowie Vorauswahl von large-scale Verflüssigungskonzepten unterstützen
- Design Konzepte für Kryokomponenten (Ventile, Kupplungen) grosser Nennweite entwerfen und hinsichtlich Investitions-, Anlagen- und Prozesskosten bewerten
- Technische Lösungen für Schlüsselfunktionen entwerfen (für Abdichtung, Absperren, Regeln, Betätigen) mit den Schwerpunkten Sicherheit, Zuverlässigkeit, Energieeffizienz, Gesamtkosten und Wartungsfreundlichkeit
- Verfügbare Komponenten und Materialien ermitteln
- Funktionsmuster für Test der Schlüsseleigenschaften sowie Testeinrichtungen fertigen

## 3. Kurzbeschreibung des Projekts / der Anlage

Hydrogen is expected to play a prominent role as a future clean transport fuel. Logistically, liquid hydrogen delivery appears the only viable option to supply larger filling stations in the medium term. However, at present liquefaction of hydrogen is expensive, energy intensive and relatively small scale. Reduction of costs and increased efficiency will be crucial. Without developing a liquefaction capacity, there is a serious risk to hydrogen infrastructure expansion.

The IDEALHY project (November 2011 – October 2013) aims at a substantial reduction of power consumption for large-scale hydrogen liquefaction (about 50 tonnes/day capacity) through conceptual process design and components development. Compared to current state-of-the-art mid-scale liquefiers (5 tonnes/day [1]), a goal of about 45% reduction in specific power is targeted. IDEALHY will also develop a detailed strategic plan for large-scale demonstration of efficient hydrogen liquefaction and options for location.

## 4. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Im Arbeitspaket WP1 wurde eine Recherche zu vorhandenen kryogenen Ventilen und deren maximaler Grössen durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass es keine Ventile in den benötigten Nennweiten gibt, die die Anforderungen hinsichtlich Dichtigkeit, Regelverhalten und Service erfüllen. Zu den Resultaten wurde eine Präsentation durchgeführt und ein Bericht verfasst. Darüberhinaus wurde die vorläufige Spezifikation kryogener Ventile bis zur Nennweite DN400 erstellt. Siehe auch Anhang I.

Im weiteren Projektverlauf wurden im Arbeitspaket WP2 detaillierte Design-Konzepte für zwei DN400-Ventile der Druckstufe PN50 und PN110 entwickelt und unter verschiedenen Gesichtspunkten (Funktion, Zuverlässigkeit, Kosten) bewertet und optimiert. Das Konzept beruht dabei auf einem Druckausgleichssystem mit integriertem Wärmetauscher, welches den Druck des kryogenen Wasserstoffes zum Betätigen des Ventils auf der warmen Ventilseite nutzt. Dieses Prinzip ermöglicht die Verwendung herkömmlicher Antriebe trotz der sehr hohen Kräfte innerhalb des Ventils. Es wurden Berechnungen zur Festigkeit, zur Funktion des integrierten Wärmetauschers, zu den Betätigungskräften, zu erforderlichen Toleranzen, zum Wärmeeinfall u.s.w. durchgeführt. Für die Schlüsselkomponenten (Dichtungen, Antriebe, Metallballe) sowie für die notwendigen Materialien (Rohre, Profile) wurde die Verfügbarkeit überprüft. Dabei wurde festgestellt, dass die ausgearbeiteten Konzepte mit Komponenten guter Verfügbarkeit umsetzbar sind. Eine wesentliche Voraussetzung für das Konzept ist die Dichtigkeit des Druckausgleichsystems. Es ist wichtig, die Funktion dieses Konzepts praktisch zu überprüfen. Zu diesem Zweck wurden Ventildichtungen angefertigt und eine Prüfeinrichtung entwickelt. Darüberhinaus wurde ein verkleinertes Prototypen-Ventil entwickelt. WEKA wirkte an der Durchführung einer umfassenden Sicherheitsanalyse mit und konnte seine Prozess- und Komponentenkenntnisse einbringen. Bei verschiedenen Konferenzen, bei denen WEKA als Aussteller vertreten war, wurde mit Flyern und Projektpostern über das Projekt und die Ventilentwicklung informiert.

Im Folgenden sind die einzelnen Tasks sowie die Resultate der Arbeiten dargestellt, wie sie auch für den Period 2 Report angegeben worden sind. Ausserdem ist der Status der Deliverables und Meilensteine dargestellt. Für den Projektreport der 2. Periode sind in den Anhängen II bis V Auszüge aus den Präsentationen der WEKA an den Projektgruppenmeetings beigefügt. Der Projektplan der Arbeiten von WEKA ist im Anhang VI dargestellt. Anhang VII zeigt das IDEALHY Prototypenventil.

a) Design concepts for big sizes cryovalves and components (e.g. coupling)

Design concepts are elaborated and detailed for cryogenic valves in PN50 and PN110 with orifice bore 380mm and 350mm. The new valve concept features a compensation of the very high forces caused by the fluid pressure so that conventional actuators can be used. Relevant forces, strengths were calculated particularly for actuating, sealing and shrinking of materials. A chamber for compensating the fluid pressure and the dedicated valve insert with integrated heat exchanger have been designed and calculated in terms of temperature profile and regenerator properties.

Availability and costs of materials, manufacturing, assembling has been reviewed and compared with cryogenic valve sizes applied in today's hydrogen liquefiers.

Cryogenic couplings were analysed and calculated up to DN150/PN10 what is corresponding to a kv-value of about factor 10 compared to current coupling sizes.

b) Assess relating invest/plant/process costs

A cost comparison to current valve sizes has been carried out showing that the new IDEALHY valve design is less costly compared to increased ratio. Further considered cost aspects were

In order to optimise the costs of the process and of the system, attention was given in the design of the valves to flow behaviour and to heat accumulation.

c) Elaborate solutions for key functions (sealings, flow control mechanism, actuating)

The regenerative heat exchanger is a key feature of the new valve design. It enables the dynamic seals to be located in the warm section of the valve. Most important for the functionality of the pressure-compensated cryogenic valve is the reliable operation of the seal of the compensation chamber, as well as the seat seal.

Such seals have previously only been used on a small scale but for IDEALHY they are needed in much larger dimensions. Moreover precision, guidance and surfaces are crucial factors.

Focus also was laid on the control mechanism and actuating of the cryogenic valve so it can be used for flow control under consideration of several service conditions. Technical solutions for these key functions has been elaborated and calculated.

d) Search for applicable components (e.g. sealings), materials

The fully designed valve has been analysed with regard to manufacturability and availability of the individual components. The possibility of using standard components from catalogues has been checked, and bids have also been invited from suppliers for designed components and subassemblies. The availability and manufacturability of the components has been demonstrated by the functional models and the prototype of the valve.

e) Manufacture auxilliary equipment for tests and functional models

A test rig has been constructed and assembled for the test, containing the geometry of the valve seat and enabling the seal to be extended and retracted. The dynamic behaviour in the case of flow, pressure surges, pressure or temperature changes in front of and behind the seal can, however, has been checked on the cryogenic prototype valve with relating test infrastructure.

f) Test key functions at functional models (endurance tests, cryotest)

In an initial series of trials in the seal integrity test, special engineered types of seals were tested in maximal dimension of the new valve design by a nominal width of DN400.

Static and dynamic tests as well as typical service situations have been carried out.

After several design optimizations the seals passed the tests in terms of resistance to wear and leakage rates and are suitable to be used in the IDEALHY cryogenic valve design.

A second important aspect involves the testing of the functional principle with the integrated heat exchanger. This is intended to investigate whether the valve design and the developed type are suitable for use as a cryogenic valve of large nominal width.

The valve is to pass a warm and a cryogenic functional test. The necessary prototype has all the main components and the important features. The size of the valve in the DN100/PN110 version meets the requirements specified by the IDEALHY process.

g) Prepare report describing feasible standards and specification for big size cryo-components

Detailed components report with properties and specifications of big size cryo valves has been compiled.

Significant results:

In IDEALHY a novel and innovative valve concept has been developed and tested which meets the requirements of future processes of hydrogen liquefaction and which has a reserve for further increase in performances.

These new cryogenic valves features a compensation of the pressure induced forces against the valve stem. In this way the force necessary to drive the valve can be significantly reduced, i.e. conventional pneumatic drive systems can be used.

This equalization unit is designed to be placed at the warm end of the valve for a much easier solution of the required sealing function. Such sealings were tested up to nominal sizes of DN400. Besides a prototype of the cryogenic valve has been manufactured and tested under warm and cryogenic service conditions. In result the functional capability of the concept could be proofed.

TABLE 1. DELIVERABLES							
Del. no.	Deliverable name	WP no.	Lead beneficiary	Nature	Dissemination level	Delivery date from Annex I (proj month)	Delivered Yes/No
D2.2	Report on components' development	WP2	WEKA	R	PU	Month 18	Yes
D5.2	Assessment of complete plan and detailed design for a next-generation liquifier plant	WP5	TUD, Linde, WEKA	R	PU	Month 24	Yes

TABLE 2. MILESTONES							
Milestone no.	Milestone name	Work package no	Lead beneficiary	Delivery date from Annex I	Achieved Yes/No	Actual / Forecast achievement date	Comments
M2.2	Large scale nominal size valves engineered and constructed	WP2	WEKA	Month 18	Yes		

## 5. Nationale / internationale Zusammenarbeit

Das Projekt fand im Rahmen des 7. Framework der EU statt und wurde von einem internationalen Konsortium bearbeitet.

Im Konsortium arbeiteten folgende Partner mit:

Participant no.	Participant organisation name	Country
1 (Coordinator)	SHELL Global Solutions International B.V	NL
2	Linde Kryotechnik AG	DE
3	SINTEF	NO
4	University of Loughborough	UK
5	TU Dresden	DE
6	North Energy Associates Ltd	UK
7	WEKA AG	CH
8	PLANET – Planungsgruppe Energie und Technik GbR	DE

Ausserdem ist die Fa. Kawasaki Heavy Industries (JP) beim Projekt als Beobachter dabei.

## 6. Bewertung 2011 bis 2013

Im Jahr 2011 wurden die notwendigen vertraglichen Vereinbarungen abgeschlossen und das Projekt wurde gestartet. Darüber hinaus wurden die Arbeitspakete WP 1 und 2 mit den Projektpartnern abgestimmt und die Aufgaben im Detail geplant.

Die Arbeiten an Task1.1 „Technology overview“ wurden gestartet.

Schwerpunkt der Arbeiten im Jahr 2012 stellte der Task 2.2 “Assessment, selection and potential improvement of components” dar.

Es konnten wichtige Recherche-Arbeiten, die Ergebnisanalyse und die Formulierung der Spezifikation ausgeführt werden. Ausserdem wurde ein Funktionsprinzip für die benötigten Ventilgrössen ermittelt und konstruktiv umgesetzt. Die Schlüsselfunktionen wurden identifiziert und der Test wichtiger Eigenschaften am Funktionsmuster vorbereitet.

In den Jahren 2012 und 2013 konnten die Tests von Schlüsselfunktionen, insbesondere in Zusammenhang mit dem verwendeten Dichtprinzip, an Funktionsmustern durchgeführt werden. Dabei wurden Optimierungen ausgeführt und die Eignung für den Einsatz im Ventil konnte festgestellt werden. Es wurden Berechnungen und Auslegungen durchgeführt, die z.B. das neuartige Prinzip des Wärmeübertragers/Regenerator betrafen. Im Weiteren wurde ein Prototypenventil konstruiert und hergestellt. Am Prototypenventil wurden Tests durchgeführt, die die Funktionsfähigkeit aufzeigten. Im Ergebnis konnte ein völlig neuartiges Design-Prinzip entwickelt und überprüft werden, welches den Bau kryogener Regelventile für grosse Nennweiten bei gleichzeitig hohen Drücken ermöglicht. Derartige Ventile werden in zukünftigen Anlagen benötigt, die der Verflüssigung und Verteilung grosser Mengen von Wasserstoff dienen.

Die Deliverables wurden erfüllt, die Meilensteine erreicht und das Projekt konnte erfolgreich abgeschlossen werden.