



„Klimaschutz im (Physik-)Unterricht, Test mit einer mobilen Wärmepumpe/Kälteanlage“

Vom Bundesumweltministerium gefördertes bundesweites IKKE-Schulprojekt

1. Beschreibung des Vorhabens

1.1 Hintergrund

Um der globalen Erderwärmung zu begegnen, soll die Energienutzung mit immer geringeren Emissionen von Treibhausgasen – insbesondere CO₂ – einhergehen.

Die Bewegung “Fridays for Future“ zeigt, dass sich Schüler und Schülerinnen massiv für die Erhaltung unserer Umwelt einsetzen. In diesem Sinne sollen sie im Rahmen des Projektes als die leistungstragenden Akteure von morgen sowohl über den beobachteten Klimawandel als auch über mögliche Problemlösungen informiert werden.

1.2 Handlungsfelder

Der Gebäudebereich wird regelmäßig – so auch im nationalen Klimaschutzprogramm – als sehr wichtiges Aktionsfeld beim Erreichen der Klimaschutzziele identifiziert.

Mehr als 55 % der Endenergie in Deutschland wird für die Bereitstellung von Kälte und Wärme aufgewendet. Die Wärmepumpen- bzw. Kälte-/Klimatechnik wird zukünftig einen erheblich wachsenden Beitrag bei der Bereitstellung von Wärme und Kälte leisten, sowohl im privaten als auch im gewerblichen und industriellen Bereich.

Die Bereitstellung von Kälte kann durch Systeme des neuesten Standes der Technik um ca. 30 – 50 % energieeffizienter erfolgen. Mit dem gleichen thermodynamischen Prozess kann durch Nutzung von Umgebungswärme mit Wärmepumpen Raumwärme und Warmwasser mit einer Energieeffizienz von 200 – 500 % bereitgestellt werden. Insgesamt kann so eine erhebliche Einsparung von Antriebsenergie und Emissionen realisiert werden.

1.3 Ziele

Die Möglichkeiten klimafreundlicher Verhaltensweisen sind Schülern und Schülerinnen mehrheitlich vor allem in bestimmten Bereichen, wie z. B. der Mobilität, bewusst. Für die Technik der „thermodynamischen“ Maschinen trifft dies nicht zu. Sie ist nicht allgemein bekannt und in der Regel auch nicht Gegenstand des schulischen Unterrichts.

Am Beispiel einer transportablen und steuerbaren Kältemaschine/Wärmepumpe zur gleichzeitigen Erzeugung von warmem und kaltem Wasser (nachfolgend Aggregat) sollen einem haptischen Ansatz folgend die energetischen Prozesse veranschaulicht werden. Die Zusammenhänge von Energieverbrauch, Temperatur sowie Wärme- bzw. Kälteleistung sollen in Versuchsreihen gemessen und ausgewertet werden. Zudem soll anhand der Einbindung der experimentellen Arbeiten in grundlegende theoretische Überlegungen mit Blick auf den Kohlenstoffkreislauf der Erde sowie unter Einbeziehung verschiedener Pfade der Energieerzeugung der unmittelbare Beitrag dieser Technik zur Minderung der Treibhausgasemissionen herausgearbeitet werden. Mit diesem „erlebbareren Klimaschutz“ sollen sich Schüler und Schülerinnen ihrer Einflussmöglichkeiten bewusst werden und zugleich zusätzliche naturwissenschaftliche Erkenntnisse erlangen.

2. Rahmen

Das Schulprojekt "Klimaschutz durch Kältemaschinen" ist Bestandteil des Verbundprojektes der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) bzw. vorher vom Bundesumweltministerium (BMU) geförderten Online-Klimaschutzberatung für Deutschland. Es soll beispielhaft an etwa 80 Schulen in mindestens acht Bundesländern angewendet werden und mindestens 1.500 Schüler erreichen.

Es sollte ursprünglich bis 31.12.2021 laufen. Pandemiebedingt wurde eine Verlängerung der Laufzeit bis Ende 2023 beantragt.

Es wird von einer „ArGe Kälte“ entwickelt und umgesetzt.

Der ArGe Kälte gehören an:

Karsten Beermann (GF IKKE – Informationszentrum für Kälte-, Klima- und Energietechnik); Zuwendungsempfänger

Jörn Schwarz (Ice-TeX Ingenieurbüro)

Prof. Dr. Michael Arnemann (Hochschule Karlsruhe)

Wolfgang Müller (ehemals BMU)

3. Gegenstand und Umsetzung des Projektes

- 3.1 Das IKKE hatte zunächst einen Prototyp des Aggregates entwickelt und dazu eine Betriebsanweisung (siehe Anlage) erstellt. Es kann in einem PKW transportiert werden. Als Kältemittel wird das umweltfreundliche Propan verwendet.

Erste Geräte wurden inzwischen zum Verbleib in Schulen bzw. Einrichtungen bereitgestellt. Eine Bedienungsanleitung wird mitgeliefert.

Bis Ende 2022 sollen im IKKE bis zu 25 Aggregate als Kleinserienproduktion gefertigt werden.

Die Bereitstellung der Geräte ist für die teilnehmenden Schulen kostenlos. Über deren Verbleib nach Beendigung der Projektlaufzeit wird später entschieden.

Grundsätzlich soll der bürokratische Aufwand so gering wie möglich gehalten werden. Vorschläge für die Vereinfachung von Abläufen werden gerne entgegengenommen.

- 3.2 Zielgruppe sind Schüler der 9. bis 11. Klassen der allgemeinbildenden Schulen und der Berufsschulen.

- 3.3 Dem entsprechend hat die ArGe Kälte ein auf das Fach Physik gerichtetes Unterrichtskonzept als PowerPointPräsentation (PPP) für insgesamt 4 Unterrichtsstunden unter Mitwirkung des Robert Havemann Gymnasiums (RHG) in Berlin-Karow und des Gymnasiums Martineum in Halberstadt (Sachsen-Anhalt) entwickelt. Die PPP wird auf Grund des Datenvolumens (ca. 45 MB) als Download zur Verfügung gestellt. Das Konzept versteht sich als „lebendes“ Dokument, d. h. neue Erkenntnisse sollen zeitnah eingearbeitet werden.

Das Konzept beinhaltet u. a. wesentliche Aspekte des Gegensteuerns gegen die globale Erderwärmung. Dazu gehören z.B. physikalische Grundlagen und Ursachen für die Verstärkung des Treibhauseffekts, die Darstellung des Kohlenstoffgehaltes der Erdoberfläche sowie des Kohlenstoffkreislaufs. Ergänzend werden unterschiedlich gestaltete Energiesysteme einschließlich verschiedener Aspekte der Wasserstoffnutzung erläutert. Dargestellt werden auch die Entwicklung der Emissionen der wichtigsten Treibhausgase sowie nationale und internationale Klimaschutzmaßnahmen.

Es enthält darüber hinaus Informationen zu allgemeinen gesellschaftlichen und politischen Entwicklungen und ihren Auswirkungen auf die Umwelt sowie insbesondere das globale Klima. Es kann daher grundsätzlich auch im Rahmen von Veranstaltungen zu gesellschaftspolitischen und wirtschaftswissenschaftlichen Themen genutzt werden.

- 3.4 Das Konzept versteht sich als ein Angebot. Den Vortragenden – in der Regel Physiklehrende – steht es frei, welche Inhalte sie entsprechend ihrem pädagogischen Anliegen übernehmen.
- 3.5 Die Entwicklung weiterführender Unterrichtsmaterialien, wie z. B. von Arbeitsblättern, durch die ArGe Kälte ist grundsätzlich nicht vorgesehen.

Sofern jedoch vorgesehen wird, dass die Schüler sich im Rahmen von Hausaufgaben gezielt auf bestimmte Fragestellungen vorbereiten, können durch die ArGe Kälte Vorschläge dafür erarbeitet werden.

- 3.6 Neben der Vermittlung von Wissen, bezogen auf Ursachen des globalen Klimawandels und Maßnahmen zu dessen Minderung, soll auch Interesse bei Schülerinnen und Schülern für eine Berufsorientierung in Richtung Klima- und Umweltschutz und insbesondere Wärmepumpen- sowie Kälte- und Klimatechnik geweckt werden.

4. Begleitung des Projektes

- 4.1 Am 14. und 15.10.2021 fand im Informationszentrum für Kälte-, Klima- und Energietechnik – IKKE gGmbH Duisburg im Rahmen eines 2-tägigen Workshops ein erster Probeunterricht mit Umschülern unter Einbeziehung des Tests des Prototyps statt.

Eingeladen waren beteiligte Pädagogen, BMU, co2online, DKV, Vertreter von Fachzeitschriften sowie des Bundesinnungsverbandes, Vertretungen von Landesbehörden (Sachsen-Anhalt und Berlin). Die kältetechnische Fachpresse hat darüber berichtet.

Generell zeigten die teilnehmenden Schüler und Schülerrinnen großes Interesse, beteiligten sich aktiv und stellten zahlreiche Fragen politischer, wirtschaftlicher und fachlicher Natur. Dabei haben sich sowohl die haptische Erfahrung als auch die manuelle Erfassung der Daten bewährt.

- 4.2 Im November 2023 ist eine abschließende Bewertung des Projektes im Rahmen des zweiten Workshops vorgesehen.

5. Öffentlichkeitsarbeit

Die Öffentlichkeitsarbeit erfolgt in Kooperation mit Branchenverbänden und -vereinen, Ausbildungsinstitutionen, dem BMWK sowie im Rahmen der Umsetzung in den Bundesländern - auch direkt mit den Schulen.

Das Projekt wurde auch im Rahmen der Berliner Energietage, Veranstaltung 6.05, am 3. Mai 2022 vorgestellt.

6. Umsetzung in den Bundesländern

6.1 Ansprache

Die Ansprache der Schulen durch die ArGe Kälte ist sowohl direkt als auch über die für Bildung zuständigen Ministerien bzw. ihrer nachgeordneten Behörden (nachfolgend Schulverwaltungen) vorgesehen.

6.2 Einsatz der Aggregate

Als Einsatzmöglichkeiten der Aggregate und der Unterrichtsmaterialien wurden bisher identifiziert:

- Allgemeinbildende und berufsausbildende Schulen, dort insbesondere im Physikunterricht und in einschlägigen Arbeitsgruppen,
- Zentrale Standorte für verschiedene Aus- und Fortbildungsmaßnahmen,
- Aus- und Fortbildung durchführende Einrichtungen des Handwerks und der Industrie sowie
- Weitere Standorte für die Fortbildung von Lehrern und anderen fachlich berührten Mitarbeitern.

6.3 Organisation

Vorbereitung und Durchführung erfolgen direkt mit den Schulen unter Beachtung der konkreten Bedingungen und ggf. in Abstimmung mit den jeweiligen Schulverwaltungen.

Letztere unterstützen bei der:

- Identifizierung und Ansprache der Schulen und weiterer fachlich berührter Einrichtungen,
- Erstellung der Einsatzkonzepte (insbesondere Zeitplan),
- Durchführung einer Auftaktveranstaltung mit allen relevanten Akteuren und eines Demonstrationsunterrichtes.

Von den teilnehmenden Schulverwaltungen wird möglichst ein ständiger Ansprechpartner gegenüber der ArGe Kälte benannt.

In jedem Bundesland bzw. aus jeder Region, aus dem bzw. der Schulen teilnehmen, erfolgt eine Auftaktveranstaltung.

Die ArGe Kälte transportiert das Aggregat zur Auftaktveranstaltung. Der Transport zwischen den teilnehmenden Schulen soll vor Ort organisiert werden.

Vertreter der ArGe Kälte nehmen zumindest an der Auftaktveranstaltung teil und gestalten den Demonstrationsunterricht. Darin einbezogen ist auch der Test mit der mobilen Kälteanlage bis hin zur Auswertung der Testergebnisse.

Eine Exceldatei zur Datenerfassung sowie ein Arbeitsblatt dazu stehen als Download zur Verfügung.

Mitglieder der ArGe Kälte stehen grundsätzlich auch für weitere Veranstaltungen bereit.

Sollte später noch ein weiteres Aggregat in einem Bundesland zur Verfügung gestellt werden, könnte der Antransport mit einer Zwischenauswertung verbunden werden.

Das Unterrichtskonzept wird in Form einer Power Point Präsentation (PPP) als Download jeweils für den angefragten Zweck zur Verfügung gestellt. Sie soll nicht an Dritte weitergegeben werden.

Eine Nutzung der Unterrichtsmaterialien für die Fortbildung ist ebenso eine gewünschte Option wie für die Nutzung außerhalb des Physikunterrichts, z.B. im Rahmen von gesellschaftswissenschaftlichen Kursen.

Es wird interessierten Schulen in allen Bundesländern die Möglichkeit eingeräumt, das Unterrichtskonzept zu nutzen.

Anfragen zur Nutzung und Umsetzung des Schulkonzepts können über die Webadresse <http://www.i-k-k-e.com/> gestellt werden.

7. Abschluss des Vorhabens

7.1 Der Einsatz im Unterricht im Rahmen des Vorhabens soll zeitnah zu den Herbstferien 2023 beendet werden. Andere Nutzungen können noch bis Ende 2023 erfolgen.

7.2 Bei Bedarf erfolgt eine Auswertung mit den jeweiligen Schulverwaltungen bis Oktober 2023. Sofern bei diesen Interesse besteht, können dazu Workshops durchgeführt werden.

7.3 Für das Gesamtprojekt wird bis 30.11.2023 der Entwurf eines Abschlussberichts erarbeitet.

7.4 Der Abschlussbericht soll dem Zuwendungsgeber bis 30.01.2024 zugeleitet werden.

Für die Arge Kälte

Berlin, 16.09.2022

Wolfgang Müller

Kontakt:

E-Mail: Wolfgang_mueller@icloud.com; Tel.: 0151 41919516

Anlagen



Schulprojekt



Inhaltsverzeichnis

1. Warnhinweise	4
2.1. Gerätebeschreibung	6
2.2. Technische Daten	7
2.3. Funktionsbeschreibung	8
2.4. Fließbild	9
3.1. Sicherheitsvorschriften	10
3.2. Betriebsvorbereitung	10
3.3. Inbetriebnahme	10
4. Instandhaltung	
4.1. Reinigung	11
4.2. Wartung	11
4.3. Reparatur	11
5. Kontakt	12



Bild 1: Vereistes Wasserbecken (Verdampfer)



1. Warnhinweise

Bitte lesen Sie sich diese Gebrauchsanweisung und folgende Informationen aufmerksam durch und bewahren Sie diese sorgfältig auf.

Wichtige Hinweise: Obwohl diese Anlage nach dem Stand der Technik betriebstechnisch und normgerecht gebaut wurde, können Gefahren auftreten. Dies kann der Fall sein, wenn die Anlage von nicht geschultem oder nicht eingewiesenem Personal bedient oder nicht nach der bestimmungsgemäßen Verwendung eingesetzt wird.

Achtung:



Anlage steht unter Druck und enthält brennbares Kältemittel. Bei undichter Stelle sofort den Hersteller kontaktieren.



Anlage wird mit Strom betrieben. Vor Reparaturarbeiten bitte den Stecker ziehen.



Es besteht eine unmittelbare Verbrennungsgefahr an der Heißgasleitung. Diese deshalb nicht berühren.



Extrem niedrige Temperaturen im Bereich des Eisbeckens.



Die Anlage darf nie ohne ausreichend Wasser in den Becken betrieben werden.

Die Becken müssen bis zur Markierung befüllt werden.



Nach Benutzung der Anlage bitte die Wasserbecken wieder entleeren und mit klarem Wasser reinigen.

Dadurch wird die einwandfreie Funktion und der optische Zustand der Anlage beibehalten.

2.1. Gerätebeschreibung



- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Gehäuse | 8. Warmwasserbecken
(Verflüssiger) |
| 2. Temperaturanzeigen | 9. Sammler |
| 3. Manometer ND-Seite | 10. Schauglas |
| 4. Anzeige (Leistung/Verbrauch) | 11. Expansionsventil |
| 5. Manometer HD-Seite | 12. Kaltwasserbecken
(Verdampfer) |
| 6. Verdichter | |
| 7. Trockner | |

2.2. Technische Daten

Kälteanlage mit Wärmerückgewinnung

Verdichter: Hersteller: Secop
Serien-Nr.: 2917235363

Kältemittel: Typ: R290
Füllmenge: 350g
Chem. Formel: C_3H_8



Gesamtgewicht: 38 kg (51kg mit Wasser (11l/2l))
Maße L*B*H: 58cm x 58cm x 58cm

Bild 2: Verzinnnes Verflüssigerregister, mit dem Verdichter verlötet



2.3. Funktionsbeschreibung

Die Anlage besteht aus den 4 Hauptkomponenten einer Kälteanlage: einem Verdichter, einem Verflüssiger (Wärmebecken), einem Verdampfer (Kältebecken) und dem Drosselorgan (Expansionsventil) (Abb.1).

Des Weiteren wurden ein Kältemitteltrockner, ein Schauglas und ein Sammler eingebaut.

Weitere eingelötete Schaugläser ermöglichen einen besseren Einblick in den Verdampfer.

Alle Bauteile sind durch teils verzinnte Kupferrohrleitungen verbunden und es ergibt sich ein geschlossener Kreislauf, in dem sich das Kältemittel befindet.

Im Grunde verläuft der Kreislauf ganz einfach: Der Verdichter saugt das kalte und gasförmige Kältemittel an und erhöht den Druck sowie die Temperatur.

Das Kältemittel verlässt den Verdichter und gelangt über die Heißgasleitung (ca. 60 °C) in den Verflüssiger (unteres Wasserbecken). Im Verflüssiger angekommen wird das heiße, gasförmige Kältemittel bei gleichbleibendem, hohem Druck verflüssigt und gibt Wärme nach Außen ab. (In diesem Fall an das Wasser).

Anschließend wird das flüssige Kältemittel durch das Expansionsventil vom hohen Druck und hoher Temperatur auf einen niedrigeren Druck und niedriger Temperatur gebracht und als Nassdampf (Mischung aus flüssig und gasförmig) in den Verdampfer (Becken oben) eingespritzt.

Im Verdampfer wird der Umgebung (dem Wasser im oberen Becken) die Wärme entzogen. Durch die Wärmeaufnahme verdampft das Kältemittel. Das erklärt, wieso das Kältebecken nach und nach einfriert.

Von dort aus gelangt das Kältemittel wieder zurück zum Verdichter und der Kreislauf beginnt wieder von vorne.

2.4. Fließbild

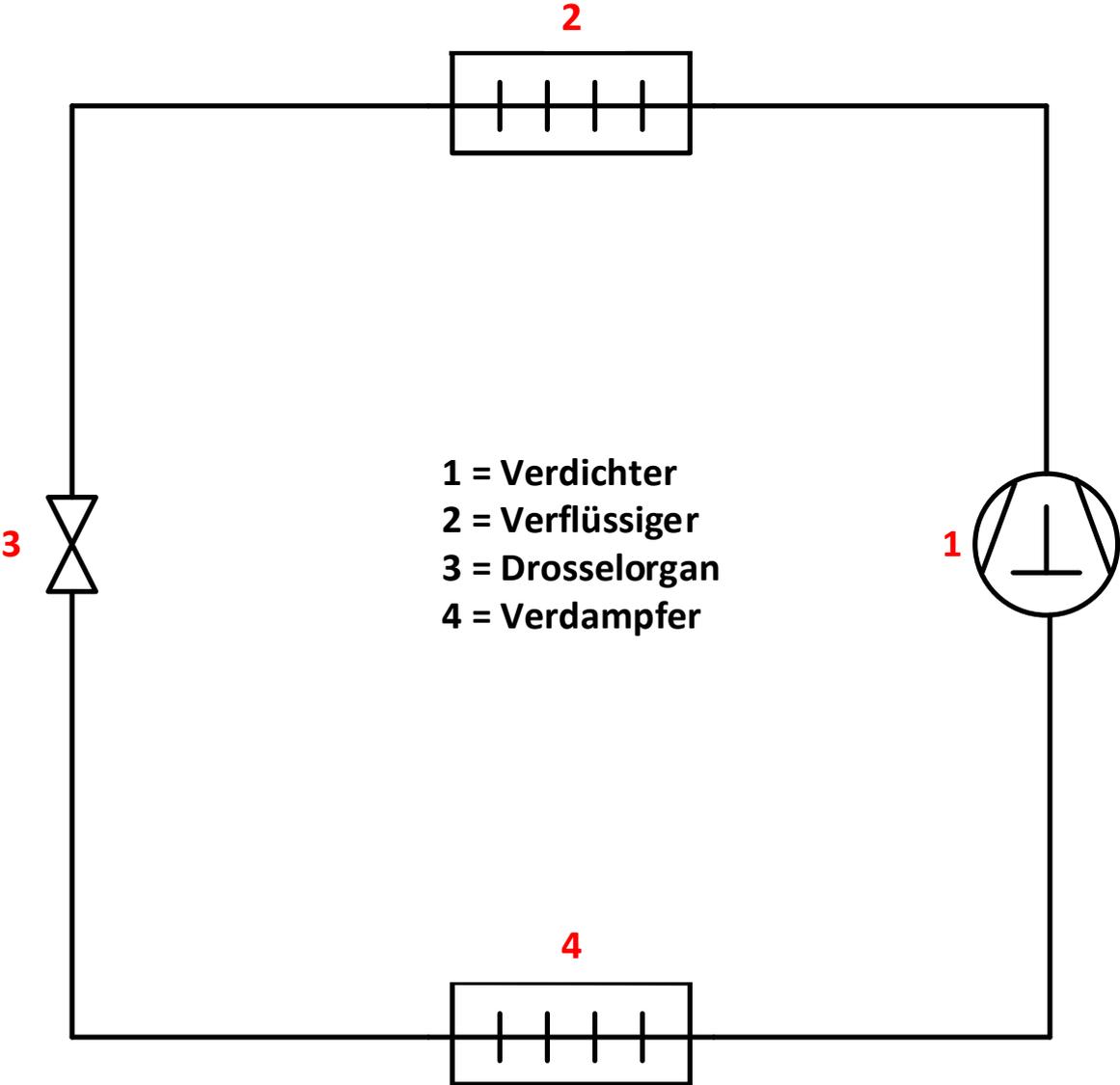


Abb.1: Fließbild eines einfachen Kältemittelkreislaufs

3.1. Sicherheitsvorschriften

Anlage bitte nur unter folgenden Voraussetzungen nutzen:

- Technischer Zustand der Maschine ist einwandfrei
- Betriebsanleitung wird beachtet
- Kältemittel tritt nicht aus



Bei Funktionsstörungen die Anlage sofort stilllegen!

3.2. Betriebsvorbereitung

Zu Beginn sollte sichergestellt werden, dass die Anlage auf ebener und waagerechter Oberfläche aufliegt und dass kein Kältemittel austritt.

Die Anlage darf nur von berechtigten Personen betrieben werden, welche den Anforderungen bzgl. Unterweisung gerecht werden.

Beide Becken mit Wasser bis zur Markierung füllen.

3.3. Inbetriebnahme

Die Anlage sollte mit dem Netzstecker an die Steckdose angeschlossen werden und schon ist die Anlage betriebsbereit.

Diese Prozedur bei jeder Inbetriebnahme wiederholen.

4. Instandhaltung

4.1. Reinigung

Die Anlage ist in bestimmten Zeitabständen auf den ordnungsgemäßen Zustand und ordnungsgemäße Funktion zu überprüfen.

Das Wasser in den Wasserbecken regelmäßig auswechseln und Becken mit trockenem Lappen abwischen.

4.2. Wartung

Bei dieser Anlage bedarf es keiner besonderen Wartung.

Es sollte lediglich sichergestellt werden, dass kein Kältemittel austritt und dass die Anlage sauber gehalten wird.

4.3. Reparatur

Die Reparaturen der Anlage darf nur von ausgebildetem Fachpersonal durchgeführt werden.

5. Kontakt

Zuständiger für diese Anlage ist die

IKKE- Informationszentrum für Kälte-, Klima- und Energietechnik gGmbH
Kruppstraße 184
47229 Duisburg
Tel.: 02065/ 839260