

Zwei Winter mit zweihundert Hybriden

Schlussfolgerungen eines entscheidenden
Demonstrationsprojekts für die Wärmewende



vereniging
**duurzame
warmte**

Peter Cool

Vereniging voor
Duurzame Warmte
September 2024

Klimaatakkoord und die Hybride Route

“Um das Ziel von 3,4 Mton CO₂-Reduktion bis 2030 im Gebäudebereich zu erreichen, müssen etwa 1,5 Millionen bestehende Wohnungen nachhaltiger werden”, so das Ziel für den Gebäudebereich aus dem Klimaatakkoord¹ von Juni 2019. Aufgrund höherer Ambitionen und Herausforderungen in der Umsetzung wurde dieses Ziel sogar erheblich auf 10 Mton CO₂-Reduktion für den Gebäudebereich erhöht, wie im Programmma Versnelling Verduurzaming Gebouwe Omgeving² aus dem Jahr 2022 angegeben [1].

Die hybride Wärmepumpe soll dazu beitragen, die Klimaziele zu erreichen. Die Autoren der Klimaat en Energieverkenning³ 2023 gehen von einem CO₂-Reduktionspotenzial von 1,7 Mton aus, wenn ein Drittel der Einfamilienhäuser ihre Heizkessel mit einer Hybridlösung ergänzt [2]. Dies entspricht einer jährlichen Einsparung von nur 378 m³ Erdgas pro Einfamilienhaus – eine bemerkenswert niedrige Zahl. Sie zeigt, dass immer noch Unsicherheit über das Einsparpotenzial hybrider Wärmepumpen besteht.

Diese Unsicherheit war bereits 2019, direkt nach der Veröffentlichung des Klimaatakkoord, Grund für die Rijksoverheid und die Heizungsindustrie, in den Dialog zu treten, um Klarheit über das Einsparpotenzial, die Amortisationszeit und den Komfort hybrider Wärmepumpen zu gewinnen. Anfangs wurde das Einsparpotenzial mit den gängigen modellbasierten Methoden unter Verwendung von Gleichwertigkeitserklärungen berechnet

[4]. Da Modellrechnungen oft von gemessenen Leistungen abweichen, stellte sich die Frage, wie die tatsächliche Leistung in der Praxis aussieht. Diese Frage führte zur Einführung des Demonstrationsprojekts Hybride Wärmepumpen⁴.

Einblicke aus der Praxis sind für Haushalte, die nachhaltiger werden möchten, unerlässlich; die hybride Wärmepumpe wird als eine einfache, schnelle und erschwingliche Lösung zur Nachhaltigkeit in Bestandsbauten angesehen. Es handelt sich um ein relativ kleines und leichtes Gerät mit einem Gesamtgewicht von etwa 55 kg (Innen- und Außengerät), das in eine bestehende Heizungsanlage integriert wird. Normalerweise sind keine Änderungen am Haus oder an der Heizungsanlage erforderlich. Zudem kann durch die hybride Route⁵ der fossile Gasverbrauch durch Maßnahmen wie Isolierung, hybrides Warmwasser, Speichersysteme oder die Verbesserung des Abgabesystems auf null reduziert werden. Dieser flexible Ansatz erlaubt weitere Schritte hin zu einer finalen Lösung, abhängig von Entwicklungen in den Bereichen Netzwerke, Speicherung und erneuerbare Gase. Nach der Projektplanung, der Teilnehmergeinnung, der Installation der Hybridsysteme sowie zwei Heizperioden der Messung und Analyse wird nun, fünf Jahre nach dem Klimaatakkoord, die Frage beantwortet, ob die hybride Route tatsächlich ein so kluger Ansatz ist. Die Ergebnisse des Projekts haben alle Beteiligten überrascht.

¹Klimaatakkoord – Vereinbarungen aus dem Jahr 2019 zwischen Ministerien, Industrie und anderen Marktteilnehmern über die zu erreichenden CO₂-Reduktionen.

²Programma Versnelling Verduurzaming Gebouwe Omgeving – Ein vom Ministerium für Inneres ins Leben gerufenes Programm zur Beschleunigung der nachhaltigen Sanierung der bebauten Umwelt.

³Klimaat en Energieverkenning – Ein jährlicher Bericht der Planungsagentur für die Umwelt über die Entwicklung der Treibhausgasemissionen und des Energiesystems.

⁴Demonstrationsprojekts Hybride Wärmepumpen – Ein von Herstellern organisiertes Demonstrationsprojekt zur Bewertung der Effektivität der Hybridwärmepumpe. Die Ergebnisse sind in diesem Essay kurz beschrieben, zusätzlich ist ein technischer Bericht und die vollständige Datenanalyse verfügbar.

⁵Hybride Route – Eine in diesem Essay beschriebene, auf dem 80/20-Prinzip basierende Philosophie einer schrittweisen nachhaltigen Modernisierung, bei der Materialverbrauch, Kosten, Amortisationszeit, Innovation und Investitionen optimiert werden.



Durch Messen zum Wissen

Ganz in der Tradition der experimentellen Physik wurde beschlossen, einen "Messen heißt Wissen"-Ansatz zu verfolgen. Tatsächlich ist diese Redewendung eine Abwandlung des ursprünglichen Ausdrucks "Durch Messen zum Wissen", den der Groninger Professor und Nobelpreisträger Heike Kamerlingh Onnes in seiner Antrittsrede 1882 prägte [3]. Die Redewendung betont, dass die Durchführung von Messungen und die Analyse der Ergebnisse zu Erkenntnissen und damit zu Wissenschaft führen kann. Besonders wichtig ist dabei das Wort "zum", das darauf hinweist, dass die Untersuchung der Messwerte zu neuen Einsichten führen kann. Gerade dies ist essenziell: Messergebnisse zeigen oft Unerwartetes, das zu Diskussionen und neuen Einsichten führt. Das Demonstrationsprojekt ist ein gutes Beispiel dafür, da es bei internen und externen Beteiligten zu erstaunten

Reaktionen geführt hat.

Das Wort "durch" in Onnes' Redewendung betont zudem, dass Messungen notwendig sind, um zu Erklärungen und Erkenntnissen zu gelangen. Transparenz ist dabei eine grundlegende Voraussetzung: Nur wenn andere die Messergebnisse und deren Verarbeitung nachvollziehen können, entsteht ein nachvollziehbares oder verifizierbares Wissen. Verifizierbare Ergebnisse sind die Basis der Wissenschaft.

In der Datenforschungsgemeinschaft hat dies zur Entwicklung von Konzepten wie JupyterLab geführt: eine offene Umgebung, in der Daten, Code, Diagramme und Texte miteinander verknüpft sind, sodass jeder nachvollziehen kann, wie Erkenntnisse und Schlussfolgerungen entstanden sind. Genau nach diesem Prinzip wurde auch das Demonstrationsprojekt durchgeführt [6].

Massa ist Energie und weniger ist mehr

Durch Einstein wurde mit der berühmten Gleichung $E=m \cdot c^2$ die Beziehung zwischen Masse und Energie formuliert. Auch in der Energiewende gibt es eine Beziehung zwischen Masse und Energie: Um Energie zu sparen, zu speichern und zu erzeugen, ist Material erforderlich. Material in Form von dreifach verglasten Fenstern oder Isolierung für Wände und Dächer. Aber auch Material in Form von Geräten zur Speicherung von Wärme und Elektrizität, zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe oder zur Erzeugung von Elektrizität. Diese Materialien und Geräte müssen produziert, installiert, gewartet und verwaltet werden. Produkte skalieren mit den Materialkosten: Je mehr Material benötigt wird, desto teurer wird es. Eine bezahlbare Energiewende dreht sich daher darum, mit möglichst wenig Materialeinsatz maximale Ergebnisse zu erzielen. Der technische Fortschritt der Menschheit basiert auf der Beherrschung immer kleinerer Materialstrukturen. Dies ist ein Muster in nahezu allen Bereichen: Computer, Internet, Solarmodule, Batterien, Sensoren, Steuerungen, Bildschirme, MRT-Scanner, DNA-Technologie

usw. Miniaturisierung ermöglicht Lösungen, die vorher unmöglich erschienen.

Mit der Miniaturisierung kommen im Laufe der Zeit neue und bessere Lösungen. Zu hohe Investitionen in diesem Moment führen zu Schulden und hohen Kosten, was umso problematischer ist, wenn sich später bessere und kostengünstigere Alternativen ergeben.

Eine bezahlbare Energiewende hängt daher auch von Phasen und Timing ab.

Die hybride Route ist ein Beispiel für eine iterative Evolution von "weniger zu mehr". In überschaubaren, finanziell schnell rentablen Schritten wird mit minimalem Materialeinsatz nachhaltig modernisiert. Mit zunehmenden Erkenntnissen und durch Innovationen werden die folgenden Schritte besser als ursprünglich erwartet.

Das Demoprojekt

Ziel des Demonstrationsprojekts war es, in 200 unterschiedlich alten und gebauten Häusern die Auswirkungen der Installation einer Hybridlösung zu analysieren.

Die zentralen Forschungsfragen des Projekts waren:

- **Wie stark sinkt der Gasverbrauch nach der Installation der Hybridlösung?**
- **Welche Auswirkungen hat dies auf die Energiekosten der Bewohner?**

Im Klimaataktkoord wurde ein Scope-1-Ansatz gewählt, bei dem die CO₂-Emissionen den Organisationen oder Haushalten zugewiesen werden, die sie ausstoßen. Die Reduzierung des Gasverbrauchs nach der Installation der hybriden Wärmepumpe entspricht daher direkt einer Reduzierung der CO₂-Emissionen [1]. Das Demonstrationsprojekt wurde von der Smart Energy Foundation (SEF) im Namen der sechs Hersteller durchgeführt, die Mitglieder der Vereniging voor Duurzame Warmte (VDW, früher NVI) sind. Teilnehmer konnten sich über eine offene Website anmelden und wurden über das Installateursnetzwerk der Hersteller gewonnen. Die Anmeldung erfolgte über ein Online-Formular sowie die Einreichung von zwei Jahresabrechnungen des Energieverbrauchs vor der Installation und einer Genehmigung durch die niederländische Unternehmensagentur (RVO).

Für das Projekt wurde eine spezielle Messausrüstung entwickelt, die unabhängig vom Hersteller der Geräte die benötigten Daten erfasst. Über die Messausrüstung werden Energieflüsse und Temperaturen im Haus gemessen und per Mobilfunkverbindung

an einen Server-Cluster übermittelt, wo die Datenanalyse durchgeführt wurde. Die überwiegende Mehrheit der Teilnehmer waren Eigentümer der Wohnungen. Die Häuser wurden nicht baulich verändert, und die Hybridlösung wurde ohne die Einschaltung eines Energieberaters (EPA) von den Bewohnern oder Installateuren selbst ausgewählt. Das Projekt basiert im Wesentlichen auf einer Differenzmessung: Der Energieverbrauch des Hauses vor der Installation der Hybridlösung wird mit dem Verbrauch danach verglichen. Dies entspricht auch der Perspektive der Bewohner. Durch das Projekt ist der Energieverbrauch zwei Winter vor der Installation und über zwei Winter nach der Installation sowie viele weitere relevante Daten bekannt.

Im Allgemeinen bleibt das Verhalten der Haushalte – wie zum Beispiel der Warmwasserverbrauch oder die Thermostateinstellungen – über die Zeit hinweg relativ konstant. Dies wurde auch durch die gesammelten Daten bestätigt. Eine Umfrage unter den Teilnehmern ergab, dass die überwiegende Mehrheit ihr Heizverhalten nach der Installation nicht verändert hat und nahezu alle mit der Heizleistung der Hybridlösung zufrieden sind [6].



Gasersparnis und Ertrag

Die hybride Wärmepumpe spart Gas, benötigt jedoch Strom. Der jährliche Ertrag der Hybridlösung lässt sich einfach berechnen:

$$\text{Ertrag} = \text{Gasersparnis} \cdot \text{Gaspreis} \cdot \text{h-Faktor}$$

Der h-Faktor gibt an, welcher Teil der Gasersparnis als Ertrag für den Bewohner verbleibt. Ein h-Faktor von 1 wäre ideal, da der gesamte Gasverbrauch eingespart wird. Ein h-Faktor von 0 bedeutet, dass die Gasersparnis durch den Stromverbrauch oder Fehlfunktionen der Hybridlösung zunichtegemacht wird.

Die bemerkenswerten Ergebnisse des Demonstrationsprojekts zeigen, dass sowohl die Gasersparnis als auch der h-Faktor in der Praxis erheblich höher waren als erwartet. Berechnet wurden eine Gasersparnis von 55% und ein h-Faktor von 0,42 [4]. Tatsächlich gemessen wurden jedoch eine Gasersparnis von 75% und ein h-Faktor von 0,60. Das bedeutet, dass der tatsächliche finanzielle Nutzen höher ausfällt als angenommen.

Eine ältere Reihenhaus- oder Doppelhaushälfte verbraucht pro Jahr etwa 1.600 m³ Gas. Bei einem aktuellen Gaspreis von 1,33 Euro pro m³ [7] ergibt sich für die Bewohner eine jährliche Ersparnis von:

$$957,59 \text{ [Euro]} = 0,75 \cdot 1600 \cdot 1,33 \cdot 0,60$$

Neues Arbeitsfeld

Ganz im Sinne von Onnes zeigten die hybriden Wärmepumpen in der Praxis eine bessere Leistung als in den Modellen vorhergesagt. Wie ist das möglich? Durch die Ergänzung einer hybriden Wärmepumpe zu einer bestehenden Heizungsanlage arbeitet das System in einem anderen Betriebsbereich. Während das Mindestheizvermögen von Heizkesseln zwischen 5-7 kW liegt, beträgt es bei einer Hybridlösung nur 1-2 kW. Dadurch kann das System über längere Zeiträume mit niedriger Leistung und niedrigen Wassertemperaturen arbeiten – deutlich niedriger als es mit einem klassischen Heizkessel möglich wäre. Diese Erweiterung des Betriebsbereichs verbessert die Energieeffizienz erheblich.

Netzbelastung

Die bessere als erwartete Leistung der hybriden Wärmepumpen spiegelt sich auch in einer geringeren Netzbelastung wider. Die durchschnittliche Leistungsaufnahme des Demonstrationsprojekts lag selbst an Tagen mit Temperaturen um -5 °C unter 1 kW. Da die meisten Niederspannungsnetze auf 1,5 kW pro Haushalt ausgelegt sind, stellt die Netzkapazität keine unmittelbare Einschränkung für die Installation hybrider Wärmepumpen dar. Photovoltaikanlagen und Ladestationen für Elektrofahrzeuge spielen hierbei eine größere Rolle. Die in diesem Zusammenhang angeführte technologische Entwicklung im Bereich der Batteriespeicher könnte dieses Problem mit der Zeit weiter entschärfen [8].

Daten als Schlüssel zur Verbesserung

Das Demonstrationsprojekt hat gezeigt, dass in 20% der Fälle der Einsatz der hybriden Wärmepumpe hinter den Erwartungen zurückblieb, wodurch der finanzielle Nutzen für die Bewohner erheblich geringer ausfiel. Die

Ursachen hierfür sind Unzulänglichkeiten bei der Wärmeabgabe, Probleme in der Steuerung der Anlage und/oder Installationsfehler. Derzeit fehlen Mechanismen im Markt, die sicherstellen, dass eine Hybridlösung in Verbindung mit der bestehenden Heizungsanlage optimal arbeitet. Mittlerweile ist die Technik so weit, dass die Funktionalität der gesamten Heizungsinstallation ohne zusätzliche Hardware überprüft werden kann – allein durch die Nutzung der Daten der Hybridlösung und der intelligenten Stromzähler. Dies geschieht selbstverständlich nur mit Zustimmung des Bewohners, der Eigentümer der Daten ist. Durch die anonyme Nutzung von Big-Data-Analysen kann das Prinzip “Durch Messen zum Wissen” von Onnes eine neue Dimension erhalten. Bewohner und/oder Installateure könnten auf Wunsch über Möglichkeiten zur Optimierung der Heizungsanlage und deren Effizienz informiert werden.

Ein erster Schritt wurde mit der EU Data Act getan. Der Weg ist frei für ein automatisiertes digitales Energieeffizienz-Rating mit konkreten Verbesserungsvorschlägen für die Heizleistung jeder einzelnen Wohnung.

Nächster Schritt

Aufgrund der höheren Gasersparnis zeigte sich im Demonstrationsprojekt, dass in 55 von 152 Wohnungen mehr als 95% der Heizwärme durch die Hybridlösung bereitgestellt wurde. Bei vier Teilnehmern hat die Hybridwärmepumpe den gesamten Heizbedarf in den letzten zwei Wintern vollständig übernommen.

Die nächste große Herausforderung besteht darin, den verbleibenden Gasverbrauch für Warmwasser zu eliminieren. In den kommenden Jahren wird es weitere Entwicklungen im Bereich hybrides Warmwasser, Wärmerückgewinnung aus Duschwasser, günstigere Speichersysteme und optimierte Energiemanagementsysteme geben.

Da sich die Hybridlösung schnell amortisiert, können zukünftige Maßnahmen flexibel an neue technologische Fortschritte angepasst werden – ganz im Sinne der beschriebenen Evolution von weniger zu mehr.



Preis, Ertrag und Amortisationszeit

Sowohl die schrittweise Umsetzung als auch die einfache Handhabung jeder Phase der hybriden Route entsprechen den Grundsätzen der Massenproduktion und der 80/20-Regel der Wirtschaft. Es ist besser, mit vielen Teilnehmern 80% der Einsparungen mit 20% der Kosten zu erreichen, als mit wenigen Teilnehmern und hohen Kosten ein 100%-Ergebnis zu erzielen.

Viele Male 80% sind mehr als ein paar Mal 100%. Zudem ermöglicht dieser Ansatz eine schnellere Lernkurve und die Nutzung von Skaleneffekten in der industriellen Fertigung. In einer offenen Wirtschaft führt dies zu besseren und günstigeren Produkten [5].

Die jährliche Einsparung von 950 Euro durch die Hybridwärmepumpe steht derzeit in einem guten Verhältnis zu den Anschaffungs- und Installationskosten von etwa 4.000 bis 5.000 Euro (inklusive Förderung). Die Amortisationszeit beträgt damit 5 Jahre.

Ausgehend von dem zuvor erwähnten Weniger ist mehr-Prinzip – durch effiziente Materialnutzung und iterative Verbesserung – ist noch eine erhebliche Preissenkung möglich.

In den letzten Jahren wurde der Preis der Hybridlösung aufgrund zunehmenden Wettbewerbs und effizienterer Produktion bereits gesenkt. Diese Preisreduktion hat sich jedoch noch nicht vollständig in der Lieferkette niedergeschlagen. Entscheidend ist, dass Regulierung und Marktentwicklung gut aufeinander abgestimmt sind, um Monopole zu vermeiden.

Fazit und Ausblick

Die wichtigste Erkenntnis des Demonstrationsprojekts ist, dass hybride Heizsysteme im Durchschnitt eine Gas- und CO₂-Reduktion von 75% ermöglichen und die jährlichen Energiekosten um rund 1.000 Euro senken (siehe Anhang). Bei den aktuellen Energiepreisen und Förderungen amortisiert sich die Investition in eine Hybridlösung innerhalb von fünf Jahren.

Sowohl die Gasersparnis als auch die tatsächliche Leistung der Hybridtechnik sind in der Praxis deutlich besser als ursprünglich berechnet. Dies liegt daran, dass mit einer Hybridlösung die bestehende Heizungsanlage wesentlich effizienter genutzt wird.

Die Streuung der Ergebnisse ist jedoch groß: Bei einer relativ großen Gruppe von Teilnehmern (20%) war die gemessene Leistung der Hybridheizung deutlich schlechter als im Durchschnitt. Die Gasersparnis lag hier unter 60%, und die Reduktion der Energiekosten betrug weniger als 500 Euro pro Jahr (siehe Anhang). In diesen Fällen steigt die Amortisationszeit auf zehn Jahre oder mehr.

Ein früherer Bericht der niederländischen Agentur für Umweltverträglichkeitsprüfung (PBL) ging davon aus, dass eine Umstellung von 2,5 Millionen Einfamilienhäusern auf Hybridheizung zu einer CO₂-Reduktion von 1,7 Mton führen würde. Wendet man jedoch die realen Messdaten aus dem Demonstrationsprojekt auf diese Gruppe an, ergibt sich eine CO₂-Reduktion von 6,3 Mton [2] – ein bemerkenswert großer Unterschied zur ursprünglichen Schätzung des Planungsbüros.

Die hybride Route ist ein schrittweiser Ansatz zur nachhaltigen Sanierung des Gebäudebestands. Anstatt eine teure, unrealistische "Tabellenkalkulationslösung"

zu verfolgen, setzt sie auf überschaubare, praxisnahe und bezahlbare Maßnahmen, die sich durch Innovationen stetig verbessern. Viele kleinere Schritte von vielen bewirken in Summe mehr als eine große Maßnahme für wenige.

Es gibt eine Fülle von Berichten und Veröffentlichungen zur Energiewende, die oft mit widersprüchlichen oder unverständlichen Aussagen gefüllt sind. Dadurch wird die Wahrnehmung dessen, was tatsächlich funktioniert, oft verzerrt. Das Demonstrationsprojekt zur Hybridheizung hat jedoch gezeigt, dass die Realität erheblich von theoretischen Modellannahmen abweicht – ganz im Sinne des wissenschaftlichen Prinzips von Heike Kamerlingh Onnes.

Die Entwicklungen im Bereich Sensorik und Internet of Things (IoT) bieten eine neue Chance, durch eine "Durch Messen zum Wissen"-Strategie ein neues Gleichgewicht zwischen Information und Verlässlichkeit zu finden.

Die neue EU Data Act verpflichtet Hersteller dazu, Nutzungsdaten vollständig und leicht zugänglich bereitzustellen. Wenn dies korrekt umgesetzt wird, kann es den Datenschutzbestimmungen entsprechen. Einige derzeit auf dem Markt erhältliche Geräte verfügen bereits standardmäßig über die Messfunktionen, die im Demonstrationsprojekt genutzt wurden. Eine separate Messausrüstung ist damit nicht mehr erforderlich.

Online-Datenerfassung, -messung und -vergleich von Heizleistungen sollte zum Standard werden. Dies könnte den Markt dazu anregen, sich kontinuierlich zu verbessern. Dies ist der Weg zu einer datengetriebenen

Literatuur und Verweise

[1] – Programma_versnelling_verduurzaming_gebouwde_omgeving-1.pdf – pag 19 – <https://www.klimaatkoord.nl/actueel/nieuws/2022/06/02/hoofdlijnen-klimaatbeleid-voor-de-gebouwde-omgeving>

[2] – Klimaat- en Energieverkenning 2023 - Deel 1 (<https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-klimaat-en-energieverkenning-2023-deel-1-5108.pdf>)

- pag 49 KEV – $2.5e6 * 1.8 * 378 * 1e-9 = 1.7 \text{ Mton CO}_2$

- tekst conclusies: $2.5e6 * 1.8 * 0.75 * 1800 * 1e-9 = 6.075 \text{ Mton CO}_2$

[3] – https://nl.wikipedia.org/wiki/Heike_Kamerlingh_Onnes

[4] – Rapport_Hybride_warmtepompen_NVI_sept2021.pdf (<https://verenigingduurzamewarmte.nl/wp-content/uploads/sites/10/2024/04/Rapport-Hybride-warmtepompen-NVI-sept2021.pdf>)

[5] – NVI-Haard-tot-Hightech-Heating.pdf (<https://verenigingduurzamewarmte.nl/van-haard-tot-hightech-heating/>)

[6] – Eindrapportage_aug_2024_60p200_def.pdf – hele tekst – Bijlage 11, voor bewonersenquête

[7] – <https://www.overstappen.nl/energie/energieprijzen/>

– juni 2024: gas 1,33 euro/m³ en elektriciteit 0,31 euro/kWh.

[8] – <https://aukehoekstra.substack.com/p/batteries-light-the-way-to-renewable>

Anhang

Anhang, Gasersparnis und Nettoeinsparung durch hybride Heizung [6]



