RICHTVERT.

Dr.-Ing. Andrej Jentsch

An:
ptj-energienetzwerk@ptj.de

Münster, 07.08.2026

Fachliche Stellungnahme zur Weiterentwicklung des 8. Energieforschungsprogramms: Ressourcenexergieanalyse für vergleichbare und qualitätsgesicherte Ressourceneinsparungs- und CO_2-Bewertungen

Sehr geehrte Damen und Herren,

Als langjährig in der angewandten Energieforschung tätiger Wissenschaftler und Entwickler der Ressourcenexergieanalyse (REA) möchte ich mit dieser fachlichen Stellungnahme einen Beitrag zur Weiterentwicklung des 8. Energieforschungsprogramms leisten – insbesondere zur Mission „Energiesystem 2045“ und zur „Wärmewende 2045“.

Aus meiner Sicht besteht im Programm derzeit eine wesentliche Lücke: Es fehlen klare methodische Vorgaben und Qualitätssicherungsmaßnahmen, um **Ressourceneinsparungen und CO_2-Minderungen** aus Forschungsprojekten und deren Innovationen bei Umsetzung **vergleichbar und belastbar zu bewerten**. Dies betrifft sowohl die Bewertung einzelner Technologien als auch die systemische Betrachtung von Wärme-, Strom- und Wasserstoffpfaden.

1. Ausgangslage im 8. Energieforschungsprogramm

Das Programm adressiert bereits zentrale Themen wie Energieeffizienz, Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft, zirkuläre Nutzungspfade und die Transformation der Wärme- und Kälteversorgung. Es werden Lebenszyklusanalysen (LCA) und Ökobilanzen als Instrumente benannt, um Umweltwirkungen über den Lebenszyklus abzubilden.

Was jedoch fehlt, sind:

- verbindliche **methodische Mindeststandards**,
- ein klarer Rahmen für **Plausibilitätsprüfung und Validierung** der Ergebnisse,
- und eine durchgängige Möglichkeit, Projekte und Pfade systematisch zu vergleichen.

In der Praxis führt dies dazu, dass LCA- und Ökobilanzstudien zwar formal korrekt sein können, aber **ohne robuste Validierung zu unrealistischen oder kaum vergleichbaren Ergebnissen** kommen – oft ohne dass dies von Entscheidungsträgern erkannt wird.

2. Warum Exergie und Ressourcenexergieanalyse wichtig sind

Im Wärmesektor und bei sektorenübergreifenden Pfaden (Strom, Wasserstoff, Wärme/Kälte) ist nicht nur die Energiemenge entscheidend, sondern auch die **thermodynamische Qualität** der Energieflüsse. Temperatur- und Qualitätsniveaus bestimmen, inwieweit eine Ressource sinnvoll nutzbar ist oder ob hohe Verluste an Arbeitspotenzial jenseits von Energieverlusten auftreten.

Hier setzt die **Ressourcenexergieanalyse (REA)** an:

- Exergie bildet die Menge und **Nutzbarkeit** von Energie und Stoffströmen ab und erlaubt eine direkte Bewertung, wie viel „verwendbarer" Energieinhalt in einem System tatsächlich zur Verfügung steht und wie gut er genutzt wird.

- Die 2023 so benannte Ressourcenexergieanalyse erweitert klassische LCA- und Ökobilanzansätze um eine **qualitative Dimension**, mit der Primär- und Sekundärrohstoffe, Prozessketten und Energiesysteme thermodynamisch fundiert und in praxistauglicher Geschwindigkeit verglichen werden können.

- In der praktischen Anwendung und Weiterentwicklung befindet sich die Ressourcenexergieanalyse seit 2010. Sie erhielt ihren Namen 2023 im vom AGFW veröffentlichten REA-Berechnungsleitfaden. Davor wurde sie unter anderem bereits in einem UBA-Projekt „Die Nutzung von Exergieströmen in kommunalen Strom-Wärme-Systemen zur Erreichung der CO_2-Neutralität von Kommunen bis zum Jahr 2050" eingesetzt. Im 2025 abgeschlossenen IEA-DHC-Projekt „GHG Emissions and Resource Exergy Savings from District Heating in Europe and China, 2022" wurde die Methodik zur Analyse von Treibhausgas- und Ressourcenexergieeinsparungen der Fernwärme in mehreren nationalen Kontexten angewendet. Diese Beispiele belegen, dass REA eine **schnelle, aber dennoch fundierte Technologiebewertung** ermöglicht: Projekte und Technologien lassen sich frühzeitig hinsichtlich Ressourcenschonung und CO_2-Einsparpotenzial einordnen, bevor aufwendige LCA-Detailanalysen erfolgen. Die vorgeschlagene Weiterentwicklung soll offen, transparent und unter Einbindung neutraler wissenschaftlicher Expertise erfolgen.

Wesentlich ist dabei, dass die zugrunde liegenden Ressourcenexergiefaktoren (z.B. für Energieträger, Materialien) **regelmäßig aktualisiert** werden, bei Strom etwa im Jahresrhythmus, für andere Faktoren im 5-Jahresrhythmus. So bleibt der Ansatz anschlussfähig an technische Entwicklungen, Marktveränderungen und neue wissenschaftliche Erkenntnisse.

3. Konkrete Lücke: fehlende Vergleichbarkeit und Qualitätssicherung

Derzeit können Forschungsvorhaben im Rahmen des Energieforschungsprogramms:

- ihre Ressourceneffekte und CO_2-Einsparungen mit unterschiedlichen Annahmen und Methoden bilanzieren,
- ohne einheitliche **Validierungslogik**,
- und ohne dass Exergieverluste und thermodynamische Qualität systematisch erfasst werden.

Das hat mehrere Nachteile:

- **Vergleichbarkeit** zwischen Projekten und Technologien ist eingeschränkt;
- **Priorisierung** von Maßnahmen wird erschwert, weil eine konsistente Bewertungsgrundlage fehlt;
- es besteht die Gefahr von **„Scheinpräzision“**: Ergebnisse wirken zahlenmäßig exakt, sind aber methodisch nicht robust.
- Es besteht die Gefahr, dass **systematische Fehlsteuerungen** entstehen, die verhindern, dass ein wirtschaftlich optimaler Weg zu echter Klimaneutralität in der Praxis statt nur auf dem Papier gefunden werden kann.

Gerade für die Mission „Wärmewende 2045“ mit ihrem hohen Anteil an temperaturabhängigen Prozessen (Gebäude, Netze, Industrie, Speicher) ist dies aus meiner Sicht kritisch.

4. Vorschlag: Integration der Ressourcenexergieanalyse in das 8. Energieforschungsprogramm

Ich schlage vor, das 8. Energieforschungsprogramm an folgenden Stellen weiterzuentwickeln:

1. **Methodische Vorgaben für Ressourceneinsparung und CO_2-Bewertung**
   - Einführung eines **verpflichtenden REA-Moduls** für Projekte mit relevanten Energie-, Stoff- und Wärmeströmen (Gebäude, Wärme-/Kältenetze, Industrieprozesse, Speicher, Sektorkopplung).

- Festlegung von **Mindeststandards**: Welche Ressourcenexergiefaktoren sind zu verwenden, wie sind Systemgrenzen zu definieren, wie werden Exergieverluste und Ressourcenkosten ausgewiesen. Die Grundlagen dafür wurden bereits 2010 entwickelt und sind seit 2023 im REA-Berechnungsleitfaden zusammengefasst und illustriert.

- Verknüpfung mit bestehenden LCA-/Ökobilanz-Vorgaben: REA dient als **Validierungsebene**, um Ergebnisse der LCA/Ökobilanz auf thermodynamische Plausibilität zu prüfen.

2. **Regelmäßige Aktualisierung von Ressourcenexergiefaktoren**

   - Etablierung eines **regelmäßigen Aktualisierungsprozesses** (z.B. jährlich für Strom, alle 5 Jahre für Rohstoffe), in dem Ressourcenexergiefaktoren für zentrale Energieträger, Materialien und Umweltbedingungen aktualisiert und als Referenzwerte bereitgestellt werden.

   - Ansiedlung dieser Aufgabe in einem geeigneten wissenschaftlichen Hub, der Transparenz und Nachvollziehbarkeit sicherstellt.

3. **Einbindung in Missionsziele und Programmziele**

   - In der Mission „Energiesystem 2045“ sollten neben Energieeffizienz explizit **Exergieeffizienz und Exergieverluste** als zu adressierende Zielgrößen genannt werden.

   - In der Mission „Wärmewende 2045“ sollten Planungs- und Bewertungswerkzeuge für Wärme- und Kälteinfrastrukturen Exergie-basierte Kennzahlen (z.B. den Ressourcenexergieverbrauch) integrieren, um Netztemperaturen, Abwärmenutzung, Speicher und Sektorkopplung und Effekte von Gebäudedämmung thermodynamisch konsistent zu bewerten.

   - Im Programmziel „Nachhaltigkeit im Energiesystem erhöhen“ sollten LCA und Ökobilanz ausdrücklich um **Ressourcenexergieanalyse** ergänzt werden, um Stoffkreisläufe und Kreislaufwirtschaftskonzepte qualitativ bewerten zu können.

5. Nutzen für BMWE und Energieforschungsprogramm

Die Integration der Ressourcenexergieanalyse bietet aus meiner Sicht folgende Vorteile:

- **Vergleichbarkeit**: Forschungsprojekte und Innovationspfade können hinsichtlich Ressourcenschonung und CO_2-Minderung auf einer gemeinsamen, thermodynamisch fundierten Basis verglichen werden. So werden nicht nur direkte, sondern auch indirekte Treibhausgasemissionen sichtbar und können effektiv verringert werden.
- **Qualitätssicherung**: LCA- und Ökobilanz-Ergebnisse erhalten eine robuste Plausibilitätsprüfung; unrealistische Ergebnisse werden erkennbar, bevor sie in strategische Entscheidungen einfließen.
- **Praxisnähe**: REA ist in der Praxis erprobt und eignet sich als Werkzeug für Versorger, Kommunen, Industrie und Politik, um komplexe Systeme in entscheidungsreife Kennzahlen zu übersetzen.
- **Skalierbarkeit**: Durch standardisierte Ressourcenexergiefaktoren und klare methodische Leitplanken kann der Ansatz in vielen Projekten mit vertretbarem Aufwand angewendet werden – gerade in Demonstrations- und Reallaborformaten.

Gerne stelle ich meine einschlägige Erfahrung aus der wissenschaftlichen Entwicklung und praktischen Anwendung der Ressourcenexergieanalyse zur Verfügung, um diesen methodischen Baustein gemeinsam weiterzuentwickeln und in das Energieforschungsprogramm zu integrieren.

Mit freundlichen Grüßen

Andrej Jentsch