



energie

Ökoeffizienzanalyse von Heiz- und Speichersystemen für private Haushalte

Kurzfassung

TEAM ENERGIEWENDE BAYERN



Ökoeffizienzanalyse von Heiz- und Speichersystemen für private Haushalte

Impressum

Ökoeffizienzanalyse von Heiz- und Speichersystemen für private Haushalte

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Telefon: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
Prinzregentenstraße 28
80538 München

Konzept/Text:

LfU, ÖIB, Dr.-Ing. Wolf Genius, Franz Reitberger
Thinkstep AG, Oliver Schuller, Alexander Stoffregen
Ecofys GmbH, Markus Offermann

Bildnachweis:

LfU

Druck:

Schmidt & Buchta GmbH & Co. KG, Fliegerweg 7, 95233 Helmbrechts

Februar 2021

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Stand:

September 2017

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	4
Untersuchungsrahmen	5
Ökonomische Analyse	7
Ökologische Analyse	8
Ökoeffizienz Analyse	11
Schlussfolgerungen	15
Verzeichnis der Tabelle und Abbildungen	16

1 Einleitung

Das Bayerische Energieprogramm des Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie¹ (StMWi) vom 20. Oktober 2015 enthält für das Jahr 2025 konkrete Ziele für den Freistaat Bayern hinsichtlich des Klimaschutzes, der Effizienz, des Primärenergieverbrauchs sowie bzgl. des Ausbaus und der Anteile von Erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung.

Diese Ziele werden durch einen ausgewogenen Mix unterschiedlicher Maßnahmen verfolgt. Dabei betten sich die Maßnahmen in die stabile und belastbare Strukturen der Drei-Säulen-Strategie: „Effiziente Verwendung von Energie“, „Nachhaltige Stromerzeugung“ und „Notwendiger Stromtransport“ ein.

In diesem Kontext wurde das „10.000-Häuser-Programm“ in Bayern konzipiert, um durch geeignete Förderprogramme konkret Anreize für die Umsetzung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen zu schaffen. Durch das „10.000-Häuser-Programm“ werden Hauseigentümer von Ein- und Zweifamilienhäusern unterstützt, die mit innovativen Lösungen sowohl für die Erzeugung und die Speicherung, als auch für das intelligente Management von Energie Vorreiter in Sachen Energieeffizienz sind bzw. werden wollen. Im Programmteil „Heizungsaustausch“ wird die vorzeitige Umstellung auf neue, hocheffiziente Heizungsanlagen unabhängig von einer Bundesförderung bezuschusst.

Für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende wird die Nutzung der vorhandenen Potentiale im Gebäudesektor hinsichtlich Energieeffizienz und Energieeinsparung von Bedeutung sein. Dazu ist es notwendig, die Einsparmöglichkeiten und Kosten einzelner Technologien im Gebäudebereich mit Hinblick auf Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen zu kennen, gleichzeitig aber auch andere Umweltthemen nicht aus dem Blick zu verlieren, um eine Verlagerung von Problemen zu vermeiden. Es ist daher wichtig neben der Problematik des Klimawandels auch andere Umweltthemen wie Ressourcenverbrauch, Versauerung, Eutrophierung oder Toxizität in Bewertungen von Technologien im Gebäudebereich zu berücksichtigen.

1) BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND MEDIEN, ENERGIE UND TECHNOLOGIE (2016): Bayerisches Energieprogramm für eine sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Energieversorgung, www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwivt/Publikationen/2016/2016-02-08-6339_Bayerisches_Energieprogramm_gesichert.pdf

2 Untersuchungsrahmen

Vor dem Hintergrund des „10.000-Häuser-Programms“ hat das Bayerische StMWi die Studie zur „Ökoeffizienzanalyse von Heiz- und Speichersystemen für private Haushalte“², unter der Koordination des Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU), an die Bietergemeinschaft aus thinkstep und Ecofys vergeben.

Unter der Leitung von thinkstep werden im Rahmen der Studie unterschiedliche Heiz- und Speichersysteme für drei ausgewählte Energieverbrauchs- bzw. Wärmeerzeuger-Leistungsklassen³ über einen festen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren (2017 bis 2037) sowohl unter ökonomischen als auch ökologischen Aspekten untersucht. Die Ergebnisse der beiden Analysen werden ins Verhältnis zu einem definierten Referenzsystem gesetzt und in einer Graphik dargestellt. Das Gesamtergebnis wird als Ökoeffizienz bezeichnet.

Dabei werden bei der Analyse der Heizsysteme sowohl Erdgas-, Heizöl-, Biomasse- (Pellets und Scheitholz) basierte Systeme und strombasierte Wärmepumpen als auch die Versorgung über Nah- und Fernwärmenetze berücksichtigt. Die Einbindung von solarthermischen Anlagen ist ebenfalls Gegenstand der Analyse. Bei den Speichersystemen werden neben der Luftwärmepumpe, dem Pufferspeicher, Lithium- und Bleibatterien analysiert.

Neben dem Bedarf an Heizwärme und Warmwasser wird auch der Strombedarf (Haushaltsstrom, Betriebsstrom der Heiz- und Speichersysteme sowie Wärmepumpenstrom) berücksichtigt. Die Ergebnisse für die drei ausgewählten repräsentativen Einfamilienhaustypen, die jeweils auch abstrakt als „funktionale Einheit“ gesehen werden können, sind auf andere Gebäude unter Berücksichtigung der entsprechenden Größen- bzw. Effizienzklassen übertragbar. Dadurch wird eine maximale Abdeckung des Gebäudebestandes und der Neubauten in Bayern sichergestellt.

Um entsprechend der Realität eine Bandbreite der Ergebnisse aufzuzeigen wurden bei den Berechnungen unterschiedliche Szenarien berücksichtigt. Das erste Szenario berücksichtigt dabei neben moderaten Energiepreissteigerungen, normkonforme Lebensdauern und eine mäßige Effizienz von Wärmepumpen. In einem zweiten, für erneuerbare Wärmeerzeuger, günstigeren Szenario werden erhöhte Energiepreissteigerungen und Lebensdauern sowie eine verbesserte Wärmepumpeneffizienz angenommen. Im Rahmen einer Sensitivitätsuntersuchung wird außerdem der Einfluss des Warmwasserbedarfs dargestellt.

2) Den Abschlussbericht des Projekts finden Sie auf der Seite des Projektnehmers unter: www.thinkstep.com/node/3229

3) In Form von drei Einfamilienhäusern mit unterschiedlicher energetischer Qualität:

A. hocheffizienter Neubau (Passivhaus),

B: Sanierter Altbau, der den Anforderungen eines KfW-Effizienzhaus 115 entspricht und

C: Altbau ohne wesentliche energetische Sanierungen

Tab. 1: Liste der betrachteten Heiz- und Speichersysteme

Heiz-/Speichersystem	Abkürzung
Niedertemperaturkessel Öl	NT_Heizöl
Niedertemperaturkessel Erdgas	NT_Erdgas
Brennwertkessel Öl ohne Solarthermie	BW_Heizöl_oST
Brennwertkessel Erdgas ohne Solarthermie (Referenzsystem)	BW_Erdgas_oST
Brennwertkessel Öl mit Solarthermie	BW_Heizöl_mST
Brennwertkessel Erdgas mit Solarthermie	BW_Erdgas_mST
Pelletheizung mit Solarthermie	BIO_Pellet_mST
Scheitholzheizung	BIO_Scheitholz
Mikro-Erdgas-BHKW	mBHKW_Erdgas
Schwarm von Mikro-Erdgas-BHKW (zentral gesteuert)	mBHKW_Erdgas_Schwarm
Wärmepumpensystem mit Erdwärmesonde	WP_Sonde
Wärmepumpensystem mit Grundwasser	WP_Grundwasser
Wärmepumpensystem mit Luft	WP_Luft
Wärmepumpensystem mit Erdkollektor	WP_Kollektor
Wärmepumpensystem mit Eisspeicher und Solar-Luftabsorber	WP_Eisspeicher
Wärmepumpensystem mit Erdwärmesonde	WP_Sonde
Luftwärmepumpen-Hybridsystem mit Erdgas-Brennwertkessel	WP_Hybrid_Erdgas
Erdgas-Wärmepumpe	WP_Erdgas
Wärmenetz (Unterscheidung in städtisch und ländlich)	WN_städtisch/ländlich
Hochtemperaturelektrospeicher	STR_Hochtemperaturelektrospeicher
PV-Anlage mit Luftwärmepumpe (Referenzsystem)	oBatterie_oPuffer_Ref
PV-Anlage mit Luftwärmepumpe und Wärme-Pufferspeicher	oBatterie_mPuffer
PV-Anlage mit Lithium-Ionen-Batteriespeicher	Li-Ion_oPuffer
PV-Anlage mit Blei-Säure-Batteriespeicher	Pb-Säure_oPuffer
PV-Anlage mit Blei-Gel-Batteriespeicher	Pb-Gel_oPuffer

3 Ökonomische Analyse

Im Rahmen der ökonomischen Analyse werden die Vollkosten (der Kapitalwert) verschiedener Heiz- und Speichersysteme in privaten Haushalten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bestimmt. Berechnet und gesondert ausgewiesen werden dabei die verbrauchs-, kapital- und betriebsgebundenen Kosten der Systeme. Bei Systemen und Anlagenkomponenten, die eine kürzere oder längere Lebensdauer haben (z. B. Erdsonden), werden entsprechende Ersatzinvestitionen berücksichtigt bzw. Restwerte abgezogen. Somit sind die Ergebnisse weitestgehend unabhängig vom gewählten Betrachtungszeitraum. Außerdem berücksichtigt werden die aktuellen Förderungen des Freistaates Bayern („10.000-Häuser-Programms“) und des Bundes (BAFA⁴, EEG⁵, KWK-Gesetz⁶ und KfW⁷).

Die Berechnungen finden zu realen Kosten und Preisen des Bezugsjahres 2016 statt. Die Berechnungen der Kapitalwerte werden aus der privatwirtschaftlichen Perspektive (d. h. der Perspektive eines Hauseigentümers, der auch gleichzeitig Nutzer der Immobilie ist) dargestellt.

Die Ergebnisse der ökonomischen Analyse des Forschungsprojektes zeigen, dass insbesondere im Neubau die Anlagen mit geringen Investitionskosten am wirtschaftlichsten sind. Eine Heizwärmeversorgung mittels Erdgas stellt unter den berücksichtigten Rahmenbedingungen in den meisten Fällen die wirtschaftlichste Lösung dar. Durch die Förderung wird jedoch die Wirtschaftlichkeit von Systemen verbessert, die eine gute Kompatibilität zum Energiesystem der Zukunft aufweisen. Die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpen ist neben dem Verhältnis zwischen Stromkosten zu den Kosten der übrigen Energieträger stark von der Qualität der Anlage und deren Systemoptimierung abhängig. Darüber hinaus hat auch der Warmwasserbedarf einen signifikanten Einfluss auf die Energiekosten und sollte daher bei der Systemwahl berücksichtigt werden.

Grundsätzlich weist eine Photovoltaik (PV) Anlage mit Speicher und Luftwärmepumpe beim untersuchten hocheffizienten Neubau eine vergleichsweise hohe Wirtschaftlichkeit auf. Die dabei berücksichtigten Batteriespeicher sind unter den gegebenen Bedingungen, bei einer Größe von 12 kWh und den aktuellen Investitionskosten (zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie), trotz Förderung, noch nicht wirtschaftlich. Da bei diesen Systemen jedoch aktuell ein starker Preisverfall zu beobachten ist, ist davon auszugehen, dass beispielsweise für Lithiumionenbatterien die Wirtschaftlichkeitsschwelle bereits 2017 erreicht werden kann.

4) BAFA: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

5) EEG: Erneuerbare-Energien-Gesetz

6) KWK-Gesetz: Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

7) KfW-Förderprogramm „Speicher“

4 Ökologische Analyse

Die ökologische Analyse der verschiedenen Heiz- und Speichersysteme wurde mit Hilfe der Methodik der Ökobilanz in Anlehnung an die DIN-Normen ISO 14040 und ISO 14044⁸ durchgeführt. Grundgedanke jeder Ökobilanz ist der Lebenszyklusansatz, d. h. das Einbeziehen der Herstellung, des Betriebs und der Verwertung/Entsorgung der zu untersuchenden Produkte bzw. Produktsysteme in die Analyse. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass beispielsweise die Auswahl eines geeigneten Heiz- und Speichersystems immer aus gesamtökologischer Sicht erfolgt. Im Rahmen dieser Studie wurde überwiegend auf Daten der ÖKOBAUDAT⁹ und Daten aus thinkstep's Ökobilanzsoftware und LCA-Datenbanken GaBi¹⁰ zurückgegriffen. Bestehende Datenlücken wurden, in Absprache mit dem Auftraggeber und mit Unterstützung des C.A.R.M.E.N e.V. sowie des Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, durch Daten aus öffentlich verfügbaren Literaturquellen sowie Experteninterviews und -abschätzungen geschlossen.

Für die Wirkungsabschätzung wurden die von dem Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission empfohlenen Methoden aus dem International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook¹¹ verwendet. Neben den Treibhausgasen wurden in dieser Studie die Wirkungskategorien Eutrophierung, Feinstaub/anorganische Emissionen, ionisierende Strahlung, Ozonabbau, Ressourcenverbrauch, Sommersmog, Toxizität und Versauerung berücksichtigt.

Um einen einzelnen, aggregierten ökologischen Indikator, einen sogenannten Single-Score, zu erhalten, wurde eine kategorienübergreifende Gewichtung durchgeführt. Dafür wurden zunächst die Ergebnisse aller Wirkungskategorien durch die gesamten Umweltwirkungen der jeweiligen Wirkungskategorie in der Referenzregion EU-27 geteilt. Nach dieser Normierung wurden die Indikatorwerte der Wirkungskategorien mit Hilfe eines Gewichtungsschlüssels untereinander gewichtet und in einen einzelnen ökologischen Indikatorwert aufsummiert. Dadurch wird eine Relation zwischen den verschiedenen Wirkungskategorien hergestellt. Durch den Gewichtungsschlüssel können einzelne Wirkungskategorien einen entsprechend stärkeren oder geringeren Einfluss auf das Gesamtergebnis der ökologischen Analyse haben. Der verwendete Gewichtungsschlüssel basiert auf den Gewichtungsfaktoren von Huppés und van Oers¹².

Wichtig zu berücksichtigen ist, dass die gewichteten Ergebnisse aller Umweltwirkungskategorien vom Gewichtungsschlüssel abhängig sind, und dieser aufgrund individueller Präferenzen unterschiedlich ausfallen kann. Die Gewichtung von Staubemissionen kann beispielsweise je nach Standort ganz unterschiedlich ausfallen. Des Weiteren werden mit der Betrachtung aller Umweltheimen Wirkungskategorien mit ganz unterschiedlichen Unsicherheiten, bezüglich der Charakterisierungsmethode, der Normierungsfaktoren als auch der Emissionen selbst, aggregiert.

8) ISO 14040:2006: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen, ISO 14044:2006: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen

9) www.oekobaudat.de

10) www.gabi-software.com

11) EUROPEAN COMMISSION – JOINT RESEARCH CENTRE (JRC) – INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY (2011): International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context. First edition November 2011. EUR 24571 EN – 2011. Luxemburg,

12) HUPPES, G.; VAN OERS, L. (2011): Evaluation of Weighting Methods for Measuring the EU-27 Overall Environmental Impact. European Commission – Joint Research Centre (JRC) – Institute for Environment and Sustainability. Luxemburg,

Bei der ökologischen Analyse der Heizungssysteme zeigt der Vergleich von Altbau und (teil-)saniertem Altbau zunächst deutlich, dass die Reduzierung des Nutzwärmebedarfs unabhängig von der Frage der Energieträgerauswahl einen entscheidenden Beitrag zur Reduzierung der Umweltlasten hat.

Des Weiteren zeigt sich, dass beim Neubau die Unterschiede bei den Treibhausgasen, als auch teilweise bei anderen Umweltwirkungskategorien, gegenüber dem Referenzgerät Erdgasbrennwertkessel aufgrund des Einbezugs des Haushaltsstroms weniger stark ausgeprägt sind, als bei Altbau und (teil-)saniertem Altbau. Klammert man den Haushaltsstrom aus der Betrachtung aus, zeigen sich ähnliche Unterschiede wie beim Altbau, wobei die Produktion der anlagentechnischen Komponenten beim Neubau insgesamt für alle Umweltwirkungskategorien relevanter ist als bei Altbau und (teil-)saniertem Altbau mit entsprechend höherem Nutzwärmebedarf.

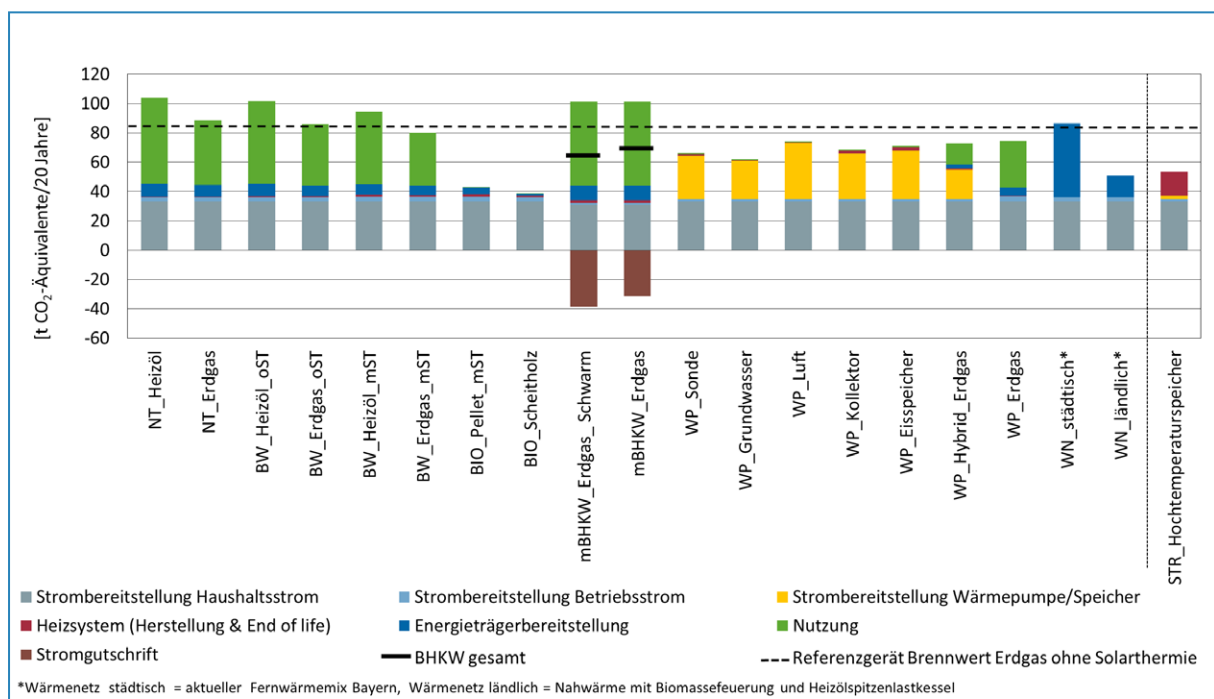


Abb. 1: (teil-)sanierter Altbau, Systemvergleich, Treibhausgase, Szenario

Abb. 1 zeigt exemplarisch die Wirkungskategorie Treibhausgase für den (teil-)saniereten Altbau für das erste Szenario mit mäßigen Wärmepumpeneffizienzen. Die Systeme mit Heizölkessel verfügen gegenüber den Systemen mit Erdgasnutzung über ca. 20 % höhere Treibhausgasemissionen, im Altbau steigt der Unterschied auf 25 % an (exklusive Strombereitstellung sind die Treibhausgasemissionen für Heizölkessel ca. 30 % höher). Des Weiteren zeigt sich der Vorteil der biomassebasierten Systeme, wie Scheitholz- und Pelletkessel. In der durchgeführten Analyse, können gegenüber dem Referenzgerät Erdgasbrennwertkessel im Altbau und (teil-)saniereten Altbau zwischen 50–70 % der Treibhausgasemissionen eingespart werden. Wird der Haushaltsstrom in der Betrachtung nicht berücksichtigt liegen die Einsparungen bei 80–90 %. Im ländlichen Wärmenetz fallen die Einsparungen geringer aus, da neben dem Biomassekessel auch ein Heizölspitzenlastkessel eingesetzt wird. Allerdings verfügen die Biomassekessel gegenüber dem Referenzgerät Erdgasbrennwertkessel über höhere Stickoxid-, Kohlenmonoxid- und Staubemissionen. Gegenüber dem Referenzgerät können auch durch die strombasierten Wärmepumpen als auch durch die Erdgaswärmepumpe Treibhausgase eingespart werden.

Nach der Gewichtung aller Umweltkategorien zu einem Single-Score werden die Nachteile des Referenzsystems Erdgasbrennwertkessel bei den Treibhausgasen gegenüber den Biomassekesseln, aufgrund geringerer Stickoxid-, Kohlenmonoxid- und Staubemissionen bei der Verbrennung des Energieträgers zwar teilweise kompensiert, dennoch ergeben sich für Scheitholz- und Pelletkessel Vorteile bei den aggregierten Umweltlasten, sofern diese mit einem Partikelabscheider ausgerüstet sind.

Mit dem verwendeten Strommix verfügen alle strombasierten Wärmepumpen bereits mit den konservativ gewählten Effizienzen im ersten Szenario über geringere Treibhausgasemissionen als das Referenzgerät Erdgasbrennwertkessel. Die sich aus der Verwendung von strombetriebenen Wärmepumpen ergebenden Emissionen, insbesondere die Treibhausgase, sind wesentlich von der Effizienz der Wärmepumpen und dem Umweltprofil des verwendeten Strombezugs abhängig. Aufgrund des gewählten Analysehorizonts von 20 Jahren ist für den Betrieb der Heiz- und Speichersysteme der Zeitraum 2017 bis 2037 relevant. Aufgrund der Ausbauziele für erneuerbare Energien, die sich beispielsweise aus dem Energiekonzept der Bundesregierung ableiten lassen, wurde entsprechend ein Strommix modelliert, der die mögliche Entwicklung berücksichtigen soll und für den Betrachtungszeitraum repräsentativ ist. Mit den im zweiten Szenario verwendeten optimierten Effizienzen für die Wärmepumpen erhöhen sich die Reduktionen der Umweltlasten entsprechend. An dieser Stelle sei deutlich darauf hingewiesen, dass Ergebnisse für die Wärmepumpen stark von den individuellen Gegebenheiten des Gebäudes, der Planung und der Einstellung (Betrieboptimierung) abhängig sind.

Die Vorteile der Mikro-Blockheizkraftwerke (mBHKW) gegenüber dem Referenzsystem ergeben sich vor allem aus den Gutschriften für den aus Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten und ins öffentliche Stromnetz eingespeisten Strom. Hier ist zu berücksichtigen, dass mit potenziell zunehmendem Anteil erneuerbarem Stroms, die Gutschrift für den eingespeisten Strom langfristig für die Treibhausgase voraussichtlich kleiner wird und sich der Vorteil künftig entsprechend mehr und mehr reduzieren kann.

Bei den Speichersystemen führt die durchgeführte Normierung zu einer sehr starken Relevanz der Wirkungskategorie Ressourcenverbrauch innerhalb der gewichteten Ergebnisse. Aktuell werden in einem Forschungsprojekt des JRC die Empfehlungen zur Methodik der Wirkungsabschätzung des Ressourcenverbrauchs überarbeitet¹³. Unter Ausschließung des Ressourcenindikators, konnte gezeigt werden, dass die Verwendung von Batterien als Speichersysteme vorteilhaft sein kann. Die aktuell bestehenden Schwächen in der Methodik des Ressourcenindikators der verwendeten Methode machen eine abschließende Aussage allerdings nicht möglich.

13) SALA, S; BENINI, L. et al. (2016): Environmental Footprint - Update of Life Cycle Impact Assessment methods; DRAFT for TAB, European Commission – Joint Research Centre (JRC) – Institute for Environment and Sustainability

5 Ökoeffizienz Analyse

Als Ergebnis der ökonomischen und ökologischen Analyse erhält man für jedes der betrachteten Heiz- und Speichersysteme zwei Indikatoren, einen monetären Einzelwert sowie einen normierten und gewichteten ökologischen Single-Score-Indikator. Diese beiden Indikatoren wurden ins Verhältnis zu dem jeweiligen Referenzsystem gesetzt und die relative Abweichung zum Referenzsystem in einem Vier-Quadranten-Diagramm dargestellt. Als Referenzsystem für die Heizsysteme ist für alle Gebäudetypen das System mit Erdgasbrennwertkessel ohne Solarthermie (BW_Brennwert_oST) verwendet und für die Speichersysteme das System ohne Batterie und ohne Pufferspeicher (oBatterie_oPuffer_Ref). Die beiden Ergebniswerte der ökonomischen und ökologischen Analyse fließen gleichgewichtet (1:1) in die Ökoeffizienzbewertung ein. In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ergebnisse für das für Wärmepumpen und erneuerbare Wärmeerzeuger eher ungünstigere Szenario, mit mäßigen Wärmepumpeneffizienzen, normkonformen Lebensdauern und moderaten Energiepreissteigerungen, dargestellt.

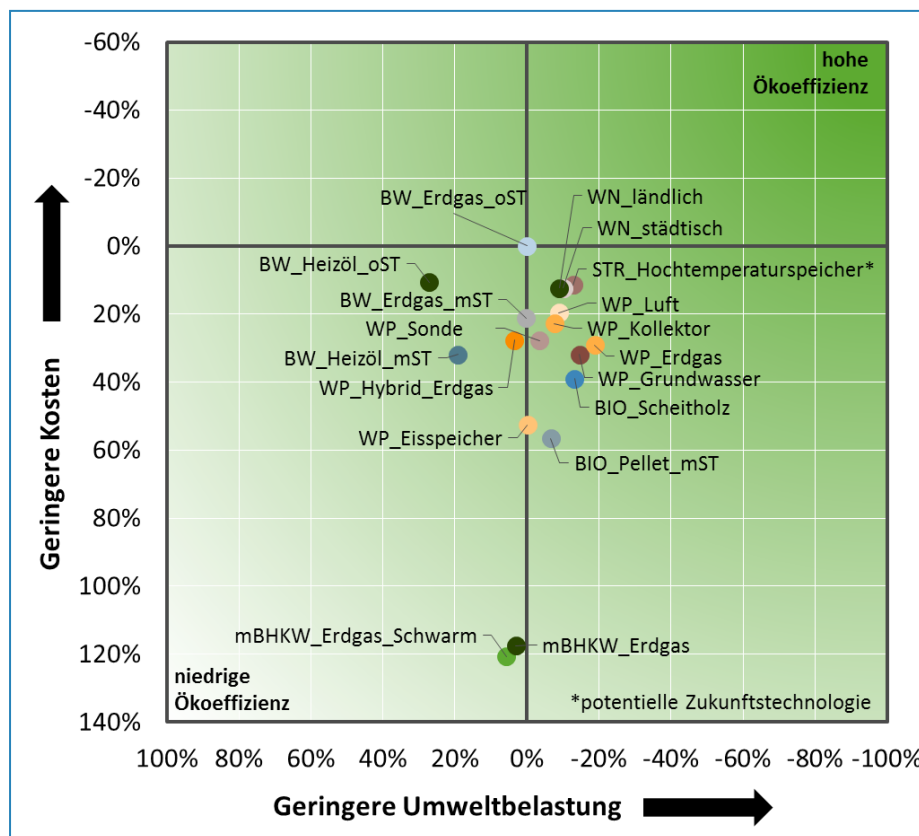


Abb. 2: Neubau, Systemvergleich Ökoeffizienz, Szenario 1

Die Ökoeffizienz des Neubaus, dargestellt in Abb. 2, ist geprägt durch den niedrigen Nutzwärmebedarf und den großen Einfluss der Haushaltsstrombereitstellung. Infolgedessen erscheinen der Ausgangswert des Referenzsystems und die Unterschiede bei der Umweltfreundlichkeit zu den anderen Heizsystemen nicht so stark ausgeprägt wie beim Altbau. Das Referenzsystem Erdgasbrennwertkessel ohne Solarthermie (BW_Erdgas_oST) ist unter den beschriebenen Rahmenbedingungen kostenseitig das Optimum. Der Brennwertheizölkessel (BW_Heizöl_oST) verfügt mit leicht höhere Kosten und ca. 25% höheren Umweltlasten gegenüber dem Referenzgerät über eine geringere Ökoeffizienz. Mehrere Technologien bieten eine vergleichbare Ökoeffizienz wie das Referenz-

system, wie beispielsweise die ländliche und städtische Fernwärme (WN_ländlich & WN_städtisch) mit ca. 10 % geringeren Umweltlasten bei ca. 10 % Mehrkosten. Der Hochtemperaturspeicher bietet unter der Annahme, dass er mit überschüssigem und günstigem Strom aus Windkraftanlagen betrieben wird eine umweltfreundliche und kostengünstige Perspektive. Allerdings werden diese Systeme gegenwärtig noch erforscht und entwickelt und sind mittelfristig nicht verfügbar.

Die Erdgaswärmepumpe (WP_Erdgas) reduziert die Umweltlasten im Neubau gegenüber dem Referenzsystem um ca. 20 % bei 30 % höheren Kosten unter Berücksichtigung der Förderungen. Ökologische Vorteile, bei höheren Kosten, versprechen potentiell auch mehrere Wärmepumpen bereits mit den im ersten Szenario angenommenen mäßigen Wärmepumpeneffizienzen, wie zum Beispiel die Grundwasserwärmepumpe (WP_Grundwasser) mit 15 % geringeren Umweltlasten bei ca. 30 % höheren Kosten. Die Erdgas-Mikro-BHKW führen aufgrund der geringen Volllaststunden zu deutlichen Mehrkosten von über 100 % bei vergleichbarer Umweltlast wie das Referenzsystem. Pellet- und Scheitholzkessel bieten ein ca. 10 % besseres Umweltprofil bei deutlich höheren Kosten (ca. +40 % für BIO_Scheitholz, ca. +55 % für BIO_Pellet_mST).

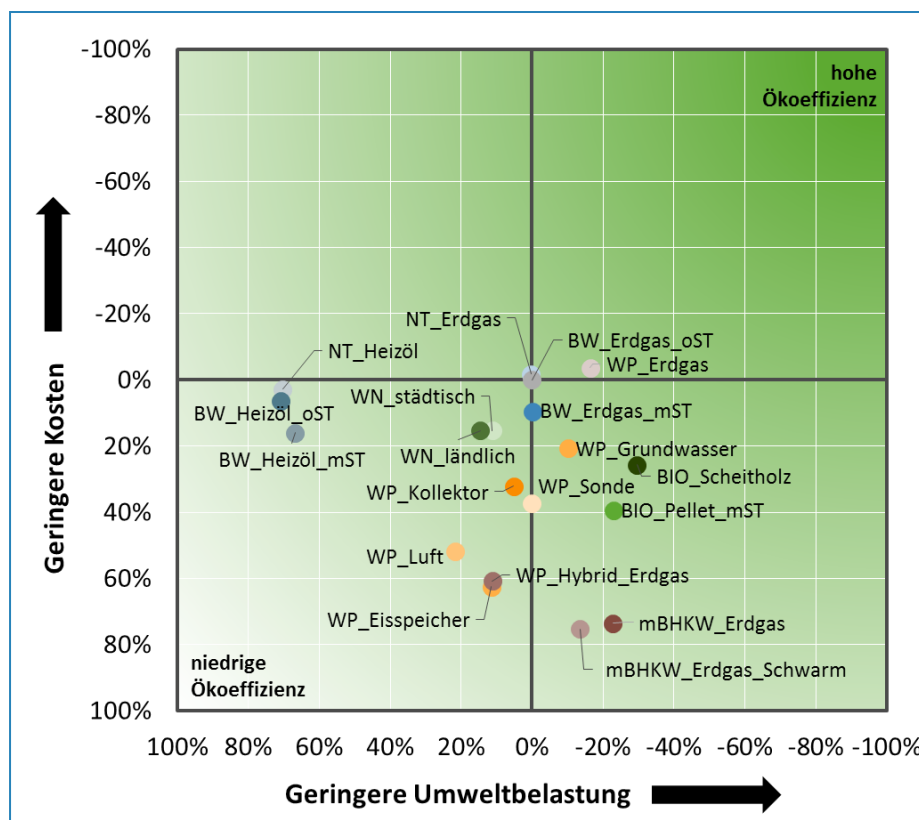


Abb. 3: Altbau, Systemvergleich Ökoeffizienz, Szenario 1

Durch den deutlich größeren Nutzwärmebedarf beim Altbau sind die Unterschiede der Wärmeerzeuger deutlich ausgeprägter, wie Abb. 3 für das erste Szenario illustriert. Der Brennwertheizölkessel verfügt bei leicht höheren Kosten über deutlich höhere Umweltlasten. Gegenüber dem Referenzsystem BW_Erdgas_oST erweist sich die erdgasbetriebene Wärmepumpe (WP_Erdgas) in Abb. 3 als Alternative (etwa gleiche Kosten, ca. 15 % geringere Umweltbelastung). Der Scheitholzkessel (BIO_Scheitholz) erreicht bei ca. 25 % höheren Kosten ca. 30 % niedrigere Umweltlasten. Der Pelletheizkessel (BIO_Pellet_mST) erreicht ca. 20 % geringere Umweltlasten bei ca. 40 % höheren Kosten als das Referenzgerät. Für den eingesetzten Biomassekessel des ländlichen Wärmenetzes

wurde angenommen, dass die Staubemissionen dem Grenzwert für Holzheizkessel von 20 mg/Nm³ für Neuanlagen entsprechen. Durch Verwendung eines Partikelabscheiders, könnten die Umweltlasten für die ländliche Fernwärme, die 15 % höher als beim Referenzgerät sind, deutlich reduziert werden.

Das mBHKW_Erdgas verfügt gegenüber dem Referenzsystem im Altbau über ein besseres Umweltprofil, bei deutlich höheren Kosten (ca. 20 % geringere Umweltlasten, bei ca. 70 % höheren Kosten). Die beste Ökoeffizienz bei den elektrisch betriebenen Wärmepumpen erreicht WP_Grundwasser (ca. 10 % geringere Umweltlasten, bei ca. 20 % höheren Kosten).

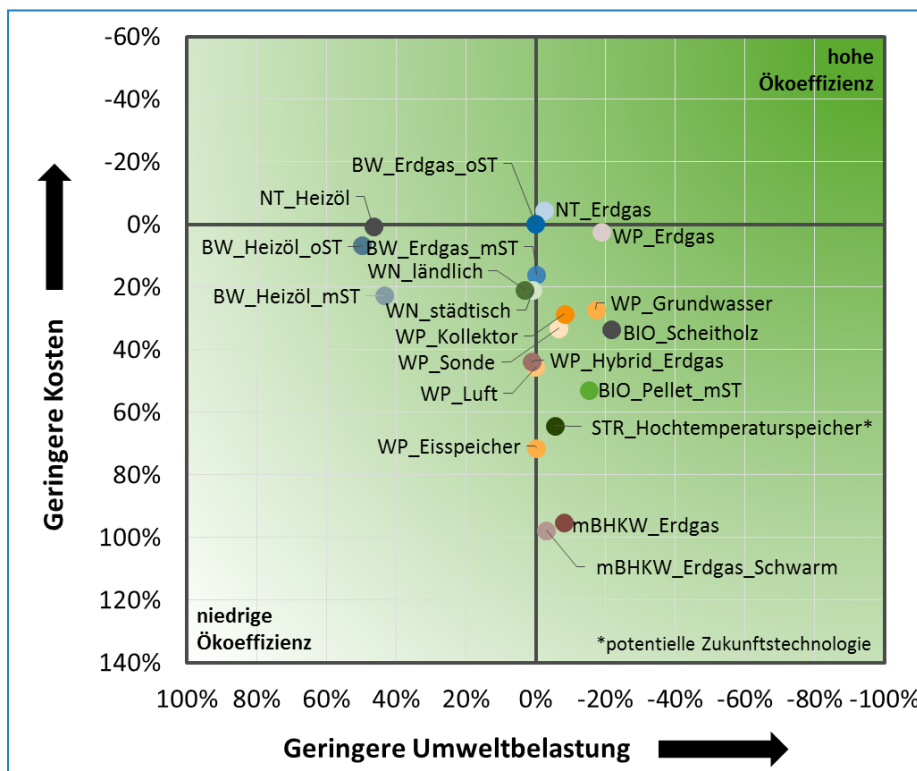


Abb. 4: (teil-)sanierter Altbau, Systemvergleich Ökoeffizienz, Szenario 1

Die Ökoeffizienzbetrachtung für den (teil-)sanierter Altbau in Abb. 4, ebenfalls für das erste Szenario, ergibt im Wesentlichen ähnliche Ergebnisse wie für den Altbau. Gegenüber dem Referenzsystem zeigt vor allem die Erdgaswärmepumpe (WP_Erdgas) eine bessere Ökoeffizienz (ungefähr gleiche Kosten, bei ca. 20 % geringeren Umweltlasten). Wie beim Altbau, können mit einigen Systemen, z. B. BIO_Scheitholz, BIO_Pellet_mST oder WP_Grundwasser die Umweltlasten bei höheren Kosten reduziert werden. Aufgrund der geringeren Vollaststunden reduziert sich der ökologische Vorteil der Mikro-Erdgas BHKW, bei gleichbleibend zusätzlichen Kosten gegenüber dem Referenzsystem.

Die Ergebnisse für die Speichersysteme wurden zunächst analog zur ökologischen Analyse ohne die Umweltkategorie Ressourcenverbrauch analysiert. Alle drei Systeme mit Batterie verfügen über geringere Umweltlasten bei – unter den beschriebenen Randbedingungen- höheren Kosten. Für das System mit Lithiumionenbatterie (Li-Ion_oPuffer) reduzieren sich die Umweltlasten um ca. 10 %, bei ca. 50 % höheren Kosten, bei den Bleibatterien reduzieren sich die Umweltlasten um ca. 10 %, mit ca. 30 % höheren Kosten für die Bleisäurebatterie (Pb-Säure_oPuffer) und ca. 70 % für

die Bleigelbatterie (Pb-Gel_oPuffer). Eine leicht bessere Ökoeffizienz als das Referenzsystem erreicht das System mit Pufferspeicher ohne Batterie (oBatterie_mPuffer).

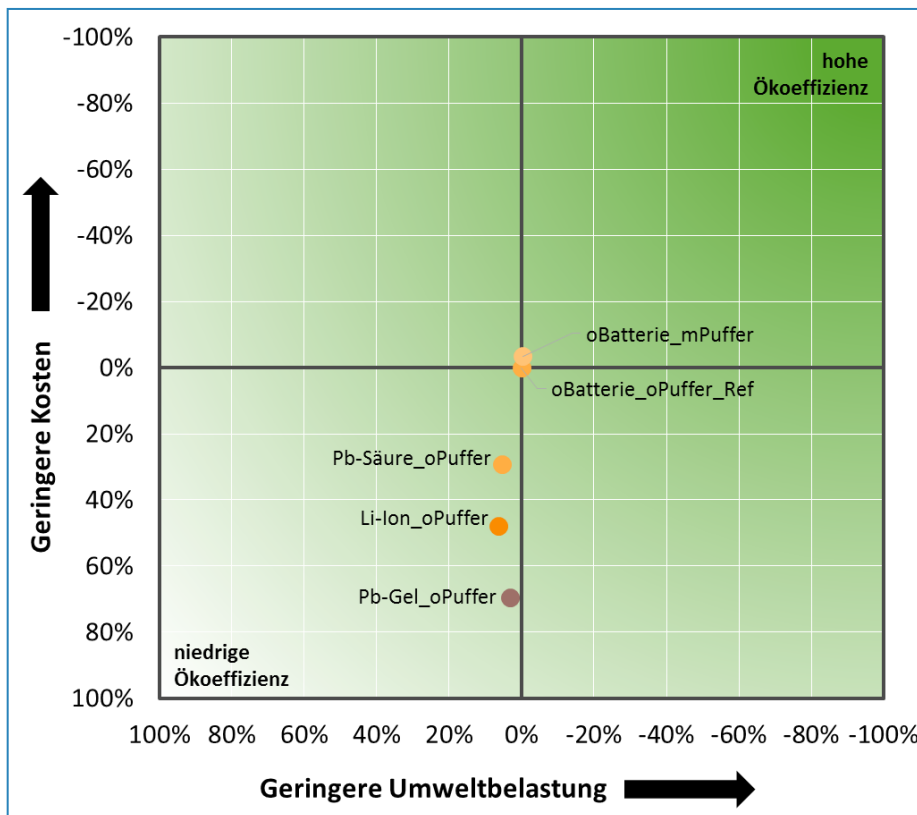


Abb. 5: Neubau, Speichersystemvergleich Ökoeffizienz, Szenario 1, inklusive Ressourcenverbrauch

Unter Berücksichtigung der Wirkungskategorie „Ressourcenverbrauch“ entfällt der ökologische Vorteil der Speichersysteme mit Batterie wie in Abb. 5 dargestellt. Zusätzlich sind die Aussagen über die Ökoeffizienz der Batteriespeicher stark von der aktuellen und zukünftigen Kostenentwicklung der Batterien abhängig. Allein die Kostendynamik während des Zeitraums der Erstellung dieser Studie zeigte deutliche Kostenreduktionen, die bis zu 50 % erreichen, was zu einer deutlich verbesserten Ökoeffizienz führen würde. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse der Speichersysteme, noch mehr als die der Heizungssysteme, als Momentaufnahme zu sehen. Vor einer abschließenden Beurteilung sollte daher unbedingt eine Überprüfung der Rahmenbedingungen erfolgen.

6 Schlussfolgerungen

Die Studie liefert umfassende Einsichten in die Wirtschaftlichkeit und Ökologie von unterschiedlichen Heiz- und Speichersystemen. Die Ergebnisse können dabei für Gebäudeeigentümer als Anhaltswerte zur näheren Eingrenzung der in Frage kommenden neuen Heiz- und Speichersysteme herangezogen werden. Die eigentliche Entscheidung sollte jedoch immer aufgrund des Vergleichs vorliegender Angebote und der individuellen Rahmenbedingungen erfolgen. Im Rahmen der Studie wird anhand von Beispielen aufgezeigt, wie sensibel die Ergebnisse hinsichtlich der gewählten Rahmenbedingungen sind und wie die dringend empfohlene Berücksichtigung individueller Rahmenbedingungen durchgeführt werden kann.

Ein Vergleich der Ergebnisse von Altbau und (teil)-saniertem Altbau zeigt zu allererst, dass die Reduzierung des Nutzwärmebedarfs unabhängig von der Frage der Energieträgerauswahl einen entscheidenden Beitrag zur Reduzierung der Umweltlasten hat. Bei Neubauten mit Passivhausstandard spielt die Art des Heizsystems eine weniger entscheidende Rolle.

Die weiteren Ergebnisse der Ökoeffizienzanalyse der Heizsysteme zeigen, dass verschiedene Anlagen (teilweise Wärmepumpen, Scheitholz- und Pelletkessel, Mikro-Blockheizkraftwerke, im Neubau auch Wärmenetz und Hochtemperaturelektrospeicher) ökologisch vorteilhafter als der Erdgasbrennwertkessel als Referenzgerät sein können. Aufgrund höherer Kosten, ist die Ökoeffizienz aber nur bei wenigen Systemen vergleichbar oder besser. Dies sind im Szenario 1 beim Altbau zum Beispiel die Erdgaswärmepumpe oder der Scheitholzkessel und beim Neubau die Wärmenetze. Eine Reduzierung der Umweltlasten geht somit meist mit entsprechend höheren Kosten einher. Wärmeerzeuger mit Erdgas als Energieträger verfügen aufgrund der geringen Luftschadstoffemissionen, wie Stickoxide, Kohlenmonoxid oder Feinstaub über eine relativ gute Ökoeffizienz. Hierzu muss jedoch angemerkt werden, dass der Einsatz dieser Technologien hinsichtlich des Erreichens der Klimaschutzziele kritisch zu sehen ist, solange das Gas nicht in relevanten Anteilen durch Biomethan oder synthetisches Gas (power-to-gas) ersetzt wird.

Abschließend kann festgehalten werden, dass im Rahmen dieser Studie keine eindeutige Empfehlung für oder gegen eine bestimmte Technologie ausgesprochen wird. Bei der Auswahl eines Heiz- oder Speichersystems liefert die Studie jedoch für potentielle Investoren eine gute Grundlage, unter Berücksichtigung der speziellen Rahmenbedingungen und individuellen Präferenzen, wie z. B. Gewichtung zwischen Kosten und Ökologie, Gewichtung der Bedeutung unterschiedlicher ökologischer Parameter wie Klimaschutz, Feinstaub oder Luftreinhaltung im städtischen Raum, eine fundierte Entscheidung zu treffen.

Verzeichnis der Tabelle und Abbildungen

Tab. 1: Liste der betrachteten Heiz- und Speichersysteme	6
Abb. 1: (teil-)sanierter Altbau, Systemvergleich, Treibhausgase, Szenario	9
Abb. 2: Neubau, Systemvergleich Ökoeffizienz, Szenario 1	11
Abb. 3: Altbau, Systemvergleich Ökoeffizienz, Szenario 1	12
Abb. 4: (teil-)sanierter Altbau, Systemvergleich Ökoeffizienz, Szenario 1	13
Abb. 5: Neubau, Speichersystemvergleich Ökoeffizienz, Szenario 1, inklusive Ressourcenverbrauch	14