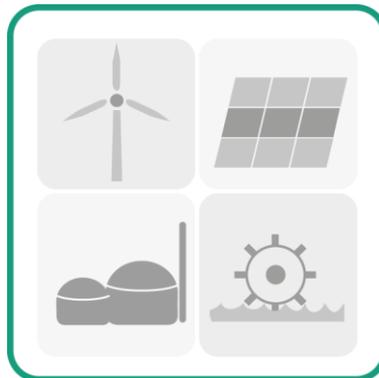


# NUTZERBEZOGENE ANFORDERUNGSANALYSE FÜR PLANUNGSTOOLS IM BEREICH ENERGIE UND ELEKTROMOBILITÄT

Umfrageergebnisse und Kurzstudie



# **NUTZERBEZOGENE ANFORDERUNGSANALYSE FÜR PLANUNGSTOOLS IM BEREICH ENERGIE UND ELEKTROMOBILITÄT**

Umfrageergebnisse und Kurzstudie im Zuge des  
Projekts „C/sells“

**Georg Göhler**

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT,  
Universität Stuttgart

Projektpartner: Fraunhofer IAO

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Abbildungen.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Methodik .....</b>	<b>6</b>
3.1	Auswahl der Methodik.....	6
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>8</b>
4.1	Allgemeine Informationen.....	8
4.2	Technische Fragen .....	8
4.3	Grundlagen für ein Planungstool.....	9
4.4	Technische Betriebsführung .....	11
4.5	Ökologische und Ökonomische Aspekte.....	14
4.6	Finanzielles Risiko und Sensitivitätsanalyse .....	15
4.7	Ergebnisdarstellung.....	16
<b>5</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>19</b>

# 1 Abbildungen

Abb. 01	Beispielhafte Umrechnung der Likert-Skala in Prozent .....	7
Abb. 02	Anwendungs-beispiele und Objekte im Energiebereich .....	9
Abb. 03	Zentrale Inputfaktoren für die Simulation .....	10
Abb. 04	Weitere globale Einstellung .....	10
Abb. 05	Abfrage zur Sektorenkopplung und Regelstrategien.....	12
Abb. 06	Komponentenspezifische Beurteilung der Befragten.....	13
Abb. 07	Komponentenspezifische Regelung.....	14
Abb. 08	Ökonomische und Ökologische Faktoren .....	15
Abb. 09	Ergebnisdarstellung .....	16

## 2 Einleitung

Im Wandel der Energie- und Verkehrssysteme spielt bereits jetzt und vor allem in Zukunft die frühzeitige Planung von Energiesystemen, unter besonderer Berücksichtigung der Elektromobilität, eine wichtige Rolle. Um in der frühen Phase Sektorenkopplung und eine Optimierung nach verschiedenen Zielgrößen zu ermöglichen, ist der Einsatz sogenannter Planungs- oder Dimensionierungstools von großer Bedeutung. Das IAT der Universität Stuttgart entwickelt derzeit ein solches Planungstool, um eine optimale Integration von Elektrofahrzeugen in bestehende und neu zu planende Gebäude und Energiesysteme zu ermöglichen. Der Fokus liegt somit auf der Sektorenkopplung (Strom, Wärme, Kälte und Verkehr) und Bewertung der wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen.

Um eine nutzerbezogene Anforderungsanalyse bezüglich sogenannter Planungstools im Energiebereich durchzuführen, wurde im Zuge des Projekts „C/Sells“ eine Umfrage eines Expertenkreises durchgeführt. Dabei wurden Mitarbeiter aus verschiedenen Sparten befragt, dazu zählten unter anderem Ingenieurbüros, Stadtwerke, Forschungsinstitute und Energieunternehmen. Die Anforderungen der Nutzer (hauptsächlich Planer und Wissenschaftler im Energiebereich) sollen in die weitere Entwicklung einbezogen und integriert werden.

Die Ziele der Umfrage sind es, die wichtigsten Faktoren und Komponenten zu identifizieren, um die Anforderungen der Nutzer zu berücksichtigen. Durch die Abfrage in verschiedener Bereiche (z.B. Technische Konfiguration, wirtschaftliche Auswirkungen und Ergebnisdarstellung) wird die Umfrage logisch strukturiert und ein möglichst breites Feld abgedeckt. Ein zentraler Aspekt ist die Benutzeroberfläche für den Anwender, in welche die Ergebnisse dieser Anforderungsanalyse systematisch eingearbeitet werden sollen. Des Weiteren können die Teilnehmer weitere Ansprüche und Ideen in verschiedenen Bereichen ergänzen. Dieses Verfahren soll verhindern, dass wichtige Bestandteile eines Planungstools übersehen werden.

## 3 Methodik

### 3.1 Auswahl der Methodik

Als wissenschaftliche Methodik wurde der Online-Fragebogen gewählt. Dieser wurde als die geeignete Methode identifiziert, um den Fragetext mit visuellen Elementen und zusätzlichen Informationen zu unterstützen. Durch diese Art der Befragung kann eine effiziente Abwicklung der Fragen und hohe Datenqualität sichergestellt werden (Couper et al. 2001, S. 244).

Generell kann die hier ausgewählte Methode als empirisch-qualitativ beschrieben werden.

*„Empirisch vorzugehen heißt, Erfahrungen über die Realität zu sammeln, zu systematisieren und diese Systematik auf den Gegenstandsbereich der Kommunikationswissenschaft anzuwenden. Dabei wird das Vorgehen so dokumentiert, dass es intersubjektiv nachvollziehbar ist und somit prinzipiell von Anderen wiederholt werden kann.“ (Brosius et al. 2016, S. 2)*

In einer geschlossenen Umfrage wurden  $n = 36$  Personen aus der Energiebranche zu ihren Erfahrungen und Anforderungen bezüglich einer Software zur Planung im Energie- und Mobilitätsbereich befragt. Des Weiteren wurde die Umfrage im Newsletter „electrive.net“ veröffentlicht. Diese Ergebnisse werden hier jedoch nicht dargestellt, da die Qualität der Ergebnisse an dieser Stelle nicht sichergestellt werden konnte.

In der Kommunikationswissenschaft, aber auch in den Sozialwissenschaften ganz allgemein, werden häufig qualitative Methoden verwendet, wenn ein Bereich bislang relativ wenig erforscht ist (Brosius et al. 2016, S. 5). Um die Anforderungen an ein Planungstool zu analysieren, sollten die Befragten bereits Erfahrungen mit der Auslegung und Bewertung verschiedener Energiesysteme haben.

Nach Brosius et al. wird man in diesem Fall versuchen, detaillierte Gespräche mit Experten auf diesem Gebiet zu führen (Brosius et al. 2016, S. 5).

Der hier beschriebene Fragebogen ist in verschiedene Kapitel unterteilt:

- Allgemeine Fragen
- Technische Fragen
- Grundlagen
- Technische Betriebsführung
- Ökologische und ökonomische Aspekte
- Finanzielles Risiko
- Ergebnisdarstellung

Als Skalentyp zur Messung der Einstellungen in dieser sozialwissenschaftlichen Umfrage wurde die Likert-Skala eingesetzt. Diese stellt hierbei die weitverbreitetste Skala der empirischen Sozialforschung dar und dient weitestgehend dazu, eine endpunktbenannte Antwortskala vorzugeben (Porst 2014, S. 95). Bei dieser Umfrage wurde eine Skala mit 5 Skalenpunkten herangezogen. Eine beispielhafte Darstellung zeigt die folgende Tabelle.

Skalenwert [x]	Gewichtungsfaktor [f <sub>k</sub> ]	Nennungen [n]	Bewertungsfaktor in Prozent [Wt <sub>x</sub> ]
++	4	14	56%
+	3	11	33%
-	2	10	20%
--	1	0	0%
k.A.		1	
Summe			<b>78%</b>
Bewertungsfaktor[F]			

Methodik

**Abb. 01 Beispielhafte Umrechnung der Likert-Skala in Prozent**

Um eine Gesamtaussage der jeweiligen Frage zu treffen, werden die Ergebnisse der Likert-Skala nun in Prozent umgerechnet. Die Berechnungslogik wird im Folgenden beschrieben und auf die Ergebnisse einer beispielhaften Frage angewandt. Diese Methodik wurde für alle Fragen mit einer Antwortskala herangezogen, um eine einheitliche Darstellung zu ermöglichen.

$$Wt_x = f_k \times n$$

Dabei bezeichnen:

- $Wt_x$ : Bewertungsfaktor
- $f_k$ : Gewichtungsfaktor nach Likert-Skala
- $n$ : Nennungen gemäß Umfrage

Anschließend wird der Maximalwert des Bewertungsfaktors ermittelt:

$$Wt_{max} = n * f_{k++}$$

Der Gesamtbewertungsfaktor berechnet sich schließlich durch folgende Formel:

$$F = \frac{\sum_n Wt(x) \times 100}{Wt_{max}}$$

Beispielhafte Berechnung:

$$F_1 = \frac{(Wt_{++} + Wt_{+} + Wt_{-} + Wt_{--}) \times 100}{Wt_{max}}$$

$$F_1 = \frac{(56 + 33 + 20 + 0) \times 100}{140}$$

$$F_1 = 77,8$$

## 4 Ergebnisse

Im nachfolgenden Abschnitt werden die einzelnen Kapitel der Umfrage aufgeführt und die Ergebnisse aufgezeigt.

### 4.1 Allgemeine Informationen

**50%** der Befragten kommen aus Forschungseinrichtungen, jeweils **18%** aus Energie/Versorgung und Ingenieurbüros, weitere **6%** aus verschiedenen Stadtwerken und die restlichen **14%** aus sonstigen Branchen. Des Weiteren sind **50%** der Befragten bereits in Kontakt mit einer Software zur Planung von lokalen Energiesystemen gekommen, **47%** nutzen bisher keine spezielle Software zur Dimensionierung und Bewertung von Energiesystemen und **3%** gaben keine Angaben an. Die Größe, bzw. Mitarbeiteranzahl der Unternehmen bewegt sich bei den Befragten zwischen 10 bis über 5.000 Mitarbeitern.

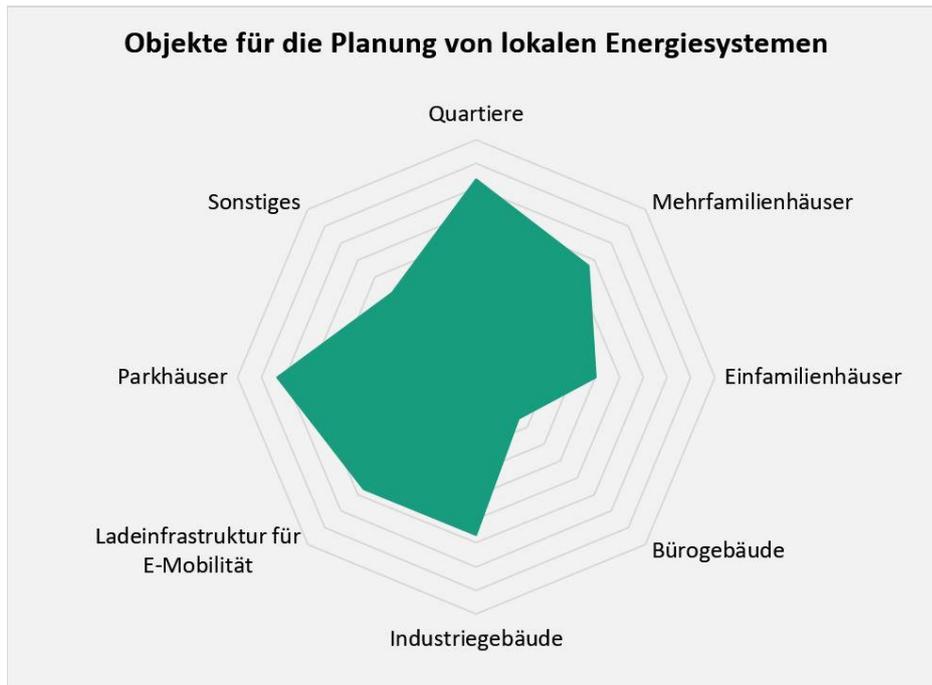
Bei der Frage, welche Programme bisher zur Anwendung kamen, werden folgende Programme erwähnt: Softwareprogramme für die Planung von PV-Anlagen (PV\*Sol, PVsyst, Polysun etc.), Windkraftanlagen (windPro etc.), Geothermie und weitere Komponenten. Eine Person gab an, eine Beta-Version des Local Grid Planners des IAT der Universität Stuttgart zu nutzen.

### 4.2 Technische Fragen

Bei den „Technischen Fragen“ werden Informationen über die Relevanz von Sektoren (Strom **97%**, Wärme **92%**, Kälte **71%**, E-Mobilität **79%**) und verschiedenen Anwendungsbeispielen, bzw. Objekten (Quartiere, Krankenhäuser, Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Ladeinfrastruktur etc.) abgefragt. Bezüglich Sektoren wurden weitere Bereiche, wie z.B. Wasser/Abwasser, Gasversorgung, Entsorgung und Sanitär genannt.

Abb. 02 zeigt die Ergebnisse der Relevanz für verschiedene Anwendungsfälle. Bemerkenswert ist hierbei, dass der Elektromobilität (Parkhäuser und Ladeinfrastruktur für Elektromobilität) ein sehr hoher Stellenwert zugetragen wird, obwohl dieser Bereich in den meisten Softwareprogrammen bisher nicht verankert ist. Weitere Anmerkungen der Befragten waren:

- *öffentliche Gebäude*
- *Alten- und Pflegeheime*
- *Industriearale*
- *Nationale Energiesysteme*



Ergebnisse

**Abb. 02 Anwendungsbeispiele und Objekte im Energiebereich**

### 4.3 Grundlagen für ein Planungstool

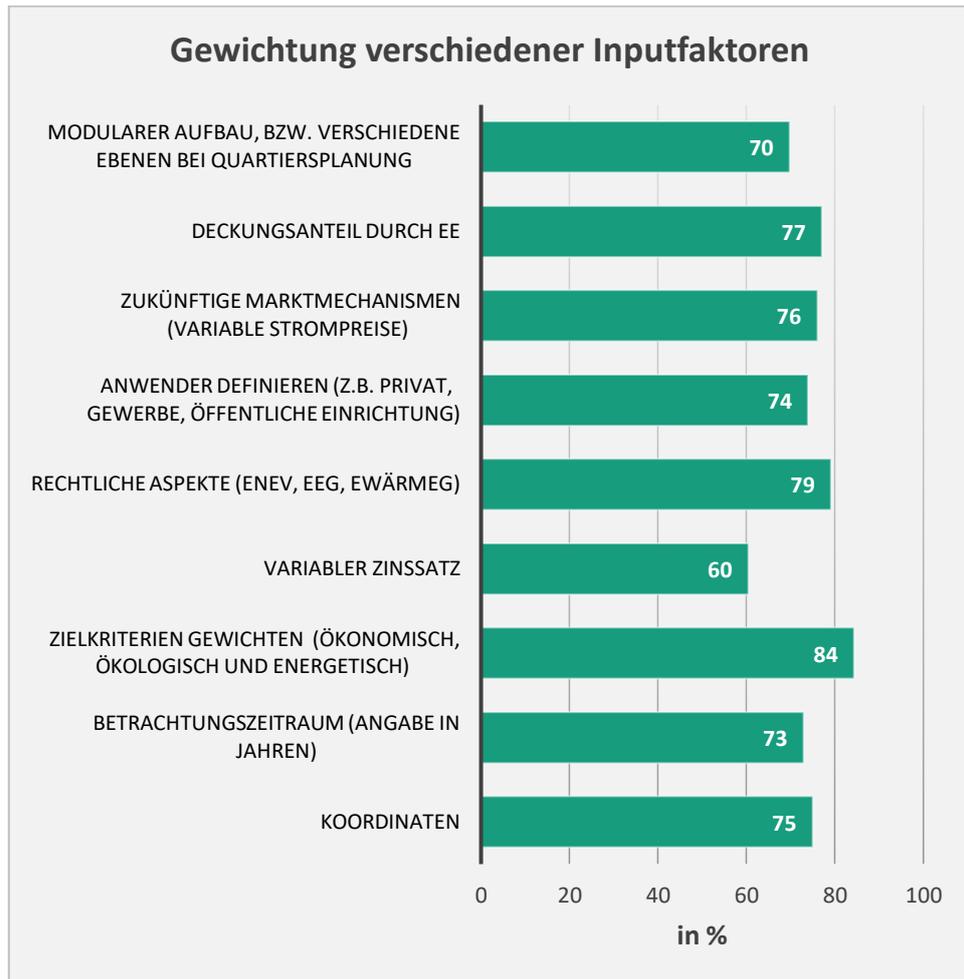
Die erste Frage hinsichtlich der Grundlagen, die für ein Planungstool wichtig sind, bezog sich auf verschiedene Inputfaktoren, die in die Berechnung einfließen (vgl. Abb. 03).

Hierbei wird deutlich, dass die verschiedensten Inputfaktoren eine wichtige Rolle spielen. Der Faktor mit der höchsten Gewichtung bezieht sich mit **84%** auf die Möglichkeit, verschiedene Zielkriterien einzubeziehen. Eine mehrdimensionale Bewertung ist somit von zentraler Bedeutung.

Weitere Anmerkungen der Befragten:

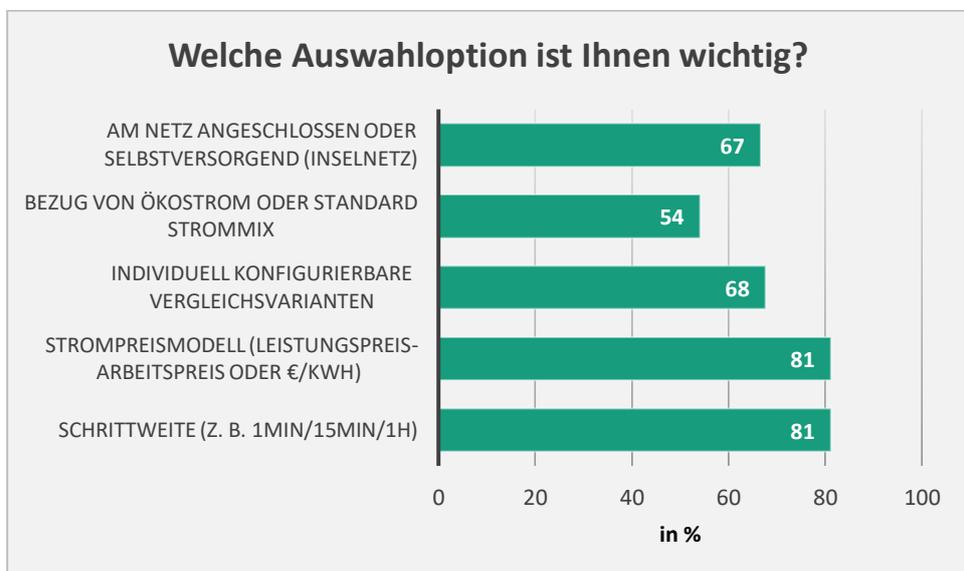
- *Individuelle Restriktionen (Wärmebedarfsdeckung, max./min. Laufzeiten der BHKWs)*
- *Potenziale Erneuerbare Energien*
- *Netzanbindung und Nutzungsprofile*
- *Energieträger- und Technologiepreise*
- *Anlagendimensionierung*

**Abb. 03** Zentrale Inputfaktoren für die Simulation



Bei weiteren Fragen bezüglich Schrittweite der Berechnung oder Relevanz von Ökostrom etc. antworteten die Teilnehmer entsprechend Abb. 04.

**Abb. 04** Weitere globale Einstellung



Insbesondere die Schrittweite stellt zukünftig einen wichtigen Bedarf dar, um kurze und intensive Netzbelastungen, die beispielsweise durch die Beladung eines Elektrofahrzeugs auftreten, realitätsnah zu betrachten.

Der nächste Abschnitt beschäftigt sich mit ausgewählten Fragen zu einer übersichtlichen Benutzeroberfläche. **81%** der Teilnehmer finden es wichtig, dass die Oberfläche durch Erklärungen und Beschreibungen einer einfachen Handhabung unterliegt. Mit **62%** ist es weniger wichtig, die Komponentenkonfiguration in einem extra Fenster durchführen zu können. Ein weiterer Aspekt ist es, Betriebsstrategien in einer Benutzeroberfläche auswählen zu können; die Befragten stimmten hier umgerechnet zu **72%** zu. Des Weiteren sollten die Sektoren in unterschiedliche Reiter aufgeteilt werden, um die Konfiguration zu vereinfachen – mit **84%** ein wichtiger Faktor.

Weitere Aspekte der Befragten hinsichtlich der Benutzeroberfläche waren:

- *Matrizenähnliche Eingaberoutinen (Geklicke minimieren)*
- *Klare Begrifflichkeiten*
- *Support / Helpdesk*
- *Einstellbarer Detaillierungsgrad*
- *Klare Übersicht, welche Parameter zur Berechnung berücksichtigt werden*
- *Bearbeitbar und importierbar*

## 4.4

### Technische Betriebsführung

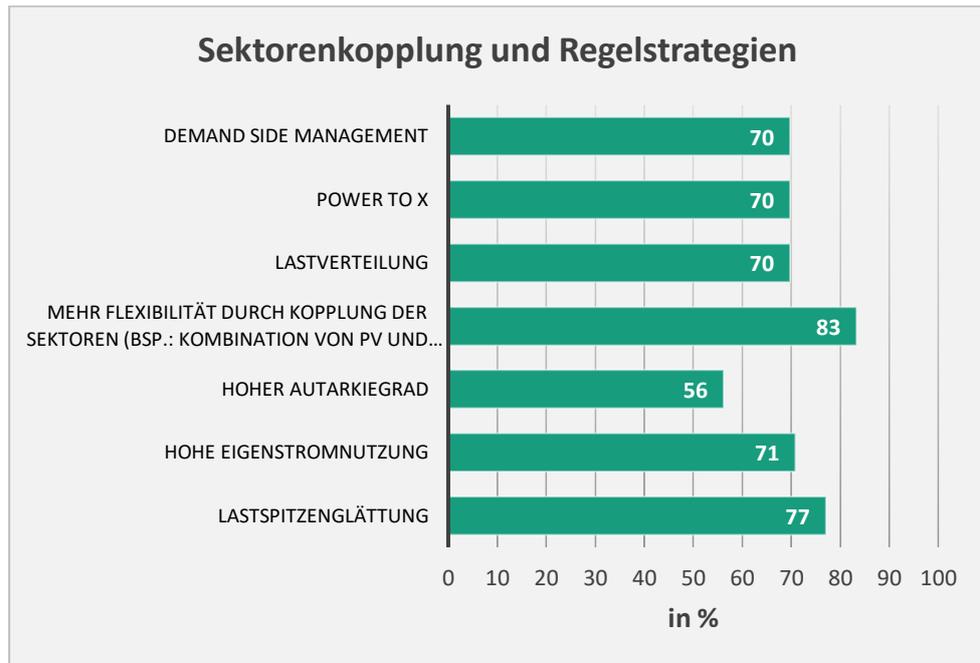
Betrachtet man die Lastprofile, die in einer Berechnung zu Grunde gelegt werden, würde der Großteil der Befragten (**89%**) die Funktion begrüßen, eigene und hinterlegte historische Messdaten zu verwenden. Alternativ könnte man die Daten aus Standardlastprofilen (**64%**) und aus Gebäudesimulationen (**82%**) auswählen.

Ergänzungen der Teilnehmer:

- *Standardlastprofile anpassen (Peak, Grundlast, Jahresbedarf, Geschäftszeiten)*
- *Aussagekräftige Metadaten zum Versorgungsobjekt (Lage, Ausrichtung, BAK, ...)*
- *Auflösungen stündlich bis monatlich & mehrere Wetterjahre*
- *Aktualität bzw. Anpassung der Lastprofile an tatsächliche Gegebenheiten vor Ort (SLP passen oft nicht mehr)*
- *Berücksichtigung von Prosumenten / Eigenverbrauch / Batteriespeicher / Ladesäule*
- *Einfluss auf Last je Anwendungsfall*

Die Sektorenkopplung spielt für die Planung von Energie- und Mobilitätssystemen eine immer wichtigere Rolle. Dies wird auch in folgender Abfrage deutlich, in der die Befragten verschiedene Flexibilitäten und Regelstrategien bewerten sollten:

**Abb. 05 Abfrage zur  
Sektorenkopplung und  
Regelstrategien**



Weitere Punkte, die von den Befragten hinsichtlich Sektorenkopplung und Regelstrategien genannt wurden, waren die Folgenden:

- *Spotmarktfahrpläne mit Sperrzeiten für Regelleistung*
- *Nutzerverhalten, Akzeptanz*
- *Die ökonomischste Variante identifizieren können; Bei o.g. Strategien kann dieses Ziel erreicht werden, muss aber nicht.*
- *Je Anwendungsfall priorisierbar*

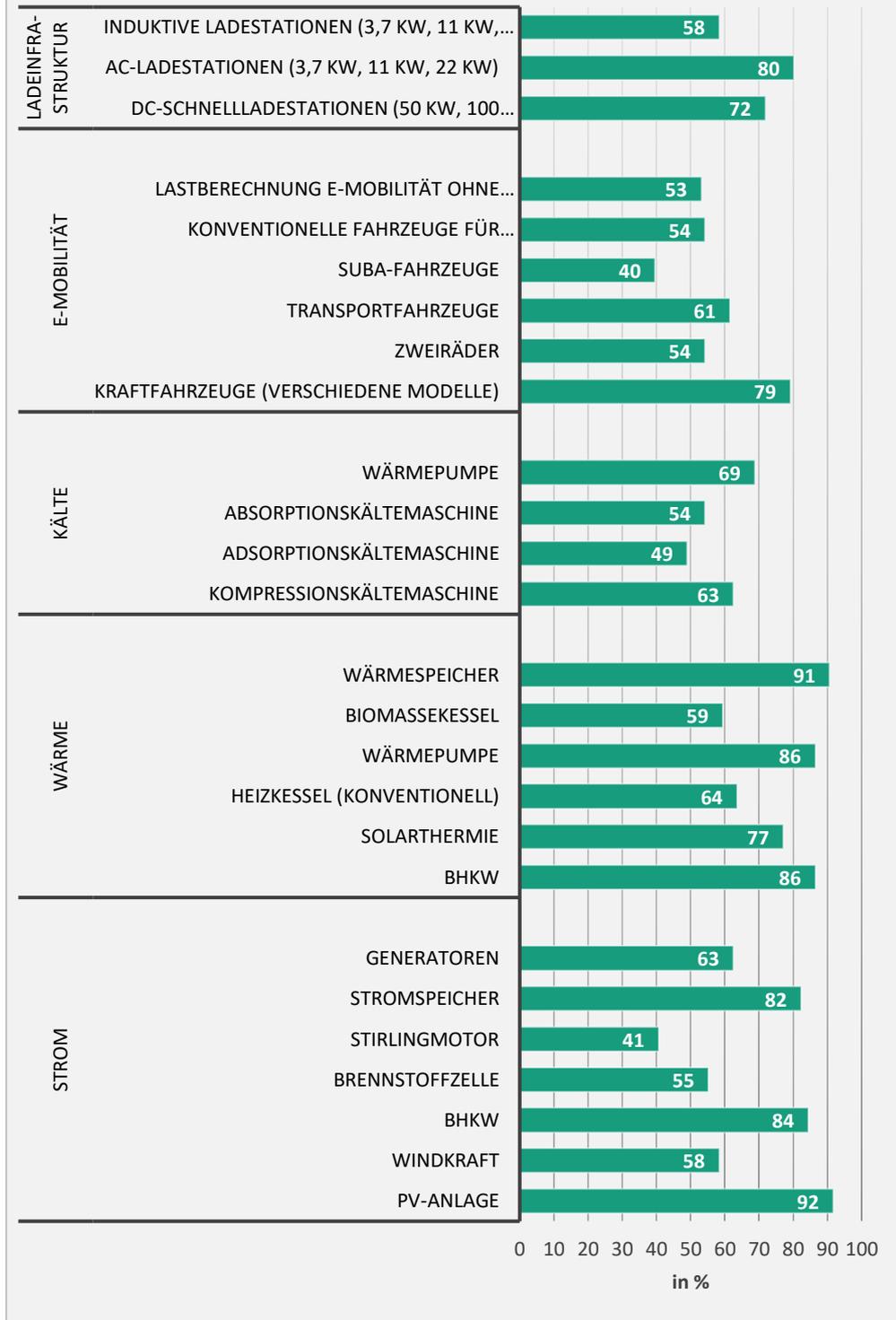
Im folgenden Abschnitt wird auf Systemkomponenten verschiedener Sektoren eingegangen. Die Aufteilung erfolgt dabei in fünf Kategorien, die in Abb. 06 aufgeführt sind. Es wird deutlich, dass alle Sektoren eine wichtige Rolle spielen. Die Gesamtsystembetrachtung ist somit ein entscheidender Faktor für die Planung zukünftiger Energiesysteme. Bei einer spezifischen Komponentenbetrachtung muss jedoch differenziert werden: Wird beispielsweise der Bereich Elektromobilität betrachtet, kommt es weniger auf diverse Fahrzeugtypen, sondern vielmehr auf die Netzbelastung durch die Ladestationen an. Die Bewertung der Fahrzeuge (verschiedene Modelle) ist jedoch entscheidend, um einen Fuhrpark wirtschaftlich und ökologisch zu evaluieren.

Was war den Befragten hinsichtlich der Komponenten und Planung noch wichtig:

- *Gasspeicher, benutzerdefinierte Prozesse*
- *Markt-Verfügbarkeit, Listen dazu, Eigenschaften, Preise, Anbieter, Auswahlkatalog*
- *beste/wichtigste ... vorprogrammiert*

Im weiteren Verlauf wurden Fragen über eine komponentenspezifische Regelung gestellt. Es wird deutlich, dass eine übergeordnete Regelung alleine nicht ausreicht. Die Komponenten zusätzlich separat anzusteuern, kann durchaus sinnvoll sein (vgl. Abb. 07).

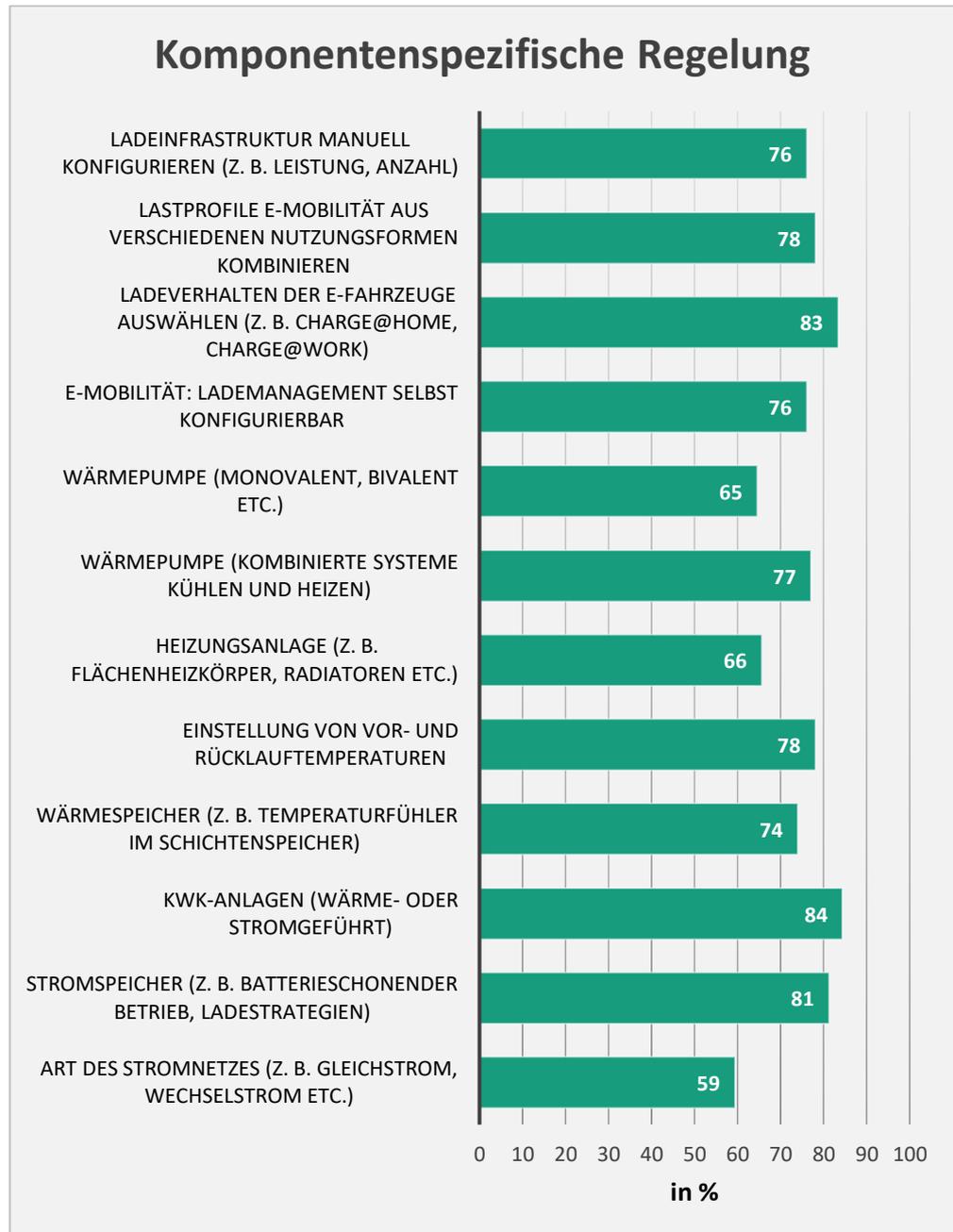
# Komponentenspezifische Beurteilung



## Ergebnisse

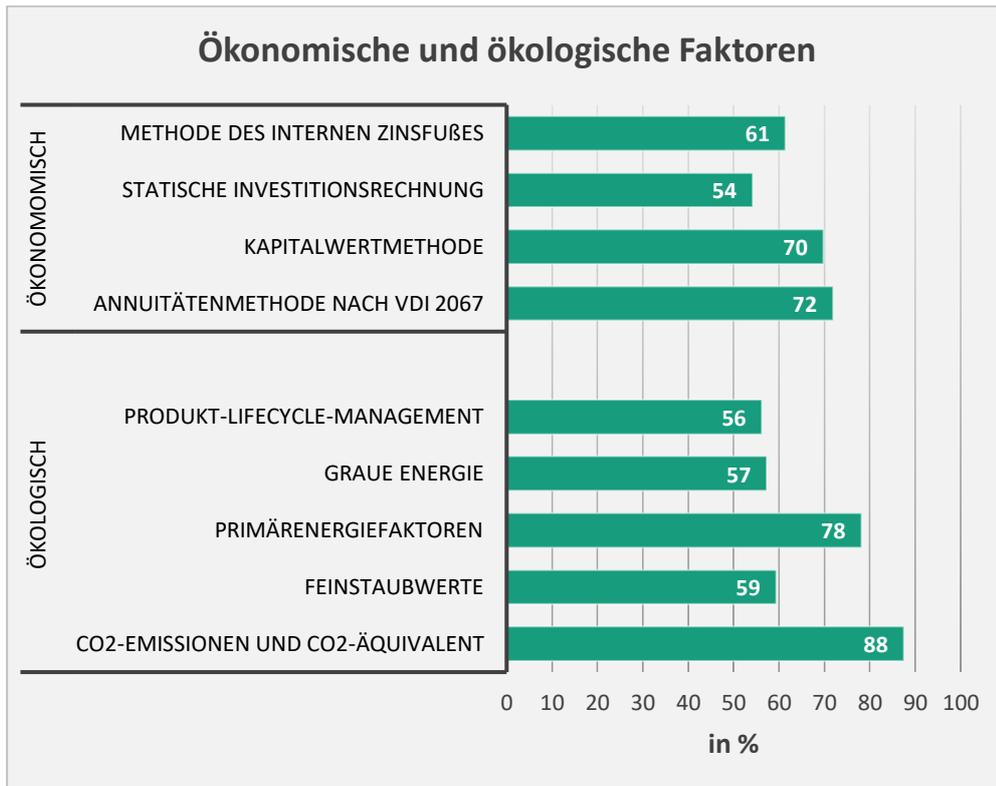
Abb. 06 Komponentenspezifische Beurteilung der Befragten

**Abb. 07** Komponentenspezifische Regelung



## 4.5 Ökologische und Ökonomische Aspekte

Betrachtet man die ökonomischen Faktoren, wird deutlich, dass eine Wirtschaftlichkeitsanalyse nach der Annuitätenmethode oder der Kapitalwertmethode bei den Befragten den größten Zuspruch erhalten. Zur Bewertung der Umweltaspekte werden die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung und Primärenergiebilanzen als wichtige Instrumente eingestuft (vgl. Abb. 08).



Ergebnisse

Abb. 08 Ökonomische und Ökologische Faktoren

Weitere Punkte aus Anmerkungen der Befragten sind:

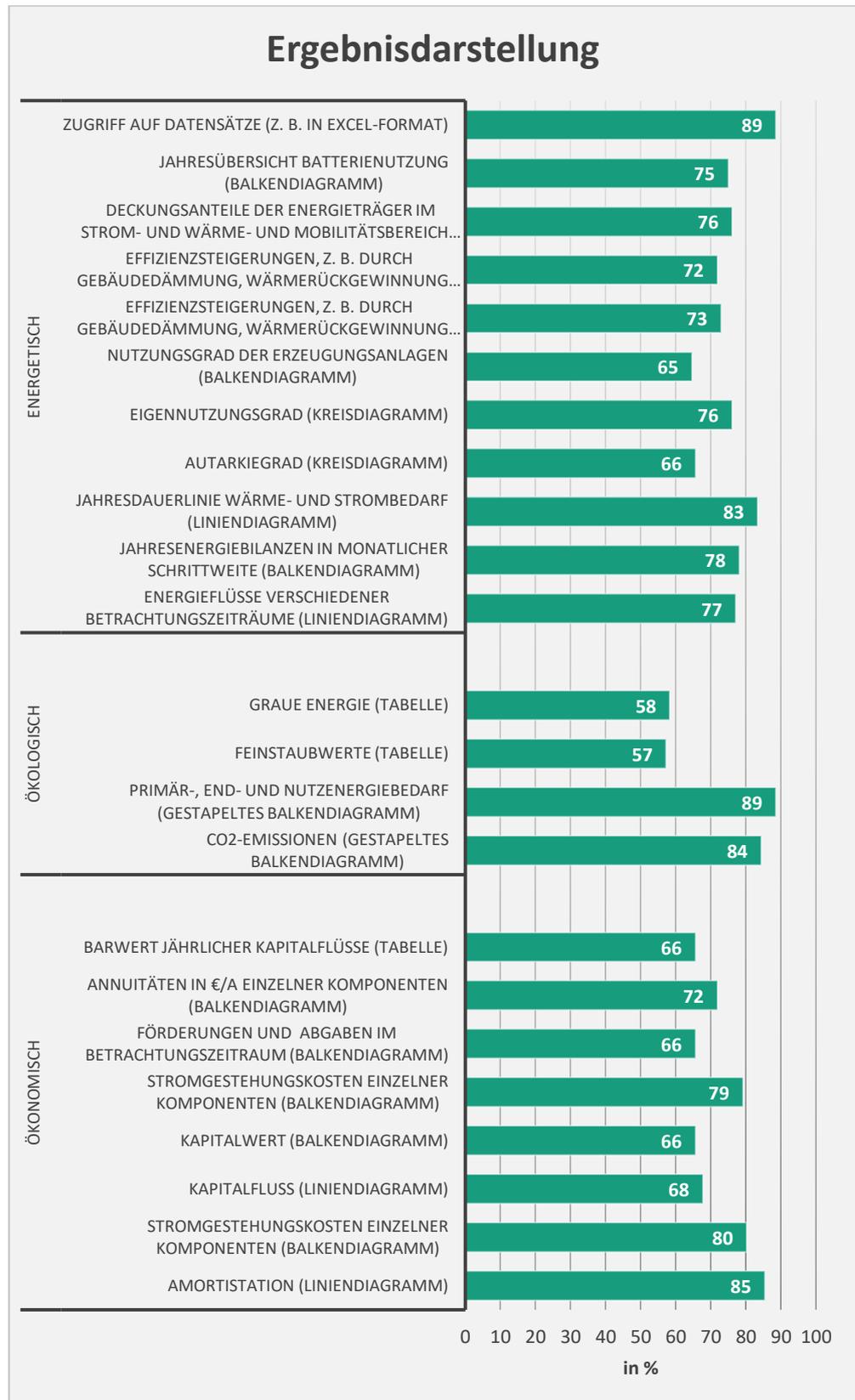
- *Stickoxide und Schwefeldioxid-Emissionen*
- *Amortisation, Cashflow, Abweichende Finanzierungs- und Betrachtungsdauer*
- *Weighted Average Cost of Capital-Ansatz*

## 4.6 Finanzielles Risiko und Sensitivitätsanalyse

Um eine optimale Auslegung und Bewertung von Microgrids zu ermöglichen, kommt häufig eine Sensitivitätsanalyse zum Einsatz. Die Befragten erachten hierbei beispielsweise die Variation von technischen Aspekten (z.B. Leistungsgrößen der Komponenten) und verschiedene Preissteigerungsraten als besonders relevant. Weitere Aspekte, wie zum Beispiel Steuern auf Emissionen und Wetterveränderungen wurden als weniger wichtig eingestuft.

## 4.7 Ergebnisdarstellung

Abb. 09 Ergebnisdarstellung



Welche Art von Ergebnisdarstellung ist bei der Planung zu berücksichtigen? In Abb. 09 sind die Ergebnisse in den drei Kategorien „Energetisch – Ökologisch – Ökonomisch“ zusammengefasst. Die Ergebnisdarstellung wird als zentrales Element für die Planung von Microgrids gesehen. Durch eine übersichtliche Ergebnisdarstellung bekommt der Planer und Kunde sehr schnell einen Überblick der technischen Konfiguration, Wirtschaftlichkeit und der ökologischen Auswirkungen. Vor allem der Zugriff auf die Datensätze, um ergänzende Diagramme zu generieren, wird als sehr wichtig eingeschätzt.

---

#### Ergebnisse

---

Ergänzungen aus dem Teilnehmerkreis:

- *Carpet-Diagramme zur Darstellung der Betriebsführung von technischen Anlagen*
- *Lieber Tabellen als Bilder, da diese selbst konfigurierbar sind*
- *Weiterverarbeitungsmöglichkeiten z. B. für Präsentationen oder Export in Excel / Möglichkeit der Grafikanpassung durch Rohdatenexport*

## 5 Fazit

Durch die hier beschriebene Anforderungsanalyse konnten die wichtigsten Bestandteile eines Planungstools von den Nutzern evaluiert und neue Ideen skizziert werden. In allen relevanten Bereichen wurden zentrale Faktoren herausgehoben und bereits gewonnene Erkenntnisse in der Planung bestätigt. Für die Planung von Energiesystemen ist eine individuelle Sichtweise der Planer und Wissenschaftler von großer Bedeutung. Durch die qualitative Nutzerbefragung können alle Ergebnisse exakt untersucht und ausgewertet werden. Insbesondere durch die Nennung weiterer Faktoren kann eine gezielte Weiterentwicklung des Planungstools und der Benutzeroberfläche vorgenommen werden.

Folgende zentrale Ergebnisse können abschließend zusammengefasst werden:

1. Für Quartiere, Wohn- und Industriegebäude, Parkhäuser und Ladeinfrastruktur werden Planungstools immer wichtiger.
2. Sektorenkopplung im Bereich Wärme, Strom und E-Mobilität muss bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden.
3. Eine multikriterielle Bewertung (Technisch | Wirtschaftlich | Ökologisch) spielt eine wichtige Rolle, um den Kunden zu überzeugen.
4. Die Integration von Regelstrategien (Lastspitzenglättung, Flexibilität, Eigenstromnutzung) wird bereits bei der Planung ein entscheidender Faktor sein.
5. PV-Anlagen, Speichertechnologien, BHKWs, Ladeinfrastrukturen zählen zu den ausgewählten Komponenten für Microgrids.
6. Eine komponentenspezifische Regelung sollte zwingend berücksichtigt werden (bspw. Lademanagement, BHKW Betriebsmodi) und muss im Einklang mit den zentralen Betriebsstrategien stehen.
7. Zur Wirtschaftlichkeitsbewertung werden die Annuitätenmethode und Kapitalwertmethode bevorzugt.
8. Die ökonomischen Auswirkungen werden von den meisten Nutzern über die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung und Primärenergiebilanzierung präferiert.
9. Die Ergebnisdarstellung wird als sehr bedeutsam eingestuft: Amortisationsdauer, Energiebilanzdiagramme, Jahresdauerlinie, Balkendiagramm der CO<sub>2</sub>-Emissionen können als Beispiele genannt werden.
10. Die Verfügbarkeit des Datensatzes (z.B. 15-min Werte über das gesamte Jahr) wird ebenfalls als sehr wichtig eingestuft, um beispielsweise eigene Diagramme zu generieren.

Die Ergebnisse der Anforderungen, die von den Nutzern diverser Planungstools bewertet wurden, werden nun aufgegriffen und im Zuge der Entwicklung verschiedener Planungs- und Simulationstools integriert.

## 6

### Literaturverzeichnis

---

#### Literaturverzeichnis

---

Brosius, Hans-Bernd; Haas, Alexander; Koschel, Friederike (2016): Methoden der empirischen Kommunikationsforschung. Eine Einführung. 7., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer VS (Studienbücher zur Kommunikations- und Medienwissenschaft). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-19996-2>.

Couper, Mick P.; Traugott, Michael W.; Lamias, Mark J. (2001): Web survey design and administration. In: *American Association for Public Opinion Research* (Volume 65, Issue 2), S. 230–253, zuletzt geprüft am 12.12.2018.

Porst, Rolf (2014): Fragebogen. Ein Arbeitsbuch. 4., erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer VS (Lehrbuch).