



**Kanton Zürich  
Baudirektion  
Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft**

# **Vollzug der Energie- vorschriften 2024**

**Private Kontrolle im Kanton Zürich**



## **Impressum**

Juli 2025

Auftraggeber	Baudirektion Kanton Zürich Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Abteilung Energie Stampfenbachstrasse 12, 8090 Zürich <a href="http://www.zh.ch/energie">www.zh.ch/energie</a> <a href="mailto:energie@bd.zh.ch">energie@bd.zh.ch</a>
Auftragnehmer	Gartenmann Engineering AG Badenerstrasse 415, 8003 Zürich
Projektteam	Dragana Rasic, Fürst Sabrina, Marcel Rossi
Autor	Claudio Rutishauser, DAS Bauphysik Waldburger & Rutishauser AG Teufener Strasse 25, 9000 St. Gallen
Bezugsquelle	AWEL, Abteilung Energie <a href="http://www.energie.zh.ch/vu">www.energie.zh.ch/vu</a>
Zitierempfehlung	AWEL, Abteilung Energie (Hrsg.) Vollzug der Energievorschriften 2024 Private Kontrolle im Kanton Zürich Waldburger & Rutishauser AG, St. Gallen (Verfasser)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Vollzug Private Kontrolle Energie 2024 Kanton Zürich</b>	<b>5</b>
1.1. Einführung und Zusammenfassung	5
1.2. Ausgangslage	6
1.3. Vorgehen	6
1.4. Ziele	7
1.5. Umfang der Untersuchung und Qualität Private Kontrolle	7
1.5.1. Erhobene Nachweise	8
1.5.2. Qualität der Privaten Kontrolle	10
1.5.3. Art der Kontrolle	11
1.5.4. Verteilung der Energieträger bei EFH und MFH	11
1.5.5. Entwicklung der U-Werte	12
1.5.6. Entwicklung der Qualität des Vollzugs in den Gemeinden	13
1.5.7. Vorliegen der Nachweise vor Baubeginn	14
1.6. Fazit Qualität Vollzug	17
 <b>2. Weitere Erhebungen zu den Fachbereichen</b>	 <b>18</b>
2.1. Deckung des Energiebedarfes (EN-101a / b / c)	18
2.1.1. Lösung des Energiebedarfes bei Ein- und Mehrfamilienhäusern	18
2.1.2. Gewählte Standardlöskombinationen	20
2.2. Fachbereich Wärmedämmung (EN-102a/b)	22
2.2.1. Einhaltung der Wärmedämmvorschriften	22
2.2.2. Art des Nachweisverfahrens	22
2.2.3. Korrektheit der thermischen Gebäudehülle	23
2.2.4. Flächenauszug der Bauteile	24
2.2.5. Berechnungsmethode von U-Werten	24
2.2.6. Korrektheit der Berechnung homogener Bauteile	24
2.2.7. Korrektheit der Berechnung von inhomogenen Bauteilen	25
2.2.8. Berücksichtigung von Wärmebrücken	25
2.2.9. Verteilung von nachgewiesenen Wärmebrückentypen	25
2.2.10. Nachweisart von Wärmebrücken	26
2.2.11. Nachweis Sommerlicher Wärmeschutz	26
2.2.12. Nachträglicher Ausbau von Räumen im UG	26
2.2.13. Nachweis Raumlufthygiene	26
2.3. Fachbereich Heizung/Warmwasser (EN-103)	27
2.3.1. Art der Wärmeabgabe	27
2.3.2. Auslegungstemperatur der Wärmeabgabe	27
2.3.3. Temperaturregelung	27
2.3.4. Übereinstimmung der Angaben zur Vorlauftemperatur	27
2.3.5. Übereinstimmung Deklaration Art der Wärmeerzeugung	27
2.4. Fachbereich Lüftungstechnische Anlagen (EN-105)	28
2.4.1. Dokumentation der Anlagen	28



<b>3. Nebenuntersuchung EN-104 Eigenstromerzeugung</b>	<b>29</b>
3.1. Zielsetzung	29
3.1.1. Gewählte Lösung zur Erfüllung der Eigenstromerzeugung	30
3.1.2. Durchschnittlich projektierte Leistung kWp/m <sup>2</sup> EBF	30
3.1.3. Projektierter Anlagentyp	31
3.1.4. Projektierter Anlagentyp beim Steildach	31
3.1.5. Projektierte Ausrichtung der PV-Anlagen auf dem Flachdach	32
3.1.6. Projektierte Ausrichtung der PV-Anlagen auf dem Steildach	32
3.1.7. Abschätzung der maximalen Dachflächenbelegung	33
3.1.8. Fazit aus der Nebenuntersuchung „Eigenstromerzeugung“	34

# 1. Vollzug Private Kontrolle Energie 2024 Kanton Zürich

## 1.1. Einführung und Zusammenfassung

Zur Erhebung der Qualität des Energievollzuges im Rahmen der privaten Kontrolle wurden bei 102 Neubauprojekten in 22 Gemeinden im Kanton Zürich Energienachweise geprüft. Erstmals wurden Daten zur Eigenstromerzeugung (EN-104) erfasst. Die Untersuchung belegt, dass der Energievollzug in den untersuchten Gemeinden grösstenteils von guter Qualität ist.

Die Analyse der Energienachweise zeigt, dass der geplante Dämmstandard meist den gesetzlichen Vorgaben entspricht und nur selten darüber hinaus verbessert wird. Die mittleren U-Werte der opaken Bauteile sind gegenüber 2021 leicht gesunken. Im Kanton Zürich wurden 78 % der Objekte mit der rechnerischen Lösung EN-101b nachgewiesen. Bei der Wärmeerzeugung dominieren Wärmepumpen, nicht erneuerbare Energieträger wurden in keinem Objekt geplant.

Die Überprüfung der einzelnen Fachbereiche lässt vermuten, dass die Anwendung der Standardlösungskombinationen EN-101a von den privaten Kontrolleuren nicht durchgängig verstanden wird. Dies führte teilweise zu inkonsistenten Nachweisen, bei welchen die Einhaltung der Grenzwerte erst nachträglich nachgewiesen werden konnte. Hinsichtlich des Nachweises der gewichteten Energiekennzahl besteht also Schulungsbedarf, um die einheitliche Anwendung der Vorgaben zu gewährleisten. Zum Nachweis der «Eigenstromproduktion EN-104» fehlten wiederholt das erforderliche Formular und die dazugehörigen Unterlagen bei der Baueingabe.

Die Qualität des Vollzugs in den Gemeinden wird insgesamt als gut bewertet und hat sich im Vergleich zu 2021 leicht verbessert. Teilweise waren Energienachweise unvollständig und wurden trotz fehlender Formulare akzeptiert. Die Prüfung der Unterlagen hängt stark von den zuständigen Personen und ihren Ressourcen ab – sie wird mancherorts kaum durchgeführt.

Im Teilprojekt "Vollzugsuntersuchung Ostschweizer Kantone" wurden bei 85 Neubauprojekten parallele Erhebungen in den Ostschweizer Kantonen (OCH) AR, GL, GR, SG und SZ durchgeführt. Die Resultate und Kernaussagen zur Qualität der Energienachweise sind weitgehend analog zu jenen aus dem Kanton Zürich.

## 1.2. Ausgangslage

Für Nachweis und Vollzug von energierelevanten Bauvorschriften stützt sich der Kanton Zürich seit 1981 auf das System „Private Kontrolle“. In den Jahren 1999, 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 und 2021 wurden Vollzugsuntersuchungen durchgeführt. Die aktuelle Stichprobenkontrolle erfolgte weitgehend digital und, die Gemeinden haben die Unterlagen dem Prüfsachverständigen-Büro digital für die Auswertung zugestellt. Ein kleiner Teil der Stichproben erfolgte auf Wunsch der Gemeinden direkt auf den jeweiligen Ämtern. Seit 2008 werden in den Ostschweizer Kantonen Appenzell Aussersiderothoden, Glarus und St. Gallen Stichprobenuntersuchungen durchgeführt, seit 2012 auch in Schwyz und seit 2024 in Graubünden. Dies erfolgt im Rahmen einer interkantonalen Vereinbarung, die 2005/2006, 2010 bzw. 2023 geschlossen wurde. Die Kantone arbeiten dabei eng zusammen, die administrative Führung liegt in Zürich.

Ziel des Systems Private Kontrolle ist es, den Vollzug für die Baubehörden zu vereinfachen und administrativ zu entlasten. Akkreditierte Fachleute prüfen das Einhalten der Energievorschriften bei Projektierung und Ausführung und melden dies den Behörden mittels der Formulare der Energienachweise und den Ausführungskontrollen der verschiedenen Fachbereiche (Energiebedarf, Wärmedämmung, Heizung- und Warmwasseranlagen, Stromproduktion und Lüftungstechnische Anlagen).

Die vorliegende Untersuchung soll Aufschluss über die Qualität des Energievollzugs geben, sowie den Stand der Bautechnik aufzeigen. Durch eine inhaltliche Prüfung der Energienachweise wird die Vollständigkeit und Richtigkeit der Nachweise erhoben.

Die Untersuchung wurde von der Abteilung Energie des AWEL in Auftrag gegeben (in der Funktion als verantwortliche Stelle für die Belange der Privaten Kontrolle).

## 1.3. Vorgehen

Grundlage der Untersuchung bilden die Energienachweise zu 96 Neubau- und sechs Umbauprojekten aus 22 Gemeinden aus dem Kanton Zürich. Die Nachweise wurden vom Auftragnehmer in Absprache mit den Gemeinden ausgewählt. Der Schwerpunkt lag auf Neubauten, insbesondere auf Mehrfamilienhäusern mit Dachflächen über 300 m<sup>2</sup>. Zusätzlich wurden auch Einfamilienhäuser berücksichtigt, sofern der entsprechende Bauentscheid ab dem Jahr 2023 erteilt wurde. Alle untersuchten Energienachweise stammen aus dem Zeitraum zwischen 2023 und Januar 2025 und mussten gemäss den Vorgaben der Norm SIA 380/1:2016 erstellt worden sein. Damit umfasst die Auswertung ausschliesslich Nachweise, die vor der Umsetzung der Harmonisierung zur MuKEn 2014 eingereicht wurden. Im Rahmen der Analyse wurden die Nachweise auf ihre Vollständigkeit und fachliche Korrektheit geprüft. Relevante Angaben wurden systematisch erfasst und statistisch ausgewertet.

Der Vergleich mit Ergebnissen aus früheren Vollzugsuntersuchungen ermöglicht das Identifizieren und Aufzeigen von Trends in der Baupraxis.

Folgende Formulare und deren Beilagen waren Gegenstand der Untersuchung:

- |                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| • Grundformular Projektkontrolle des | EN-ZH       |
| • Energiebedarf                      | EN-101a/b/c |
| • Wärmedämmung                       | EN-102a/b   |
| • Heizung- und Warmwasseranlagen     | EN-103      |
| • Eigenstromerzeugung                | EN-104      |
| • Lüftungstechnische Anlagen         | EN-105      |

Es wurden bevorzugt Energienachweise ausgewählt, bei denen das Eingabedatum nicht lange zurückliegt, so dass sich die Bauprojekte noch in der Ausführungsplanung oder im Bau befinden. Projektkorrekturen konnten so in den Bauprozess einfließen.

Bei klaren Fehlern im Nachweis oder unvollständigen Unterlagen wurde ein Mängelbericht erstellt und der Private Kontrolleur vom AWEL zur Stellungnahme aufgefordert.

## 1.4. Ziele

Die bestehenden Datenreihen der letzten Untersuchungen aus dem Kanton Zürich sollen weitergeführt und so die Vergleichbarkeit gewährleistet werden. Aus den Resultaten sind drei Fragen zu beantworten:

- I. Qualität der Privaten Kontrolle bei der Projektierung
- II. Vollständigkeit der Nachweise
- III. Stand der Technik (Wärmedämmwerte von Bauteilen, Art des Wärmeerzeugersystems und damit die Art der Deckung des Heizenergiebedarfes)

## 1.5. Umfang der Untersuchung und Qualität Private Kontrolle

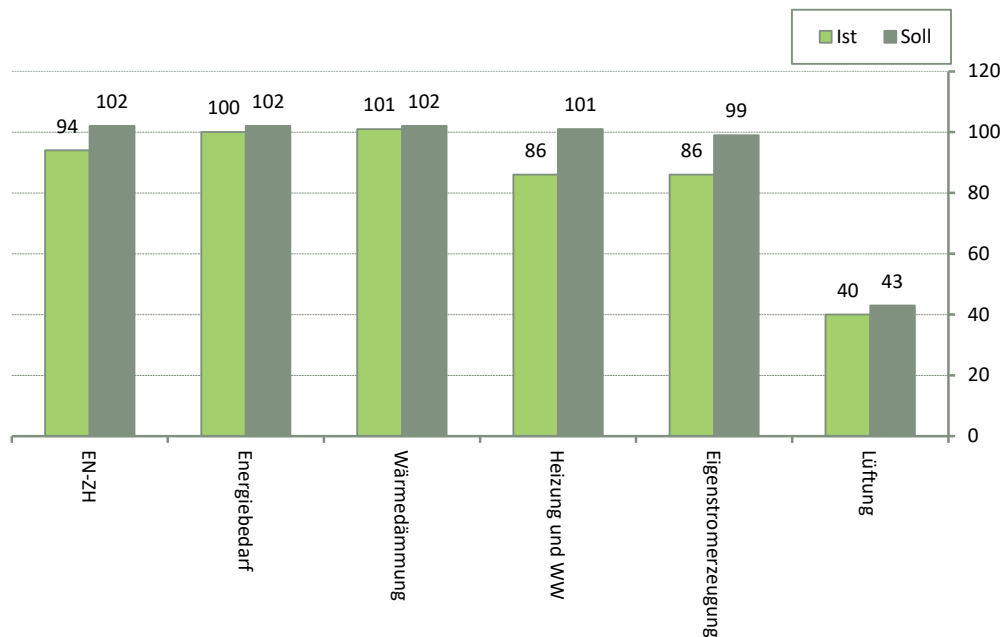
Im Folgenden werden der Umfang der Untersuchung und die wichtigsten Erkenntnisse daraus zusammengefasst.

- Erhobene Nachweise
- Qualität der Privaten Kontrolle
- Verteilung der Wärmeerzeugung
- Entwicklung der U-Werte
- Qualität der Kontrolle durch die Behörde
- Vollständigkeit der Nachweise

Weitere erfasste Kriterien sind zur Übersicht in Kapitel 2 dieses Berichts aufgeführt.

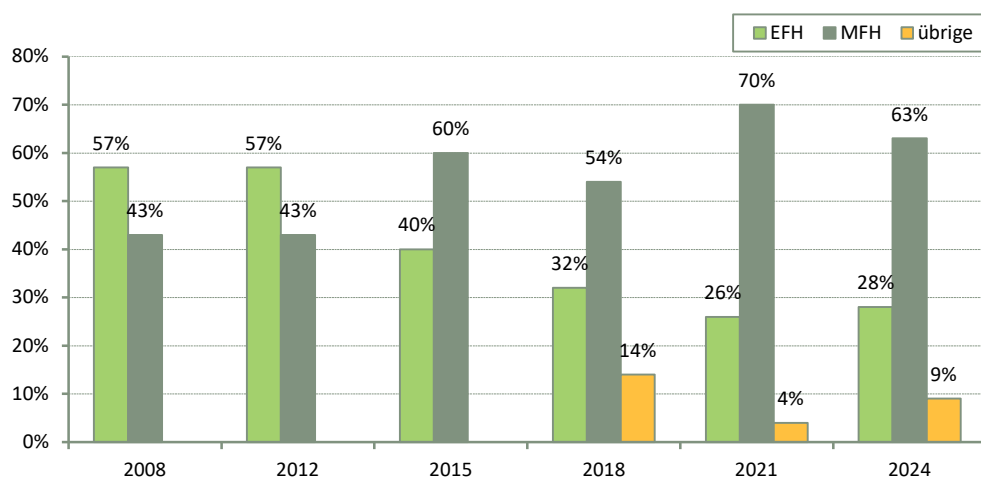
### 1.5.1. Erhobene Nachweise

Bei 102 untersuchten Bauprojekten lagen insgesamt 507 von 549 erforderlichen Nachweisformularen vor. 42 Formulare haben gefehlt, am meisten das Formular für Heizung und Warmwasser (EN-103), gefolgt vom Basisformular (EN-ZH), der Eigenstromerzeugung (EN-104) und dem Lüftungsformular (EN-105).



Figur 1: Anzahl erhobene Nachweise je Fachbereich

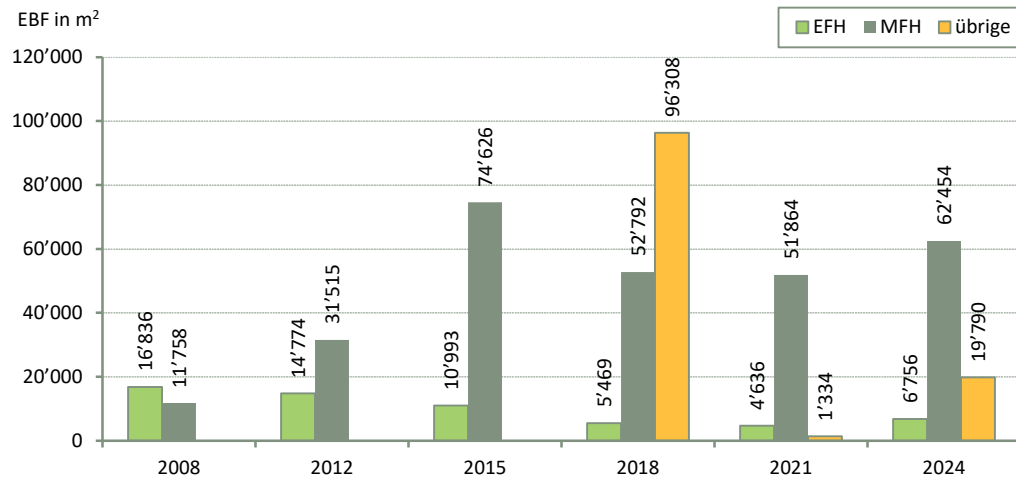
Insgesamt wurden Nachweise von 29 Einfamilienhäusern, 64 Mehrfamilienhäusern und 9 anderen Objekten (Gewerbe, Büros und Mischnutzungen) geprüft. Der Anteil MFH ist vergleichbar mit der Vollzugsuntersuchung 2021.



Figur 2: Erhobene Nachweise je Gebäudekategorie



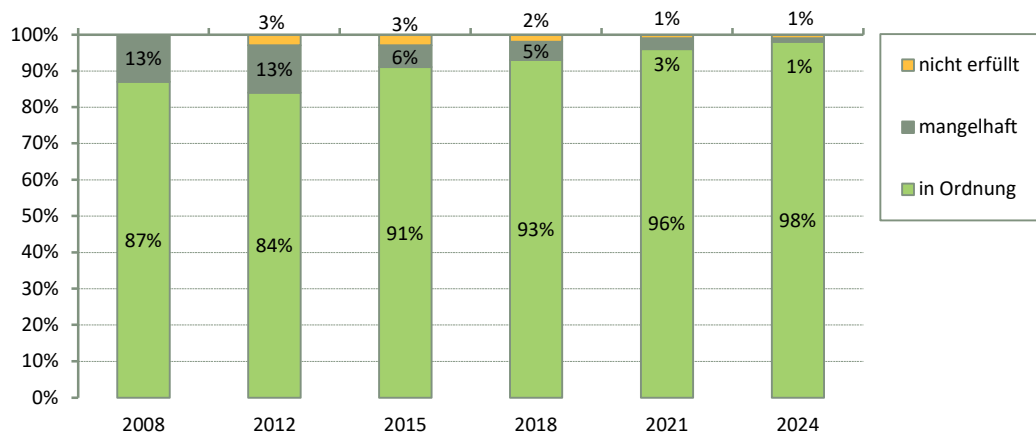
Die totale Energiebezugsfläche (EBF) der untersuchten Objekte hat sich gegenüber den Vorjahren stark verändert, da diesmal vor allem grosse Gebäude mit PV-Anlagen berücksichtigt wurden. Die Gesamtfläche beträgt rund 89'300 m<sup>2</sup>.



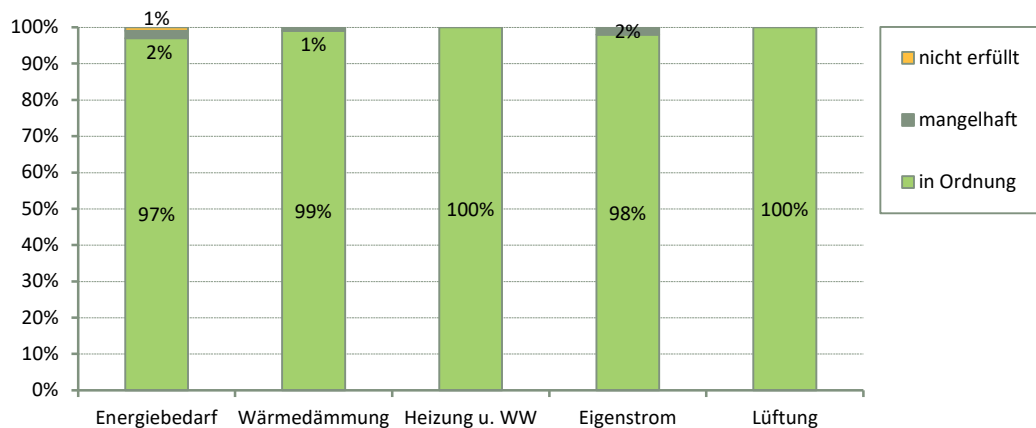
Figur 3: Erhobene EBF je Gebäudekategorie

### 1.5.2. Qualität der Privaten Kontrolle

Die Qualität über alle Fachbereiche bleibt auf hohem Niveau. Die Anzahl der beanstandeten Nachweise stagniert auf tiefem Niveau. Bei den bemängelten Nachweisen wurden die Stellungnahmen und nachgereichten Unterlagen kontrolliert. Die Überprüfung zeigte, dass es sich überwiegend um formelle Mängel handelte; inhaltlich erfüllten die geplanten Gebäude die Anforderungen des Energiegesetzes.



Figur 4: Qualität der Nachweise der Privaten Kontrolle über alle Fachbereiche



Figur 5: Qualität der Nachweise der Privaten Kontrolle der einzelnen Fachbereiche im Jahr 2024

In drei Fällen gab es ungenügende Nachweise der spezifischen Energiekennzahl (EN-101) mittels Standardlöskombinationen. Geringfügige Mängel in den Berechnungen der U-Werte oder Wärmebrücken wurden nicht berücksichtigt.

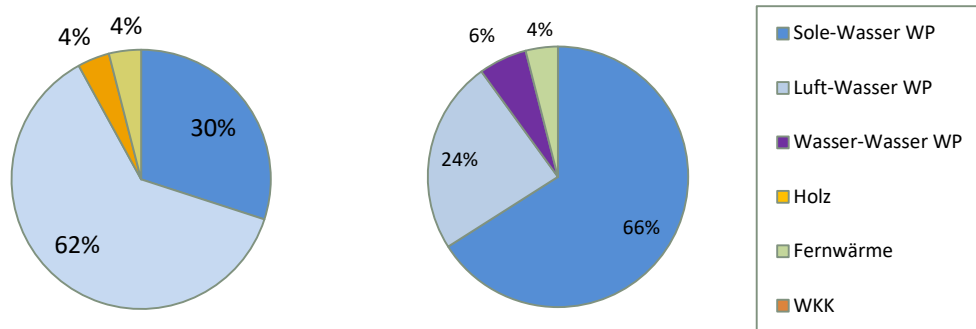
Die Anwendung der Standardlöskombinationen EN-101a wurde von den Privaten Kontrolleuren nicht durchgängig richtig verstanden. Dies führte zu inkonsistenten Nachweisen. Auf die Einhaltung der Grenzwerte hatte dies keinen entscheidenden Einfluss. Die Mängel verdeutlichen einen Schulungsbedarf, um eine korrekte Anwendung sicherzustellen.

### 1.5.3. Art der Kontrolle

Alle geprüften Nachweise der Fachbereiche Energiebedarf, Wärmedämmung, Heizung und Warmwasser, Eigenstromproduktion und Lüftung wurden durch Private Kontrolleure eingereicht. Von 102 untersuchten Objekten wurden 54 (61%) durch eine behördliche Kontrolle und 8 Objekte durch ein externes Prüfingenieur-Büro geprüft.

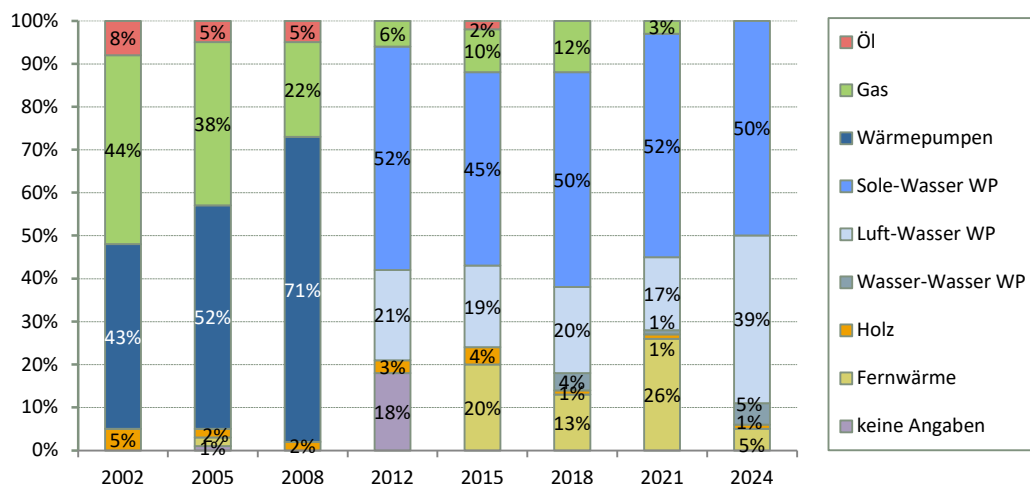
### 1.5.4. Verteilung der Energieträger bei EFH und MFH

Bei keinem Objekt wurde eine nicht erneuerbare Heizung eingereicht. Die Wärmepumpen dominieren klar den Markt der Wärmeerzeugungssysteme. Es wurden insgesamt 5 Fernwärmeanschlüsse und lediglich eine Holzheizung eingesetzt. Die Grafik bezieht sich auf die Anzahl EFH (29 Stk.) und MFH (64 Stk.)



Figur 6: Anteil der Wärmeerzeuger bei EFH (links) und MFH (rechts)

Im Neubau werden ausschliesslich erneuerbare Systeme installiert. 94% der untersuchten Energiebezugsfläche werden mit Wärmepumpen beheizt. Der markante Rückgang des Fernwärmeanteils begründet sich damit, dass in der Untersuchung 2021 zwei sehr grosse Gewerbeobjekte mit Fernwärmeanschluss geprüft wurden.

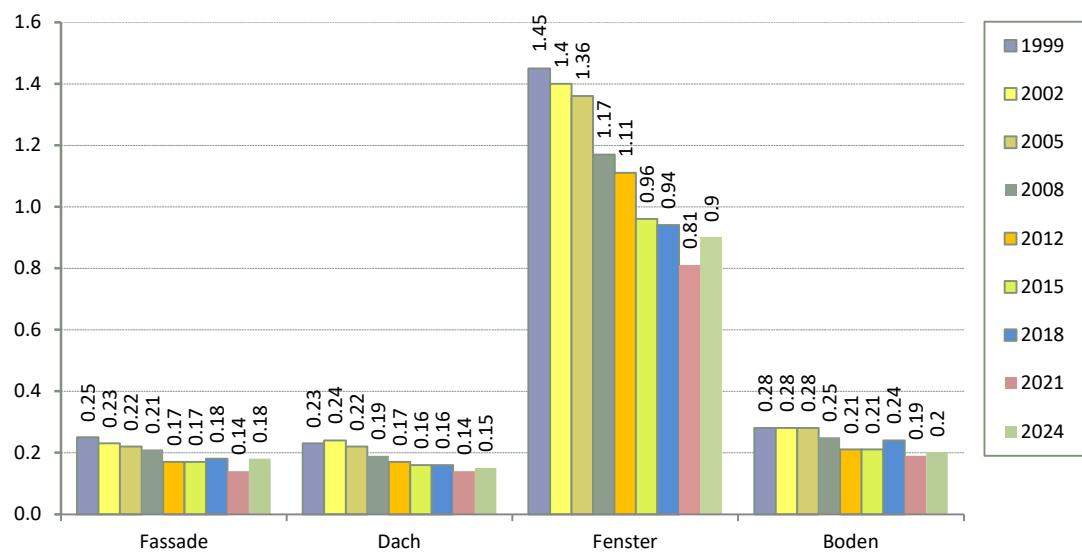


Figur 7: Anteil der Wärmeerzeuger nach EBF

### 1.5.5. Entwicklung der U-Werte

Alle erfassten mittleren U-Werte haben sich gegenüber der Untersuchung 2021 leicht verschlechtert. Im Vergleich zu den Voruntersuchungen liegen diese wieder auf dem erreichten tiefen Niveau. Der Nachweis der spezifischen Energiekennzahl erfolgte im Kanton Zürich bei 78% der untersuchten Objekte mit der rechnerischen Lösung EN-101b. Diese Nachweisvariante erlaubt im Vergleich zur Standardlösung EN-101a grössere Flexibilität bei den U-Werten einzelner Bauteile.

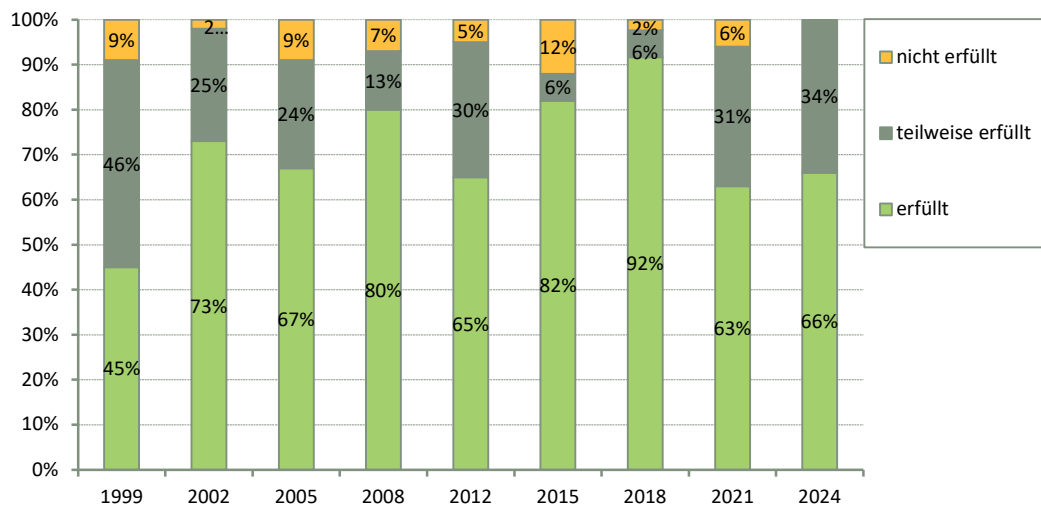
U-Wert in  $\text{W/m}^2\text{K}$



Figur 8: Entwicklung der U-Werte

### 1.5.6. Entwicklung der Qualität des Vollzugs in den Gemeinden

Bei zwei Dritteln der untersuchten Objekte wurde die Qualität des Vollzugs in den Gemeinden als zufriedenstellenden bewertet. Kleinere Ungereimtheiten konnten meist mit den Gemeinden geklärt werden. Teilweise fehlten einzelne Formulare und Beilagen.

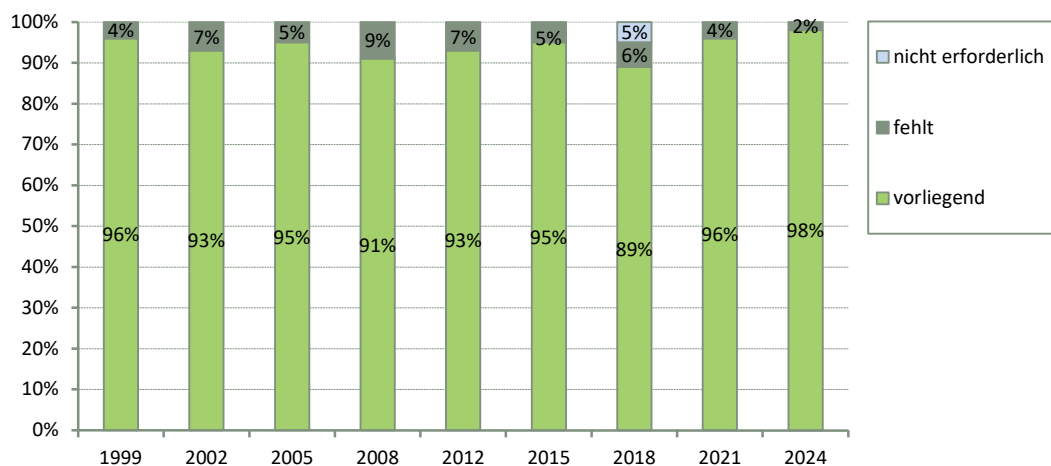


Figur 9: Bewertung der Qualität des Vollzugs in den Gemeinden

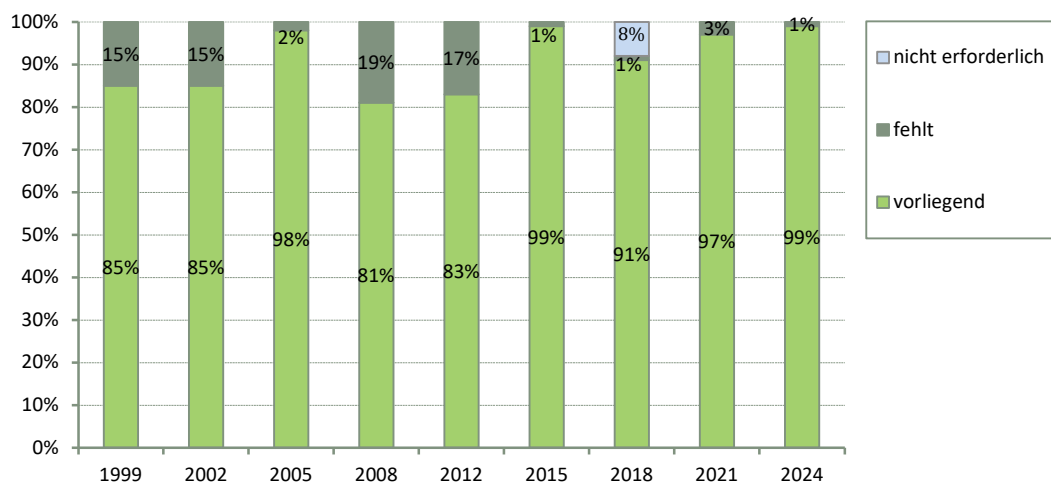
### 1.5.7. Vorliegen der Nachweise vor Baubeginn

Die Baubehörden verlangen das Einreichen des Energienachweises spätestens vor Baufreigabe. Zunehmend werden die Dokumente bereits mit der Baueingabe eingefordert. Den Forderungen der Gemeinde wird im Normalfall nachgekommen.

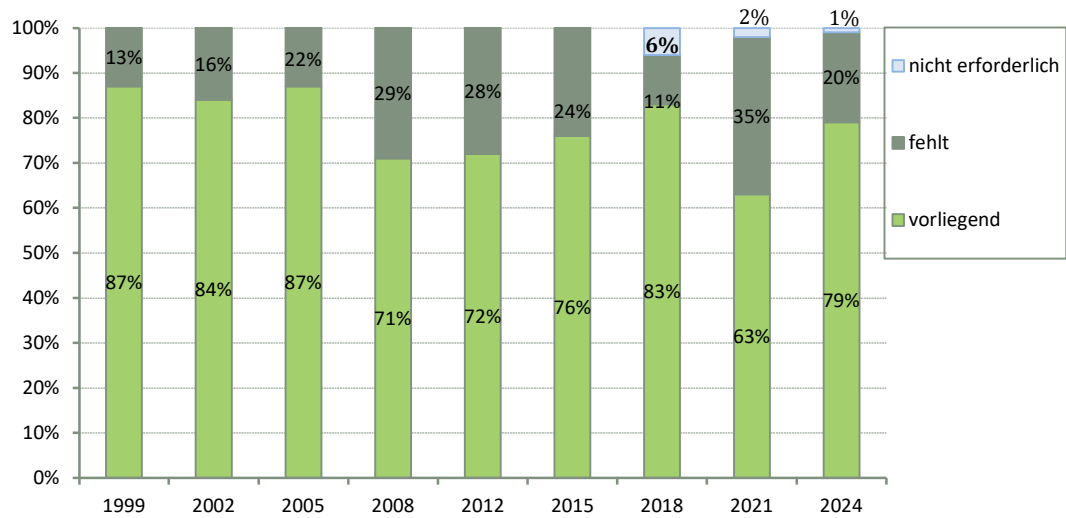
Bei den Nachweisen Energiebedarf und Wärmedämmung bleibt der Anteil der vorliegenden Formulare auf sehr hohem Niveau. Bei 13 Fällen fehlte der Nachweis für Heizungs- und Warmwasseranlagen (EN-103). Es zeigte sich, dass viele der unterzeichnenden Privaten Kontrolleure nur für den Fachbereich Wärmedämmung unterschriftsberechtigt sind. Der fehlende EN-103-Nachweis hätte von einer entsprechend befugten Fachperson geprüft werden müssen.



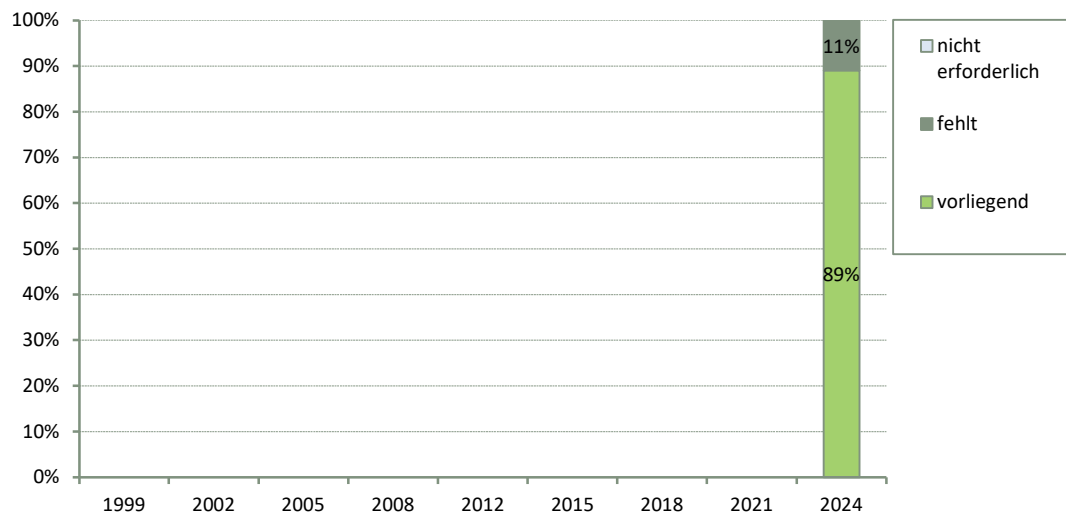
Figur 10: Vorliegen der Nachweise Energiebedarf (EN-101) vor Baubeginn



Figur 11: Vorliegen der Nachweise Wärmedämmung (EN-102) vor Baubeginn

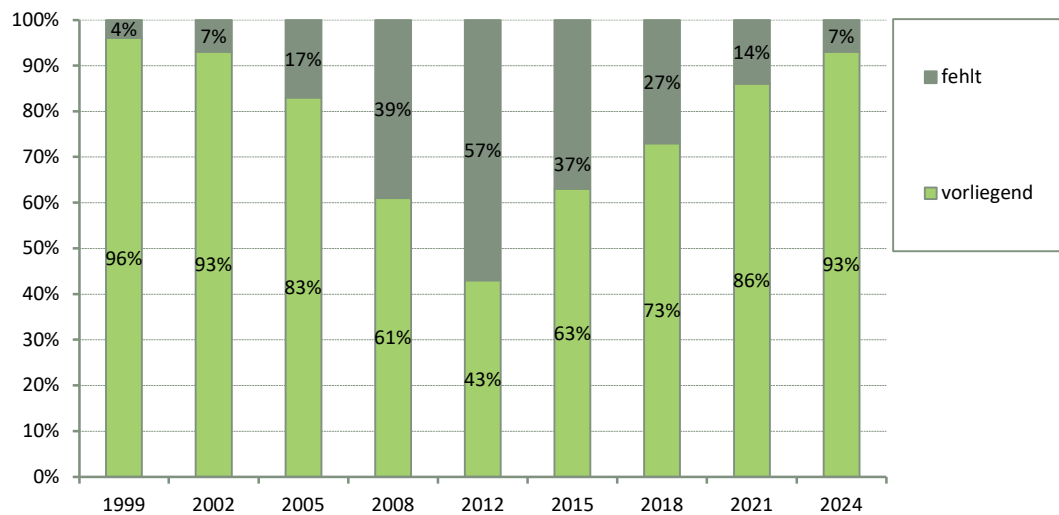


Figur 12: Vorliegen der Nachweise Heizungs- und Warmwasseranlagen (EN-103) vor Baubeginn



Figur 13: Vorliegen der Nachweise Eigenstromerzeugung (EN-104) vor Baubeginn

Erstmals wurden Nachweise zur Eigenstromerzeugung ermittelt. Bei 11 Objekten fehlten die erforderlichen Formulare EN-104-ZH.



Figur 14: Vorliegen der Nachweise Lüftungstechnische Anlagen (EN-105) vor Baubeginn

Bei 27 der geprüften Bauten wurde eine Lüftungstechnische Anlage installiert, bei 2 Objekten fehlten die Angaben.



## 1.6. Fazit Qualität Vollzug

Die Qualität des Vollzugs der Gemeinden wird als gut bewertet. In einigen Gemeinden waren Energienachweise nicht vollständig oder es fehlten Formulare. Trotzdem wurde jeweils eine Baufreigabe erteilt.

Bei den untersuchten Bauprojekten wurden 507 von insgesamt 549 erforderlichen Nachweisen eingereicht. Die Qualität der Arbeiten der Privaten Kontrolleure ist insgesamt hoch, doch wurden formelle Fehler bei Nachweisen in allen Fachbereichen festgestellt.

Die Prüfung der Nachweise der Fachbereiche Energiebedarf, Wärmedämmung, Heizung und Warmwasseranlagen, Eigenstromproduktion und Lüftungstechnische Anlagen zeigt zusammenfassend, dass:

- die U-Werte der Gebäudehülle im Vergleich zu früheren Untersuchungen stagnieren respektive etwas rückläufig sind
- nach wie vor dominieren die Wärmepumpen als Wärmeerzeugungssystem bei Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern
- zum ersten Mal wurden Nachweise zur Eigenstromproduktion (EN-104) erfasst, hier fehlten in Einzelfällen Formulare

Bei sechs Nachweisen war die Qualität tief, eine gewissenhafte Prüfung war nicht möglich, Formulare fehlten oder waren falsch, Plangrundlagen oder Flächenauszüge mangelhaft. Hier wurden die Privaten Kontrolleure zur Nachbesserung aufgefordert.

## 2. Weitere Erhebungen zu den Fachbereichen

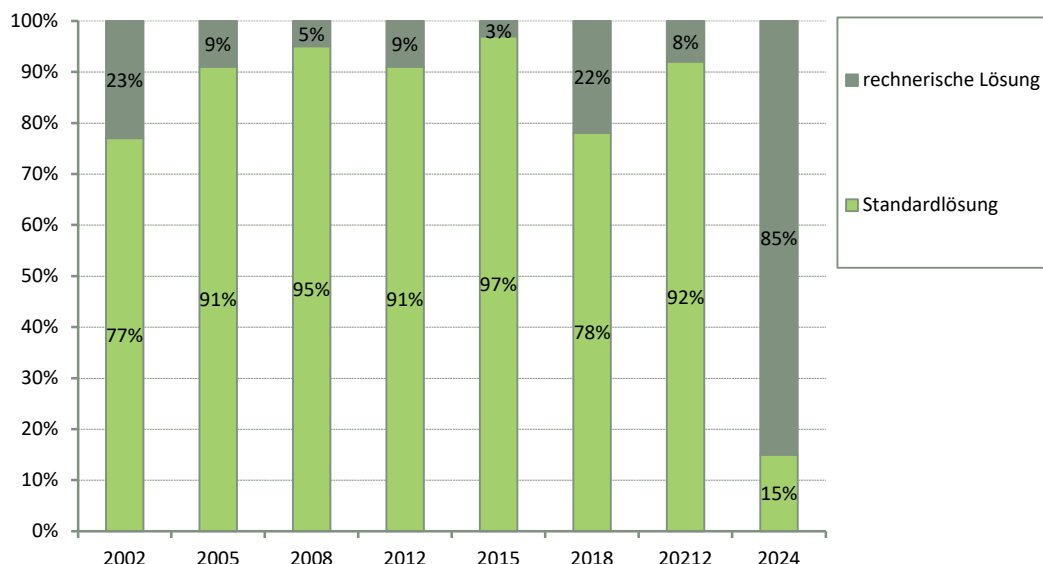
In diesem Teil werden weiterführende Untersuchungen und Vergleiche vorgestellt, die sich spezifisch auf die Formulare EN-101, EN-102, EN-103 und EN-105 beziehen. Der neue Nachweis über die Eigenstromproduktion EN-104 wird im Kapitel 3 behandelt.

### 2.1. Deckung des Energiebedarfes (EN-101a / b / c)

#### 2.1.1. Lösung des Energiebedarfes bei Ein- und Mehrfamilienhäusern

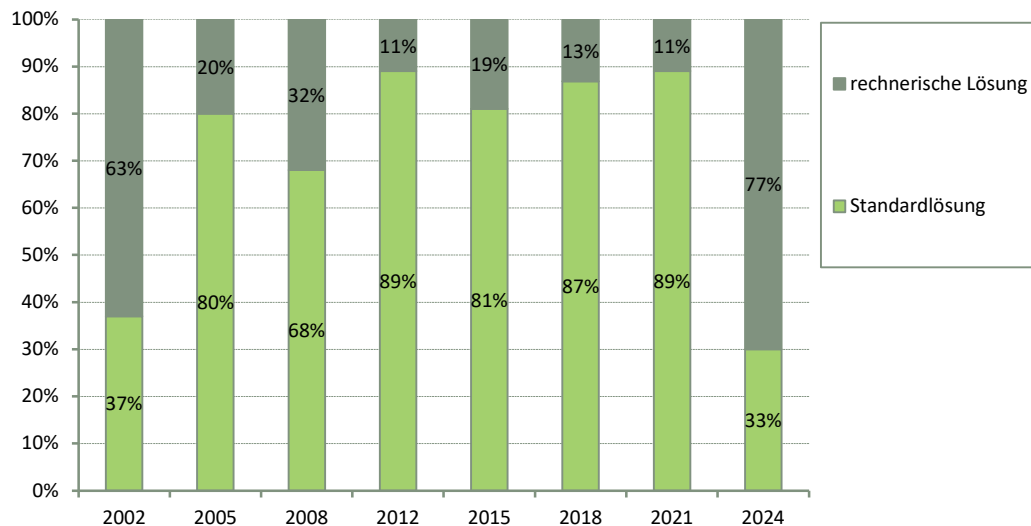
Bei 4 von 27 Fällen wurde bei den Einfamilienhäusern eine Standardlösung (EN-101a) als Nachweis der gewichteten Energiekennzahl gewählt.

Bei 23 Einfamilienhäuser wurde der Nachweis mit einer rechnerischen Lösung (EN-101b) und bei einem Objekt mit der vereinfachten rechnerischen Lösung «Energie Nachweistool für einfache Bauten» (EN-101c) erbracht.



Figur 15: Lösungsart § 10a Energiegesetz bei EFH

Bei den 64 untersuchten Mehrfamilienhäusern wurde in 15 Fällen eine Standardlösungskombination (EN-101a) angewendet. Bei 49 Mehrfamilienhäuser (MFH) wurde der Nachweis mit einer rechnerischen Lösung (EN-101b) erbracht.

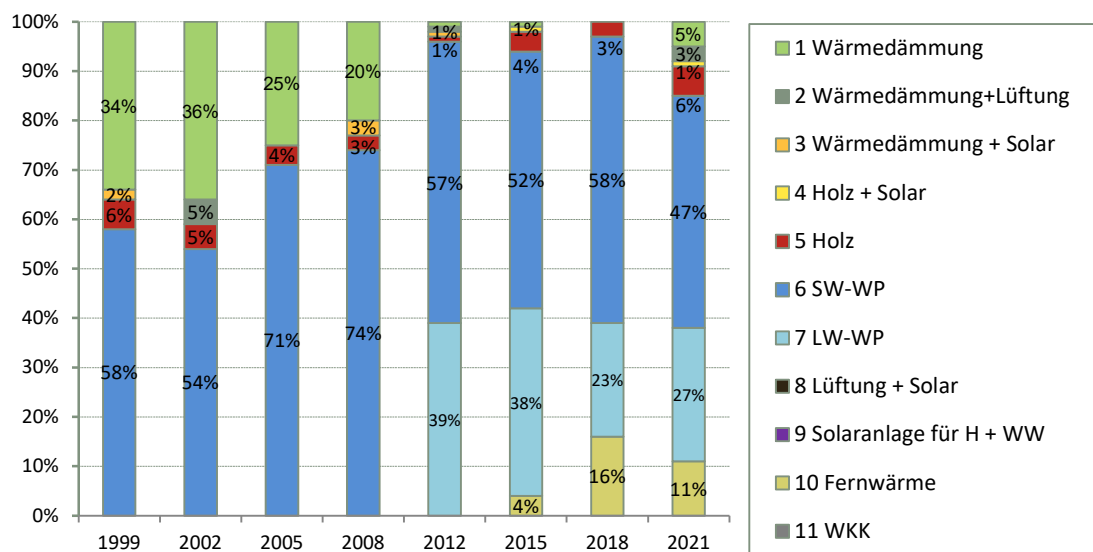


Figur 16: Lösungsart § 10a Energiegesetz bei MFH

Die Verschiebung von den Standardlösungskombinationen EN-101a zur rechnerischen Lösung EN-101b bei den Einfamilien- sowie Mehrfamilienhäuser ist klar ersichtlich. Die rechnerische Variante des Nachweises gewährt gegenüber der Standardlösungskombinationen hinsichtlich der U-Werte der einzelnen Bauteile mehr Flexibilität.

### 2.1.2. Gewählte Standardlösungskombinationen

Mit der Überarbeitung der Energievorschriften wurden die bisherigen Standardlösungen (EN-1) durch die Standardlösungskombinationen (EN-101a) abgelöst. Der Trend der Planung von Wärmepumpen bei Wohngebäuden setzt sich fort. In der Figur 17 sind die Standardlösungen aus den Jahren 1999-2021 ersichtlich.

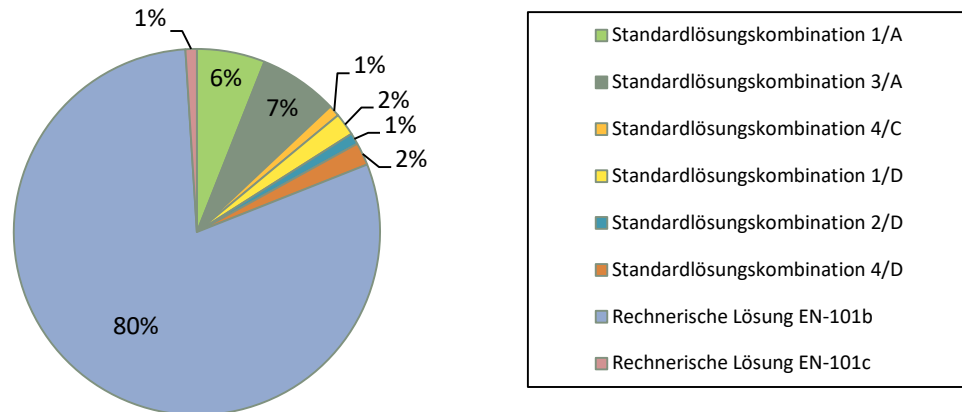


Figur 17: Anteile der gewählten Standardlösungen aus den Jahren 1999 - 2021

Neubauten und Erweiterungen von bestehenden Gebäuden (Aufstockungen, Anbauten etc.) müssen so gebaut und ausgerüstet werden, dass ihr Bedarf für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung nahe bei null liegt. Die Anforderung an die Deckung des Energiebedarfes wird durch Effizienzmassnahmen (z.B. bessere Wärmedämmung, Kontrollierte Wohnungslüftung etc.), durch die Nutzung von Abwärme, durch die Nutzung von erneuerbaren Energien oder durch den Einsatz einer Wärme-Kraft-Kopplungsanlage (WKK) erreicht.

Die Einhaltung der Anforderungen an die Deckung des Energiebedarfs von Neubauten kann entweder mittels einer Standardlösungskombination (Formular EN-101a), rechnerisch (Formular EN-101b) oder vereinfacht (Formular EN-101c) erfolgen.

Bei der Vollzugsuntersuchung 2024 wurden in den Fällen mit Standardlösungskombination überwiegend Varianten mit elektrischen Wärmepumpen gewählt. Von insgesamt 98 Nachweisen entfielen 18 auf die Standardlösungskombination (EN-101a), 80 Nachweise erfolgten mit der «Rechnerischen Lösung EN-101b» und ein Nachweis mit der «Rechnerischen Lösung für einfache Bauten EN-101c».



Figur 18: Nachweis des Energiebedarfes (EN-101a/b/c)

		A	B	C	D	E	F	G
	Anforderungen:	Elektr. Wärmepumpe Erdsonde oder Wasser	Automatische Holzheizung	Fernwärme aus KVA, ARA oder ern. Energien	Elektr. Wärmepumpe Aussenluft	Stückholzheizung	Gasbetriebene Wärmepumpe	Fossiler Wärmeerzeuger
1	Opake Bauteile gegen aussen Fenster Kontrollierte Wohnungslüftung (KWL)	0,17 W/m²K 1,00 W/m²K				-	-	-
2	Opake Bauteile gegen aussen Fenster Th. Solaranlage für WW mit mind. 2% der EBF	0,17 W/m²K 1,00 W/m²K					-	-
3	Opake Bauteile gegen aussen Fenster	0,15 W/m²K 1,00 W/m²K			-	-	-	-
4	Opake Bauteile gegen aussen Fenster	0,15 W/m²K 0,80 W/m²K				-	-	-
5	Opake Bauteile gegen aussen Fenster Kontrollierte Wohnungslüftung (KWL) Th. Solaranlage für WW mit mind. 2% der EBF	0,15 W/m²K 1,00 W/m²K						-
6	Opake Bauteile gegen aussen Fenster Kontrollierte Wohnungslüftung (KWL) Th. Solaranlage für H+WW mit mind. 7% der EBF	0,15 W/m²K 0,80 W/m²K						

Figur 19: Standardlösungskombinationen (EN-101a)

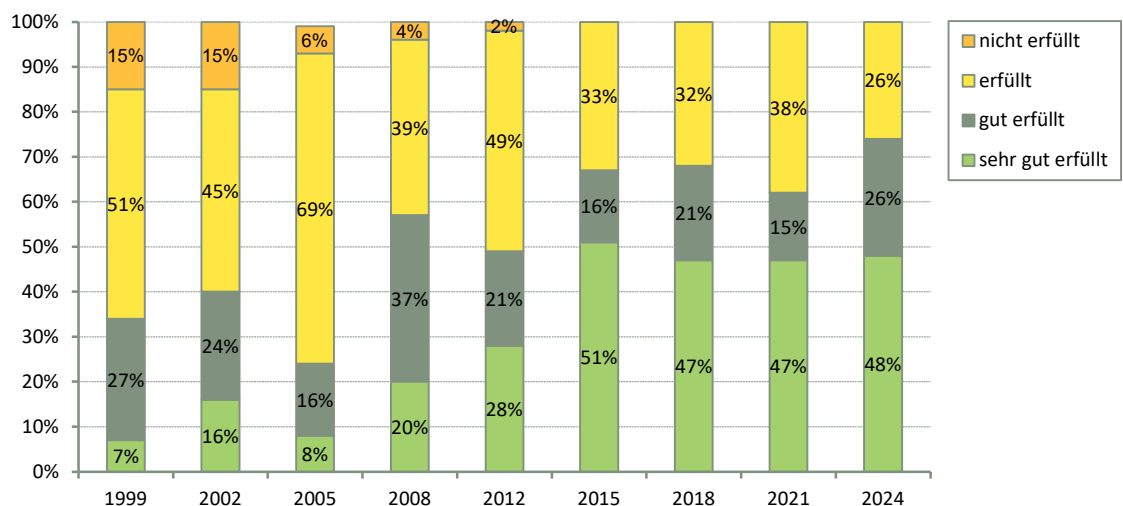
## 2.2. Fachbereich Wärmedämmung (EN-102a/b)

### 2.2.1. Einhaltung der Wärmedämmvorschriften

Die Klassierung erfolgte gemäss folgender Einteilung:

- sehr gut erfüllt  $Q_h < 85\% Q_{h,li}$
- gut erfüllt  $Q_h = 85-90\% Q_{h,li}$
- erfüllt  $Q_h > 90\% Q_{h,li}$  und  $Q_h < Q_{h,li}$
- nicht erfüllt  $Q_h > Q_{h,li}$

42 von 88 geprüften Objekten mit Systemnachweis erfüllen die Anforderungen an den Heizwärmebedarf sehr gut. Kein Objekt wurde mit einer Grenzwertüberschreitung eingereicht.



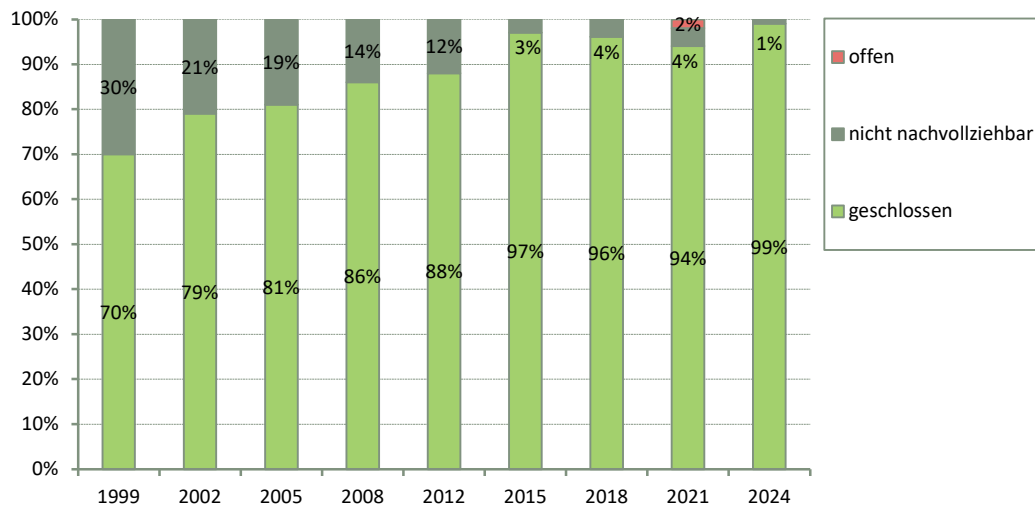
Figur 20: Klassifizierung Einhaltung der Wärmedämmvorschriften (nur Systemnachweis)

### 2.2.2. Art des Nachweisverfahrens

Mit 88 von 102 Objekten wurde am häufigsten der Systemnachweis angewendet. Für 14 Objekte wurde ein Einzelbauteilnachweis erstellt. Es wurden keine Minergie zertifizierten Bauprojekte kontrolliert und ausgewertet.

### 2.2.3. Korrektheit der thermischen Gebäudehülle

Der Verlauf der thermischen Gebäudehülle bei Neubauten war mit einer Ausnahme bei allen Ausweisen nachvollziehbar und geschlossen. Die Dokumentation der thermischen Gebäudehülle und ihr Verlauf konnte bei einem Nachweis nicht nachvollzogen und auch anhand der Gebäudehüllflächen nicht genau eruiert werden.

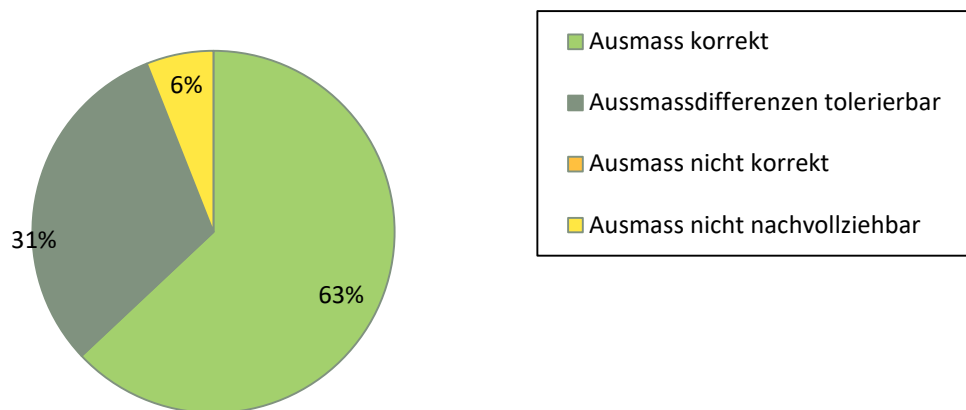


Figur 21: Korrektheit der thermischen Gebäudehülle

#### 2.2.4. Flächenauszug der Bauteile

Die Flächen in den Systemnachweisen wurden bei 63% korrekt ausgezogen oder die minimalen Abweichungen hatten keine Auswirkungen. Bei gesamthaft 31% war der Auszug nachvollziehbar und mit tolerierbaren Differenzen zu bewerten. Bei dieser Untersuchung gab es vier Flächenauszüge, die nicht nachvollziehbar waren. Als tolerierbar wurde die Differenz gewertet, wenn der Einfluss auf den  $Q_h$  respektive auf den  $Q_{h,li}$  vernachlässigbar war.

Es konnten nur Systemnachweise untersucht werden, da bei Einzelbauteilnachweisen keine Flächen ausgezogen werden müssen.



Figur 22: Korrektheit Flächenauszug der Bauteile

#### 2.2.5. Berechnungsmethode von U-Werten

90% aller U-Wert Berechnungen wurden mittels zertifiziertem EDV-Programmen erstellt. Bei einem Nachweis wurde auf vorgegebene U-Werte aus einem Bauteilkatalog herangezogen und bei vier Nachweisen wurden die U-Wert Berechnungen mit einfachen Handberechnung eingereicht.

#### 2.2.6. Korrektheit der Berechnung homogener Bauteile

Die U-Werte homogener Bauteile wurden bei 100% der Nachweise als korrekt bewertet. Tolerierbare Fehler wie zum Beispiel bei Bodenaufbauten, bei welchem die Unterlagsböden mit Fussbodenheizung in die Berechnung miteinbezogen wurden, konnten festgestellt werden. Solche kleinen Fehler wirken sich selten massgeblich auf den Grenzwert aus. Bei keinem der Nachweise wurden Fehler als nicht tolerierbar gewertet. Dies wäre z.B. der Fall gewesen, wenn ein falsches Lambda für einen Dämmstoff berücksichtigt worden wäre oder Bauteile gefehlt hätten.

Bei der Untersuchung wurden bauphysikalische Mängel in den Aufbauten und Produkteverträglichkeit nicht berücksichtigt.



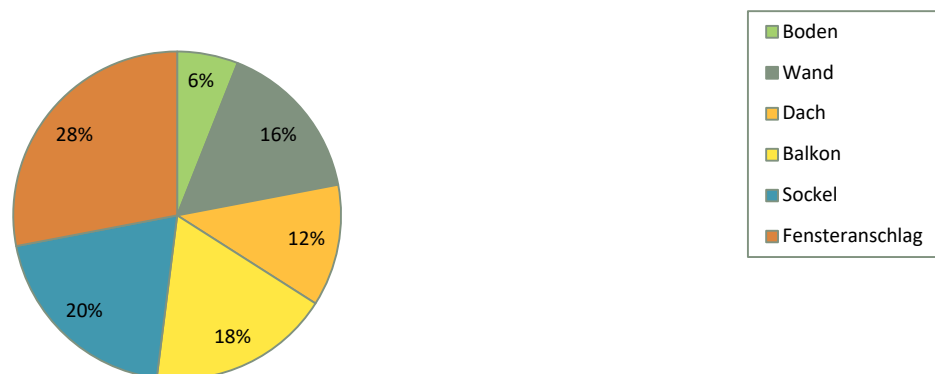
### 2.2.7. Korrektheit der Berechnung von inhomogenen Bauteilen

Inhomogenen Bauteile wurden in den letzten Untersuchungen häufiger falsch berechnet als homogene. In der aktuellen Vollzugsuntersuchung 2024 wurden jedoch alle inhomogen Bauteilkonstruktionen korrekt berechnet.

### 2.2.8. Berücksichtigung von Wärmebrücken

Zu 79% wurden Wärmebrücken lückenlos berücksichtigt. Bei 2% wurden bestimmte Wärmebrücken nur teilweise berücksichtigt oder es wurde ein ungenügender Pauschalzuschlag gewählt. Hingegen fehlten bei 19% der untersuchten Objekte einzelne Wärmebrückentypen komplett. Am häufigsten fehlten die Wärmebrücken im Untergeschoss beim Boden-Wandanschluss und beim Dach. Bei den Wärmebrücken Balkon und Fenster traten kaum Fehler auf.

### 2.2.9. Verteilung von nachgewiesenen Wärmebrückentypen



Figur 23: Verteilung der berücksichtigten Wärmebrückentypen

### **2.2.10. Nachweisart von Wärmebrücken**

Bei 102 untersuchten Objekten wurden 429 Wärmebrücken geprüft. 346 wurden korrekt oder teilweise korrekt berücksichtigt. Die häufigste Nachweisart stellte die Checkliste mit 44% dar, gefolgt vom BFE-Katalog mit 11% und 3% wurden mit einem Isothermen Programmen berechnet. Bei 42% der Nachweise fehlten Beilagen bezüglich Wärmebrücken. Dies ist ein sehr hoher Wert. Das Fehlen der Unterlagen bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Wärmebrücken im Systemnachweis unberücksichtigt blieben. Eine Plausibilitätskontrolle der Behörden ist nicht zielführend, da es Aufgabe der Privaten Kontrolleure ist, die Vollständigkeit und Richtigkeit der Unterlagen sicher zu stellen.

### **2.2.11. Nachweis Sommerlicher Wärmeschutz**

Wenn das Formular Wärmedämmung vorlag, wurden in 98% der Fälle ein aussenliegender Sonnenschutz nachgewiesen. Bei zwei Projekten fehlte der Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz, respektive dieser wurde nicht angekreuzt/ausgewiesen.

### **2.2.12. Nachträglicher Ausbau von Räumen im UG**

Bei der heutigen verdichteten Bauweise werden viele Flächen maximal ausgenutzt. Bei 88% der untersuchten Projekte sind nachträgliche Ausbauten im UG aufgrund der Gegebenheiten unmöglich. Bei 12% der Objekte wäre ein späterer Ausbau möglich (dies betrifft hauptsächlich EFH und DEFH-Bauten).

### **2.2.13. Nachweis Raumlufthygiene**

Das Lüftungskonzept sieht bei 73% der untersuchten Objekte eine manuelle Fensterlüftung vor. Bei 24% resp. in 24 Fällen wird eine Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft nachgewiesen. Bei einem Objekt wurde eine Fensterlüftung mit automatischer Steuerung und bei einem anderen Objekt, eine Abluftanlage mit definierten Eintrittsöffnungen, nachgewiesen.

## **2.3. Fachbereich Heizung/Warmwasser (EN-103)**

### **2.3.1. Art der Wärmeabgabe**

Bei 92% der untersuchten Nachweise von Neubauten wurden Flächenheizungen nachgewiesen, 6% wurden mit Radiatoren Heizungen oder einer Kombination aus Flächenheizungen und Radiatoren nachgewiesen und ein Objekt wurde mit einer Warmluftheizung geplant.

### **2.3.2. Auslegungstemperatur der Wärmeabgabe**

Der hohe Anteil an Flächenheizungen widerspiegelt sich auch in der Verteilung der projizierten Auslegungstemperaturen. 96% geben den Bereich 31-35°C an.

Übereinstimmend mit dem Nachweis der Radiatoren Heizungen wurden bei 3% die Auslegungstemperatur von 41-50 ° C gewählt.

Bei einem Nachweis gab es Differenzen in der Auslegungstemperatur.

### **2.3.3. Temperaturregelung**

Das System der Einzelraum-Temperaturregelung ist mit 85% das am häufigsten nachgewiesene. Bei 8% wurden Thermostatventile und bei 5% eine Vorlauftemperatur von unter 30°C gewählt. Bei einem Objekt fehlten die Angaben.

### **2.3.4. Übereinstimmung der Angaben zur Vorlauftemperatur**

Die Angaben über die Vorlauftemperatur auf dem Formular EN-103 stimmte in 77 Fällen (88%) mit den Angaben im Formular EN-102 überein. In 3 Fällen waren Abweichungen zwischen den Angaben festgestellt worden.

Bei zwei Objekten wurde im Systemnachweis eine tiefere Temperatur angenommen als auf dem EN-103, was kritisch zu beurteilen ist.

Nachweise mit fehlenden Formularen EN-102, EN-103 und/oder Einzelbauteilnachweise flossen nicht in die Beurteilung ein.

### **2.3.5. Übereinstimmung Deklaration Art der Wärmeerzeugung**

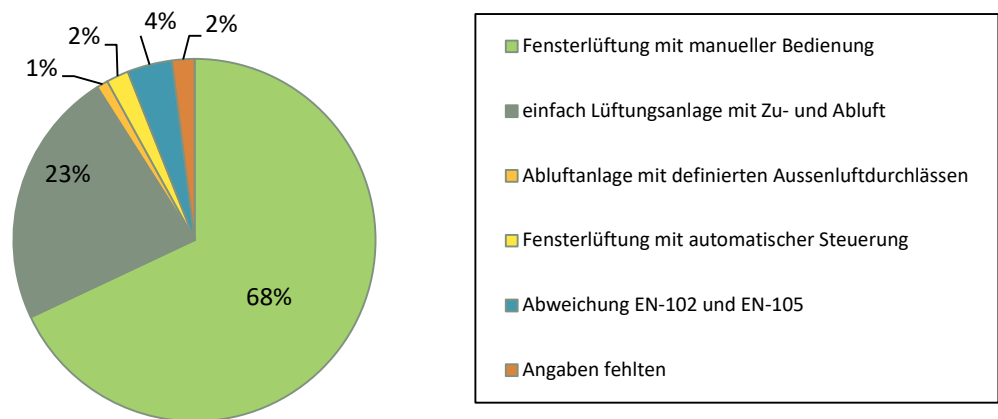
In dieser Auswertung wurde die Übereinstimmung zwischen den in EN-101 und EN-103 der projizierten Heizsysteme geprüft. In 69 Fällen wurde eine rechnerische Lösung erstellt, hierbei wurde das Heizsystem nicht erfasst, weshalb kein Vergleich zum EN-103 erstellt werden konnte.

In 12 Fällen stimmten die Angaben aus dem Fachbereich Energiebedarf mit dem Formular Heizungs- und Warmwasseranlagen überein. Bei 20 Nachweisen war eine Beurteilung nicht möglich, es fehlten die Nachweise EN-101 oder EN-103. Lediglich bei einem Projekt wurde eine Abweichung der deklarierten Heizsysteme festgestellt.

## 2.4. Fachbereich Lüftungstechnische Anlagen (EN-105)

### 2.4.1. Dokumentation der Anlagen

Bei 24 Objekten wurde eine Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft installiert, zwei Objekte wurden mit einer «Fensterlüftung mit automatischer Steuerung und eine «Abluftanlage mit definierten Eintrittsöffnungen» geplant. Bei 68% der Bauten (69 Stück) wurde der Nachweis über die «Fensterlüftung mit manueller Bedienung» erbracht, bei vier Objekten gab es Abweichungen zwischen dem EN-102 und EN-105 und bei zwei Objekten fehlten die Angaben zur Lüftung.



Figur 24: Dokumentation der Lüftungstechnischen Anlagen

## 3. Nebenuntersuchung EN-104 Eigenstromerzeugung

### 3.1. Zielsetzung

Seit der Umsetzung der MuKE 2014 sind Neubauten gesetzlich verpflichtet, einen Teil ihres Strombedarfs selbst zu erzeugen. Die Anforderungen sind in den kantonalen Energieverordnungen geregelt und enthalten teils kantonale Sonderbestimmungen sowie verschiedene Erfüllungsoptionen.

Kantonale Versionen EN-104							
	EN-104	EN-104 AR	EN-104 GL	GR = EN-104	EN-104 SG	SZ = EN-104	EN-104 ZH
<b>Möglichkeiten zur Befreiung</b>							
Bagetellerweiterung (Anbau, Aufstockung)	x	x	x	x	x	x	x
Andere Elektrizitätserzeugungsanlage	x	x	x	x	x	x	x
Ersatzabgabe	x	x	x	x	x		
Ersatzinvestition		x	x		x		x
Globalstrahlung zu tief				x		x	
Anforderung an $E_{HWLK}$ mind. 20% unterschritten							x
<b>Weiteres</b>							
Reduktion des gewichteten Energiebedarfs					x		x
maximale Anforderung 30 kWp	x		x	x	x	x	
Pläne 1:100	x	x	x	x	x	x	x

Figur 25: Tabelle Kantonale Unterschiede EN-104

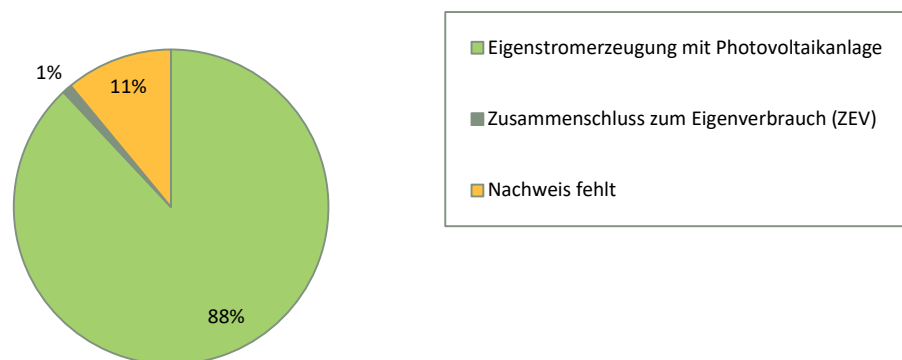
Erstmals wurden Daten bezüglich «Eigenstromerzeugung» erfasst. Insbesondere:

- Gewählte Lösung: z.B. PV-Anlage auf Gebäude, Stromerzeugung mittels Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV), Andere Elektrizitätserzeugung, Befreiung von der Eigenstromerzeugung, Ausnahmegesuch etc.
- Durchschnittlich projektierte Leistung kWp/m<sup>2</sup> EBF
- Projektierter Anlagentyp: Aufdach, Indach, Fassade, Balkon, Andere
- Projektierte Ausrichtung der Anlage
- Projektierte Dachneigung der Anlage
- Abschätzung der maximalen Dachflächenbelegung (Potential)

### 3.1.1. Gewählte Lösung zur Erfüllung der Eigenstromerzeugung

Die Anforderung der Eigenstromerzeugung bei Neubauten kann durch eine frei gewählte Art der Stromerzeugung, ZEV oder die Reduktion der gewichteten Energiekennzahl gedeckt werden.

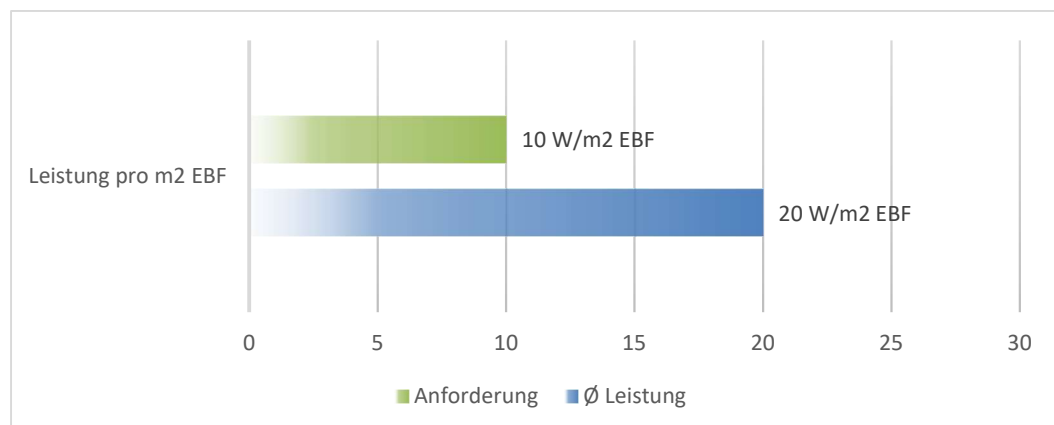
Von den insgesamt 102 geprüften Nachweisen, wurden bei 90 Objekten der Nachweis für die Eigenstromerzeugung mit einer Photovoltaikanlage (PV) erbracht. Bei einem Objekt wurde der Nachweis mittels Zusammenschlusses zum Eigenverbrauch (ZEV) nachgewiesen und bei 11 Objekten fehlte der Nachweis.



Figur 26: Gewählte Lösung zur Erfüllung der Eigenstromerzeugung

### 3.1.2. Durchschnittlich projektierte Leistung kWp/m² EBF

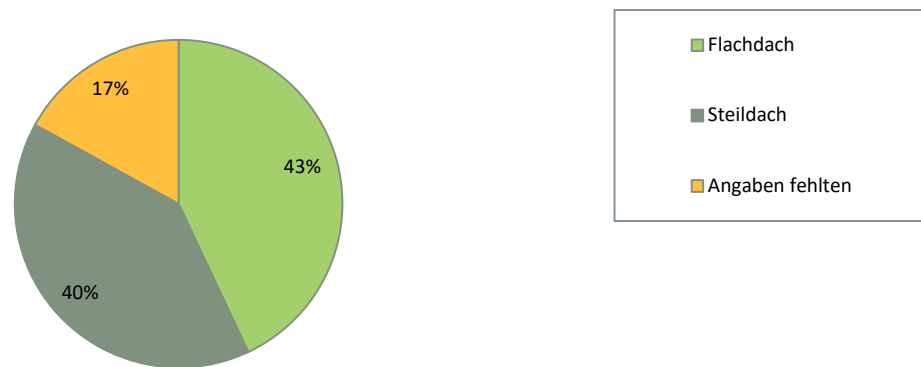
Die im, auf oder am Gebäude installierte Elektrizitätserzeugungsanlage bei Neubauten muss mindestens 10 Watt (W) pro m² EBF betragen, wobei die durchschnittlich projektierte Leistung pro kWp/m² EBF im Kanton Zürich bei 20 W/m² EBF lag.



Figur 27: Durchschnittlich projektierte Leistung

### 3.1.3. Projektierter Anlagentyp

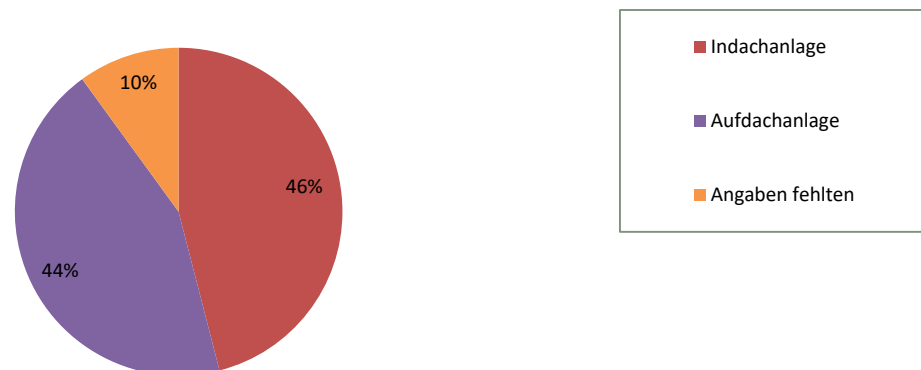
Von 96 geprüften Neubauprojekten konnten bei 80 der Anlagentyp ermittelt werden. Davon wurden 41 Anlagen auf Flachdächern und 39 Anlagen auf Steildächern erstellt, bei 16 Objekten fehlten die Angaben zur Dachkonstruktion, respektive es war aus den Plänen nicht ersichtlich infolge Kombinationen aus Steil- und Flachdachkonstruktionen.



Figur 28: Projektierter Anlagentyp

### 3.1.4. Projektierter Anlagentyp beim Steildach

Von 39 PV-Anlagen auf den Steildächern wurden 18 als Indach- und 17 Aufdachanlagen nachgewiesen. Bei 4 Anlagen war die Ausführungskonstruktion nicht eindeutig zuordenbar.



Figur 29: Projektierter Anlagentyp beim Steildach

### 3.1.5. Projektierte Ausrichtung der PV-Anlagen auf dem Flachdach

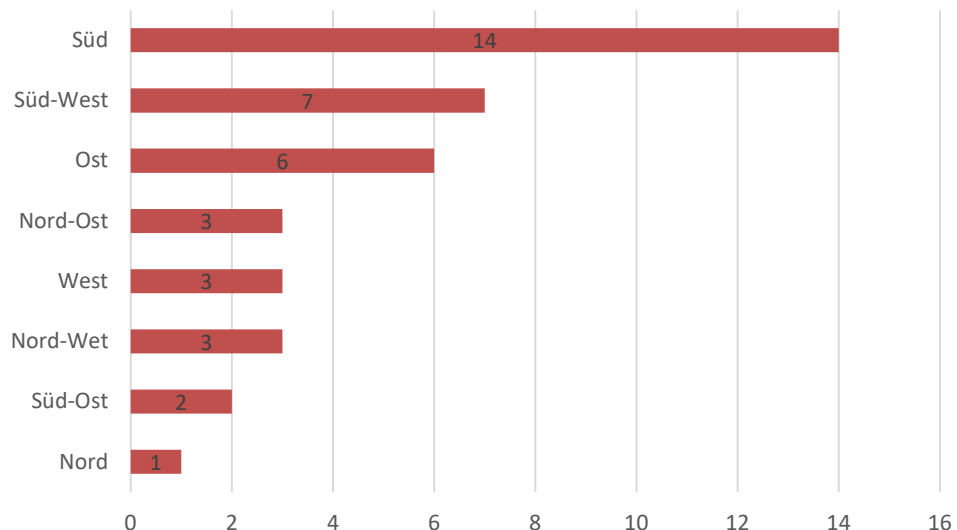
Von 41 PV-Anlagen auf den Flachdächern wurde bei sechs Anlagen eine Ost-West und bei einer eine West- Ausrichtung festgestellt. Bei 33 Anlagen war anhand Baueingabeunterlagen keine Ausrichtung definierbar.

Die Auswertung ist erschwert, da zum Zeitpunkt der Baueingabe oft noch keine genauen Angaben zur PV-Anlage vorliegen. Das Formular EN-104 verlangt keine Angabe zur Ausrichtung; eine konkrete Planung erfolgt meist erst in der Projektphase «Bauprojekt» nach rechtskräftiger Baubewilligung.

### 3.1.6. Projektierte Ausrichtung der PV-Anlagen auf dem Steildach

Von 39 PV-Anlagen auf Steildächern wiesen 18 nur eine Ausrichtung auf, 21 Anlagen waren auf zwei Dächern und bei drei Objekten war die PV-Anlagen auf drei Dachflächen mit verschiedenen Expositionen verteilt.

Die Ausrichtung der Steildächer war aufgrund besserer Plangrundlagen klarer dokumentiert, was eine genauere Zuordnung in der Auswertung ermöglichte.



Figur 30: Projektierte Ausrichtung der PV-Anlagen auf den Steildächern



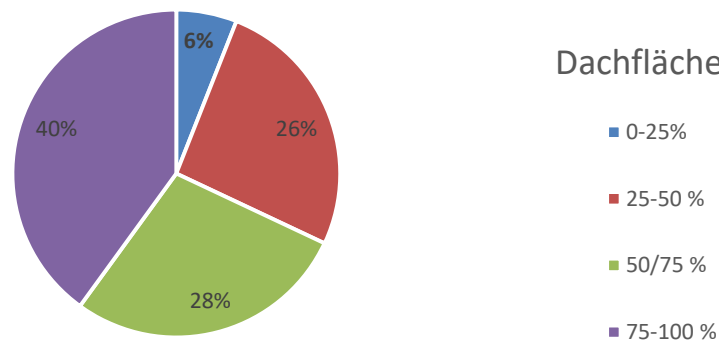
### 3.1.7. Abschätzung der maximalen Dachflächenbelegung

Anhand der Plangrundlagen wurde eine Abschätzung der geplanten im Verhältnis zur maximalen Dachflächenbelegung evaluiert. Als Grundlagen zur Definition der Maximalbelegung diente die Vollzugshilfe Minergie.

Folgende Parameter wurden berücksichtigt:

- bereits belegten / projektierte Dachflächen
- freie Dachflächen unter Berücksichtigung des Neigungswinkels und der Dachausrichtung
- Berücksichtigung von Verkehrsflächen für Unterhalt und Dachaufbauten etc.
- mögliche Flächen an Anbauten (z.B. Garagen, Nebengebäuden etc.)

Im Kanton Zürich liegen rund 40% der Projekte bereits nahe an der maximal möglichen Dachflächenbelegung. Bei 28% besteht noch ein geringes und bei 26% ein grosses Erweiterungspotential der PV-Anlage. Bei 6% ist die nutzbare Dachfläche weniger als ein Viertel belegt.



Figur 31: Abschätzung Dachflächenbelegung

### 3.1.8. Fazit aus der Nebenuntersuchung „Eigenstromerzeugung“

Die Pflicht zur Eigenstromerzeugung bei Neubauten kann auf verschiedenen Wegen erfüllt werden: Eine Übersicht über die kantonalen Varianten ist in Figur 25 auf Seite 29 zu finden. Die Vorschrift wird überwiegend durch Photovoltaikanlagen erfüllt. Von 102 geprüften Objekten erbrachten 90 den Nachweis mittels PV-Anlagen, eines nutzte einen Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV), bei 11 Objekten fehlte der Nachweis. Die durchschnittlich projektierte PV-Leistung beträgt  $20 \text{ W/m}^2$  EBF und ist damit doppelt so hoch wie die gesetzliche Mindestanforderung.

Rund 40 % der erhobenen Projekte nutzen die Dachflächen bereits weitgehend aus. Etwa 30 % verfügen über begrenztes, weitere 30 % über grosses Ausbaupotenzial für zusätzliche PV-Leistung. Steildächer waren in der Stichprobe etwa gleich häufig wie Flachdächer. Bei Flachdächern ist die Ausrichtung mehrheitlich nicht dokumentiert, während sie bei Steildächern meist klar ersichtlich ist. Auf Steildächern sind Indach- und Aufdachanlagen etwa gleich vertreten. Die häufigste Exposition der PV-Anlagen ist nach Süden.

Im Vergleich zu der Erhebung in den Ostschweizer Kantonen resultierte eine geringere Nutzung des solaren Potenzials (Belegung der möglichen Fläche in Prozent) bei einer höheren mittleren spezifischen Leistung im Kanton Zürich. Diese Feststellung ist auf den ersten Blick kontraintuitiv: Werden 20 Watt pro  $\text{m}^2$  Energiebezugsfläche (Kt. Zürich) geplant, wird eine höhere Belegung der Dachflächen als bei  $15 \text{ W/m}^2$  EBF (OCH-Kantone) erwartet. Geometrisch bedingt steigt die Ausnutzung der Dächer mit der Gebäudehöhe, weil das Verhältnis von Dachfläche zu Energiebezugsfläche sinkt (die Anforderung jedoch gleichbleibt).

Im Kanton Zürich ist der Anteil Steildächer in der Stichprobe markant kleiner als in der Ostschweiz. Flachdächer bieten mehr Flexibilität bei der Ausrichtung und Neigung der Module. Steildächer weisen oft eine höhere Eigenverschattung auf. Da heute bei vielen Projekten das Dachgeschoss zu Wohnfläche ausgebaut wird, resultieren architektonisch Dachflächen, welche durch Einschnitte, Lukarnen und Fensterflächen geprägt sind. In solchen Fällen sinkt das nutzbare Solarpotenzial markant. Der Unterschied in der Ausnutzung kann dahin gehend gedeutet werden, dass Flachdächer eine höhere Belegung erlauben, das ökonomische Optimum vermeintlich nicht in der Vollbelegung ist.

Die Stichprobe der Vollzugsuntersuchung ist nicht repräsentativ für die Dachlandschaft insgesamt. Um ein umfassenderes Bild über die projektierte und umgesetzte Ausnutzung des solaren Potenzials zu erhalten, wird eine spezifische Untersuchung zu diesem Thema empfohlen.