

Vergleich des berechneten Energiebedarfs nach PHPP und DIN V 18599 mit dem realen Energieverbrauch

Abweichungen auf Grund verschiedener Gebäudenutzungen

In einem ersten Schritt wurde der Einfluss der Nutzung auf die Genauigkeit der Prognosen untersucht. Dafür wurden die Gebäude in vier Gruppen (Schulen, Kindertagesstätten, Verwaltungsgebäude und sonstige Gebäude) eingeteilt. In der Auswertung zeigte sich, dass sich die Prognosen der Kindertagesstätten von den übrigen Auswertungen unterscheiden. Daher werden in den beiden folgenden Grafiken die Schulen, Verwaltungsgebäude und sonstige Gebäude zur Gruppe „Weitere Gebäudekategorien“ zusammengefasst und der Gruppe „Kindertagesstätten“ gegenübergestellt.

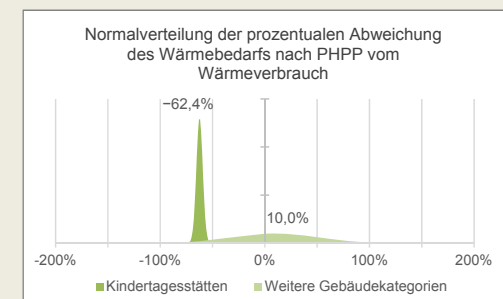


Abb. 2: Die mittlere Abweichung der Prognosen bei Kindertagesstätten nach PHPP beträgt -62,4%. Die Abweichungen der Bedarfswerte der Kindertagesstätten sind sehr ähnlich, daher ist die Standardabweichung sehr gering. Auf Grund der steilen Kurve der Normalverteilung weicht die Skalierung der y-Achse bei diesem Diagramm um den Faktor 10 von den anderen Grafiken ab.

Die mittlere Abweichung der weiteren Gebäudekategorien beträgt nur 10,0%. Die Streuung der Werte ist dagegen größer als bei den Kindertagesstätten.

Baureferat, Hochbauamt

Kommunales Energiemanagement

Abweichungen von Energiebedarfs- und Energieverbrauchswerten

Zur Prognostizierung des Wärmebedarfs eines Neubaus wird bei der Stadt Nürnberg in der Regel je eine Energiebilanz auf Basis des Passivhaus-Projektierungspakets (PHPP) und eine auf Basis der DIN V 18599 erstellt. Bei einigen Gebäuden hat sich jedoch nach Inbetriebnahme gezeigt, dass der gemessene Energieverbrauch vom prognostizierten Wert abweicht.

Um die Höhe und die Gründe dieser Abweichungen herauszufinden, wurde eine statistische Auswertung durchgeführt. Dafür wurden die Daten von 16 Gebäuden ausgewertet, bei denen über mindestens drei Jahre der Energieverbrauch gemessen wurde und der Energiebedarf berechnet wurde. Um diese Werte vergleichen zu können, wurden sie zudem standort- und witterungsbereinigt. In der folgenden Auswertung ist die prozentuale Abweichung, also die Differenz, zwischen dem Endenergie-Bedarfswert und dem gemessenen Energieverbrauch für Wärme dargestellt.

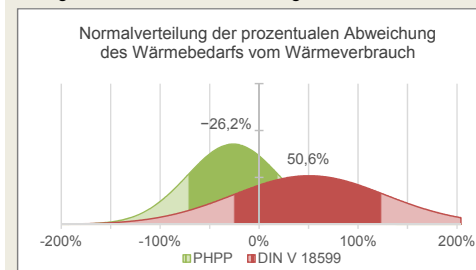


Abb. 1: Die Auswertung zeigt die prozentuale Abweichungen des Endenergiebedarfs als Normalverteilung. Es ist die mittlere Abweichung angegeben und der Bereich der Standardabweichung farblich gekennzeichnet. Die Standardabweichung beschreibt, in welchem Bereich 68% der Werte vom Mittelwert abweichen. Je größer dieser Wert ist, umso weiter liegen die Abweichungen der Einzelwerte auseinander. Da eine sichere Prognose zum zukünftigen Energieverbrauch bei einer großen Standardabweichung nicht möglich ist, ist dieser Wert zur Beurteilung der Genauigkeit der Bilanzierungsverfahren wichtig. Eine große Streuung der Werte, also eine große Standardabweichung, ist an einer flacheren Kurve erkennbar.

Die mittlere Abweichung der Prognosen nach PHPP beträgt -26,2%. In dunkelgrün ist die zweifache Standardabweichung des Wertes markiert. Die mittlere Abweichung der Prognosen nach DIN V 18599 beträgt 50,6%. Die Standardabweichungen der DIN V 18599 Prognosen ist größer als die des PHPP, was an der flacheren Kurve erkennbar ist.

Die im Rahmen des Nachweises bilanzierten Gebäude stimmen daher nur teilweise mit dem realen Gebäude und dessen Nutzung überein, weswegen die Bedarfsprognosen in vielen Fällen deutlich von den Verbrauchswerten abweichen. Auf Grund der großen mittleren Abweichung und der großen Standardabweichung, lassen sich nur bedingt Erkenntnisse aus den Bedarfsprognosen ziehen, was die Höhe des realen Energieverbrauches angeht. Als Planungsinstrument können die Bedarfsprognosen der DIN V 18599 daher nicht verwendet werden.

Beispielhaft wurde eine freie Berechnung anhand Beiblatt 1 der Norm durchgeführt. Die Anpassung einiger Standardwerte an die realen Werte führte zu einem deutlich genaueren Ergebnis. Ob auch bei anderen Gebäuden durch diese Anpassung vergleichbar gute Ergebnisse erreicht werden können, müsste weiter untersucht werden.

Bewertung PHPP als Planungsinstrument

Bei den Abweichungen der PHPP-Wärmebedarfswerte zeigt sich ein differenziertes Bild. Die Bedarfswerte der Kindertagesstätten weichen um ca. 60% negativ vom Verbrauchswert ab. Trotz dieser Abweichung können, auf Grund der einheitlichen Abweichungen, dennoch zuverlässige Prognosen für den zukünftigen Energieverbrauch erstellt werden. Die anderen Werte stimmen überwiegend gut mit den Verbrauchswerten überein. Daher können die Ergebnisse der PHPP-Energiebilanz als Planungsinstrument genutzt werden.

Allgemeine Empfehlung

Grundsätzlich muss angemerkt werden, dass das Optimierungspotenzial der technischen Anlagen und abweichendes Nutzerverhalten nicht als Fehler der Bilanzierung verstanden werden sollte. Stattdessen ist im realen Betrieb eine korrekt eingestellte und ausgelegte Anlagentechnik anzustreben und durch angepasstes Nutzerverhalten unnötiger Energieverbrauch zu vermeiden. Neben den Verbesserungen bei der Eingabe sollte daher unbedingt ein Monitoring in den ersten Jahren nach Inbetriebnahme und eine umfangreiche Nutzerschulung und -motivation vorgesehen werden.

Die Anpassung der Pauschalwerte an die realen Bedingungen zeigt beispielhaft, dass die vorgegeben Standardwerte einen großen Einfluss auf das Bilanzierungsergebnis haben. Auf Grund detaillierter Planungsunterlagen und Kenntnissen über die Nutzung konnte innerhalb kurzer Zeit die Eingabe realer Werte erfolgen. So wurde eine geringere Abweichung des Bedarfswertes und somit eine realistischere Prognose erreicht. An diesem Beispiel zeigt sich, dass sich das Nachweisverfahren der DIN V 18599 als Planungsinstrument eignen kann, wenn bestimmte vorgegebene Randbedingungen an die realen Umstände angepasst werden. Es lässt sich an Hand dieses Beispiels jedoch keine allgemeingültige Aussage treffen, wie sich die freie Eingabe bei anderen Gebäuden auswirkt. Sie ersetzt zudem nicht den öffentlichen-rechtlichen Nachweis, der mit den vorgegebenen Randbedingungen durchgeführt werden muss.

Zusammenfassung der Gründe für Abweichungen der Bedarfsprognosen

Bei folgenden Punkten hat sich ein Einfluss auf die Genauigkeit der Prognosen gezeigt:

- Abweichendes Nutzerverhalten gegenüber angenommenen Randbedingungen im Programm (Bsp. Raumtemperatur über 20°C und Abweichung der inneren Gewinne)
- Optimierungspotenzial der technischen Anlagen (Bsp. fehlende Wochenendabsenkung im Heizbetrieb einer Schule)
- Fehlerhafte Eingabe in das Bilanzierungsprogramm
- Unzureichende Datenlage für reale Berechnung (insbesondere bei Sanierungsobjekten)
- DIN V 18599
- Nichtübereinstimmung der vorgegebenen Randbedingungen mit den realen Gegebenheiten

Bewertung der Bilanzierungsverfahren als Planungsinstrument

Bewertung DIN V 18599 als Planungsinstrument

Um einheitliche Anforderungen an verschiedene Gebäude zu stellen, werden im Rahmen des Nachweises bei der DIN V 18599 Berechnung viele einheitliche Randbedingungen und Standardwerte eingesetzt.

Impressum:

Herausgeber:
Stadt Nürnberg
Hochbauamt
Kommunales Energiemanagement und Bauphysik
90402 Nürnberg

Erschienen:
März 2019
Redaktion:
Lea Krug, Hochbauamt
0911/ 231-19541; Lea.Krug@stadt.nuernberg.de

Ursachen der Abweichungen

Das Institut für Energie und Gebäude (ieg) der TH Nürnberg hat von 2014 bis 2015 in mehreren Kindertagesstätten Messungen durchgeführt. Es konnten folgende Punkte für die Abweichungen ermittelt werden:

- Optimierungspotenzial der technischen Anlagen
- Höhere Raumtemperaturen als die angenommen 20°C
- Niedrigere innere Gewinne im Betrieb

Durch diese Punkte ergibt sich rechnerisch ein geringerer Energiebedarf und es entsteht eine Abweichung zum Verbrauchswert.

Fazit

Die mittlere Abweichung der PHPP-Prognosen für die weiteren Gebäudekategorien beträgt nur 10%. Im Mittel treffen die Prognosen den zukünftigen Verbrauch also relativ genau. Auch die Streuung der Abweichungen ist ausreichend gering, um sichere Aussagen zum zukünftigen Verbrauch treffen zu können. Bei den Kindertagesstätten ist dagegen eine große Abweichung zwischen Bedarfs- und Verbrauchswerten. Da die Abweichungen jedoch sehr gleichmäßig sind, können dennoch sichere Vorhersagen getroffen werden. Der Verbrauch der Gebäude wird demnach ca. 60% über dem Bedarfswert liegen. Eine geringere Differenz könnte erreicht werden, wenn bei der Berechnung einzelne Annahmen, z.B. die Raumtemperatur, angepasst werden und zudem der Energieverbrauch durch Ausschöpfen des Optimierungspotenzials reduziert wird.

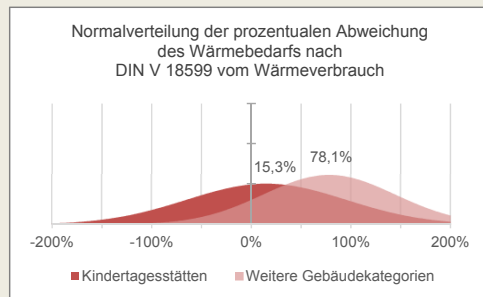


Abb. 3: Die mittlere Abweichung der Prognosen bei Kindertagesstätten nach DIN V 18599 beträgt 15,3%. Die mittlere Abweichung der weiteren Gebäudekategorien ist deutlich höher und beträgt 78,1%. Die Streuung der Abweichungen ist bei beiden Gruppen sehr groß.

Ursachen der Abweichungen

Die Abweichung und auch die große Streuung der Werte nach DIN V 18599 lässt sich auf die zahlreichen Standardwerte im Programm zurückführen. Durch sie entspricht das im Programm abgebildete Gebäude nur noch teilweise dem realen Gebäude. Treffen die vorgegeben Werte durch Zufall die realen Werte relativ genau, ist auch die Prognose entsprechend genau. Ebenso weicht die Prognose weit vom realen Wert ab, wenn die Standardwerte nicht die realen Werte abbilden.

In der Auswertung zeigt sich, dass die Prognosen der Kindertagesstätten im Mittel deutlich geringer abweichen als die der weiteren Gebäudekategorien. Als Gründe für den geringeren Bedarfswert können sicherlich die ermittelten Punkte des Instituts für Energie und Gebäude (ieg) übertragen werden, da auch bei der DIN V 18599 Berechnung standardmäßig eine Raumtemperatur von 20°C und eine korrekt geregelte technische Ausstattung angenommen wird.

Fazit

Die Prognosen nach DIN V 18599 für die „weiteren Gebäudekategorien“ weichen mit 78,1% weit von den Verbrauchswerten ab. Bei den Kindertagesstätten weicht der mittlere Bedarfswert dagegen nur um 15% vom Verbrauchswert ab. Der Grund für die niedrigeren Bedarfswerte bei den Kindertagesstätten sind die bekannten Abweichungen zwischen Programm und den realen Konditionen, beispielsweise bei der Raumtemperatur und den inneren Gewinnen. Die allgemeine große Abweichung der DIN V 18599 Prognosen wird bei den Kindertagesstätten somit durch diese Punkte teilweise rechnerisch ausgeglichen. Der genauere Bedarfswert der Kindertagesstätten bedeutet demnach nicht, dass die realen Gegebenheiten bei diesen Gebäuden besser vom Programm abgebildet werden. Da zudem die Streuung der Werte in beiden Gruppen sehr groß ist, kann grundsätzlich keine gesicherte Prognose mit der DIN V 18599 erstellt werden.

Auswertung Sanierung und Neubau

Auf die Genauigkeit der Prognose wirkt sich auch aus, ob es sich bei dem Objekt um einen Neubau oder um ein saniertes Gebäude handelt. Bei der Stadt Nürnberg werden für Sanierungsobjekte ausschließlich Energiebilanzen nach DIN V 18599 erstellt. Daher kann eine Auswertung zu diesem Faktor nur für die DIN V 18599 Prognosen erstellt werden.

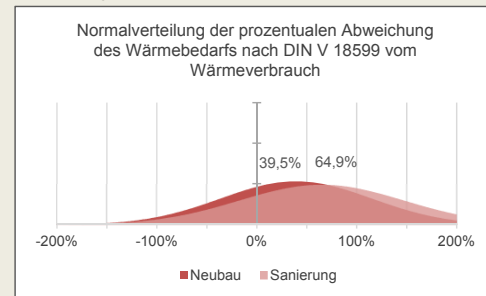


Abb. 4: Die mittlere Abweichung der Neubauten beträgt 39,5%. Die mittlere Abweichung der sanierten Gebäude ist dagegen mit 64,9% größer. Die Streuung der Werte ist bei beiden Gruppen gleichermaßen hoch.

Ursachen der Abweichungen

Die Auswertung zeigt, dass die Abweichung der sanierten Gebäude im Mittel um 25,4% höher liegt als bei Neubauten. Demnach werden neue Gebäude etwas besser durch das Bilanzierungsverfahren abgebildet als

sanierte Gebäude. Eine naheliegende Erklärung dafür ist die gute Datenlage bei Neubauten, durch die eine detaillierte und reale Eingabe vieler Parameter möglich ist.

Bei Sanierungsobjekten liegen dagegen oftmals keine genauen und aktuellen Pläne vor. Bei der Eingabe im Programm werden deswegen vermehrt vorgegebene Standardwerte verwendet, die die realen Begebenheiten scheinbar nicht ausreichend abbilden. Zudem werden vermutlich die Kennwerte älterer technischer Anlagen oder Bauteile durch die vorgegebenen Standardwerte zu schlecht bewertet.

Fazit

Bei Neubauten ist die mittlere Abweichung zwischen Bedarfs- und Verbrauchswert der DIN V 18599 geringer als bei Sanierungsobjekten. Da in beiden Gruppen die Streuung der Abweichungen sehr groß ist, ist in beiden Fällen keine sichere Abschätzung des zukünftigen Verbrauchs möglich.

Anpassung der PHPP-Prognosen bei Kindertagesstätten

In den vorhergehenden Auswertungen zeigte sich, dass auf Grund verschiedener Ursachen die Bedarfs- und Verbrauchswerte voneinander abweichen. In der folgenden Grafik wird dargestellt, wie stark sich eine Erhöhung der Raumtemperatur auf die vorhandenen 23,5°C auf das Bilanzierungsergebnis nach PHPP

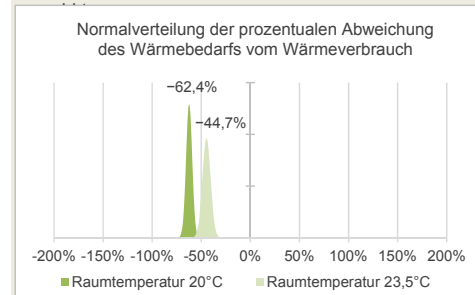


Abb. 6: In dunkelgrün ist die Normalverteilung der PHPP-Prognosen bei einer Raumtemperatur von 20°C dargestellt. Erkennbar ist die mittlere Abweichung von -62,4% und die geringe Standardabweichung. Die Normalverteilung der Prognosen bei einer Raumtemperatur von 23,5°C ist in hellgrün dargestellt. Die mittlere Abweichung verringert hier um 17,7% auf -44,7%. Die Standardabweichung bleibt gering.

Die Auswertung zeigt, dass sich die zu geringe Raumtemperatur stark auf die Bedarfswerte auswirkt und somit für die großen Abweichungen der PHPP-Prognosen bei Kindertagesstätten mitverantwortlich ist. Die mittlere Abweichung konnte durch die Anpassung der Bilanz um knapp 20% reduziert werden. Die Standardabweichung ist weiterhin gering, weswegen eine relativ eindeutige Prognose des zukünftigen Verbrauchs möglich bleibt.

Die noch vorhandene Differenz lässt sich mit dem Optimierungspotenzial der technischen Gebäudeausstattung und mit den niedrigeren inneren Gewinnen erklären. Ob es weitere Ursachen gibt und wie groß die Auswirkungen sind, müsste weiter untersucht werden.

Anpassung der DIN V 18599-Bilanz bei einem Schulgebäude

Im Rahmen des öffentlich rechtlichen Nachweises nach DIN V 18599 müssen verschiedenen Randbedingungen und Standardwerte verwendet werden. Dadurch entspricht das berechnete Gebäude nur teilweise den realen Gegebenheiten und es entstehen folglich Abweichungen zwischen dem Bedarfs- und Verbrauchswert. In den vorhergehenden Auswertungen zeigte sich, dass sich die DIN V 18599 daher nur bedingt zur Abschätzung des realen Energieverbrauches eignet. Vom Deutschen Institut für Normung wurde aus diesem Grund das Beiblatt 1 zur DIN V 18599 herausgegeben, mit dem eine genauere Berechnung des Energiebedarfswertes möglich sein soll. Mit welchem Aufwand und ob eine genauere Bilanzierung dadurch möglich wird, wurde beispielhaft an einem Schulgebäude untersucht. Um die Auswirkung einzelner Punkte ermitteln zu können, wurden die folgenden Bereiche schrittweise angepasst und kumuliert:

Schritt 1: Nutzungs-/Betriebszeiten

Schritt 2: Luftwechselrate und Art der Lüftung

Schritt 3: Rohrleitungslänge des Trinkwassernetzes

Schritt 4: Beleuchtung

In dem Beiblatt wird auch die Witterungs- und Standortbereinigung als wichtiger Punkt zur Erstellung realer Prognosen aufgeführt. Dieser Punkt wurde bereits bei der Aufbereitung der Verbrauchswerte umgesetzt.

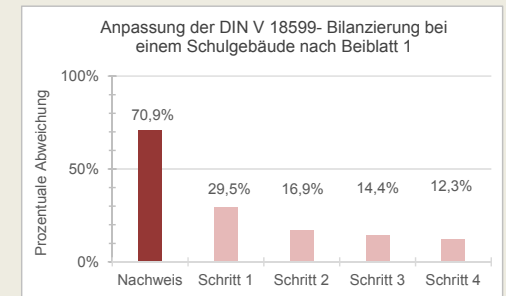


Abb. 5: Unter Verwendung der Standardwerte beträgt die prozentuale Abweichung des Bedarfswertes beim Nachweis nach DIN V 18599 70,9%. Nach Anpassung der Nutzungszeiten beträgt die Abweichung nach 29,5%. Die zusätzliche Berücksichtigung der realen Luftwechselrate führt zu einer Abweichung von 16,9%, die Eingabe der realen Rohrleitungslänge reduziert den Wert weiter auf 14,4%. Durch die Eingabe der installierten Leistung der Beleuchtung wird schließlich eine Abweichung von 12,3% erreicht. Durch die Anpassung der genannten Punkte konnte die Abweichung insgesamt um 58,3% reduziert werden.