

WELL-BEING UND GEBÄUDE-MONITORING BEI HOCHEFFIZIENTEN WOHN-GEBÄUDEN

Forschungsprojekt zur Entwicklung von Methoden zur
Erfassung und Bewertung von Nutzerzufriedenheit und
Gebäudeperformance

Bewilligung: 01.12.2015 – 01.06.2017 (verlängert bis 31.10.2017)

FORSCHUNGSINITIATIVE
Zukunft BAU

DER AKTIVPLUS E.V. IST...

...eine gemeinnützige Initiative von Planern und Wissenschaftlern mit dem Ziel, einen zukunftsfähigen Standard für Gebäude und Quartiere zu entwickeln und in der Bau- und Immobilienwirtschaft zu etablieren.



Universitäten



Industrie



Verbände

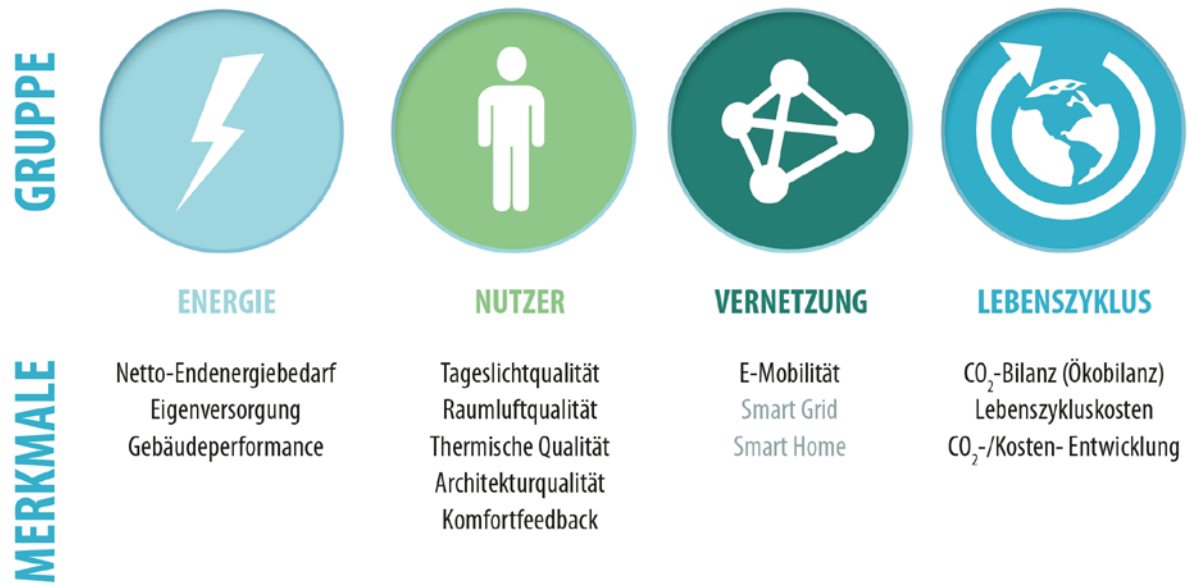


Politik



Vereine

DER STANDARD BESTEHT AUS



UND...

...berücksichtigt Aspekte der Wohnqualität



Nutzerkomfort, optimierter
& flexibler Raumbedarf



Wohngesundheit: Wohlbefinden,
Raumklima, Tageslicht



Transparente Darstellung
der Energiebilanz;



AKTIVPLUS-GEBÄUDE ...

„...optimieren Energiebedarf, Energieerzeugung und Interaktion mit dem Nutzer so, dass die Wohnqualität steigt und Umwelt sowie Infrastruktur entlastet werden.“



WELL-BEING UND GEBÄUDE-MONITORING BEI HOCHEFFIZIENTEN WOHN-GEBÄUDEN

Entwicklung von Methoden zur Erfassung und
Bewertung von Nutzerzufriedenheit und
Gebäudeperformance

AUSGANGSLAGE

- Bewertung von Gebäuden meist einseitige → quantitative Berechnung bauphysikalischer Werte
- Selten: Verifizierung der Werte durch Messung / Monitoring
- Fast nie: Nutzerbefragung zur Feststellung der Zufriedenheit der Nutzer

Aber:

→ Kontrolle der Gebäudeperformance in der Nutzungsphase interessant
(Gebrauchstauglichkeit, Betriebsverhalten, Energieverbrauch und Nutzerzufriedenheit)

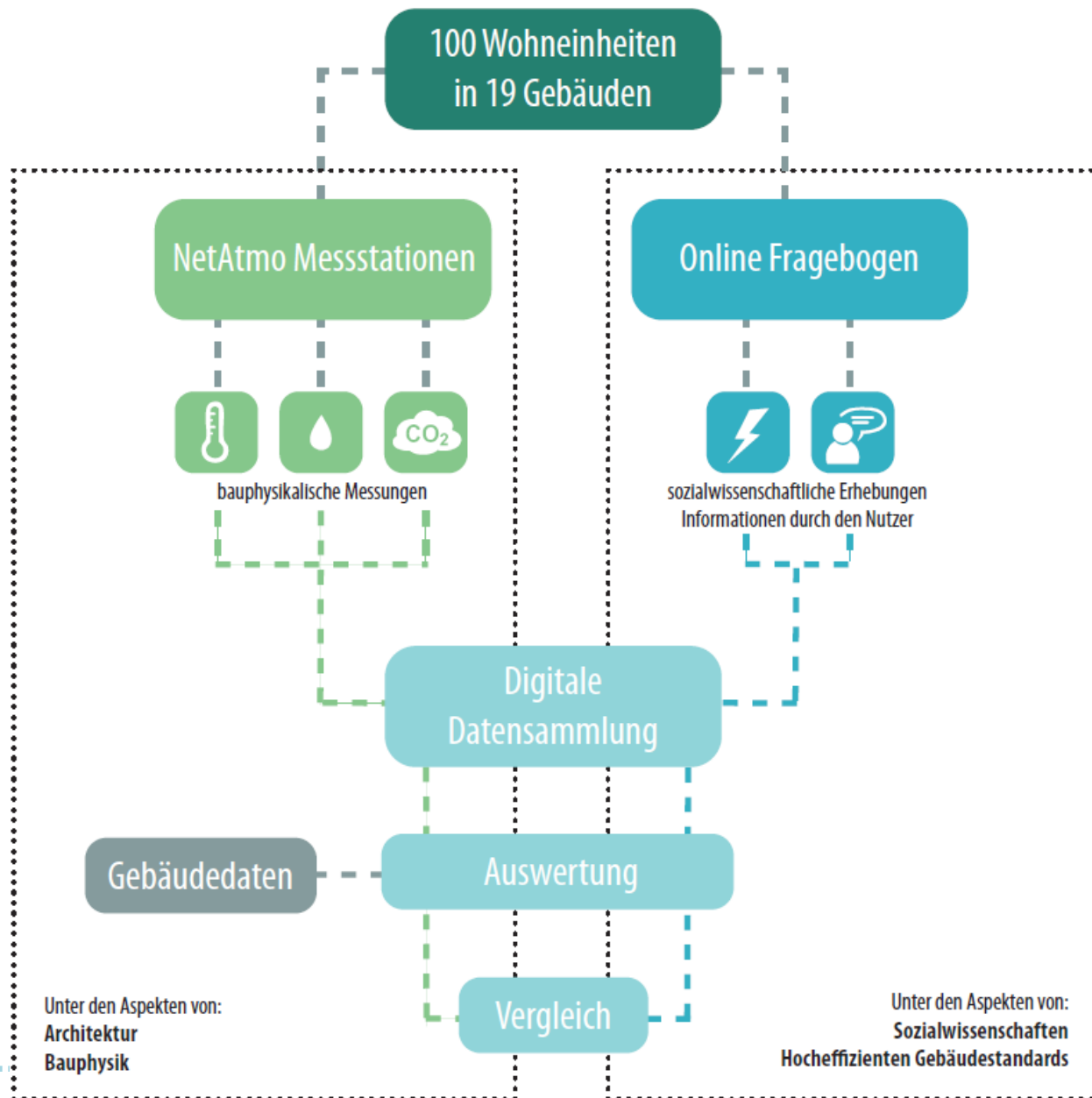
ZIELE

- Energetische Gebäudeperformance soll mit subjektiven Behaglichkeitsmaßen verglichen werden
- → Instrument zur Optimierung, das sich auf den Vergleich der Nutzerbewertung mit dem berechneten und in den Gebäuden gemessenen Innenraumklima stützt
- Instrument soll einfach sein und in allen Gebäudetypen zum Einsatz kommen können

PROJEKTPARTNER

Technische Universität Braunschweig Insitut für Gebäude und Solar-technik	Universtität Stuttgart Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren	Berliner Institut für Sozialforschung 	Humboldt Universität zu Berlin Survey Research & Evaluation	DGJ Architekten
Prof. Dr. Norbert Fisch Dipl. Ing. Thomas Wilken Caroline Fafflok	Dr. Dirk Schwede	Dr. Eva Schulze Kariline Dietel	Prof. Dr. Bernd Wegener Moritz Fedkenheuer, M.A.	V. Prof. Hans Drexler

AktivPlus e. V. 	Beibob Medienfreunde 	Vonovia SE 	Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH 	weitere Partner
Caroline Fafflok Hélène Bangert	Tobias Lode	Alexander Wedell	Wolfgang Koberg	<ul style="list-style-type: none"> - Baugruppen - Baugenossenschaften - Darmstadt, Frankfurt am Main, Berlin

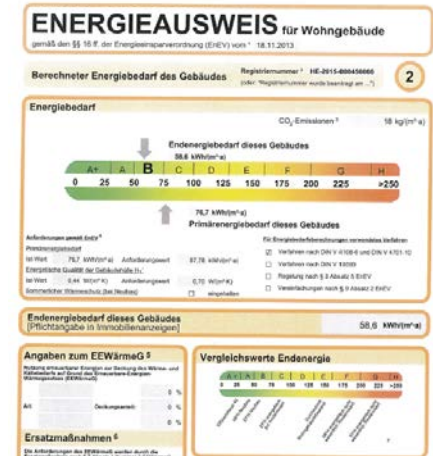


METHODIK

Dimension	Soll (Berechnungen / Simulationen)	Ist (Messungen / Befragungen)
Energieverbrauch	Berechnungen, EnEV-Nachweis, Benchmarks aus DIN-Normen	Verbrauchsdaten, Abrechnungen, Eingaben Nutzer
Bauphysik / Raumklima	Simulationen, gesetzliche Vorgaben, Benchmarks aus DIN-Normen	Monitoring, NetAtmo-Messungen
Nutzerkomfort	Nutzerzufriedenheit	Nutzerbefragung

METHODIK - ENERGIEVERBRAUCH

- Berechnete Werte
 - Prognosen aus Energieausweisen, EnEV-Nachweisen etc.
- Energieverbrauchswerte
 - Abfrage des Stromverbrauchs bei den Nutzer
 - Abfrage des Heizkostenabrechnung / Warmwasserverbrauch bei den Nutzern



ENERGIEABRECHNUNG

Bestellt im Auftrag und nach Angaben von:
Mutter GmbH

Bei Rückfragen bitte anrufen: 017849412

Mutter GmbH
2022 Straße 2, 22381 Mühlenstadt

Max Weiß
ABC Straße 1
22391 Mühlenstadt

Legenschaft
ABC Straße 1
22391 Mühlenstadt

Abrechnungsbetrag: 675,9429300 10

Abrechnungszeitraum: 01.01.2014 - 31.12.2014

Abrechnung erstellt am: 05.10.2015

Sehr geehrte Damen und Herren,
für die o.g. Legenschaft haben wir Ihren Kassenanteil errechnet.
Abzüglich der vereinbarten Vorauszahlung
für Gebühren:

Nachstehend erklären wir die Berechnung Ihres Anteils.

Kassenaufstellung				
	Datum	Bonus	Bonus	Bonus
Bonusaufkloppen				
+ Bonus	31.01.2015	5497,91	5.810,41	
Summe		5497,91	5.810,41	
Verbleibende Kosten				
Abrechnungssumme	31.12.2014	290,90	290,90	
Summe		290,90	290,90	
Kosten für Heizung und Wasserversorgung				5.265,11 EUR (1)
Kosten für Warmwasser				146,80 EUR (2)
Kosten für Kältewasser				57,13 EUR (3)
Kosten für Kältewasser				608,00 EUR (4)
Abrechnungssumme	17.01.2015	116,00	116,00	
Summe		1.497,27	1.497,27	3.101,27 EUR (5)
Kosten für Raucherhörsel				37,13 EUR (6)
Nutzerbezogene Kosten				43,32 EUR (7)
Gesamtbestand der Legenschaft				5.146,50 EUR (8)

METHODIK – RAUMKLIMA UND BAUPHYSIK

- Thermischer Komfort
 - Raumtemperatur (Sommer und Winter)
- Raumluftqualität
 - Luftfeuchtigkeit
 - CO₂-Gehalt

CO₂-KONZENTRATION

CO _{2,WL}	[ppm]	Warnstufe, CO ₂ -Gehalt im Innenraum	z.B. 1000 ppm nach Pettenkofer, Richtwerte in DIN EN 13779:2007-09 oder ASR3.6 für Nichtwohngebäude, oder DIN EN 15251
CO _{2,CL}	[ppm]	kritisches Level, CO ₂ -Gehalt im Innenraum	z.B. 1400 ppm nach Pettenkofer, Richtwerte in DIN EN 13779:2007-09 oder ASR3.6 für Nichtwohngebäude, oder DIN EN 15251
CO _{2,I} NETATMO	[ppm]	CO ₂ -Gehalt im Innenraum	Messung durch Netatmo-Station
Fragen zur Raumluftqualität (Auswertung der Fragen siehe Übersicht der Variablen: N_Q1_W bis N_Q2_W)	[5-stufige Skala]	Auswertung der Hauptbefragung	Fragebogen

Legende



Planung. Annahmen



Messungen



Nutzerbefragung

KOMFORTBEREICH – TEMPERATUR UND FEUCHTIGKEIT

T_{spw}	[°C]	Solltemperatur (untere Grenze)	z.B. nach DIN EN 15251, Tab. A3
T_{spS}	[°C]	Solltemperatur (obere Grenze)	z.B. nach DIN EN 15251, Tab. A3
$T_{i,NETATMO}$	[°C]	Innenraumtemperatur	Messung durch Netatmo- Station
RH_{spw}	[%]	Sollwert relative Luftfeuchtigkeit (untere Grenze)	z.B. nach DIN EN 15251, Tab. B6
RH_{spS}	[%]	Sollwert relative Luftfeuchtigkeit (obere Grenze)	z.B. nach DIN EN 15251, Tab. B6

KOMFORTBEREICH – TEMPERATUR UND FEUCHTIGKEIT

	RH _{i, NETATMO}	[%]	relative Luftfeuchtigkeit	Messung durch Netatmo-Station
	AH _{sp w}	[g/kg]	Sollwert Luftfeuchtigkeit (untere Grenze)	
	AH _{sp s}	[g/kg]	Sollwert Luftfeuchtigkeit (obere Grenze)	12g/kg, nach DIN EN 15251, Abs. B3
	AH= 0,622xRH/100xPS/(P-RH/100xPS)*1000	[g/kg]		
	PS(T<°C)=610,714*EXP(22,44294*T/(T+272,44)) PS(T>°C)=610,78*EXP(17,08085*T/(T+234,175))	[Pa]	Wasserdampfsättigungsdruck	
	T _{i,NETATMO}	[°C]	Innenraumtemperatur	Messung durch Netatmo-Station
	P	[Pa]	Luftdruck (Außenwetterstation)	Klimadaten
	T _{i,NETATMO}	[°C]	Innenraumtemperatur	Messung durch Netatmo-Station
	RH _{i, NETATMO}	[%]	relative Luftfeuchtigkeit	Messung durch Netatmo-Station
	Fragen zum thermischen Komfort (Auswertung der Fragen siehe Übersicht der Variablen: N_T1_W bis N_T4_S)	[7-stufige Skala]	Auswertung der Hauptbefragung	Fragebogen
	Fragen zur Innenraumluftqualität (Auswertung der Fragen siehe Übersicht der Variablen: N_F1_W bis N_F3_S und)	[7-stufige Skala]	Auswertung der Hauptbefragung	Fragebogen

MODELL THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

	PMV (berechnete Befragung zum Komfort, detaillierter Vergleich in DIN ISO 7730)	[-]	Prognose Hauptbefragung [-3...0...3]	nach DIN ISO 7730
	CLO (aus Befragung oder Annahme)	[clo]	Kleidungsebene	nach DIN ISO 7730
	ACT (aus Befragung oder Annahme)	[act]	Aktivitätsebene	nach DIN ISO 7730
	$T_{i,NETATMO}$	[°C]	Innenraumtemperatur	Messung durch Netatmo-Station
	$T_{iR} = T_{i,NETATMO}$	[°C]	Strahlungstemperatur (Lufttemperatur)	
	$T_{o,NETATMO}$	[°C]	Innenraumtemperatur	Messung durch Netatmo-Station
	$R_{Hi, NETATMO}$	[%]	relative Luftfeuchtigkeit	
	AV	[m/s]	Luftgeschwindigkeit/Schätzung	0.1 m/s
	PMV (Auswertung der Fragen siehe Übersicht der Variablen: N_T1_W bis N_T4_S)	[7-stufige Skala]	Auswertung der Hauptbefragung	Fragebogen

ADAPTIVES KOMFORTMODELL

	$T_{i,NETATMO}$	[°C]	Innenraumtemperatur	Messung durch Netatmo-Station
	$T_{LL}(T_{RM}<15^{\circ}C)=0.33 \times 15 + 18.8 - T_{exp}$ $T_{LL}(T_{RM}>15^{\circ}C \ \&\& \ T_{RM}<30^{\circ}C) = 0.33 \times T_{RM} + 18.8 - T_{exp}$ $T_{LL}(T_{RM}>30^{\circ}C) = 0.33 \times 30^{\circ}C + 18.8 - T_{exp}$	[°C]	unterer Grenzwert der anpassungsfähigen Innenraumtemperatur	
	$T_{RM} = f(T_{o,NETATMO})$ (Zeitabfolge)	[°C]	laufende Haupttemperatur	
	$T_{o,Wetterstation}$	[°C]	Außenraumtemperatur	Klimadaten
	T_{exp}	[K]	Temperaturdifferenz zur Bestimmung der Erwartung	
	$T_{UL}(T_{RM}<10^{\circ}C) = 0.33 \times 15 + 18.8 + T_{exp}$ $T_{UL}(T_{RM} >10^{\circ}C \ \&\& \ T_{RM}<30^{\circ}C) = 0.33 \times T_{RM} + 18.8 + T_{exp}$ $T_{UL}(T_{RM} >30^{\circ}C) = 0.33 \times 30^{\circ}C + 18.8 + T_{exp}$	[°C]	unterer Grenzwert der anpassungsfähigen Innenraumtemperatur	
	$T_{RM} = f(T_{o,NETATMO})$ (Zeitabfolge)	[°C]	Laufende Haupttemperatur	
	$T_{o,Wetterstation}$	[°C]	Außenraumtemperatur	Klimadaten
	T_{exp}	[K]	Temperaturdifferenz zur Bestimmung der Erwartung	
	Fragen zum thermischen Komfort (Auswertung der Fragen siehe Übersicht der Variablen: N_T1_W bis N_T4_S)	[7-stufige Skala]	Prognose Hauptbefragung	Fragebogen

METHODIK – NUTZERBEFRAGUNG

Befragung zum Bewohnerkomfort

Wohnzufriedenheit

2 %

Wie zufrieden bzw. unzufrieden sind Sie mit Ihrer Wohnung insgesamt?

- | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| sehr
zufrieden | zufrieden | eher
zufrieden | teils/teils | eher
unzufrieden | unzufrieden | sehr
unzufrieden |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

[eine Frage zurück](#)

[weiter](#)

Die Umfrage später fortsetzen

METHODIK – NUTZERBEFRAGUNG

- Nutzerprofil
- Wohnungsprofil
- Wahrnehmung des Innenraumklimas und der Interaktion mit dem Gebäude
- Weitere Informationen zu den Bewohnern
- Informationen zum Umgang mit den Messgeräten

METHODIK – NUTZERBEFRAGUNG

Temperatur

- N_T1_W** *Wie empfanden Sie in den letzten sieben Tagen tendenziell die Raumtemperatur?*
- N_T1_S** *Wie empfanden Sie in den letzten sieben Tagen tendenziell die Raumtemperatur?*
- N_T2_W** *Wie häufig haben Sie in den letzten sieben Tagen die Raumtemperatur als zu warm wahrgenommen?*
- N_T2_S** *Wie häufig haben Sie in den letzten sieben Tagen die Raumtemperatur als zu warm wahrgenommen?*
- N_T3_W** *Wie häufig haben Sie in den letzten sieben Tagen die Raumtemperatur als zu kalt wahrgenommen?*
- N_T3_S** *Wie häufig haben Sie in den letzten sieben Tagen die Raumtemperatur als zu kalt wahrgenommen?*
- N_T4_W** *Wie häufig haben Sie in den letzten sieben Tagen einen unangenehmen Luftzug wahrgenommen?*
- N_T4_S** *Wie häufig haben Sie in den letzten sieben Tagen einen unangenehmen Luftzug wahrgenommen?*
- N_T5_1** *Die Temperatur in meiner Wohnung lässt sich meinen Bedürfnissen entsprechend regulieren.*
- N_T5_2** *Die Heizung in meiner Wohnung richtig einzustellen überfordert mich.*
- N_T5_3** *Die Temperatur in meiner Wohnung lässt sich für jeden Raum separat regulieren.*
- N_T5_4** *Die Heizung ist störanfällig.*
- N_T5_5** *Über einen längeren Zeitraum eine konstante Wohnraumtemperatur zu erhalten ist schwierig.*
- N_T5_6** *Kühle Räume lassen sich schnell aufwärmen.*
- N_T5_7** *In meiner Wohnung bekomme ich schnell kalte Füße.*
- N_T5_8** *In der Nähe der Fenster ist es unangenehm kühl.*
- N_T5_9** *Die Außenwände kühlen im Winter stark ab.*
- N_T6_1** *Die Temperatur in meiner Wohnung lässt sich meinen Bedürfnissen entsprechend regulieren.*
- N_T6_2** *Meine Wohnung im Sommer kühl zu halten ist schwierig.*

- Wohnbereich
- Schlafbereich
- Wohnbereich
- Schlafbereich
- Wohnbereich
- Schlafbereich
- Wohnbereich
- Schlafbereich
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung
- gesamte Wohnung

METHODIK - MESSUNGEN



METHODIK - MESSUNGEN

Monitoring Software ist hierfür in verschiedene Komponenten aufgeteilt.

- Befragung zum Nutzerkomfort
 - o Benutzeroberfläche für die Verwaltung der teilnehmenden Haushalte und den installierten Netatmo Geräte
 - o Benutzeroberfläche für die Durchführung der Nutzerbefragung
- Prüfung des Status von Netatmo Geräten
- Datenkollektor für Netatmo Messdaten
- [Datenprozessor für eine mehrstufige Weiterverarbeitung sämtlicher erhobenen Messdaten] (*unbearbeitet*)

Berlin



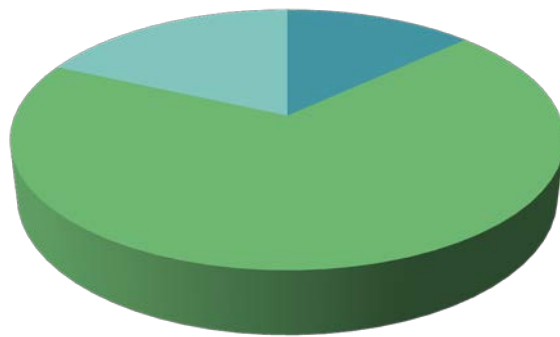
Frankfurt



Darmstadt



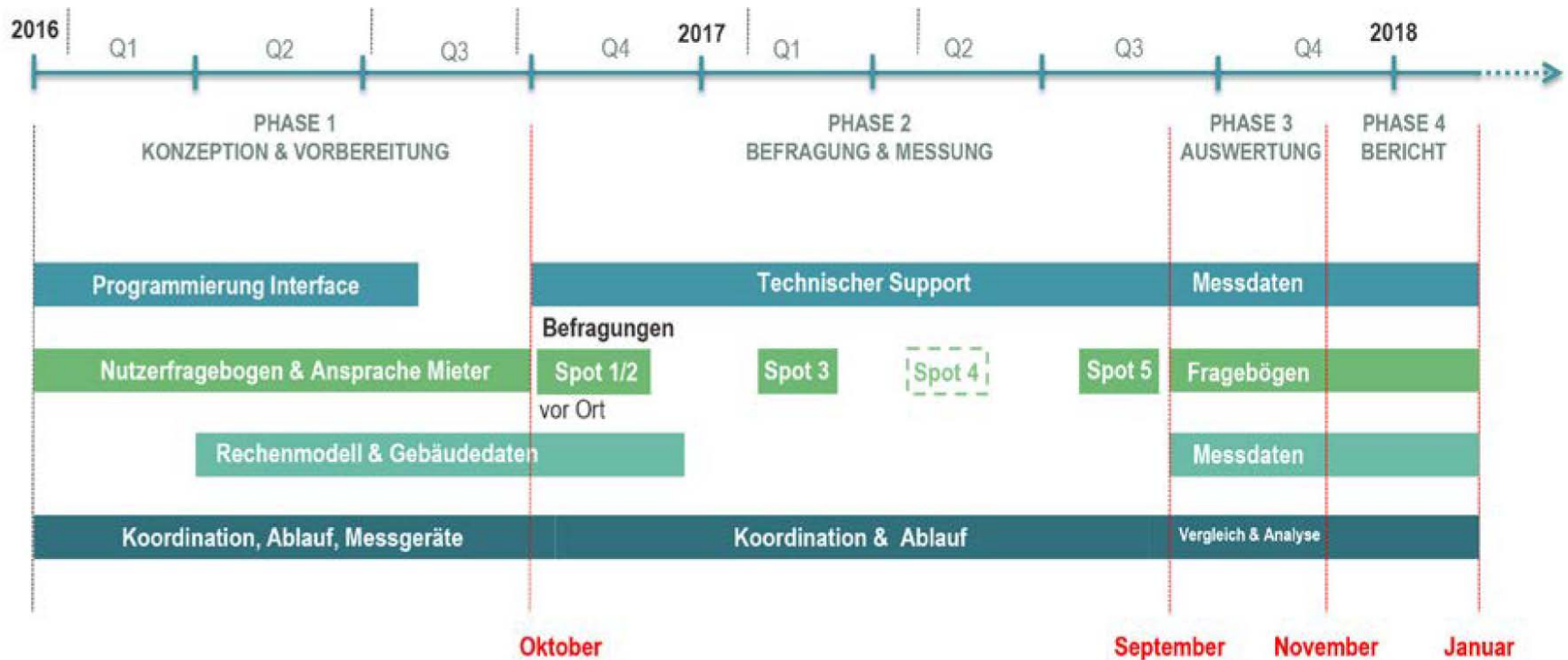
UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND



- Altbau saniert
- Neubauten (ab 2000)
- EffizienzhausPlus

100 teilnehmende Wohneinheiten aus 654 angefragten
Wohneinheiten

WEITERES VORGEHEN



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!