

# **Nachhaltige Technologien im Bereich der Kältetechnik: Chancen und Herausforderungen am Beispiel Wärmepumpen**

Fachtagung: Der Weg zu natürlichen Kältemitteltechnologien

Nürnberg, 13. November 2019

Edgar Timm

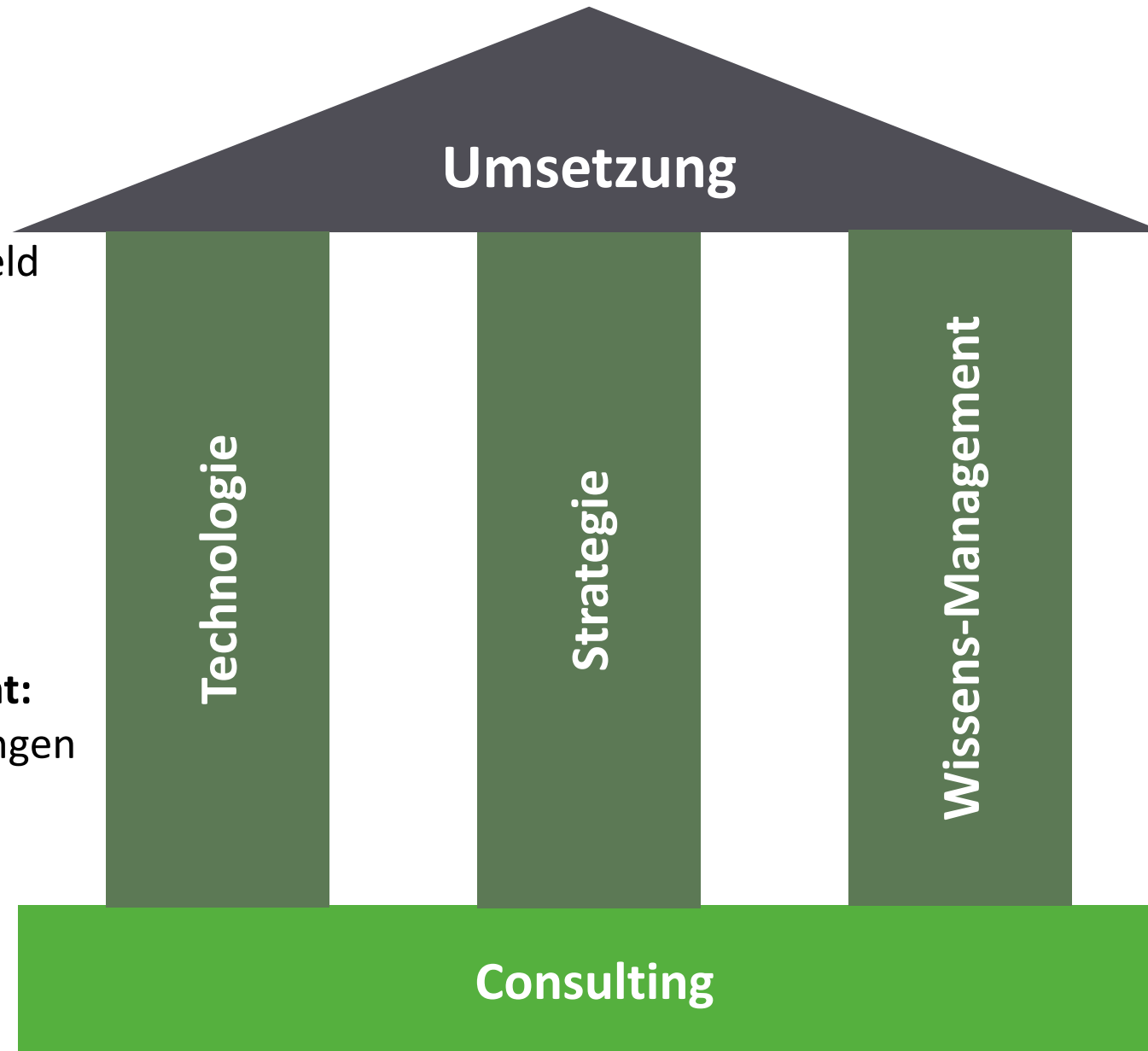
ETSuS Kulmbach

## Technologie:

- F-Gas Verordnung
- Alternative KM
- Regulatorische Umfeld
- CE Bewertung
- Wärmepumpen

## Wissens-Management:

- Standortverlagerungen
- Standortaufbau
- Train the trainer
- Vorträge
- Dozent



## Strategie:

- Product Road Maps
- Business Development
- Märkte:
  - WP
  - RAC
  - Air Treatment
  - Life Science
  - ...

## Chancen und Herausforderungen am Beispiel Wärmepumpen

- Einleitung
- Kältemittel / Technologien
- Anwendungen
- Marktdynamiken
- Herausforderungen bsp. WP
- Zusammenfassung

- Herausforderungen und Chancen
  - ↳ **Reduktion THG-Emissionen**
- Ein neuer Sinn für Dringlichkeit
- Nachhaltig
- Natürlich nachhaltig?!
- Technologie

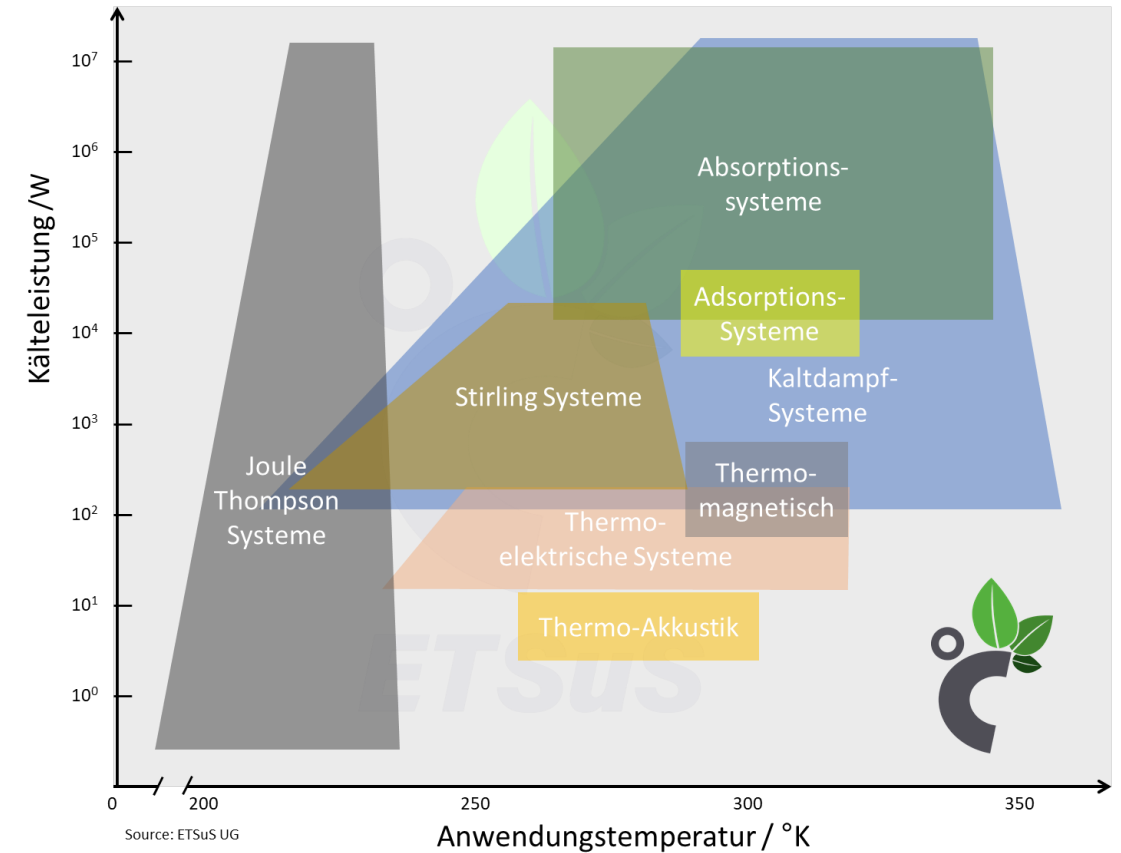


Source: By Mænsard vokser [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], downloaded 2019.10.17

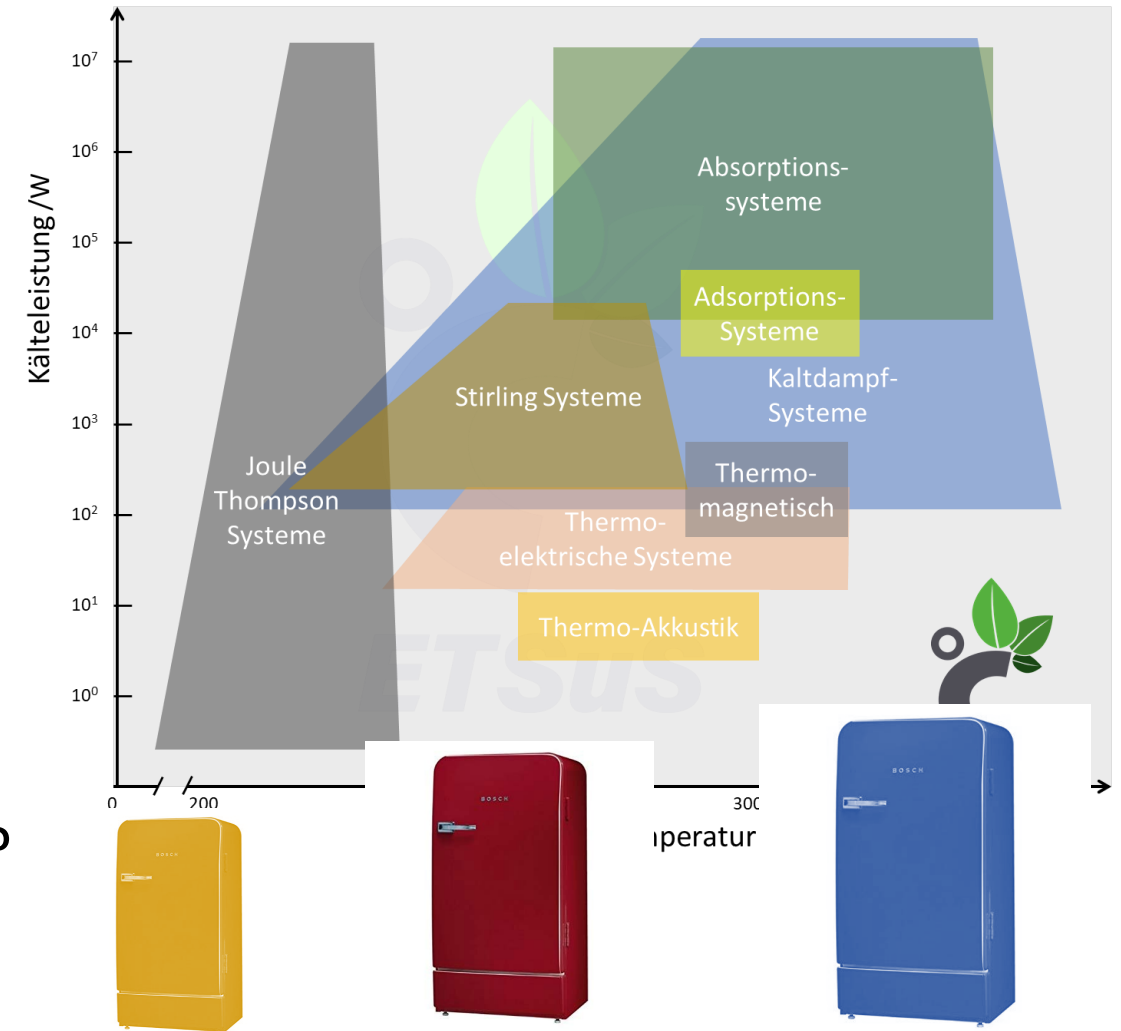
- Herausforderungen und Chancen
- Ein neuer Sinn für Dringlichkeit
- Nachhaltig
  - Deutscher Ursprung
  - Handlungsprinzip
  - Ganzheitliche erweiterte Bedeutung
- Natürlich nachhaltig?!
- Technologie



- Herausforderungen und Chancen
- Ein neuer Sinn für Dringlichkeit
- Nachhaltig
- Natürlich nachhaltig?!
- Technologie
  - Methode – Verfahren – Prozess
  - Materialien
  - Weiterentwicklung: Innovation



- Herausforderungen und Chancen
- Ein neuer Sinn für Dringlichkeit
- Nachhaltig
- Natürlich nachhaltig?!
- Technologie – nur Kältemittel?
  - Methode – Verfahren – Prozess
  - Materialien
  - Weiterentwicklung: Innovation
  - Prof. Baehr (1989): „KT Innovation = Jedes Jahr eine neue Farbe“ - Disruptiv?



## Chancen und Herausforderungen am Beispiel Wärmepumpen

- Einleitung
- Kältemittel / Technologien
- Anwendungen
- Marktdynamiken
- Herausforderungen bsp. WP
- Zusammenfassung

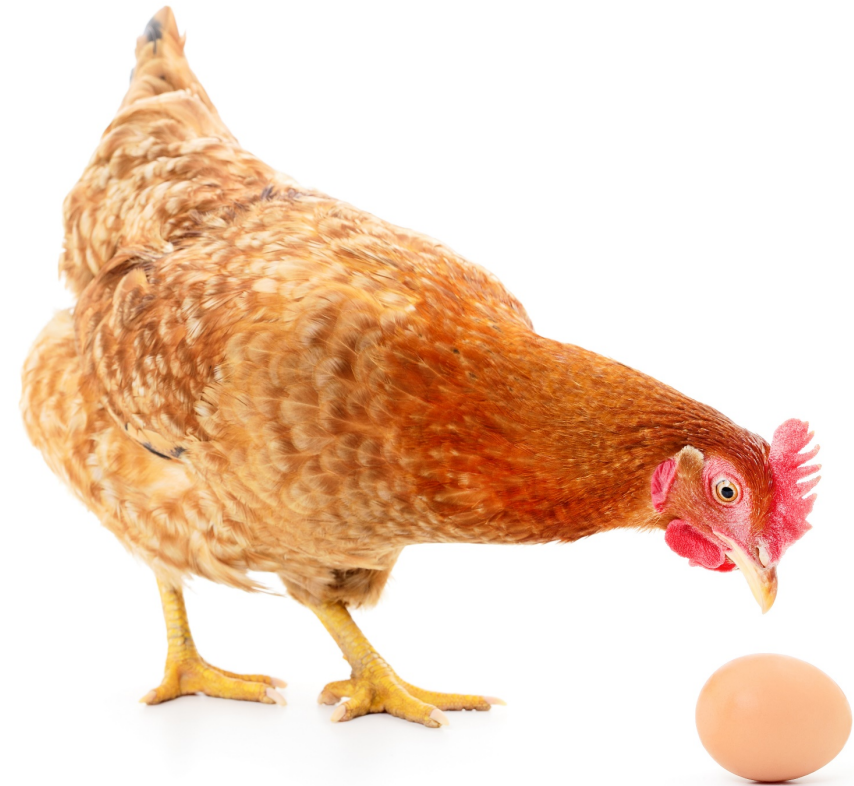




ETSuS

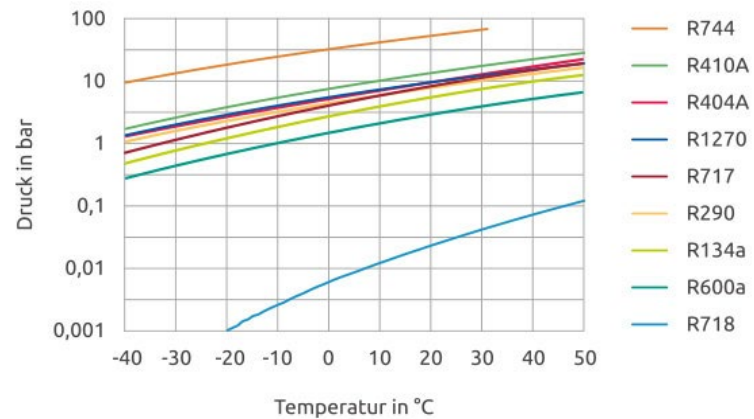
## Eigenschaften – Vergleichbarkeit?

- Thermodynamische Eignung
  - ↳ **Anwendung UND Kältemittel!**
- Regulative Randbedingungen
- Ökologie
  - ODP
  - GWP
  - Andere (z.B. TFA)
- Sicherheit
- Ökonomie
- ...

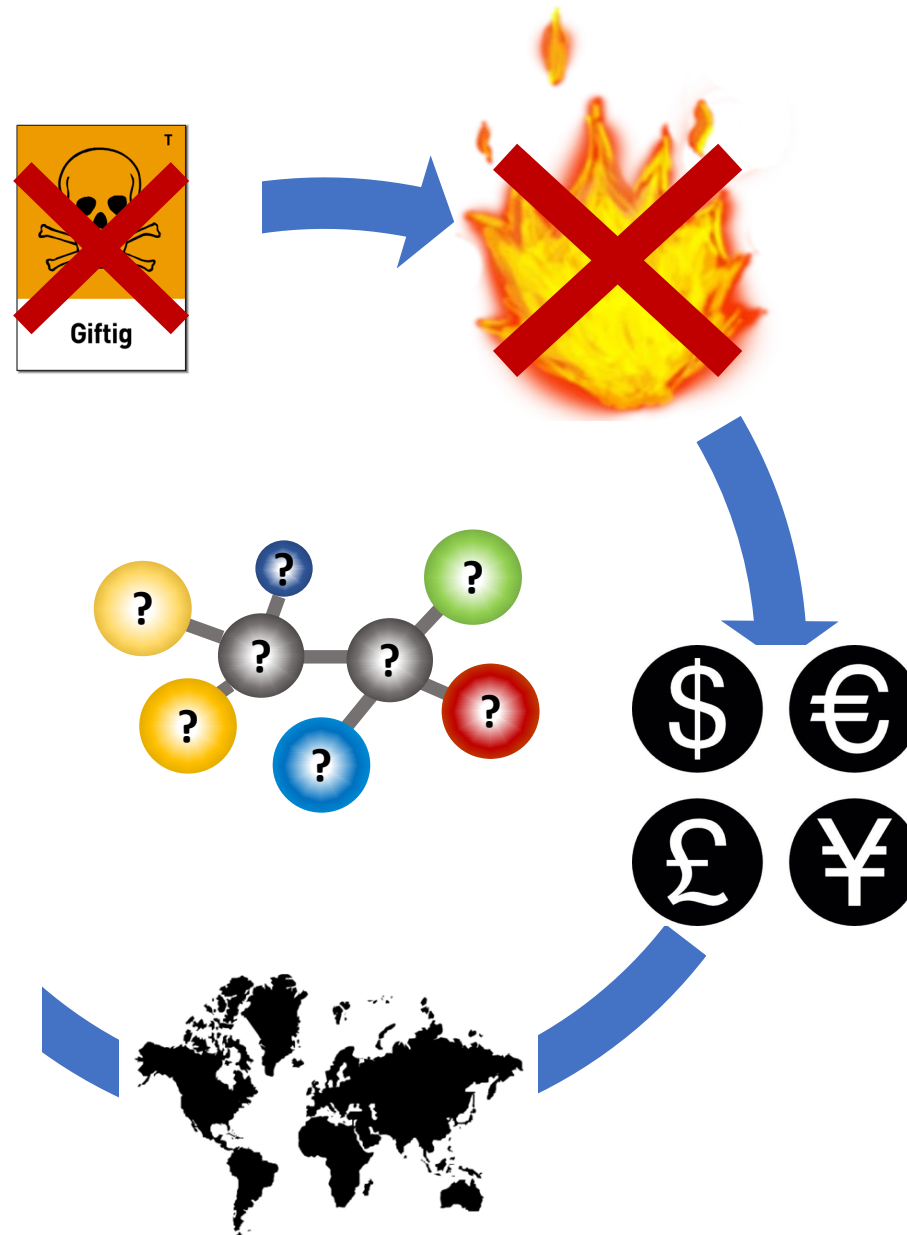


# Das ideale Kältemittel

Dampfdruckkurven einiger Kältemittel



Quelle: <https://efficient-energy.com/kaeltemaschine-echiller/wasser-als-kaeltemittel/>, aufgerufen 7.9.2017





# Die Kältemittel-Hexenküche

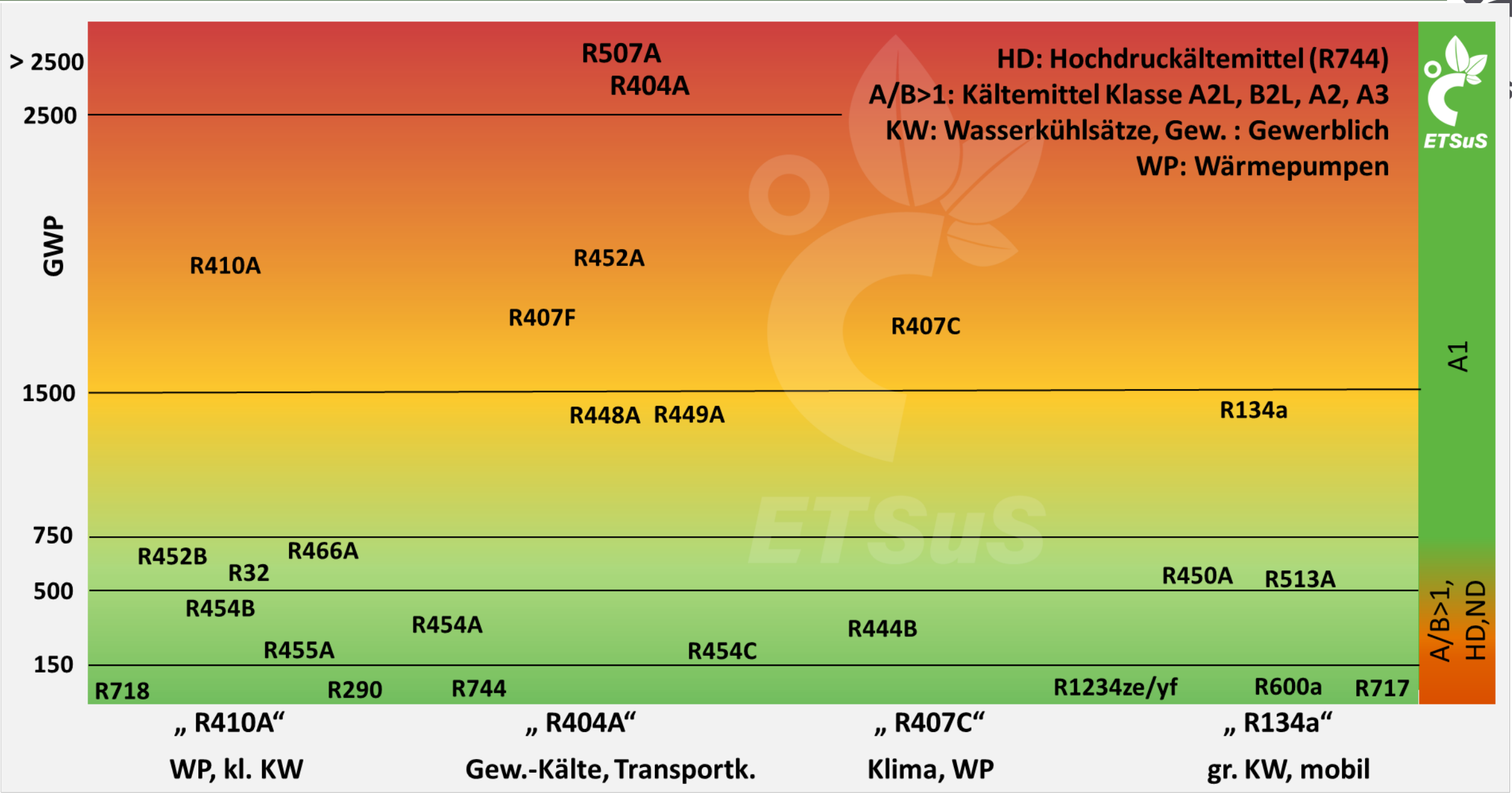


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII
1H																	2He
Wasserstoff 1 20.268 K																	Helium - 4.215 K
3Li	4Be											5B	6C	7N	8O	9F	10Ne
Lithium 3 1'615 K	Beryllium 4 2'745 K											Bor 5 4'275 K	Kohlenstoff 6 4'470 K	Stickstoff 7 77.35 K	Sauerstoff 8 90.18 K	Fluor 9 84.95 K	Neon - 27.096 K
11Na	12Mg											13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar
Natrium 11 1'156 K	Magnesium 12 1'363 K											Aluminium 13 2'793 K	Silicium 14 3'540 K	Phosphor 15 550 K	Schwefel 16 717.75 K	Chlor 17 239.1 K	Argon 18 87.30 K
19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr
Kalium 19 1'032 K	Calcium 20 1'757 K	Scandium 21 3'104 K	Titan 22 4, 3 3'562 K	Vanadium 23 5, 4, 3, 2 3'682 K	Chrom 24 6, 3, 2 2'945 K	Mangan 25 7, 6, 4, 2, 3 2'335 K	Eisen 26 2, 3 3'135 K	Cobalt 27 2, 3 3'201 K	Nickel 28 2, 3 3'187 K	Kupfer 29 2, 1 2'836 K	Zink 30 2 1'180 K	Gallium 31 3 2'478 K	Germanium 32 4 3'107 K	Arsen 33 ±3, 5 876 K (subl)	Selen 34 -2, 4, 6 958 K	Brom 35 ±1, 5 332.25 K	Krypton - 119.80 K
37Rb	38Sr	39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd	47Ag	48Cd	49In	50Sn	51Sb	52Te	53I	54Xe
Rubidium 37 961 K	Strontium 38 1'650 K	Yttrium 39 3'611 K	Zirkonium 40 4'682 K	Niob 41 5, 3 5'017 K	Molybdän 42 6, 5, 4, 3, 2 4'912 K	Technetium 43 7 4'538 K	Ruthenium 44 2, 3, 4, 6, 8 4'423 K	Rhodium 45 2, 3, 4 3'970 K	Palladium 46 2, 4 3'237 K	Silber 47 1 2'436 K	Cadmium 48 2 1'040 K	Indium 49 3 2'346 K	Zinn 50 4, 2 2'876 K	Antimon 51 ±3, 5 1'860 K	Tellur 52 -2, 4, 6 1'261 K	Jod 53 ±1, 5, 7 458.4 K	Xenon - 165.03 K
55Cs	56Ba	57La	72Hf	73Ta	74W	75Re	76Os	77Ir	78Pt	79Au	80Hg	81Tl	82Pb	83Bi	84Po	85At	86Rn
Cäsium 55 944 K	Barium 56 2'171 K	Lanthan 57 3'730 K	Hafnium 72 4'876 K	Tantal 73 5'731 K	Wolfram 74 6, 5, 4, 3, 2 5'828 K	Rhenium 75 7, 6, 4, 2, -1 5'869 K	Osmium 76 2, 3, 4, 6, 8 5'285 K	Iridium 77 2, 3, 4, 6 4'701 K	Platin 78 2, 4 4'100 K	Gold 79 3, 1 3'130 K	Quecksilber 80 2, 1 630 K	Thallium 81 3, 1 1'746 K	Blei 82 4, 2 2'023 K	Bismut 83 3, 5 1'837 K	Polonium 84 4, 2 1'235 K	Astat 85 ±1, 3, 5, 7 610 K	Radon - 211 K
87Fr	88Ra	89Ac	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110Ds	111Rg	112Uub	113Uut	114Uuq	115Uup	116Uuh	117Uus	118Uuo
Francium 87 950 K	Radium 88 1'809 K	Actinium 89 3'473 K	Rutherfordium - -	Dubnium - -	Seaborgium - -	Bohrium - -	Hassium - -	Meitnerium - -	Darmstadtium - -	Roentgenium - -	Ununbium - -	Ununtrium - -	Ununquadium - -	Ununpentium - -	Ununhexium - -	Ununseptium - -	Ununoctium - -
Metalle		Halbmetalle		Nichtmetalle		Edelgase											
GAS		FEST		FLÜ.		kA											

Quelle: ETSUS UG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII
<sup>1</sup> H Wasserstoff 1 20.268 K																	<sup>2</sup> He Helium - 4.215 K
<sup>3</sup> Li Lithium 1 1815 K	<sup>4</sup> Be Beryllium 2 2745 K											<sup>5</sup> B Bor 3 4275 K	<sup>6</sup> C Kohlenstoff -4, ..., 4 4470 K	<sup>7</sup> N Stickstoff -3, ..., 5 77.35 K	<sup>8</sup> O Sauerstoff -2, -1 90.18 K	<sup>9</sup> F Fluor -1 84.95 K	<sup>10</sup> Ne Neon - 27.096 K
<sup>11</sup> Na Natrium 1156 K	<sup>12</sup> Mg Magnesium 1363 K											<sup>13</sup> Al Aluminium 2793 K	<sup>14</sup> Si Silicium 3540 K	<sup>15</sup> P Phosphor 550 K	<sup>16</sup> S Schwefel 717.75 K	<sup>17</sup> Cl Chlor 239.1 K	<sup>18</sup> Ar Argon 87.30 K
<sup>19</sup> K Kalium 1 1032 K	<sup>20</sup> Ca Calcium 2 1757 K	<sup>21</sup> Sc Scandium 3 3104 K	<sup>22</sup> Ti Titan 4, 3 3562 K	<sup>23</sup> V Vanadium 5, 4, 3, 2 3682 K	<sup>24</sup> Cr Chrom 6, 3, 2 2945 K	<sup>25</sup> Mn Mangan 7, 6, 4, 2, 3 2335 K	<sup>26</sup> Fe Eisen 2, 3 3135 K	<sup>27</sup> Co Cobalt 2, 3 3201 K	<sup>28</sup> Ni Nickel 2, 3 3187 K	<sup>29</sup> Cu Kupfer 2, 1 2836 K	<sup>30</sup> Zn Zink 2 1180 K	<sup>31</sup> Ga Gallium 3 2478 K	<sup>32</sup> Ge Germanium 4 3107 K	<sup>33</sup> As Arsen ±3, 5 876 K (subl)	<sup>34</sup> Se Selen -2, 4, 6 958 K	<sup>35</sup> Br Brom ±1, 5 332.25 K	<sup>36</sup> Kr Krypton - 119.80 K
<sup>37</sup> Rb Rubidium 1 961 K	<sup>38</sup> Sr Strontium 2 1650 K	<sup>39</sup> Y Yttrium 3 3611 K	<sup>40</sup> Zr Zirkonium 4 4682 K	<sup>41</sup> Nb Niob 5, 3 5017 K	<sup>42</sup> Mo Molybdän 6, 5, 4, 3, 2 4912 K	<sup>43</sup> Tc Technetium 7 4538 K	<sup>44</sup> Ru Ruthenium 2, 3, 4, 6, 8 4423 K	<sup>45</sup> Rh Rhodium 2, 3, 4 3970 K	<sup>46</sup> Pd Palladium 2, 4 3237 K	<sup>47</sup> Ag Silber 1 2436 K	<sup>48</sup> Cd Cadmium 2 1040 K	<sup>49</sup> In Indium 3 2346 K	<sup>50</sup> Sn Zinn 4, 2 2876 K	<sup>51</sup> Sb Antimon ±3, 5 1860 K	<sup>52</sup> Te Tellur -2, 4, 6 1261 K	<sup>53</sup> I Iod ±1, 5, 7 458.4 K	<sup>54</sup> Xe Xenon - 165.03 K
<sup>55</sup> Cs Cäsium 1 944 K	<sup>56</sup> Ba Barium 2 2171 K	<sup>57</sup> La Lanthan 3 3730 K	<sup>72</sup> Hf Hafnium 4 4876 K	<sup>73</sup> Ta Tantal 5 5731 K	<sup>74</sup> W Wolfram 6, 5, 4, 3, 2 5028 K	<sup>75</sup> Re Rhenium 7, 6, 4, 2, -1 5069 K	<sup>76</sup> Os Osmium 2, 3, 4, 6, 8 5285 K	<sup>77</sup> Ir Iridium 2, 3, 4, 6 4701 K	<sup>78</sup> Pt Platin 2, 4 4100 K	<sup>79</sup> Au Gold 3, 1 3130 K	<sup>80</sup> Hg Quecksilber 2, 1 630 K	<sup>81</sup> Tl Thallium 3, 1 1746 K	<sup>82</sup> Pb Blei 4, 2 2023 K	<sup>83</sup> Bi Bismut 3, 5 1837 K	<sup>84</sup> Po Polonium 4, 2 1235 K	<sup>85</sup> At Astat ±1, 3, 5, 7 610 K	<sup>86</sup> Rn Radon - 211 K
<sup>87</sup> Fr Francium 1 950 K	<sup>88</sup> Ra Radium 2 1809 K	<sup>89</sup> Ac Actinium 3 3473 K	<sup>104</sup> Rf Rutherfordium - -	<sup>105</sup> Db Dubnium - -	<sup>106</sup> Sg Seaborgium - -	<sup>107</sup> Bh Bohrium - -	<sup>108</sup> Hs Hassium - -	<sup>109</sup> Mt Meitnerium - -	<sup>110</sup> Ds Darmstadtium - -	<sup>111</sup> Rg Roentgenium - -	<sup>112</sup> Uub Ununbium - -	<sup>113</sup> Uut Ununtrium - -	<sup>114</sup> Uuq Ununquadium - -	<sup>115</sup> Uup Ununpentium - -	<sup>116</sup> Uuh Ununhexium - -	<sup>117</sup> Uus Ununseptium - -	<sup>118</sup> Uuo Ununoctium - -
Metalle		Halbmetalle		Nichtmetalle		Edelgase											
		GAS		FEST		FLÜ.											
								KA									

Quelle: ETSUS UG



## Chancen und Herausforderungen am Beispiel Wärmepumpen

- Einleitung
- Kältemittel / Technologien
- Anwendungen
- Marktdynamiken
- Herausforderungen bsp. WP
- Zusammenfassung





R12  
R134a  
R600a



R22  
R410A  
R32/R290



R502  
R404A  
R744/  
R290/  
R449A

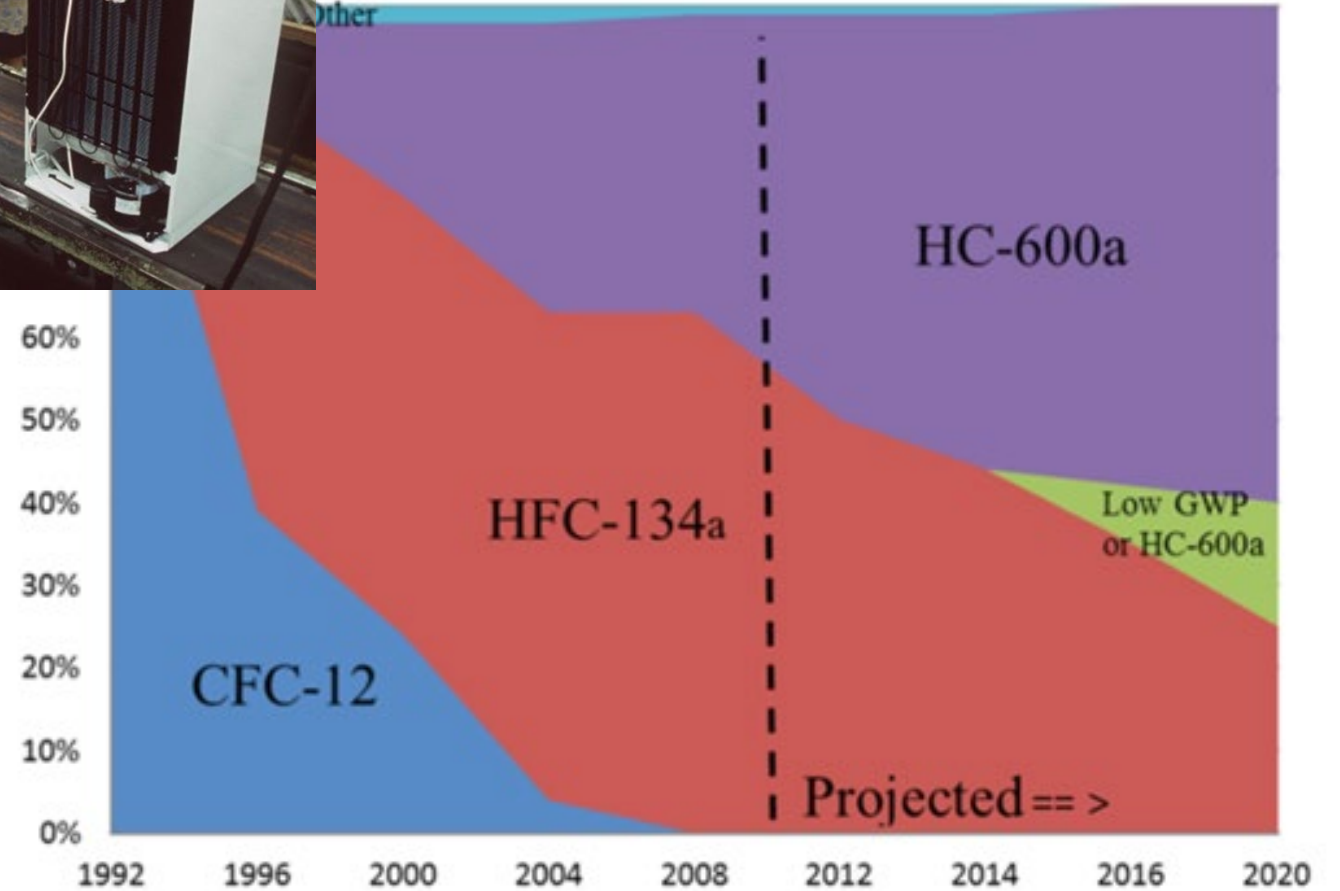


R717





R600a



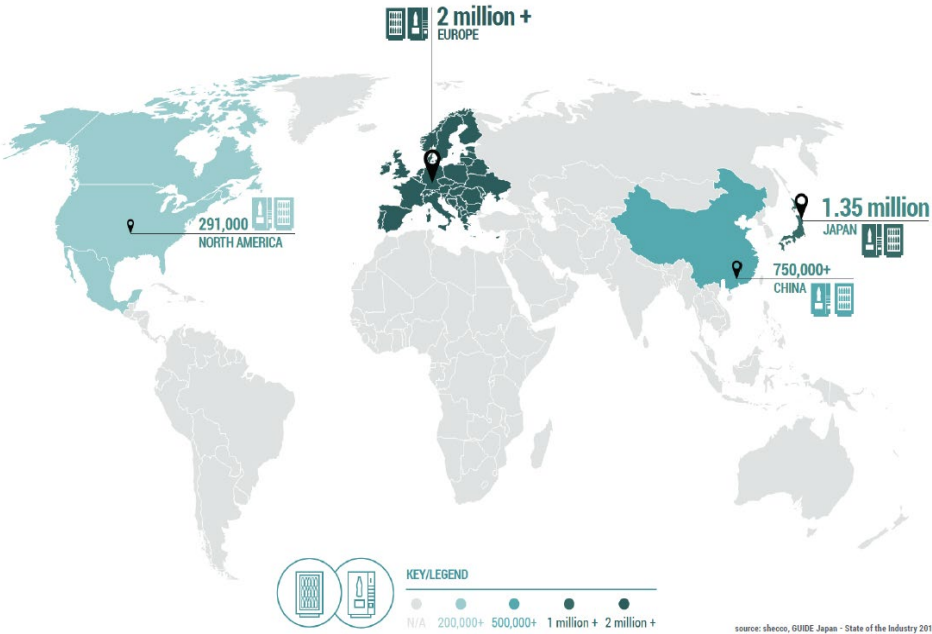
Quelle: UNEP RTOC 2014



19



R290



International Electrotechnical Commission

International Standards and Conformity Assessment for all electrical, electronic and related technologies

myIEC | Subscribe | Sitemap | FAQs | Contact us

You & the IEC | About the IEC | News & views | Standards development | Conformity assessment | Members & experts | Developing countries | IEC Academy | Webstore | Search... | Advanced search

Standards development > How we work > Technical Committees & Subcommittees > TC 61 > SC 61C Dashboard

SC 61C Safety of refrigeration appliances for household and commercial use

Scope | Structure | Projects / Publications | Documents | Votes | Meetings | Collaboration Platform

Working Documents > Voting Result: 61C/792/FDIS

Log in | En | Fr

**Voting Result APPROVED**

Document 61C/792/FDIS

Project : IEC 60335-2-89 ED3

IEC 60335-2-89 ED3: Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-89: Particular requirements for commercial refrigerating appliances and ice-makers with an incorporated or remote refrigerant unit or motor-compressor

Reference	Circulation date	Closing date	Downloads
61C/792/FDIS	2019-03-01	2019-04-12	962 kB 991 kB

Compilation of Comments

CC file

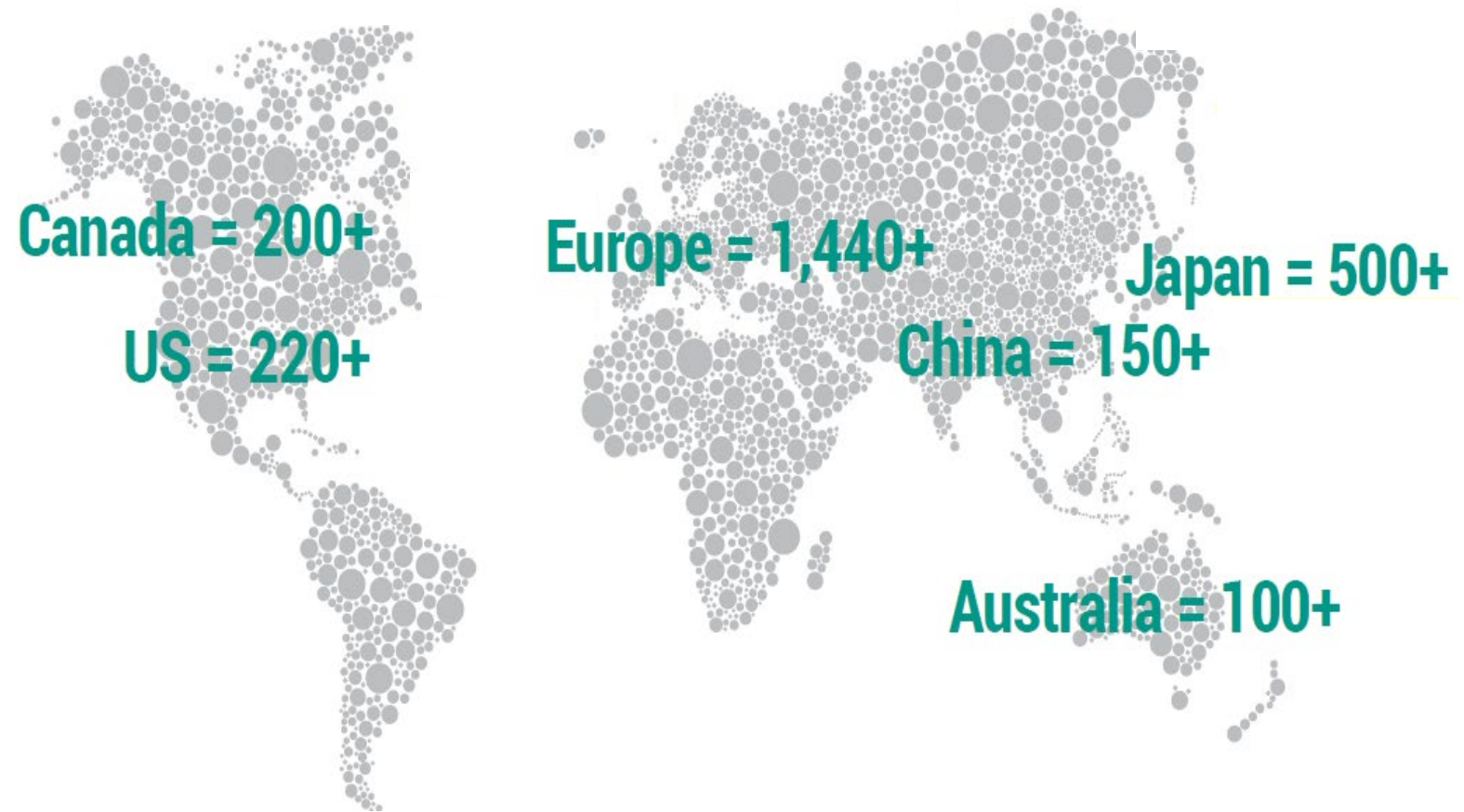
P-Members Voting	P-Members In favour	In favour %	Criteria	Result
23	17	73.9	>=66.7%	APPROVED

Total Votes Cast	Total Against	Against %	Criteria	Result
34	8	23.5	<=25%	APPROVED

Quelle: [https://static1.squarespace.com/static/56d974c822482ef0c3dae7c7/t/5bae1bcf15fcc053c6cf6cb8/1538137106215/sheccobase\\_webinar-upcoming\\_CO2\\_guide%4020180927.pdf](https://static1.squarespace.com/static/56d974c822482ef0c3dae7c7/t/5bae1bcf15fcc053c6cf6cb8/1538137106215/sheccobase_webinar-upcoming_CO2_guide%4020180927.pdf) aufgerufen 2019-11-11



R717



Quelle: Special Edition: 2018-2019 // Accelerate Corporate; <http://www.acceleratecorporate.com> aufgerufen 2019-11-11

## Chancen und Herausforderungen am Beispiel Wärmepumpen

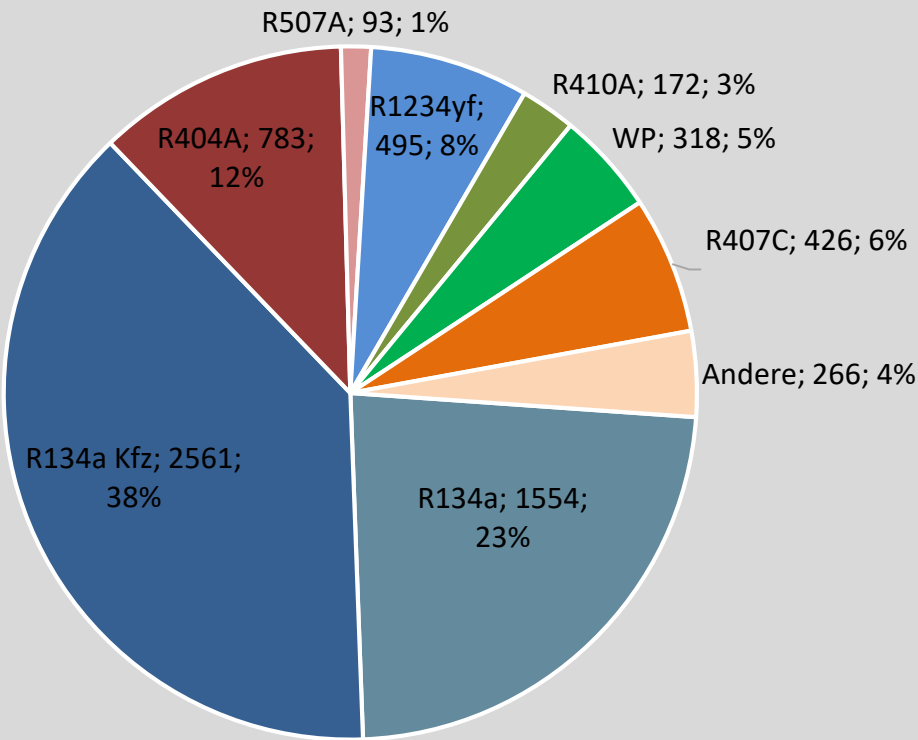
- Einleitung
- Kältemittel / Technologien
- Anwendungen
- Marktdynamiken

Herausforderungen bsp. WP

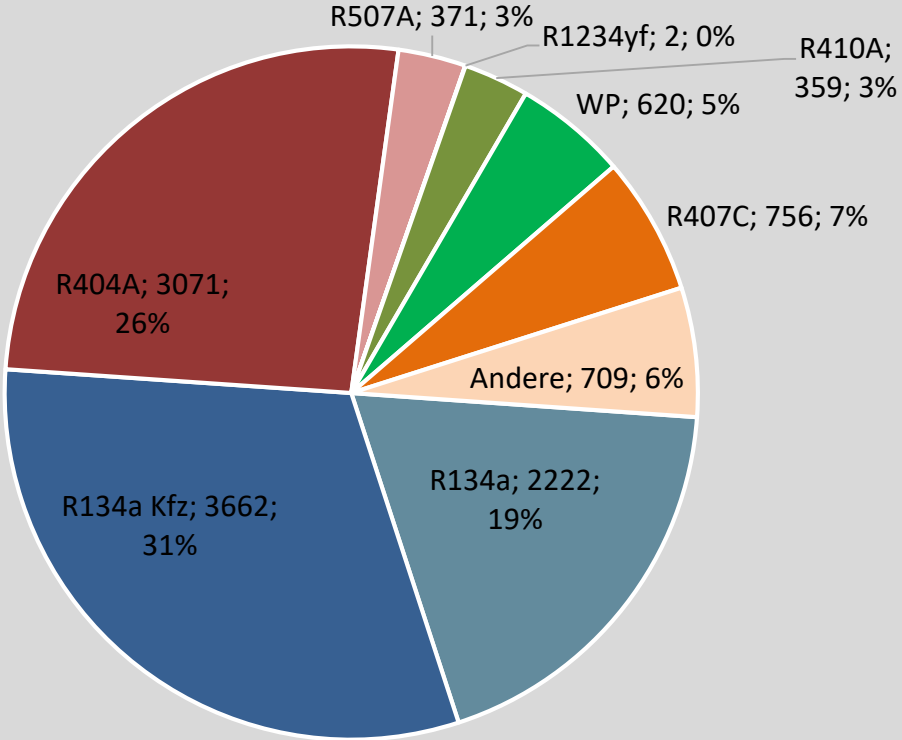
- Zusammenfassung



Anteil je KM / to  
Gesamt ca. 6700 to



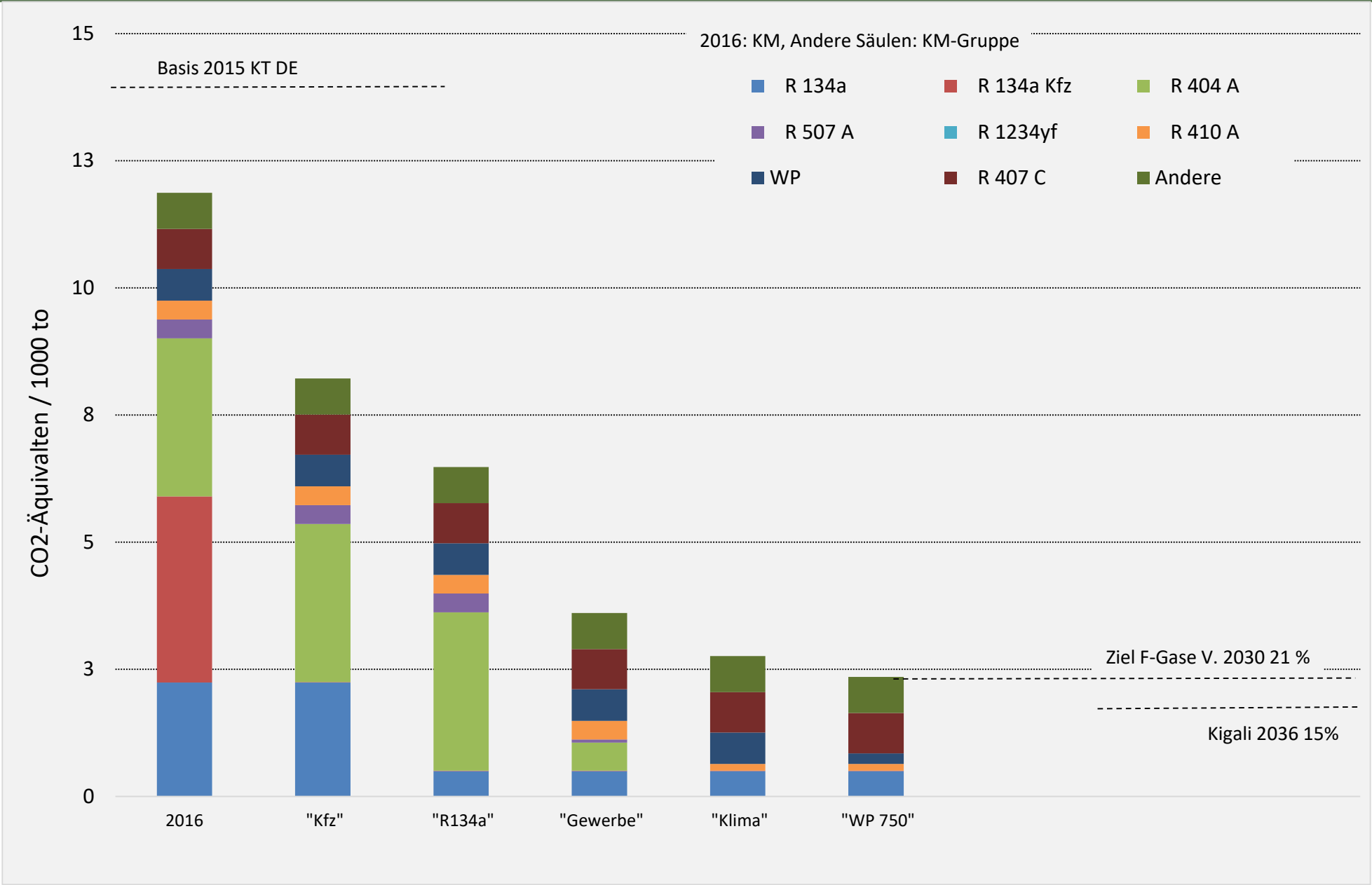
Anteil je KM/ 1000 to CO<sub>2</sub>-Ä.  
Gesamt ca. 12 Mio. to CO<sub>2</sub>-Ä.



Durchschnitts GWP 2016:  
1776

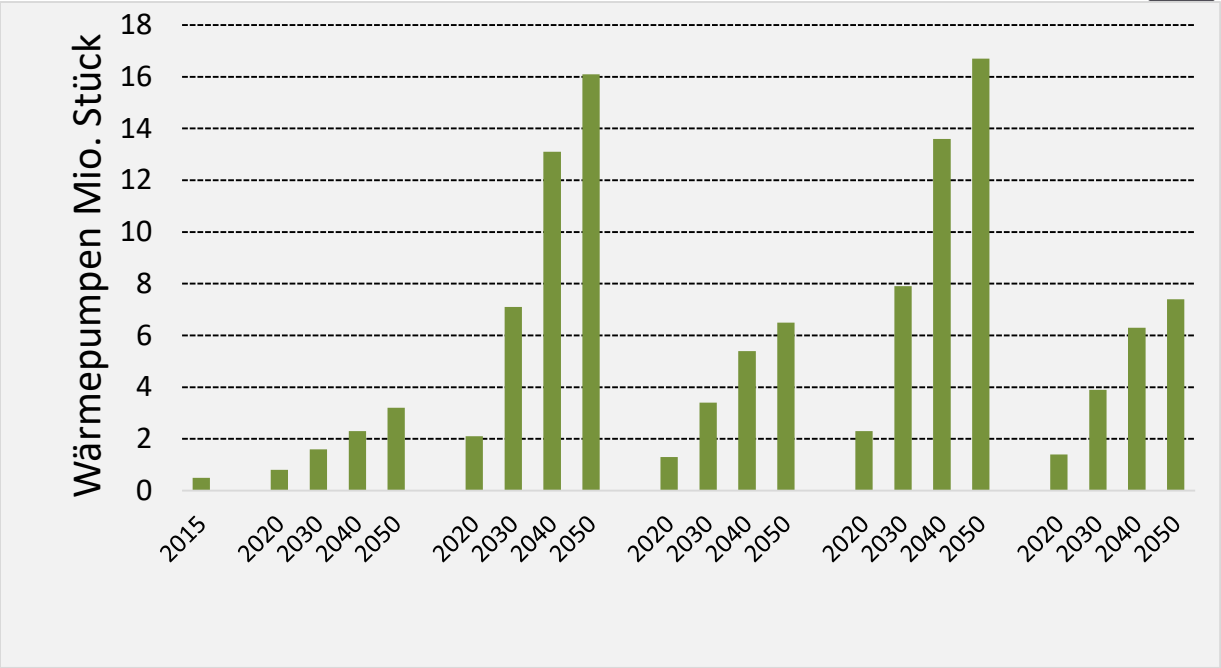
- Ohne Marktwachstum
- „Kfz“: 100% R1234yf (CO<sub>2</sub>)
- R134a: 50% HFO (R1234ze) – 50% R513A/R450A
- R404A „Gewerbe“: 25% R744 – 25% R290 und 50% R449A/R448A
- R410A: „Klima“: 25% R32 – 25% R290 – 25 % R454C - 25% R410A ,  
annähernd gleiches Ergebnis wie 100% R32
- „WP“: Außengeräte R290 (ca. 1/3) , Rest R32
- ANDERE, R407C „Klima“ noch nicht berücksichtigt







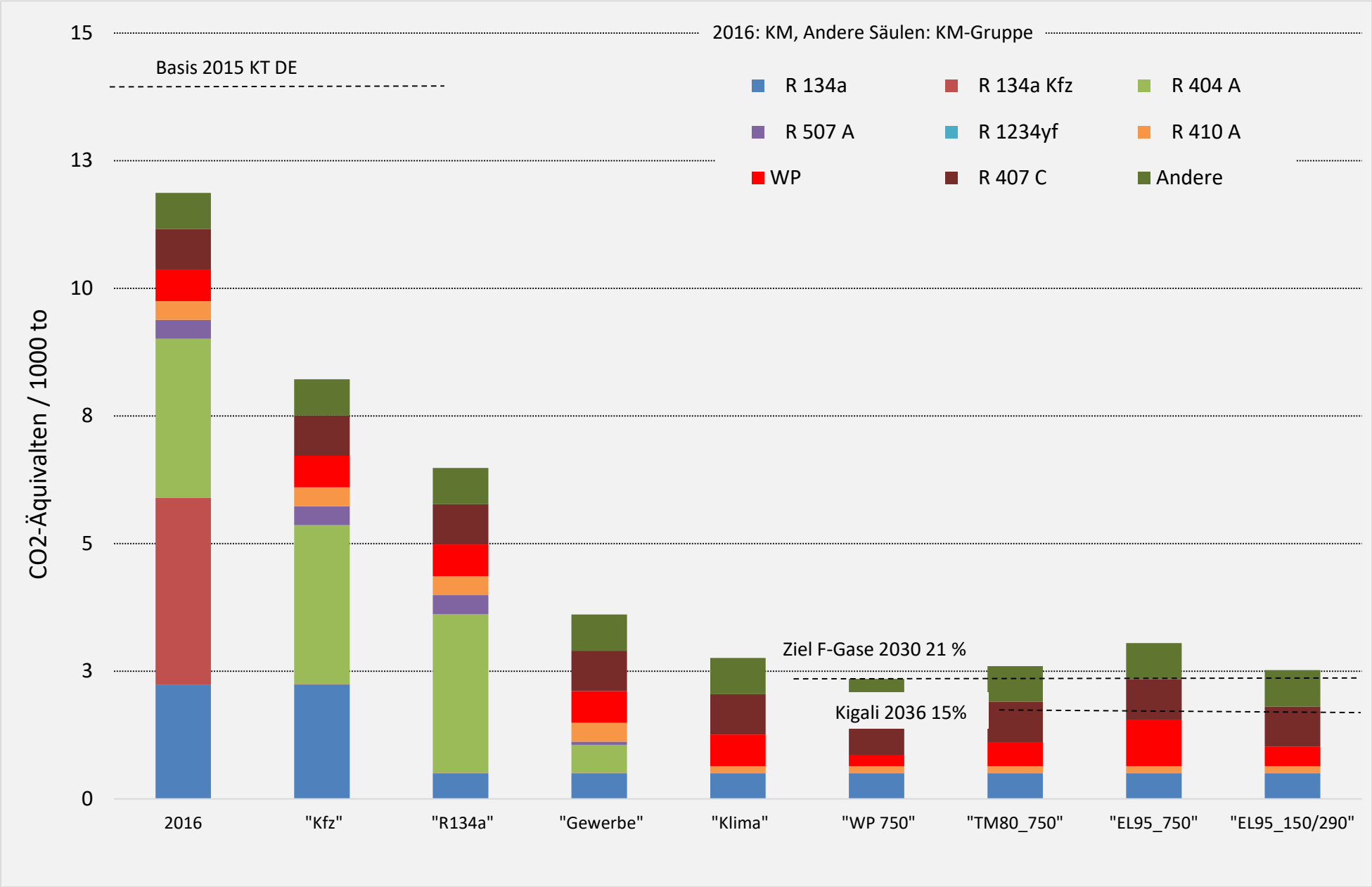
- Basis: Klimaziele Deutschland: Reduktion THG bis 2050 um 80- 95%
- Kontext: dena Leitstudie „ Integrierte Energiewende“
- Gebäudehülle, Anlagentechnik und Energieerzeugung
- 3 Hauptszenarien
  - RF: „Referenz“:
  - EL: „Elektrifizierung“: Elektrifizierung Heizung , Ausbau EE im Strombereich.
  - TM: „Technologiemix“: THG-minimierung - EE Strom, synthetischer EE – Brennstoffe
  - EL und TM Prognose: signifikante Steigerung des WP-Einsatzes

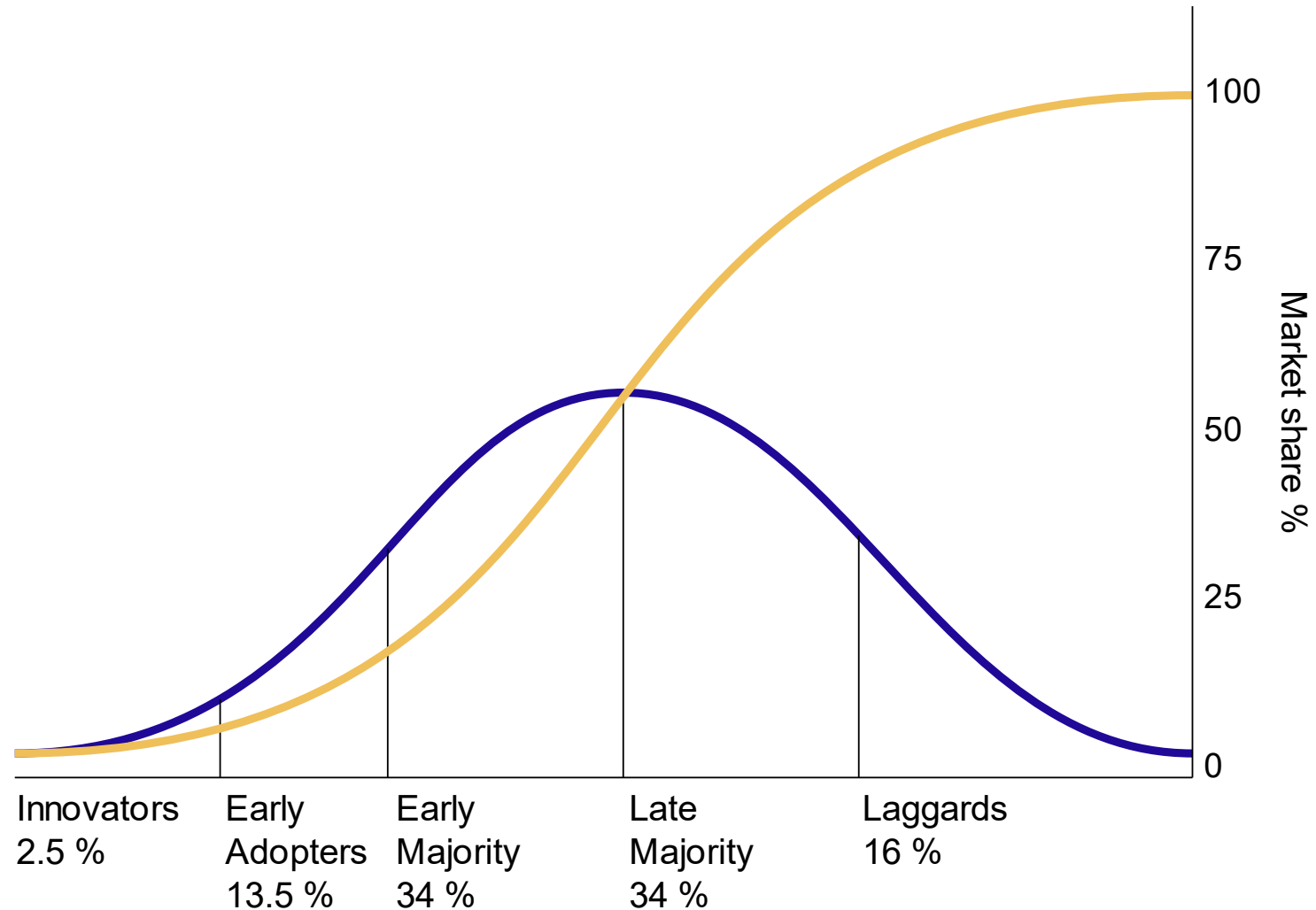


Technologie Szenarien 2030					
Energiewende		F-Gase Verordnung			
		CO <sub>2</sub> e			
Leitszenario	WP/a	"R410A"	"750"	"750-290"	"150-290"
RF	80.000	620	223		
TM80	210.000	1590	466	352	169
TM95	250.000		551	416	180
EL80	500.000		1081	811	339
EL95	560.000		1208	905	377

CO<sub>2</sub>e: CO<sub>2</sub>-Äquivalent /1000 to

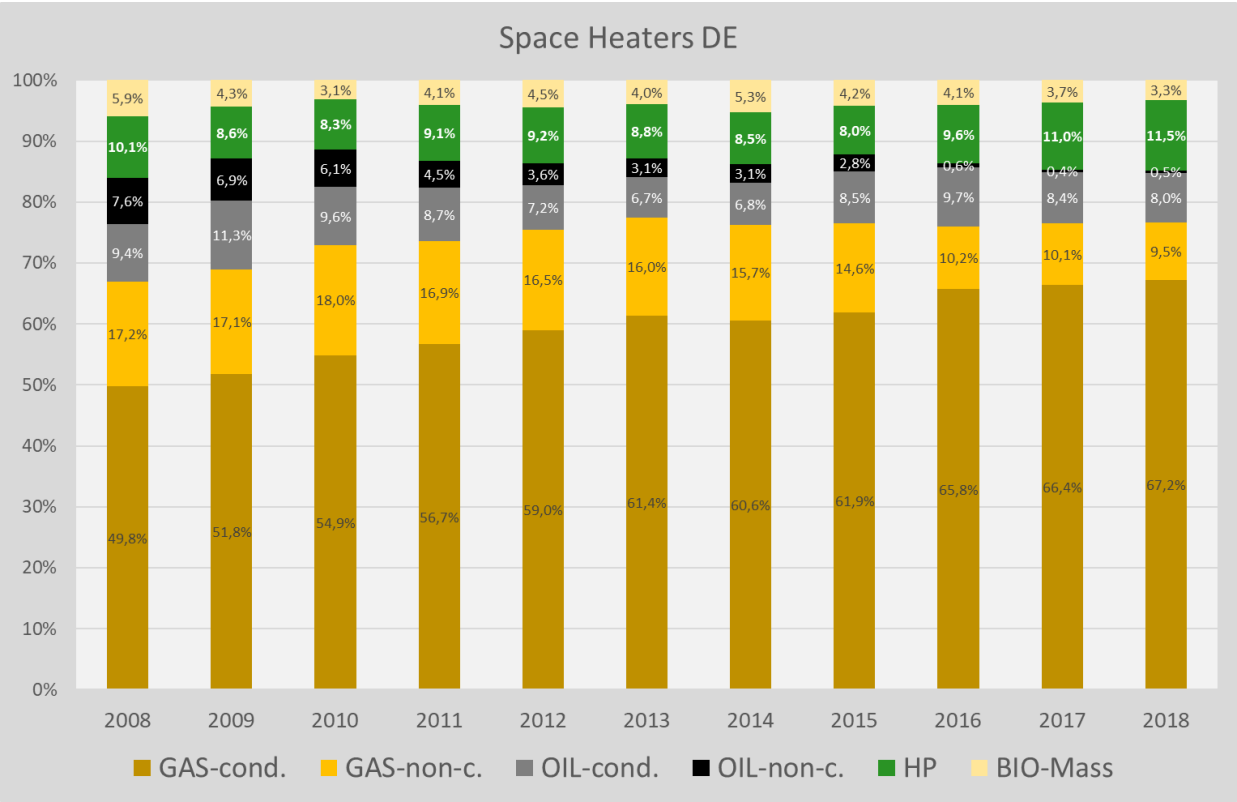
Quelle: Gebäudestudie - Szenarien für eine marktwirtschaftliche Klima- und Ressourcenschutzpolitik 2050 im Gebäudesektor, Hrsg.: Deutsche Energie Agentur GmbH (dena), Berlin 10/2017; Eigene Berechnung ETSuS, Kulmbach



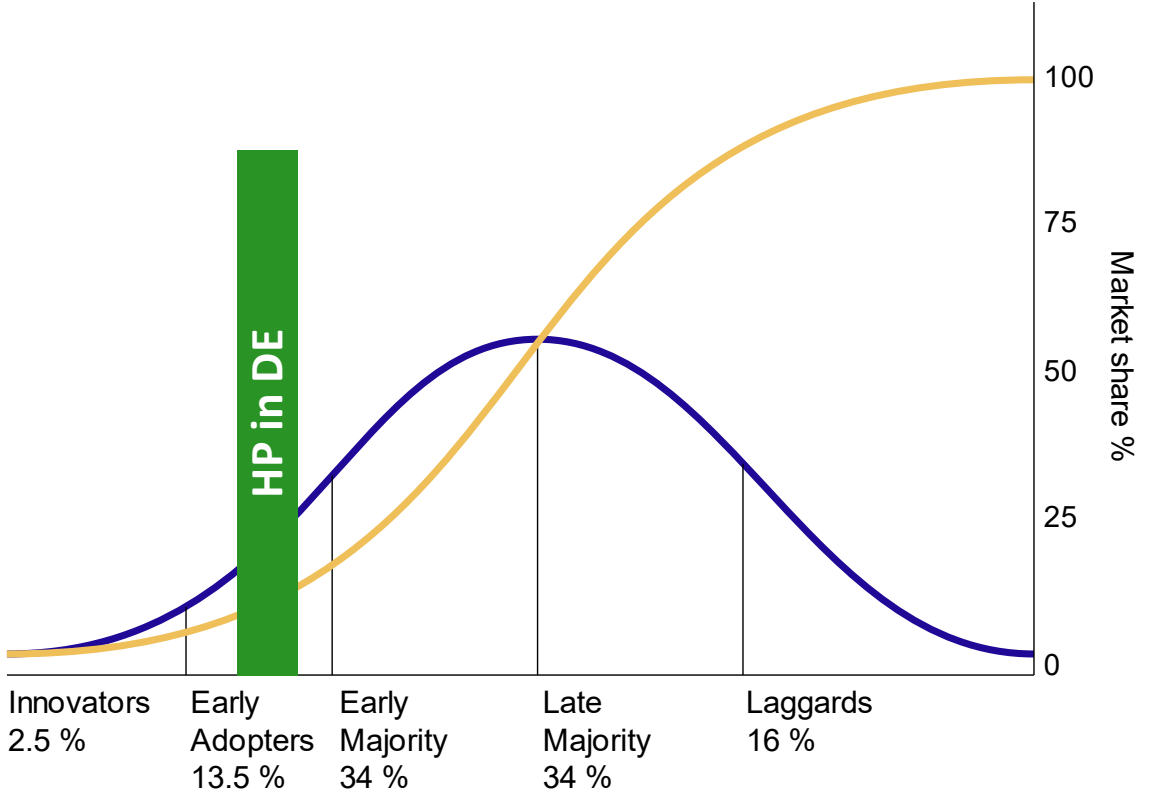


Quelle By Rogers Everett - Based on Rogers, E. (1962) Diffusion of innovations. Free Press, London, NY, USA., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18525407>

Markt Dynamiken

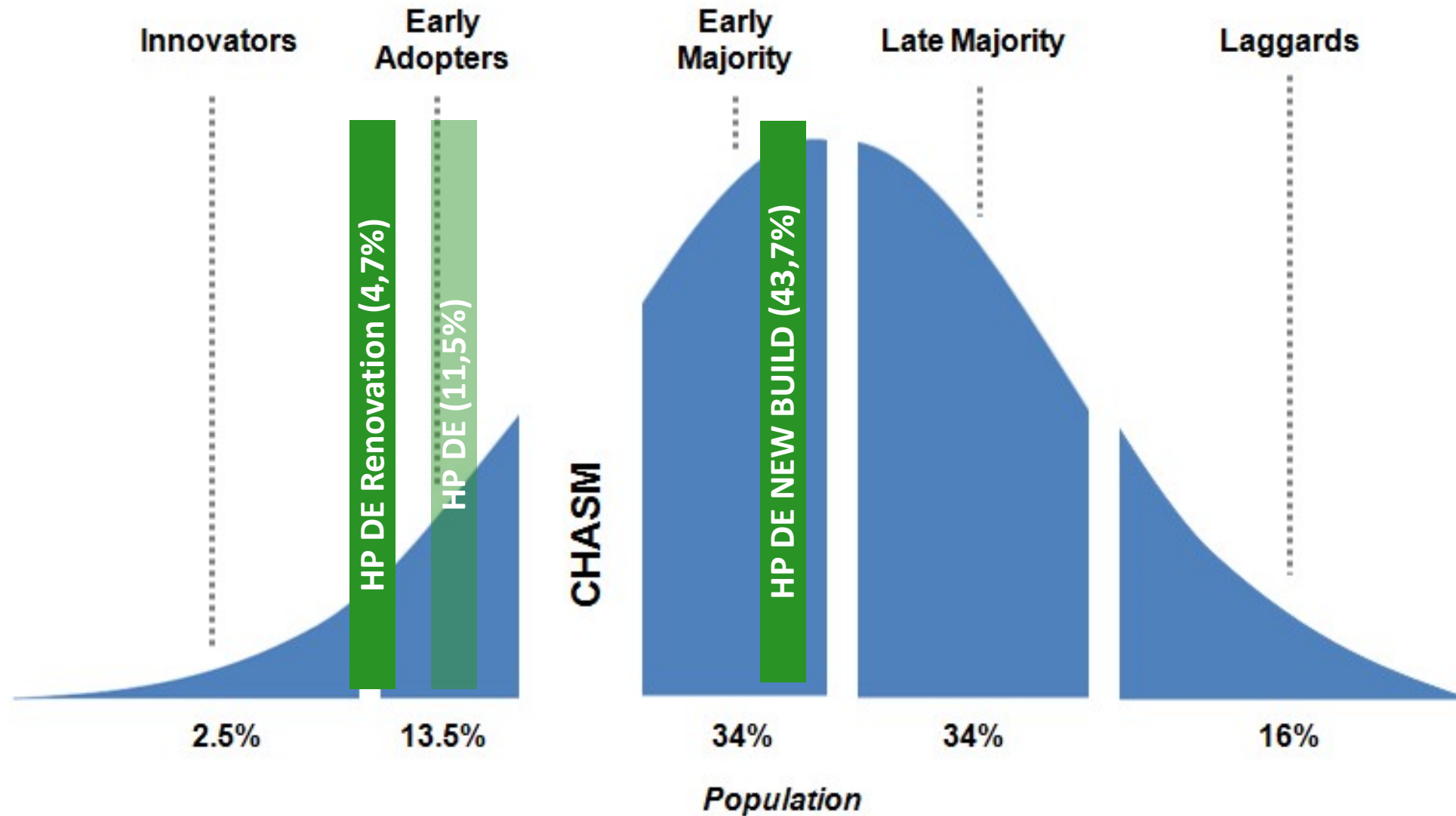


Source: BDH, <https://www.bdh-koeln.de/presse-1/pressegrafiken>, downloaded 2019-10-17, Grafik erstellt ETSuS UG

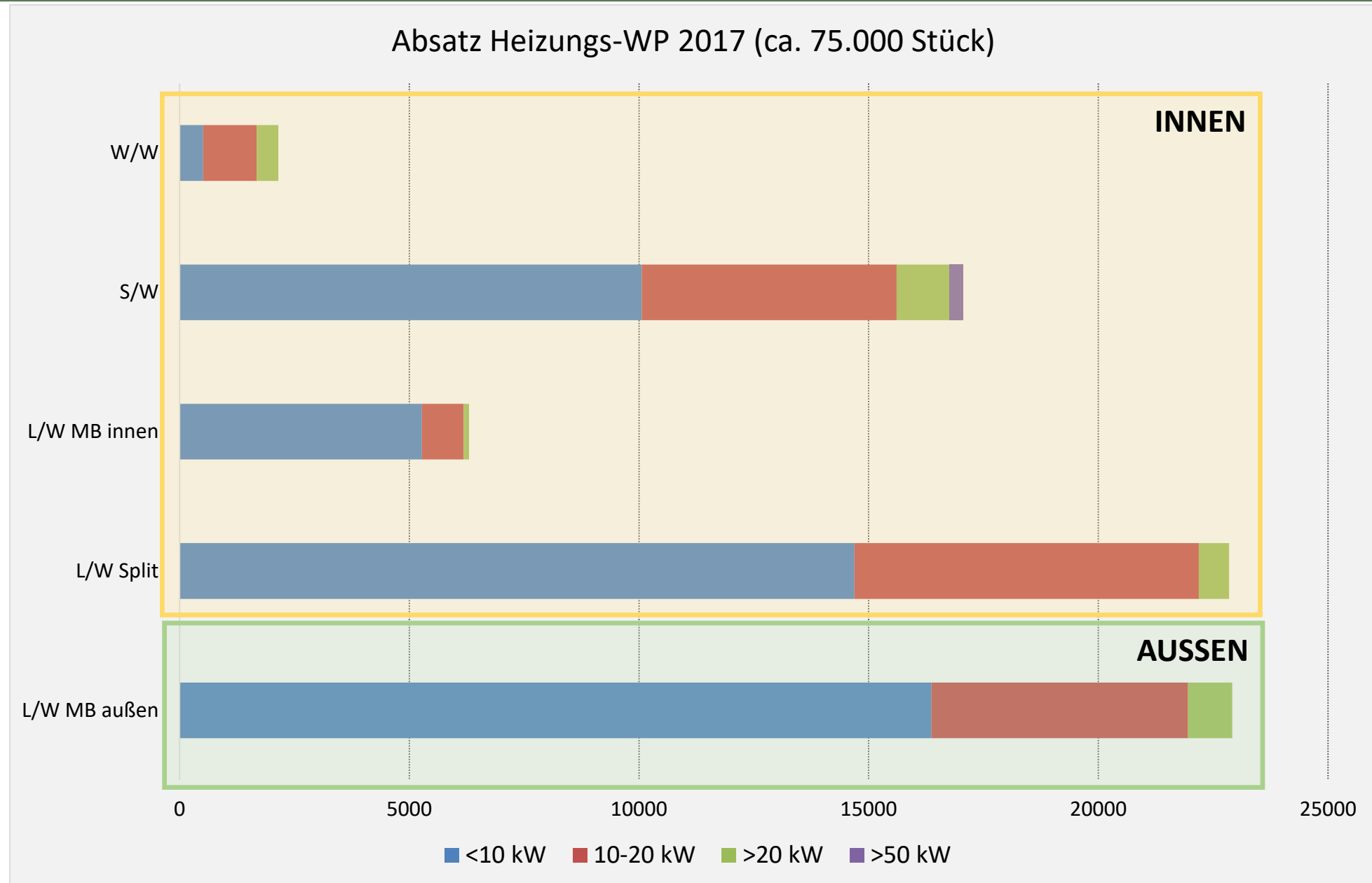


Source: By Rogers Everett - Based on Rogers, E. (1962) Diffusion of innovations. Free Press, London, NY, USA., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18525407>

## Market Dynamics



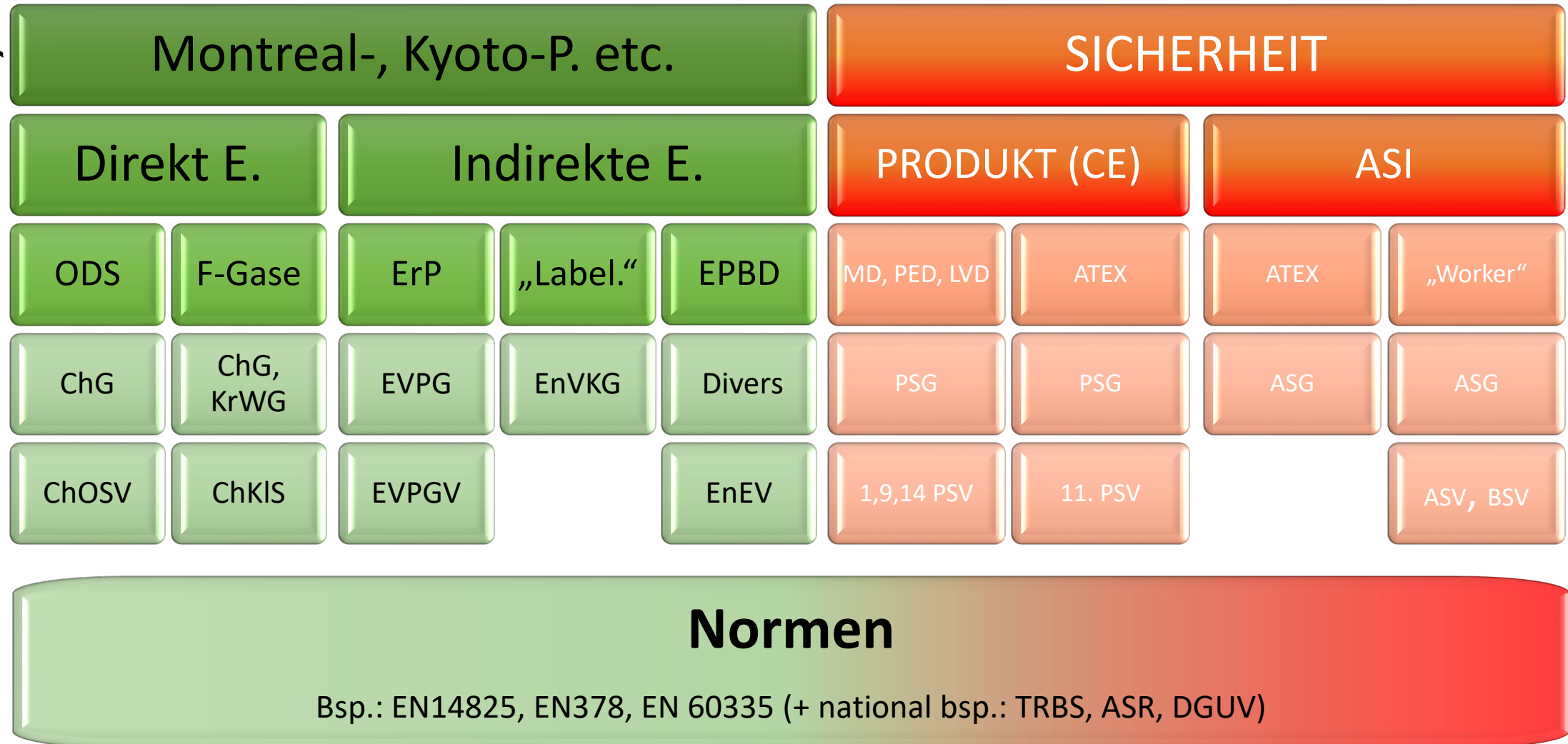
Quelle By Rogers Everett - Based on Rogers, E. (1962) Diffusion of innovations. Free Press, London, NY, USA., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18525407>



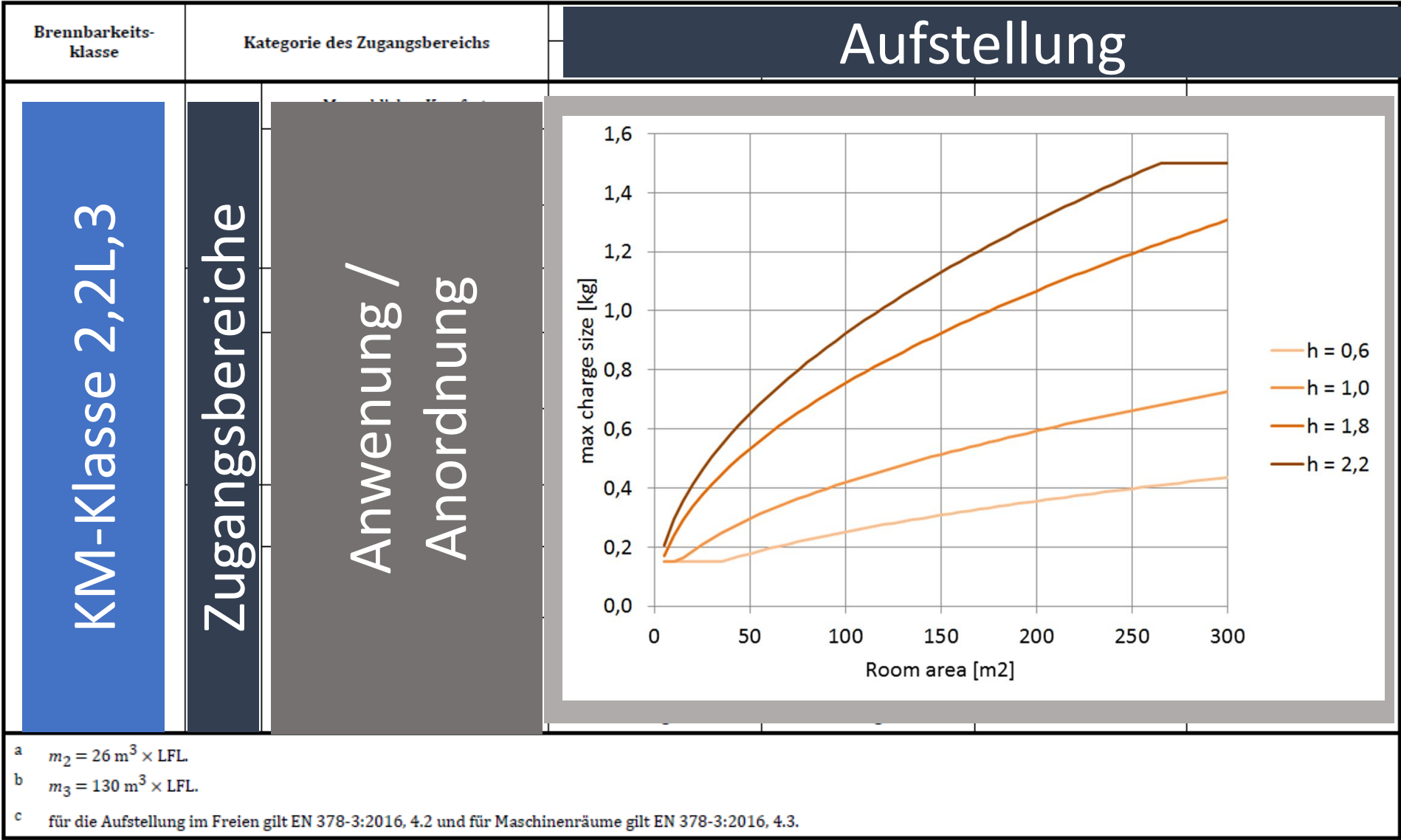
## Chancen und Herausforderungen am Beispiel Wärmepumpen

- Einleitung
- Kältemittel / Technologien
- Anwendungen
- Marktdynamiken
- Herausforderungen bsp. WP
- Zusammenfassung



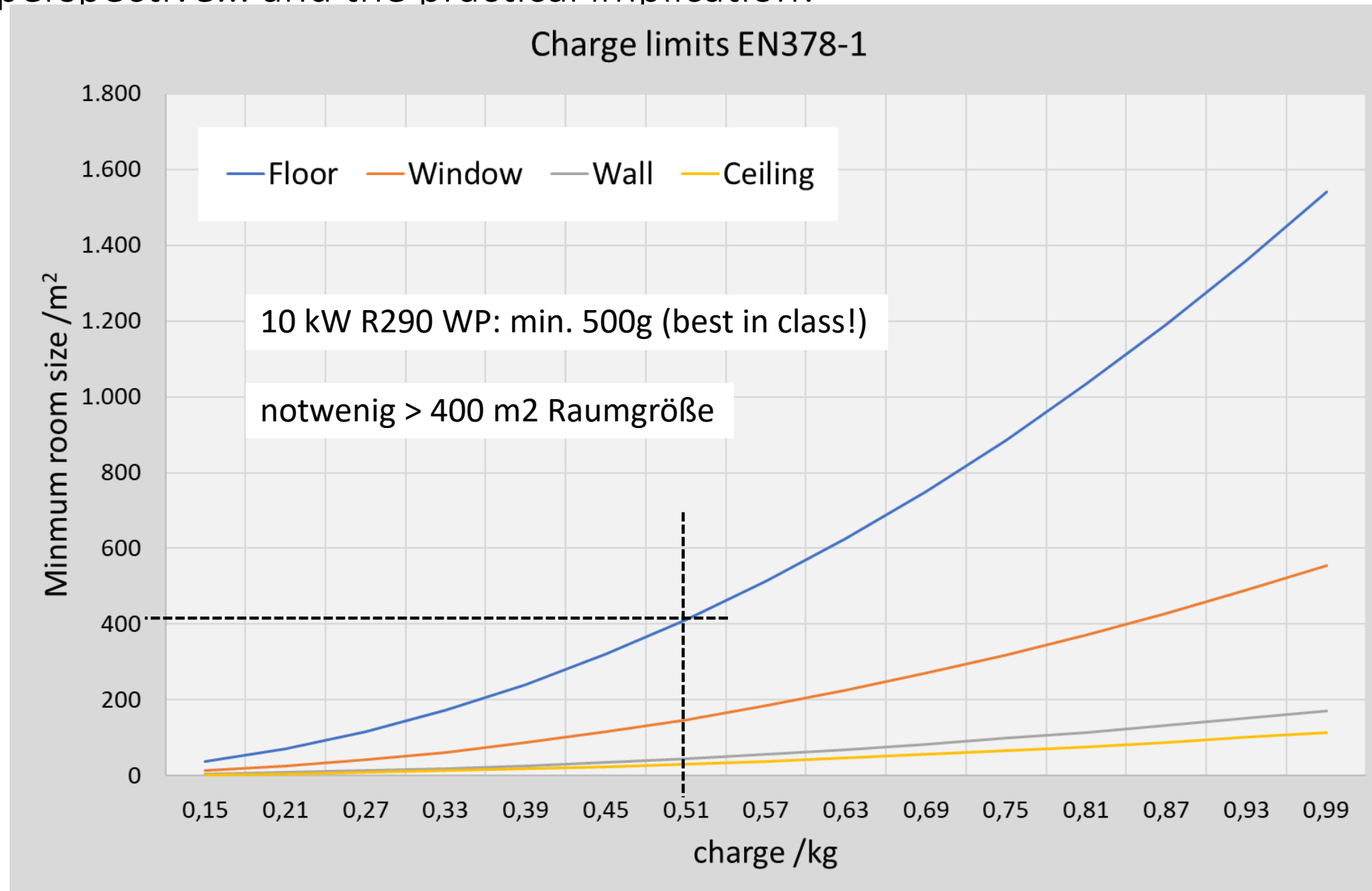


Beispiel EN378: R290 menschlicher Komfort, innen, allgemeiner Zugang



# ...eine andere Perspektive

Change of perspective... and the practical implication!



## Chancen und Herausforderungen am Beispiel Wärmepumpen

- Einleitung
- Kältemittel / Technologien
- Anwendungen
- Marktdynamiken
- Herausforderungen bsp. WP
- Zusammenfassung

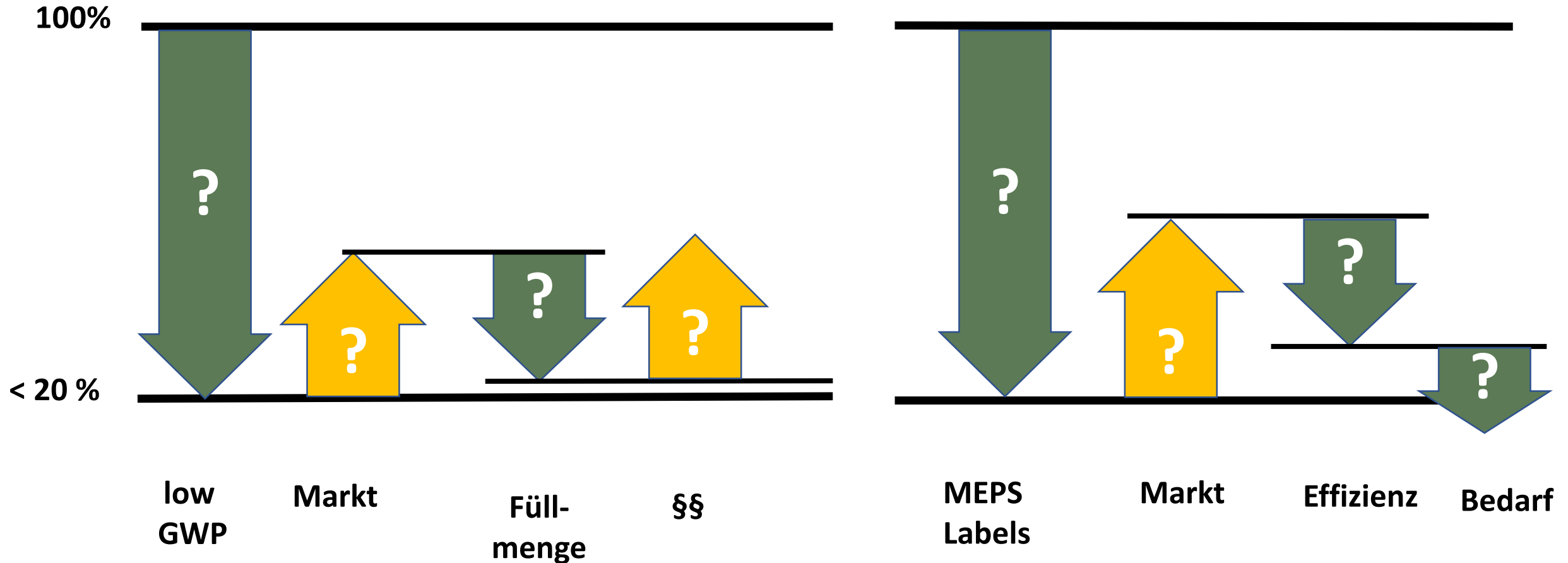
# “Der Weg zu natürlichen Kältetechnik-Technologien” - Zusammenfassung

... mit Ziel der Reduktion von THG-Emissionen

CO<sub>2</sub>-  
Äquivalent

DIREKT

INDIREKT



... mit Ziel der Reduktion von THG-Emissionen

- ... führt mittelfristig nur über die Kältemittel
- ...in Kombination mit angepasster Anlagentechnik
- ...und damit auch in Verbindung mit energieeffizienten Anlagen.
- ...ist Nachhaltig unter Berücksichtigung von Marktdynamiken.
- ...wird u.a. auch durch weitere Größen beeinflusst,
- ...dadurch noch Handlungsbedarf auf bestimmten Gebieten, wie etwa der Normung
- ...und der Komponenten (Füllmengen und Effizienz)



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

