



Innerstädtische Nutzung von Kleinwindkraftanlagen Potentiale und Hürden

Prof. Dr.-Ing. Matthias Neef
Thermodynamik & Kraftwerkstechnik
Fachbereich Maschinenbau & Verfahrenstechnik
Fachhochschule Düsseldorf

Mülheimer Initiative für Klimaschutz, 6. Mai 2013



- Welche **konkrete Anlage** kommt in Frage?

- Definition / Einteilung
- Bauarten
- Kriterien

- **Wo und wie** kann ich die Anlage **aufstellen**?

- Darf ich das?
- Hält das?
- Wie geht es besser?

- Welche **Kosten** fallen für Aufbau und Betrieb an?

- Genehmigung
- Auslegung / Berechnung
- Aufstellung / Montage
- Anlage / Peripherie

- Welche **Erträge** lassen sich erwirtschaften?

- Nennleistung und reale Leistung
- Windprofil
- Lokale Störungen

- Welche **Ziele** sind erreichbar?

- Wirtschaftlichkeit (Eigenbedarf & Vergütung)
- Werbung & Image
- Forschung & Entwicklung
- Klimafreundlichkeit & Nachhaltigkeit



Was ist eine **Kleinwindkraftanlage (KWEA)** ?

Einsatzgebiet	Spannung	Nennleistung	Typisierung
Inselbetrieb (Batterie)	12 .. 48 V DC	0 - 1,5 kW	
netzgekoppelt	230 V AC		
Gebäude- integriert	230 V AC	1,5 - 5 kW	Mikro
freie Aufstellung	230 V AC		
Gewerbegebiet Landwirtschaft	400 V AC	5 – 30 kW	Mini
Gewerbegebiet Landwirtschaft	20 kV AC	30 – 100 kW	Mittel

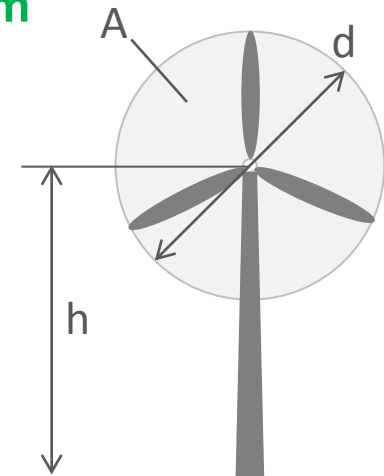
STADTGEBIET

IEC-NORM 61400-2
(International
Electrotechnical
Commission)

- bis **70kW**
- bis $h = 20\text{m}$ Masthöhe
- bis $A = 200\text{m}^2$ Rotorfläche
($d = 16\text{m}$)

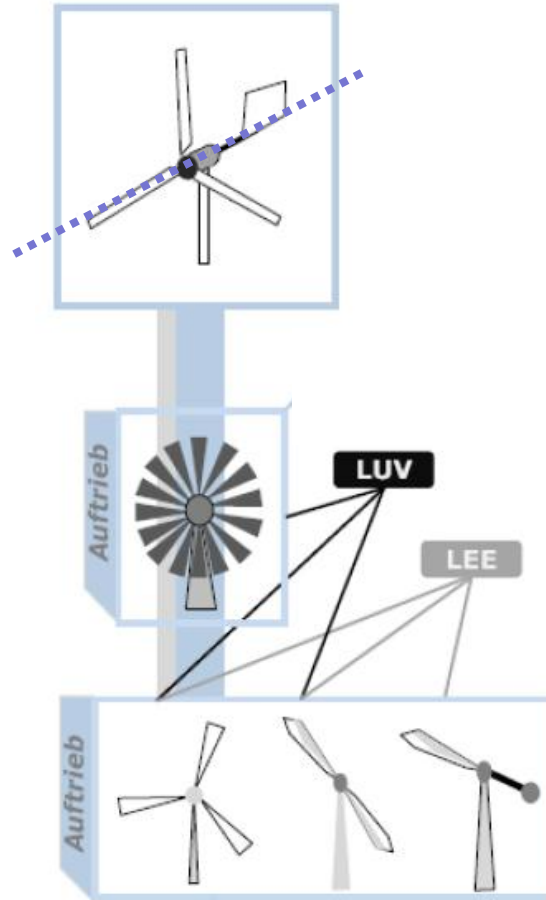
$d \approx 5\text{m}$

70kW

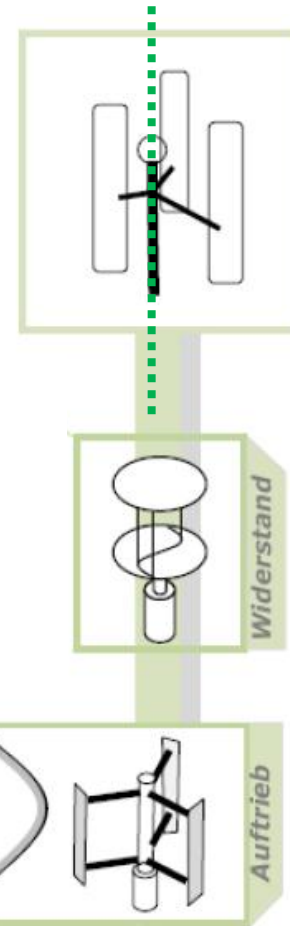


Quelle: Qualitätssicherung im Sektor Kleinwindenergieanlagen, BWE, Studie 2011

Horizontalachser



Vertikalachser



- hoher Wirkungsgrad
- leicht
- einfache Generatoranbindung

- Schattenwurf,
- Schallemission
- Nachführung

- leise
- geringerer Schattenwurf

- teuer
- niedriger Wirkungsgrad

Quelle: Qualitätssicherung im Sektor Kleinwindenergieanlagen, BWE, Studie 2011

Marktumfeld (siehe z.B. „BWE Marktübersicht spezial“, 2013)

- viele kleine Herstellerfirmen, unübersichtlicher Markt von 0,1 bis 29 kW.
- Auswahlkriterien zur innerstädtischen Nutzung entwickeln, z.B.

Kriterium	Grenzwert	Kriterium nicht erfüllt (Bsp. BWE Marktübersicht)
Gewicht	bis 2000 kg	5 von 90
Nennleistung	ab 0,5 kW	17 von 90
Einschaltgeschwindigkeit	bis 3 m/s	27 von 90
Abschaltgeschwindigkeit	ab 23 m/s	9 von 90
Installierte Anlagen	min. 5 Anlagen	19 von 90
		77 von 90
Übrige KWEAn, die alle Kriterien erfüllen		13

- Weitere Kriterien**
- Preis
 - Design
 - Kundenbewertung
 - ...

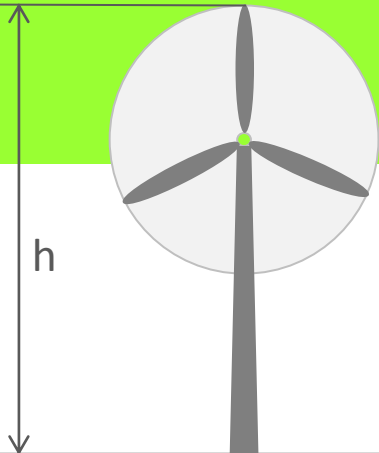
Darf ich das?

Genehmigung / Bauordnungsrecht:

$h > 50m$: Genehmigung gemäß BImSchG

$10m < h < 50m$: Genehmigung gemäß BauO NRW
(Bauaufsichtsbehörde)

$h < 10m$: gemäß BauO NRW § 65 Abs. 2 Nr. 4
genehmigungsfrei, aber
Genehmigungspflicht in
Wohngebieten und Mischgebieten



Beispiel
(Vortrag Bundesverband für
Kleinwindenergieanlagen)

5 Monate / 7000€

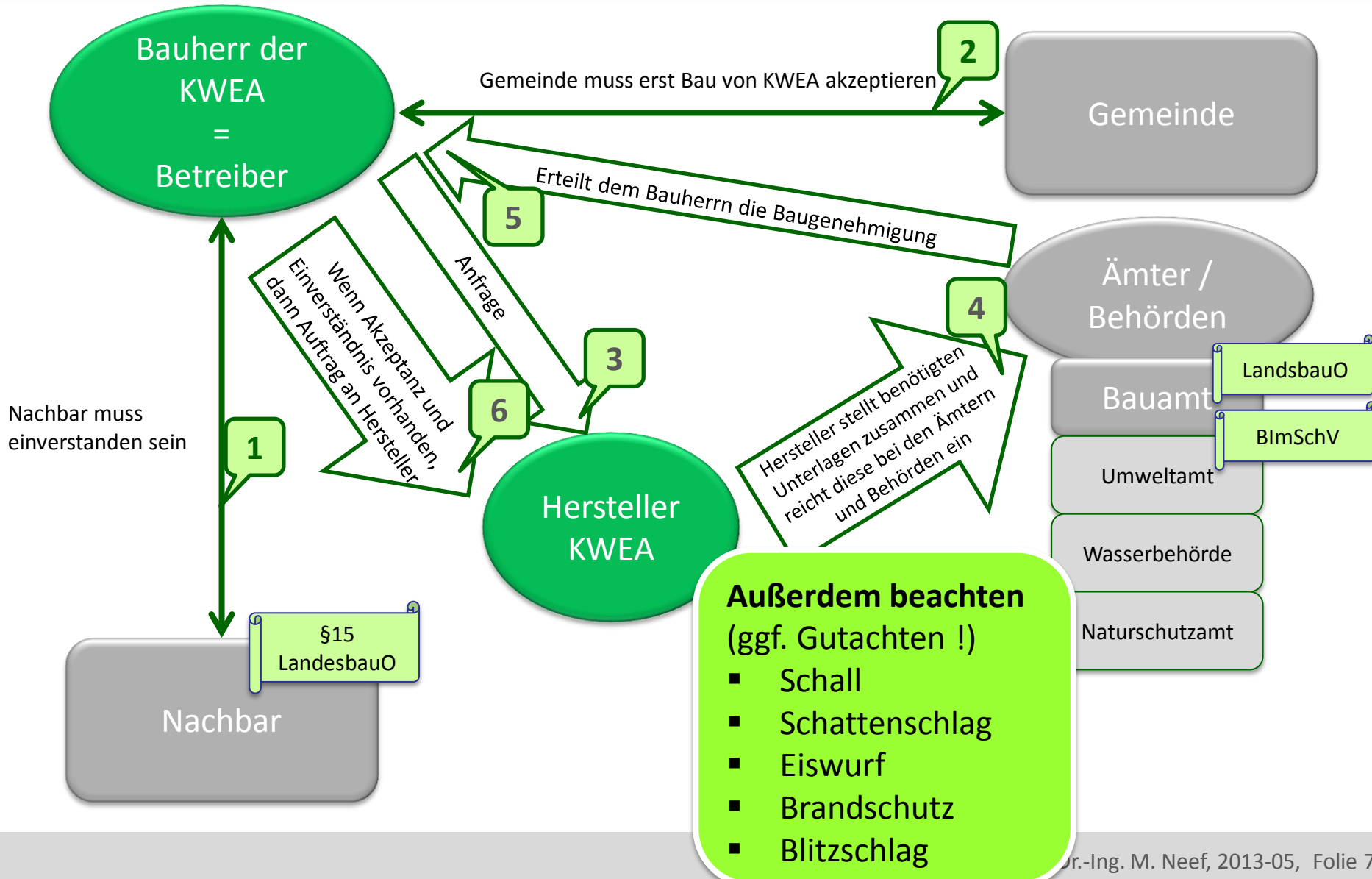
Beispiel LVR Köln, 53m
Gebäude + 6m
Anlagenhöhe 3kW

5 Monate / 11500€



Quelle: <http://www.lvr.de>

Wo und wie kann ich die Anlage aufstellen ?



Hält das?

▪ Mastkonstruktion:

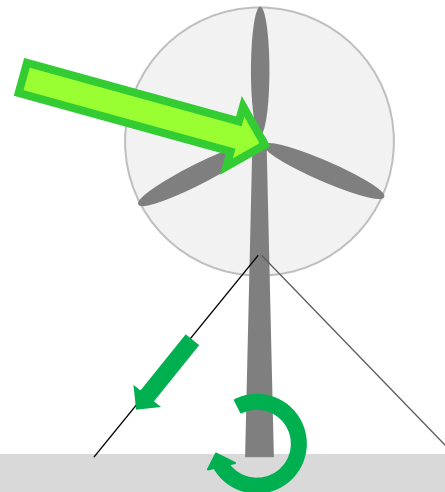
- Freistehend (Abspannung/Fundament)
- auf Gebäude (Abspannung/Fundament)
- an Gebäude (Anbindung/Befestigung)

➔ **Keine Standard-Teile!**

▪ Lasteinleitung

- Statische Last (Maximale Windlast / Böe)
- dynamische Last /Vibration

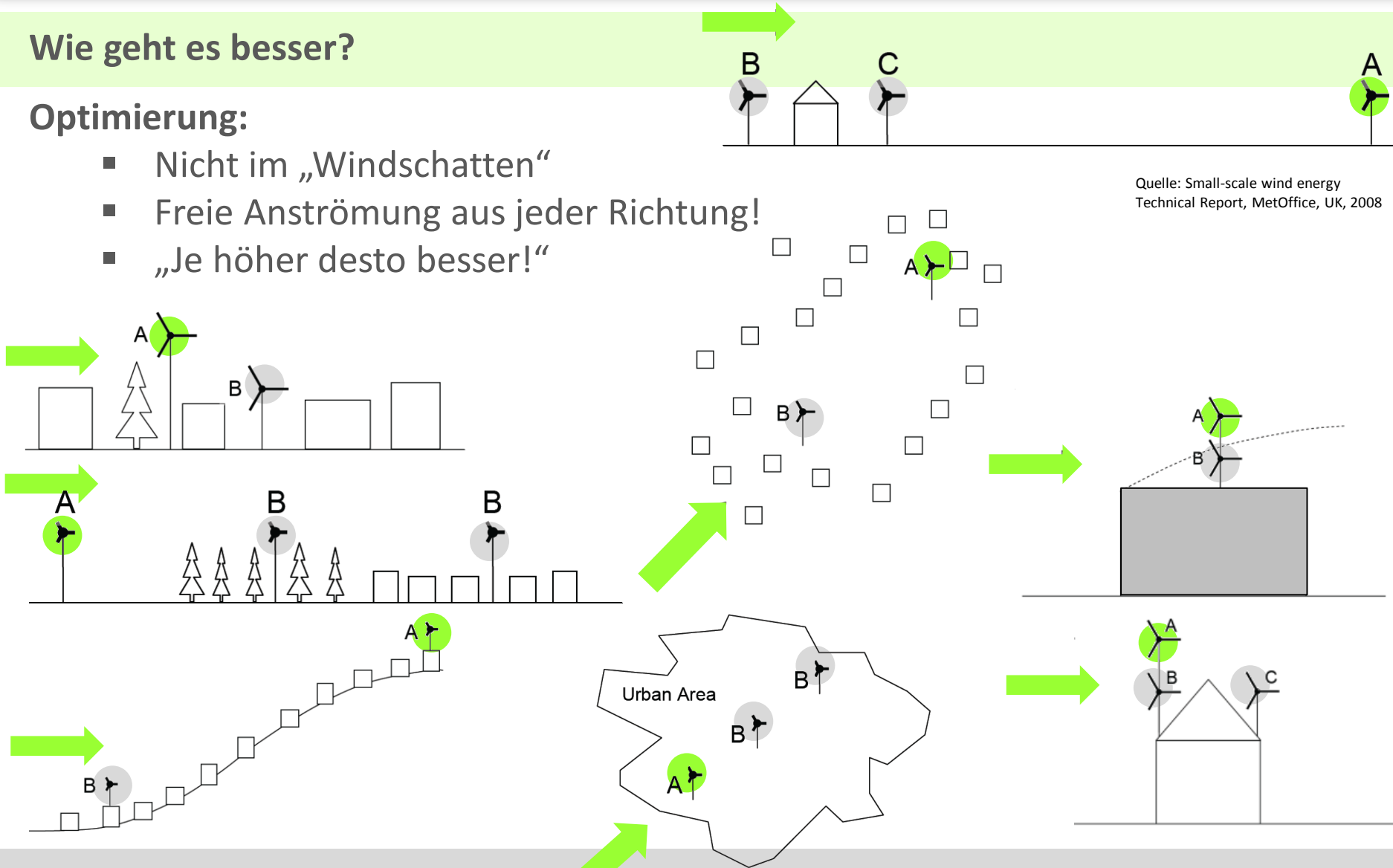
➔ **Keine Normung!/
Berechnungsvorschriften**



Wie geht es besser?

Optimierung:

- Nicht im „Windschatten“
- Freie Anströmung aus jeder Richtung!
- „Je höher desto besser!“



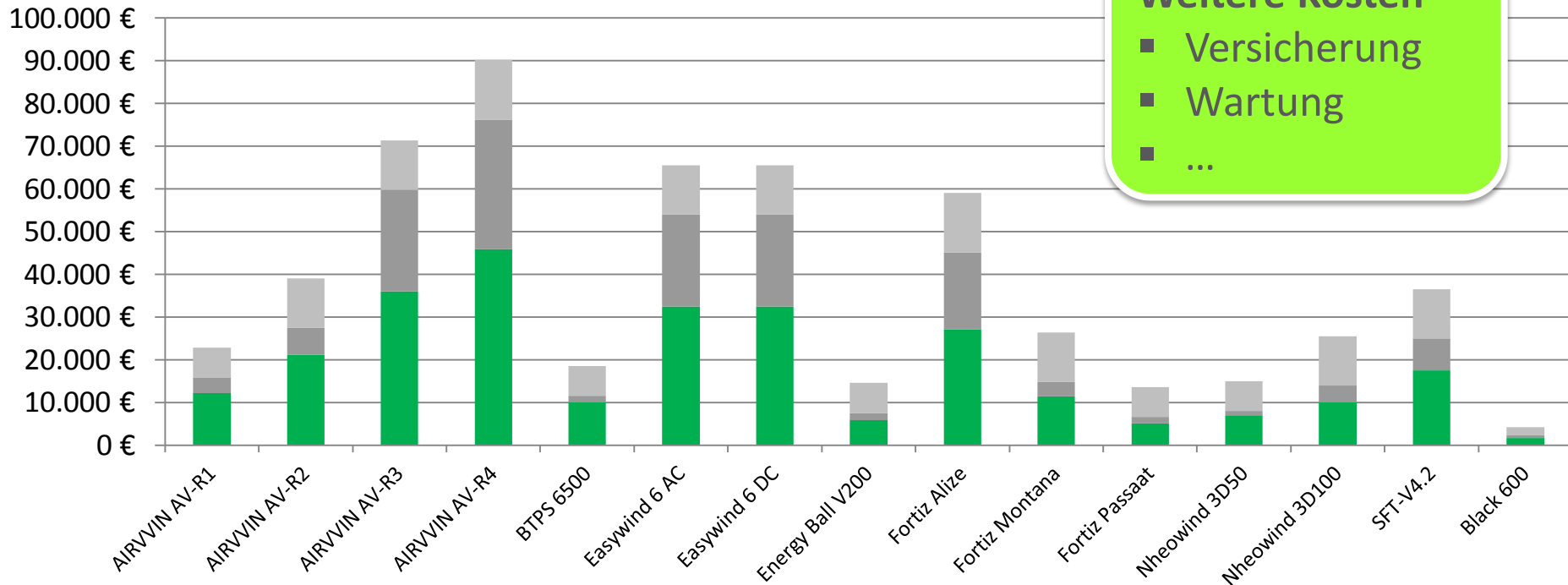
Quelle: Small-scale wind energy
Technical Report, MetOffice, UK, 2008

Investitionsanteile

- Genehmigungskosten (geschätzt)
- Installationskosten (geschätzt)
- Anlagenkosten (Herstellerangaben)

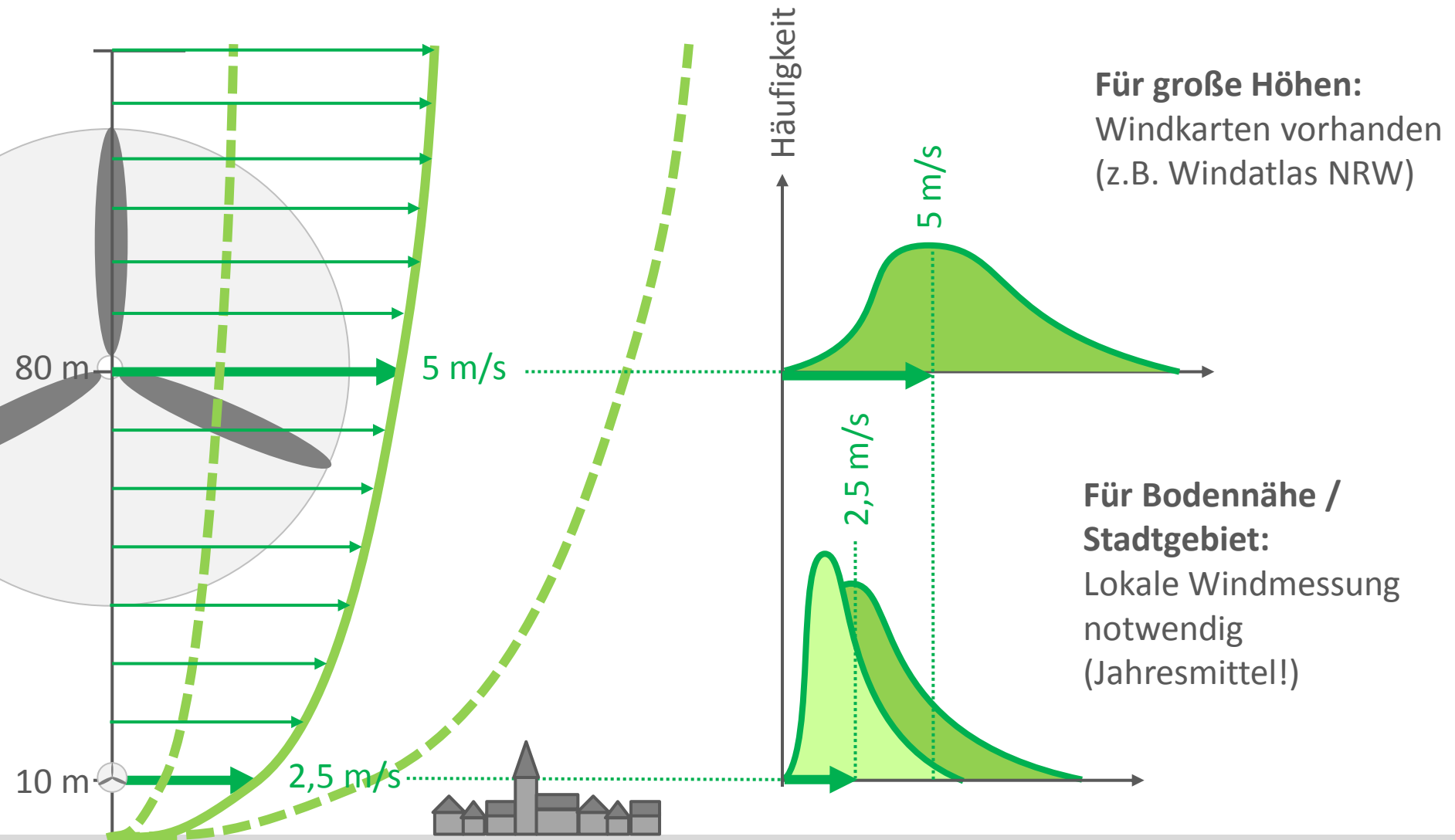
Weitere Kosten

- Versicherung
- Wartung
- ...

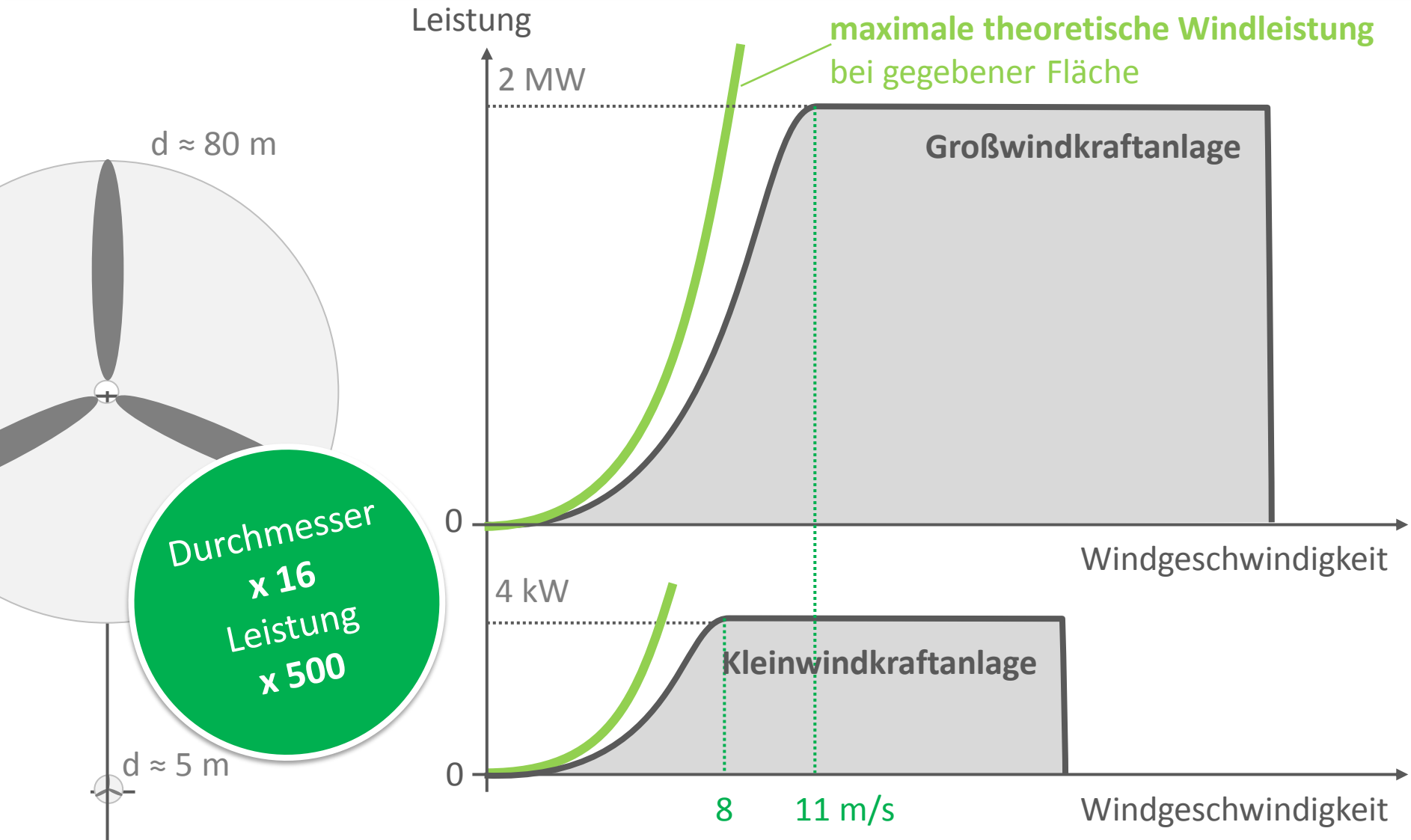


➔ Kosten für Genehmigung und Installation ähnlich hoch wie für Anlage selbst!

Welche Erträge lassen sich erwirtschaften?



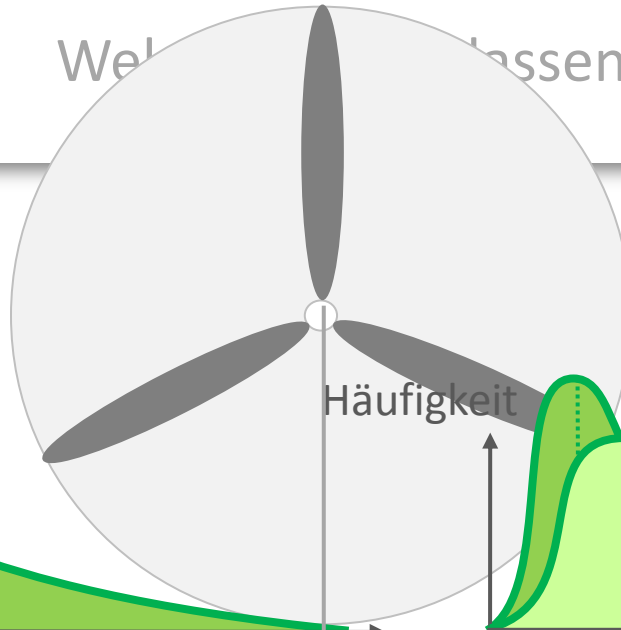
Welche Erträge lassen sich erwirtschaften?



Welche Windgeschwindigkeiten lassen sich erwirtschaften?

Großwindkraft

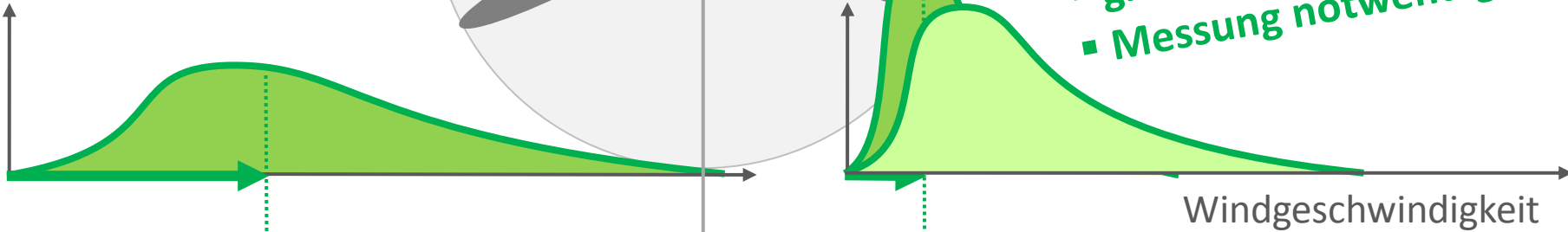
Kleinwindkraft



Häufigkeit

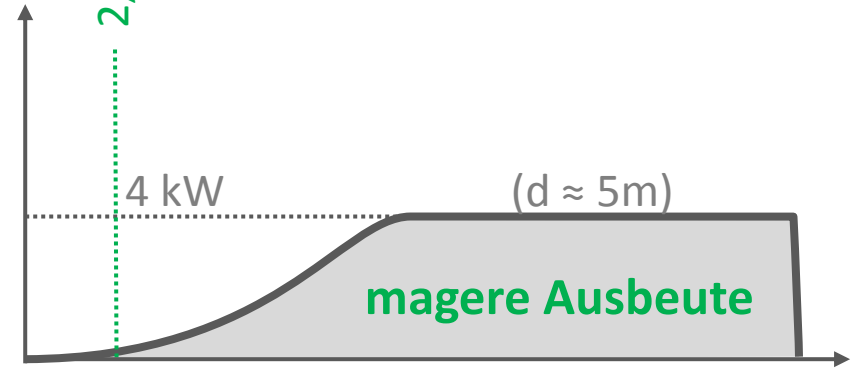
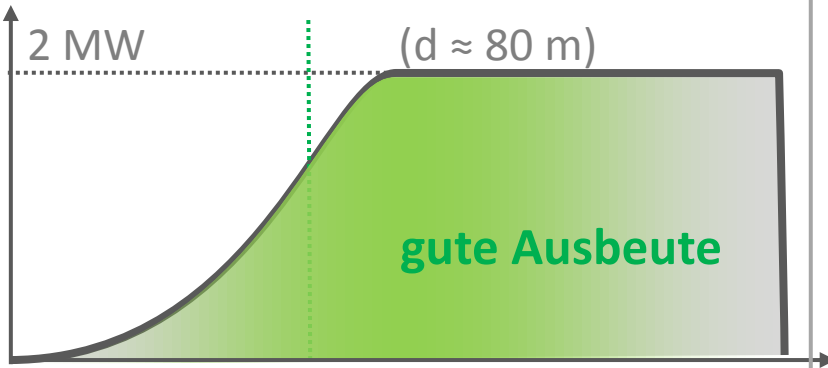
Häufigkeit

- größtmögliche Höhe
- Messung notwendig



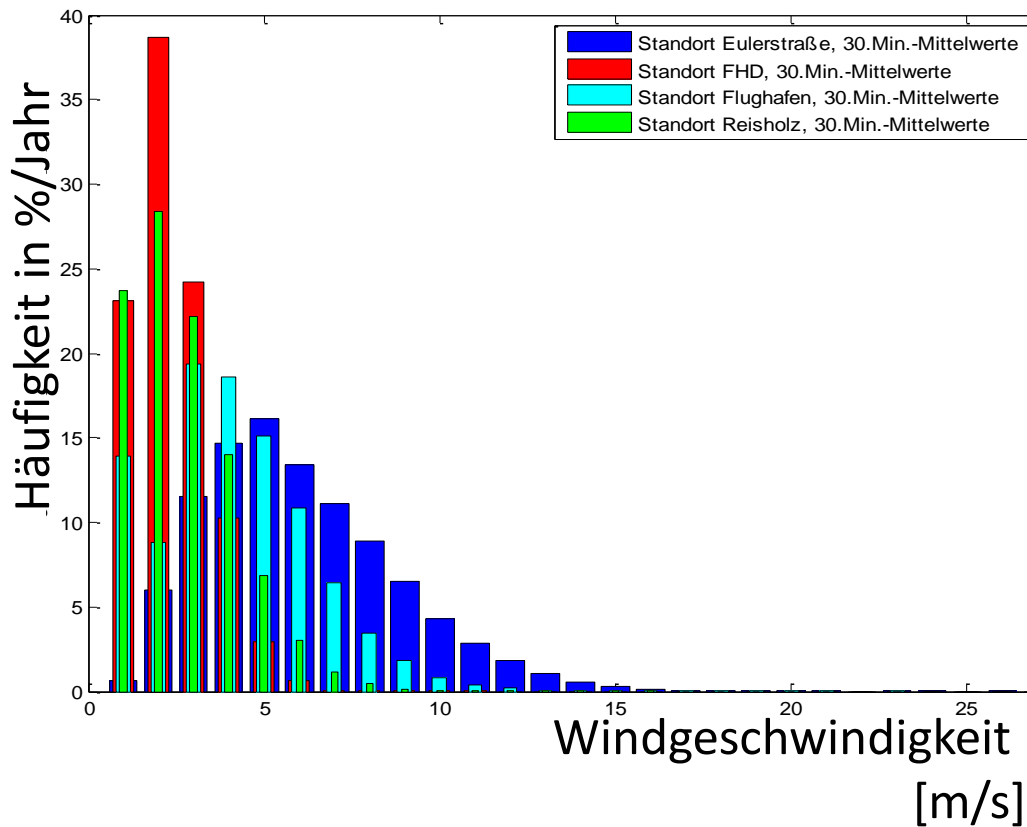
Leistung

Leistung



Windgeschwindigkeit

Innerstädtische Winddaten (Jahreswerte)



Beispiel:

Düsseldorf

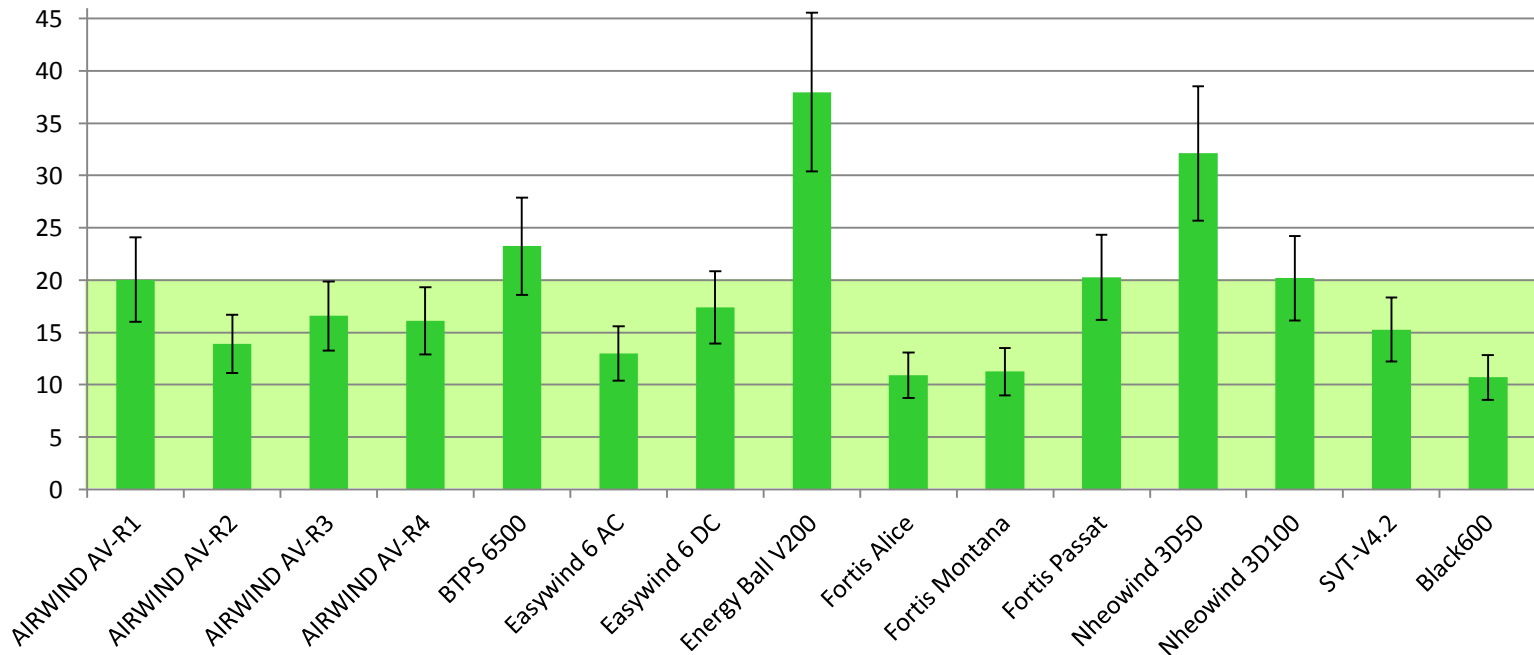
Eulerstraße	40m	6 m/s
Flughafen	10m	3,5 m/s
Reißholz	22m	2 m/s
FH D	20m	1,7m/s

Windatlas NRW

Innenstädte	10m	2,5 m/s
-------------	-----	---------

Messhöhe	Jahresmittel
40m	6 m/s
10m	3,5 m/s
22m	2 m/s
20m	1,7m/s
10m	2,5 m/s

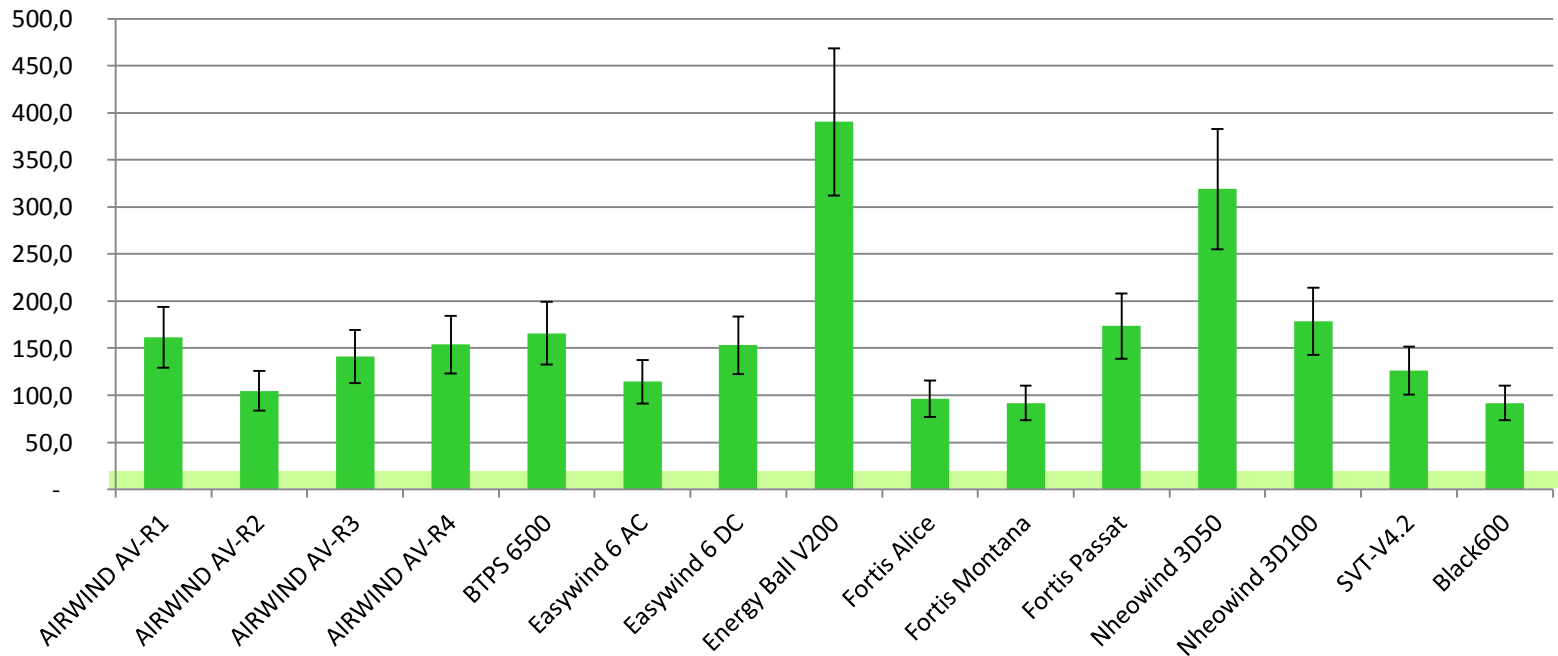
$$\text{statische Amortisationszeit [a]} = \frac{\text{Gesamtkosten [€]}}{\text{Jahresertrag [€/a]}}$$



Düsseldorf Eulerstraße, Jahresmittel **6 m/s**
(bester untersuchter Standort)

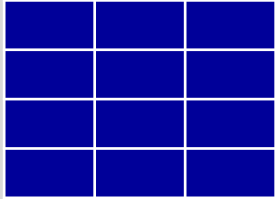

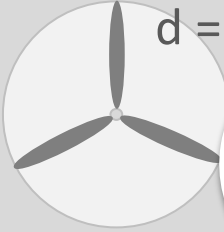
Welche Erträge lassen sich erwirtschaften?

$$\text{statische Amortisationszeit [a]} = \frac{\text{Gesamtkosten [€]}}{\text{Jahresertrag [€/a]}}$$



Düsseldorf Flughafen, Jahresmittel **3,5 m/s**
(zweitbesten untersuchter Standort)




Welche Erträge lassen sich erwirtschaften?

	Solar (PV)	Kleinwindkraft		Großwind
Fläche	<p>B = 6m</p>  <p>H = 4m</p> <p>24 m²</p>	<p>d = 1,6m</p>  <p>2 m²</p>	<p>d = 3m</p>  <p>grenzwertig!</p> <p>10 m²</p>	<p>d = 80 m</p> <p>5 674 m²</p>
Nennleistung	3,2 kW	0,6 kW	3 kW	2 000 kW
Jahresertrag	<p>3 031 kWh</p> <p>10%</p>	<p>256 kWh</p> <p>5%</p>	<p>2 000 kWh</p> <p>8%</p>	<p>3 500 000 kWh</p> <p>20%</p>
Installation Kosten	6 400 €	2 000 €	5 000 €	
25 Jahre Betrieb	8,4ct/kWh	31ct/kWh	10ct/kWh	4-8 ct/kWh

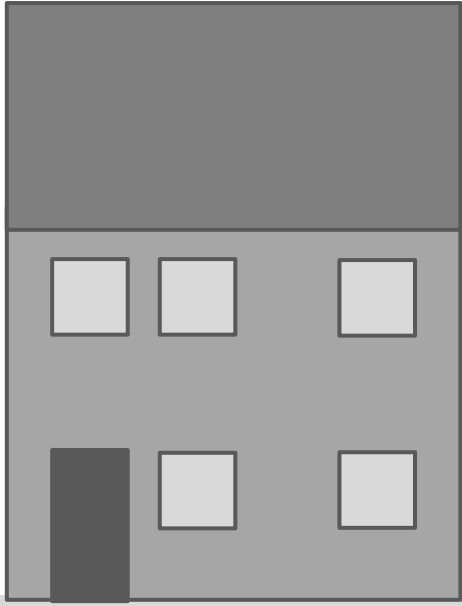
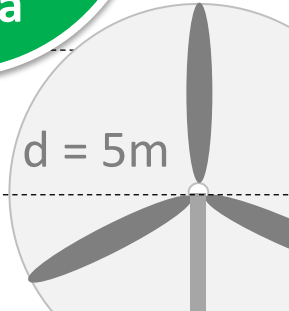
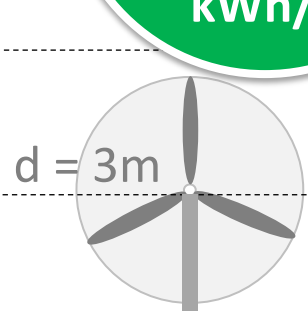
günstig

Welche Erträge lassen sich erw...

Vgl.:
4-Personen-
Haushalt:
5000
kWh/a

h = 13m		3,8	402	20 ... 30
h = 11m		3,6	331	24 ... 36
h = 9m		3,4	256	30 ... 46
		m/s	kWh/a	ct/kWh

d = 1,6m



mittlere Windgeschwindigkeit
(Referenz: 3,5m/s in 10m Höhe)

Ertrag pro Jahr

Stromerzeugungskosten
(25 Jahre Betrieb,
Investition 2-3000€)

1/10 des
Fluges D-
Madrid

CO₂-
Einsparung
entspricht

1000km
Autofahrt



Quelle: <http://www.abendblatt.de/img/wohnen/crop10540017/9890696266-ci3x2l-h307/wohnen-wind-1-HA-Hamburg-.jpg>



Quelle: http://blog.lufft.com/wp-content/uploads/2012/10/54_PFD_EA_GmbH_Wind_measurement__WS200_2.jpg



Quelle: <http://www.energie-strategien.de/2011/06/pics-kleinwindkraft/>



Quelle: http://blog.lufft.com/windrad-statt-wetterhahn-die-windenergiehaeuser/2012-10_lufft_windenergiehaeuser/

■ Welche **konkrete Anlage** kommt in Frage?

- Definition / Einteilung
- Bauarten
- Kriterien

■ **Wo und wie** kann ich die Anlage **aufstellen**?

- Darf ich das?
- Hält das?
- Wie geht es besser?

■ Welche **Kosten** fallen für Aufbau und Betrieb an?

- Genehmigung
- Auslegung / Berechnung
- Aufstellung / Montage
- Anlage / Peripherie

■ Welche **Erträge** lassen sich erwirtschaften?

- Nennleistung und reale Leistung
- Windprofil
- Lokale Störungen

■ Welche **Ziele** sind erreichbar?

- Wirtschaftlichkeit (Eigenbedarf & Vergütung)
- Werbung & Image
- Forschung & Entwicklung
- Klimafreundlichkeit & Nachhaltigkeit

