

Robert Bosch Gymnasium

|                  |                      |                       |
|------------------|----------------------|-----------------------|
| Physik-Praktikum | Auswertung mit Excel | A. Pfänder, 16.1.2011 |
|------------------|----------------------|-----------------------|

## Versuchsauswertung mit Microsoft Excel 2007 / Teil 2 - Diagramme

Häufig soll aus den unübersichtlichen Zahlenkolonnen einer physikalischen Messung noch ein anschauliches Diagramm erstellt werden. Auch diese graphische Aufbereitung der Messwerte und –ergebnisse übernimmt Excel weitgehend automatisiert.

Im vorliegenden Beispiel soll zunächst der Verlauf der elektrischen Leistung einer Windenergieanlage einmal über der Windgeschwindigkeit aufgetragen werden (hier ist ein nicht-linearer Anstieg zu erwarten), zum anderen über der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit; dabei sollte sich eine Gerade ergeben.

Nachfolgend die entsprechende Datentabelle:

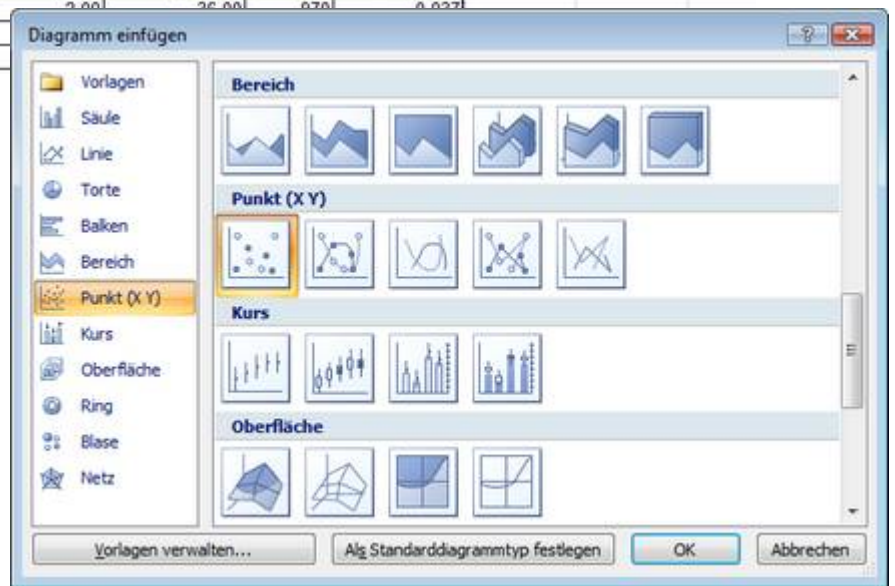
| v <sub>Wind</sub> (m/s) | Stromstärke (mA) | Spannung (V) | Leistung (mW) | v <sup>3</sup> ((m/s) <sup>3</sup> ) | P/v <sup>3</sup> (mW/m/s) |
|-------------------------|------------------|--------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 9.9                     | 18.0             | 2.00         | 36.00         | 970                                  | 0.037                     |
| 9.6                     | 17.0             | 1.95         | 33.15         | 885                                  | 0.037                     |
| 9.5                     | 16.5             | 1.85         | 30.53         | 857                                  | 0.036                     |
| 9.1                     | 15.5             | 1.75         | 27.13         | 754                                  | 0.036                     |
| 8.7                     | 14.5             | 1.70         | 24.65         | 659                                  | 0.037                     |
| 8.4                     | 13.5             | 1.55         | 20.93         | 593                                  | 0.035                     |
| 7.9                     | 13.0             | 1.45         | 18.85         | 493                                  | 0.038                     |
| 7.6                     | 12.0             | 1.40         | 16.80         | 439                                  | 0.038                     |
| 7.3                     | 11.0             | 1.25         | 13.75         | 389                                  | 0.035                     |
| 7.0                     | 10.0             | 1.10         | 11.00         | 343                                  | 0.032                     |
| 6.5                     | 8.5              | 0.95         | 8.08          | 275                                  | 0.029                     |
| 5.9                     | 7.0              | 0.80         | 5.60          | 205                                  | 0.027                     |
| <b>Mittelwert:</b>      |                  |              |               |                                      | <b>0.035</b>              |

Wir wählen dazu ein Diagramm, in dem die Messpunkte zunächst unverbunden eingetragen werden; anschließend wird eine Ausgleichskurve bzw. eine Ausgleichsgerade errechnet, die dann durch die Messwerte gelegt wird.



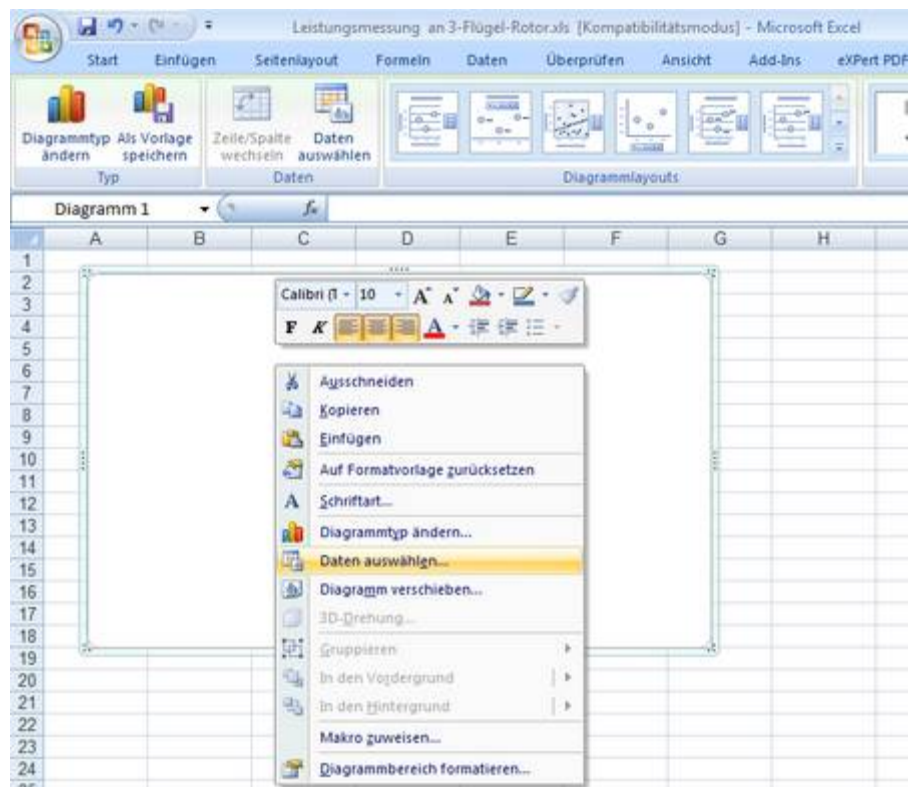
Dazu wählen wir in der Registerkarte „Einfügen“ des Office-Menüs die Variante „Punkt“-(-Diagramm). Siehe dazu den Screenshot oben.

Alternativ kann man auch im Bereich „Diagramme“ des Office-Menüs auf den Öffnen-Pfeil rechts unten klicken; dabei öffnet sich eine Dialogbox mit allen Diagrammtypen und -varianten. Wir benutzen die Variante „Punkte - nur mit Datenpunkten“.



Hat man nicht vor dem Einfügen des Diagramms bereits die aufzubereitenden Daten ausgewählt, entsteht nur eine leere Diagrammfläche und man muss die Auswahl der Daten jetzt nachholen. Das kann geschehen durch Klicken in die Diagrammfläche mit der rechten Maustaste, wobei ein Kontextmenü aufgerufen wird, in dem wir „Daten auswählen“ benutzen.

Alternativ kann man auch im Office-Menü das Icon für „Daten auswählen“ anklicken.



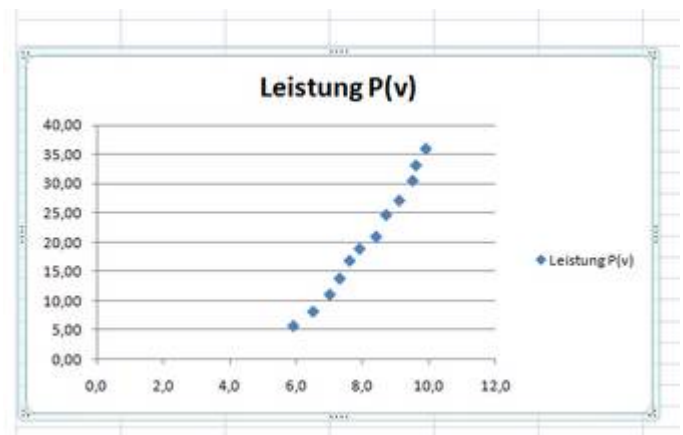
In beiden Fällen öffnet sich die Dialogbox zur Auswahl der Daten.

Man kann nun entweder über die Datenauswahlzeile „Diagramm Datenbereich“ einen Bereich (bestimmte Spalten) der Datentabelle durch Markieren auswählen oder über den Button „Hinzufügen“ die Datenreihe benennen und x- und y-Werte des zu erstellenden Diagramms separat auswählen (Diese Variante ist zu empfehlen, weil man dabei über alle Freiheiten verfügt – zum Beispiel kann man wählen, welche Daten auf der X- und welche auf der Y-Achse erscheinen sollen).



Klickt man auf den „Hinzufügen“-Button, so erscheint folgendes „Datenreihe bearbeiten“-Fenster:

Bei „Reihenname“ kann man z. B. eingeben „Leistung P(v)“, bei den „Werten der X-Reihe“ wählt man diejenigen Daten (Spalte) aus, welche nachher horizontal aufgetragen werden sollen; das ist im vorliegenden Fall die Windgeschwindigkeit v (Zellen A10 bis A21). Dann wählt man analog als Y-Werte die Leistungsdaten in den Zellen D10 bis D21 (vertikal).



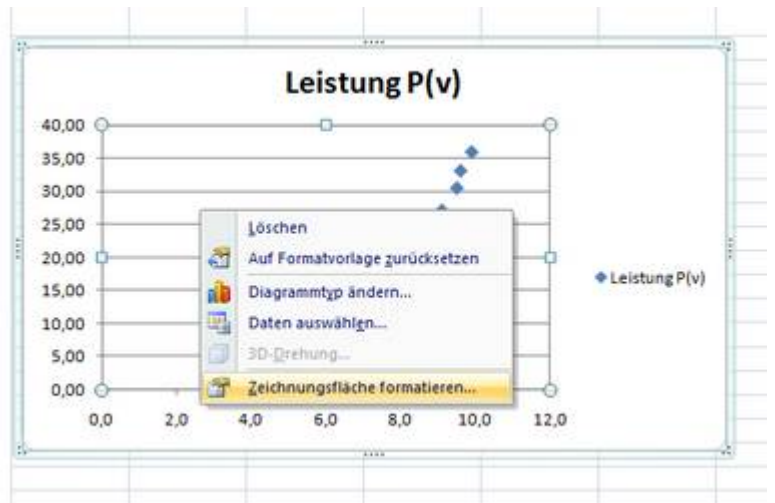
Es ergibt sich zunächst das obenstehende Diagramm. Hier fehlen noch die Achsenbeschriftungen, eventuell ein Raster zur besseren Ablesbarkeit der Messwerte und außerdem noch die Ausgleichskurve.

Diese fehlenden Objekte ergänzt man am besten, indem man mit der linken Maustaste auf die Diagrammfläche klickt, sodass der ganze Diagrammrahmen markiert ist. Dann erscheinen in der Office-Menüleiste die Diagrammtools mit der Registerkarte „Layout“. Der linke Teil dieser Leiste ist oben, der rechte unten dargestellt:

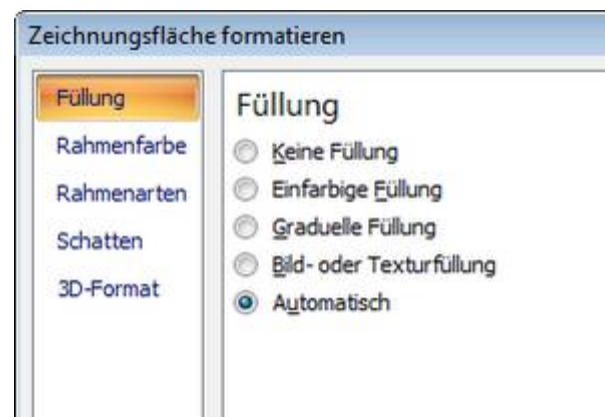


Hier findet man zum Beispiel das Icon, um die Benennung der Achsen aufzurufen (Achsentitel), die Diagrammlegende zu verändern, die Datenwerte zu beschriften, die Achsen oder das Gitternetz zu formatieren, die Zeichnungsfläche zu gestalten oder eine Trendlinie (Ausgleichskurve /-gerade) einzufügen.

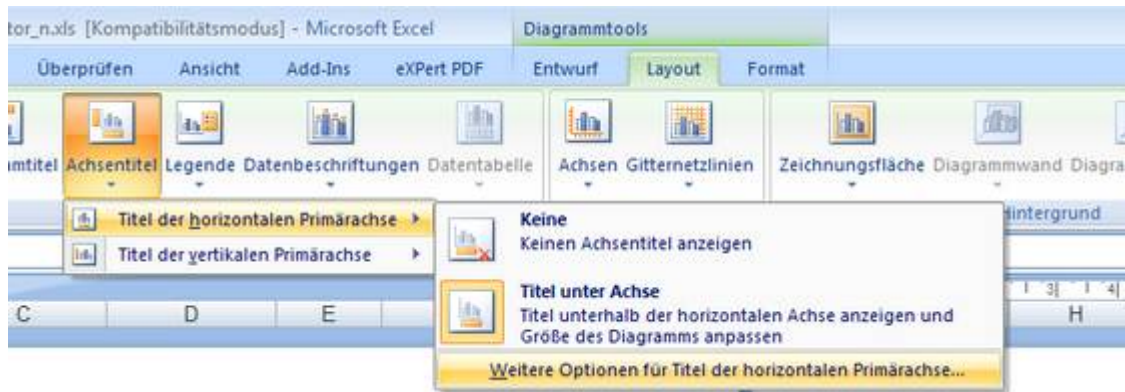
Wir gestalten zunächst die Zeichnungsfläche und die Diagrammfläche. Zugang zu diesen Vorgängen hat man auch durch Markieren des entsprechenden Diagrammbestandteils und Aufrufen des Kontextmenüs mit der rechten Maustaste. Markiert man also zum Beispiel die gesamte Zeichnungsfläche (den eigentlichen Diagrammbereich mit den Achsen, dem Gitternetz und den eingetragenen Daten) und ruft das Kontextmenü auf, so erhält man nebenstehendes Menü:



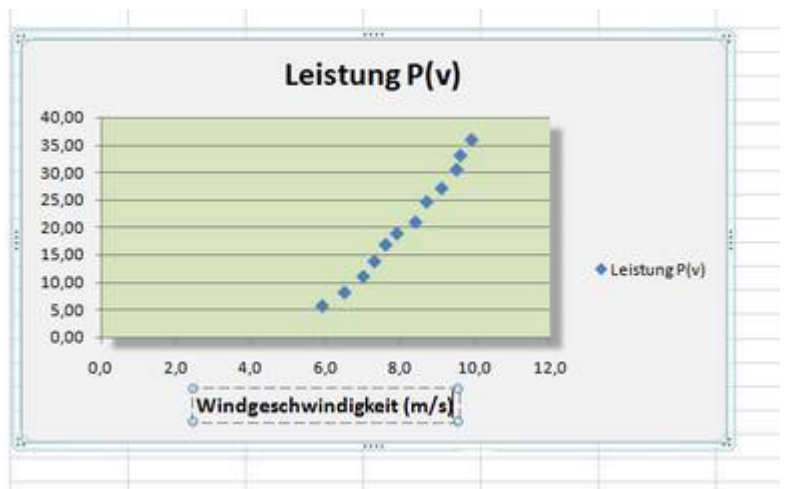
Ruft man den Eintrag „Zeichnungsfläche formatieren“ auf, erhält man die zugehörige Dialogbox, mit deren Hilfe man die Fläche farbig füllen, mit einem Rahmen oder einem Schatten versehen kann, etc.



Die Achsenbeschriftung fügen wir durch Aufruf des Officemenüs (Diagrammtools / Layout) ein:

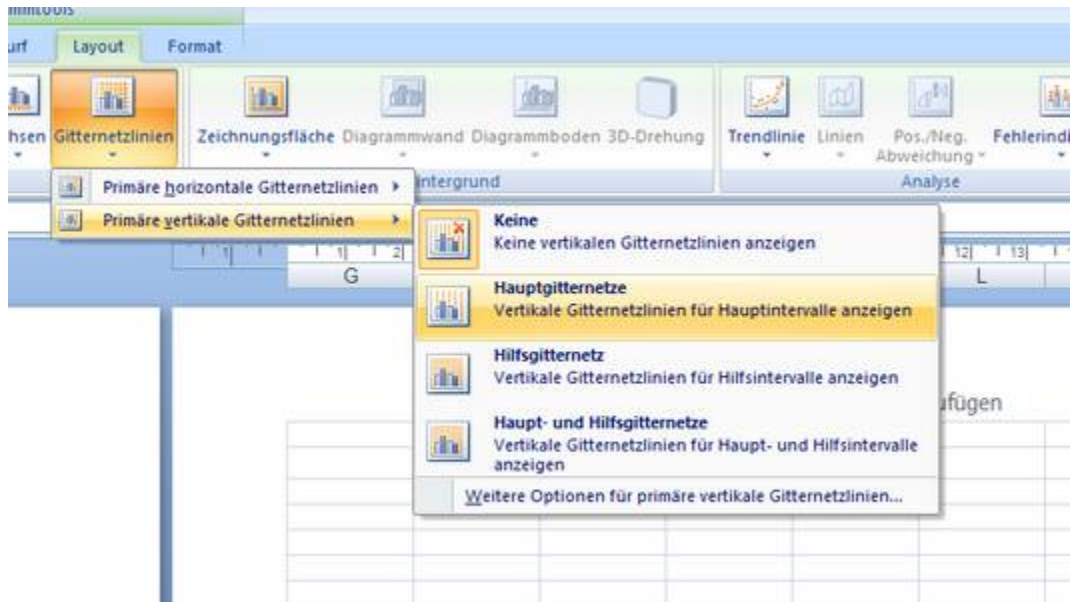


Bei „Achsentitel“ könnte man zum Beispiel „Titel unter Achse“ wählen oder gleich die Dialogbox aufrufen mit „weitere Optionen für Titel der horizontalen Primärachse“. Jedenfalls entsteht ein Textfeld unterhalb der Zeichnungsfläche, in dem zunächst „Achsentitel“ steht. Dieses Wort überschreibt man durch den gewünschten Begriff, hier: „Windgeschwindigkeit in m/s“.



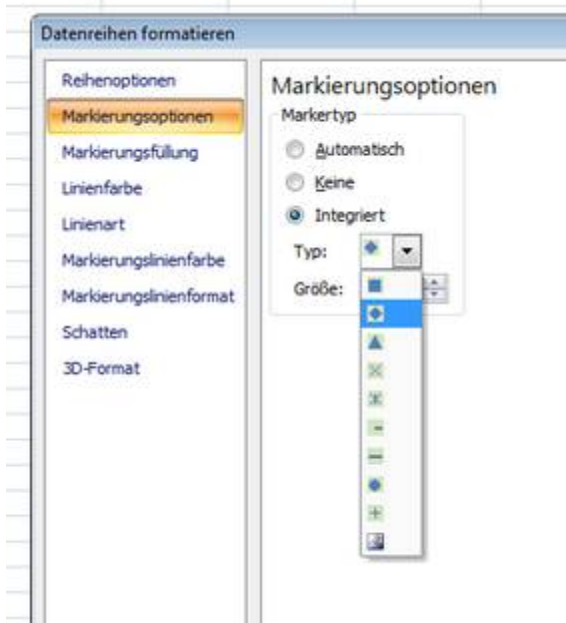
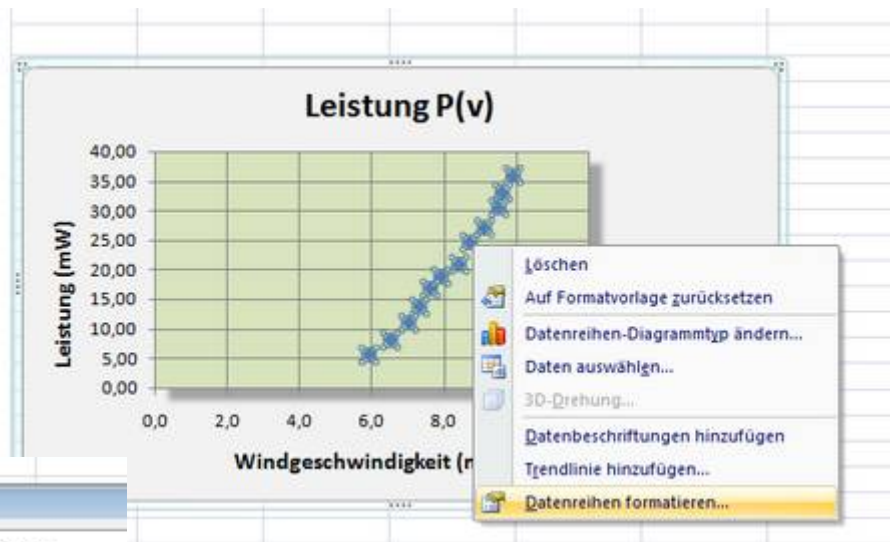
Analog verfährt man auch mit der Beschriftung der vertikalen Achse.

Schließlich fügt man noch über das Office-Menü (Diagrammtools / Layout / Gitternetzlinien) das vertikale Hauptgitternetz ein, um die Messpunkte im Diagramm besser den Werten zuordnen zu können.

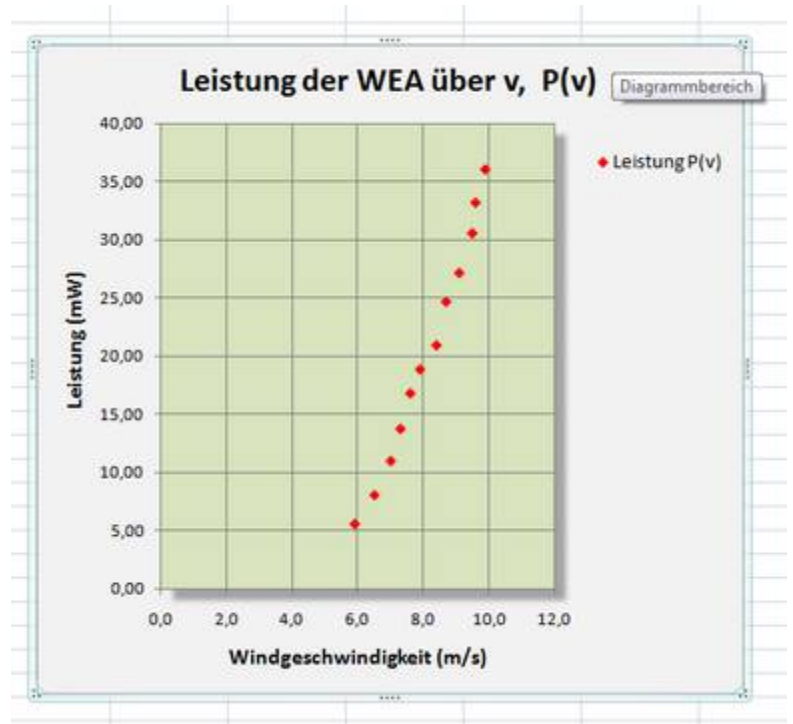


Nun formatieren wir noch die Datenreihe selber. Dazu wird einer der Messpunkte mit der linken Maustaste angeklickt und über das Kontextmenü „Datenreihe formatieren“ aufgerufen.

In einer Dialogbox kann man die Symbole für die Messpunkte, deren Größe, deren Farbe etc. verändern.



Wenn man die gesamte Diagrammfläche über die „Anfasser“ an den Rändern auseinanderzieht (horizontal, vertikal oder an der Ecke gleichzeitig in beide Richtungen), so kann man das Diagrammformat ändern und die Darstellung optimieren.



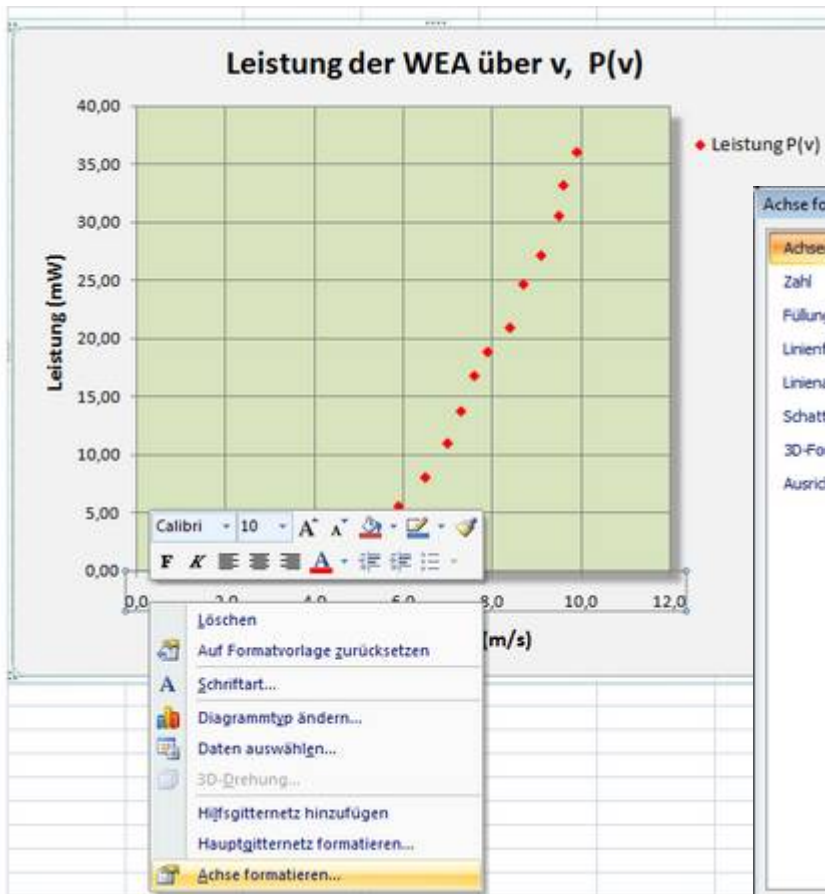
Die Legende zum Diagramm (bisher auf der rechten Seite) kann man ebenfalls ändern, zum Beispiel weiter nach oben schieben.

Auch den Diagrammtitel kann man noch gestalten... (Umbenennung in „Leistung der WEA über v, P(v)“).

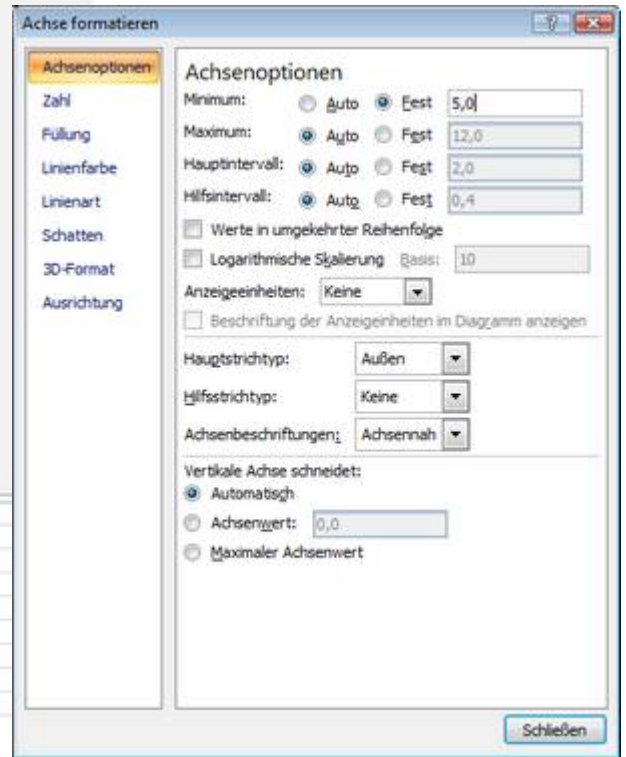
Schließlich fügen wir jetzt noch eine Trendlinie ein.

Im vorliegenden Fall handelt es sich um einen nichtlinearen Zusammenhang. Die Leistung P wächst mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit.

Der exponentielle Verlauf ist allerdings schlecht erkennbar. Das ändert sich, wenn man die Windgeschwindigkeitsachse so umformatiert, dass der kleinste Zahlenwert z. B. 5 m/s ist, d.h. die Achse soll erst bei diesem Zahlenwert beginnen. Dazu markieren wir mit der linken Maustaste die Zahlenwerte entlang der horizontalen Achse und wählen im Kontextmenü „Achse formatieren“.



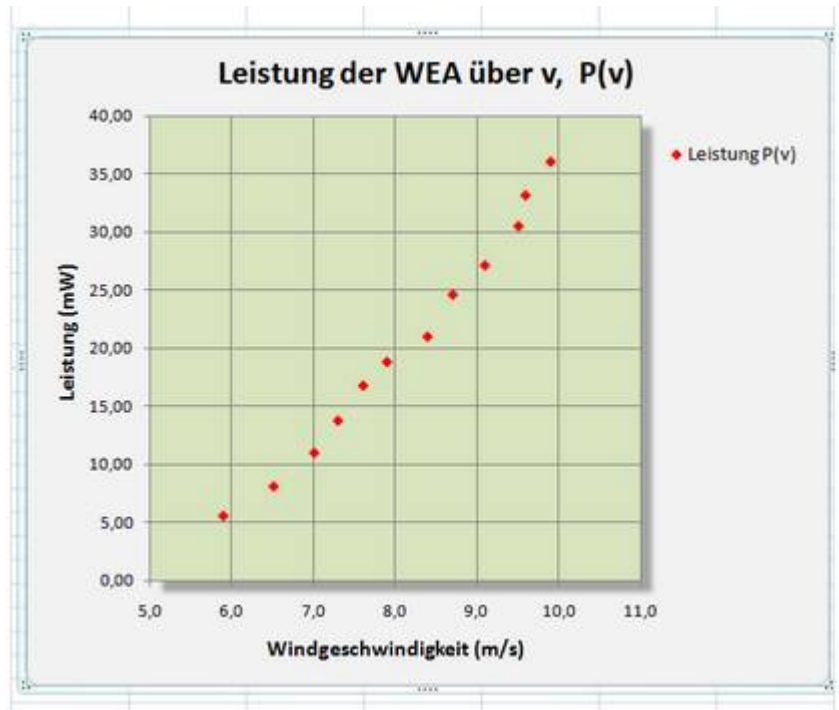
Unter „Achsenoptionen“ in der dann erscheinenden Dialogbox (siehe unten) wählen wir als Minimum den festen Wert 5,0.



Dann sieht das Diagramm plötzlich ganz anders aus. Der exponentielle Verlauf ist nun besser erkennbar.

Die Trendlinie (Ausgleichskurve) fügen wir durch Markieren der Datenpunkte und Aufruf des Kontextmenüs oder über das Office-Menü ein (Diagrammtools / Layout / Analyse: Trendlinie“).

Hinweis: klickt mannur einmal auf einen der Datenpunkte der Datenreihe im Diagramm, werden alle Datenpunkte markiert; klickt man ein zweites Mal auf diesen Datenpunkt, so wird nur dieser einzelne Datenpunkt markiert.

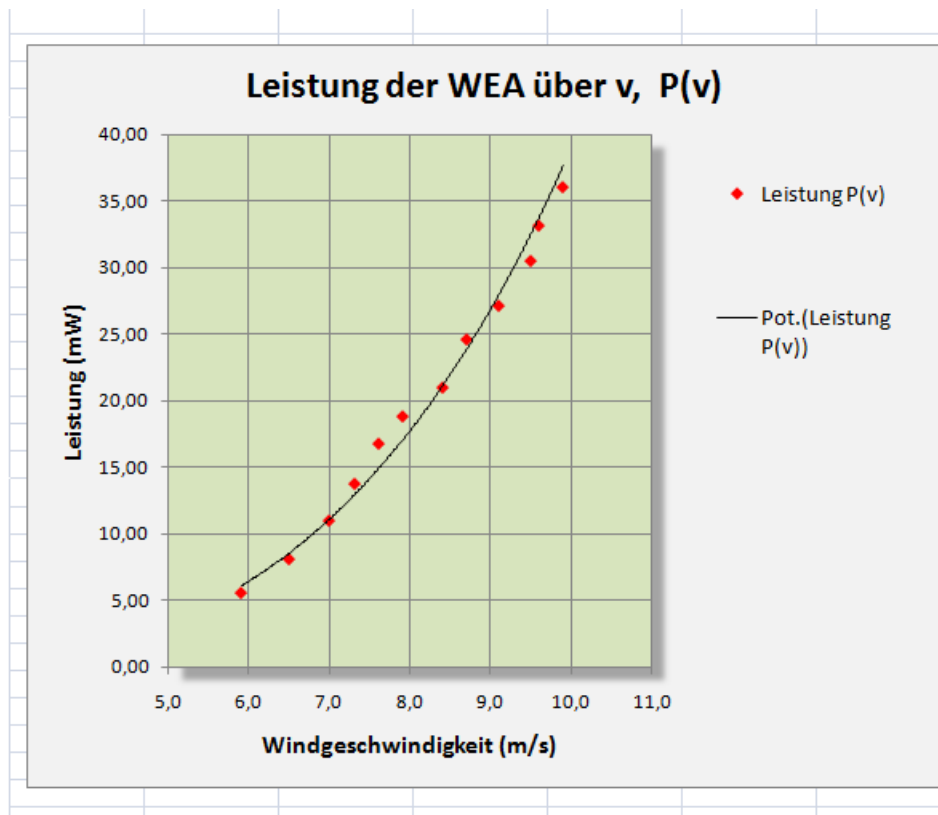
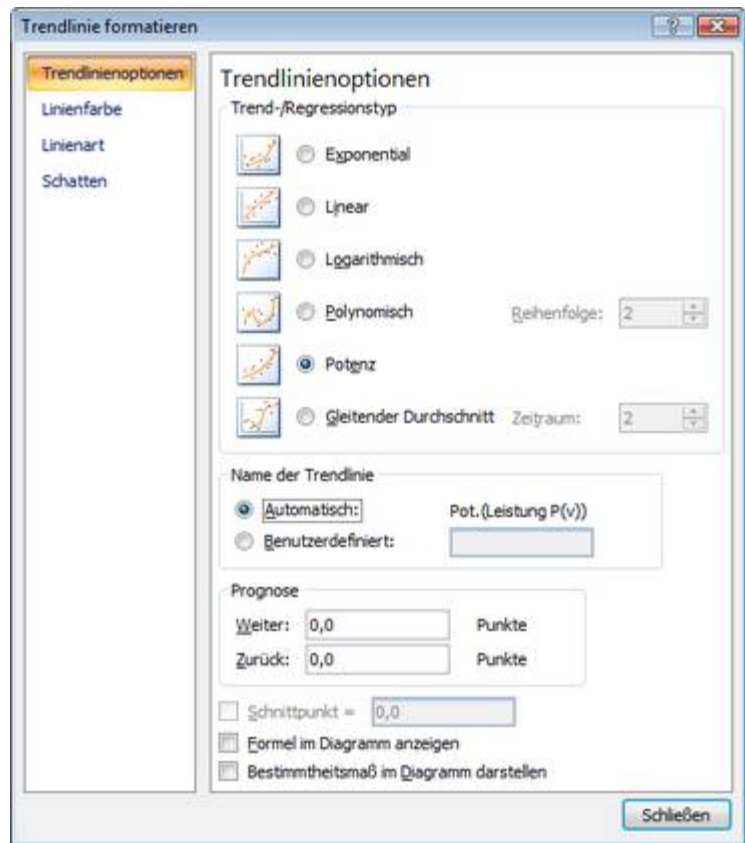


Die zugeordnete Dialogbox erlaubt die Auswahl des entsprechenden Regressionstyps. Wir wählen hier „Potenz“.

Unter „Namen der Trendlinie“ belassen wir die Auswahl „Automatisch“. Dann wird in der Diagrammlegende automatisch eine Bezeichnung für die Trendlinie mit der entsprechenden Linienart eingefügt.

Durch Anklicken der Trendlinie kann auch diese über das Kontextmenü formatiert werden. Zum Beispiel kann man die Linienart, -farbe oder -stärke beeinflussen.

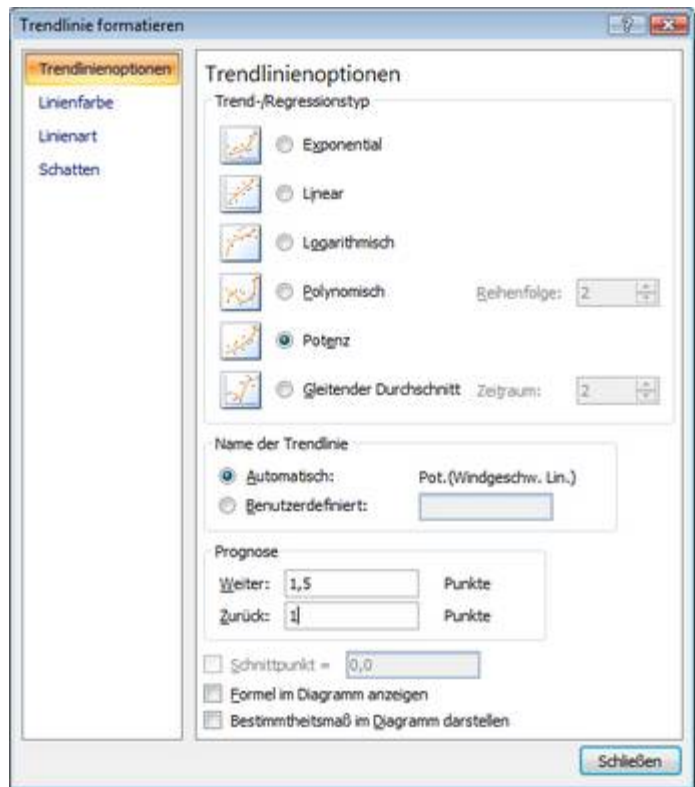
Bezüglich der Formatierung der Trendlinie bietet sich zudem noch die Möglichkeit, diese über den ersten und den letzten Datenpunkt hinausreichen zu lassen, um eben den Trend des Verlaufs jenseits des gemessenen Bereichs erkennen zu können.



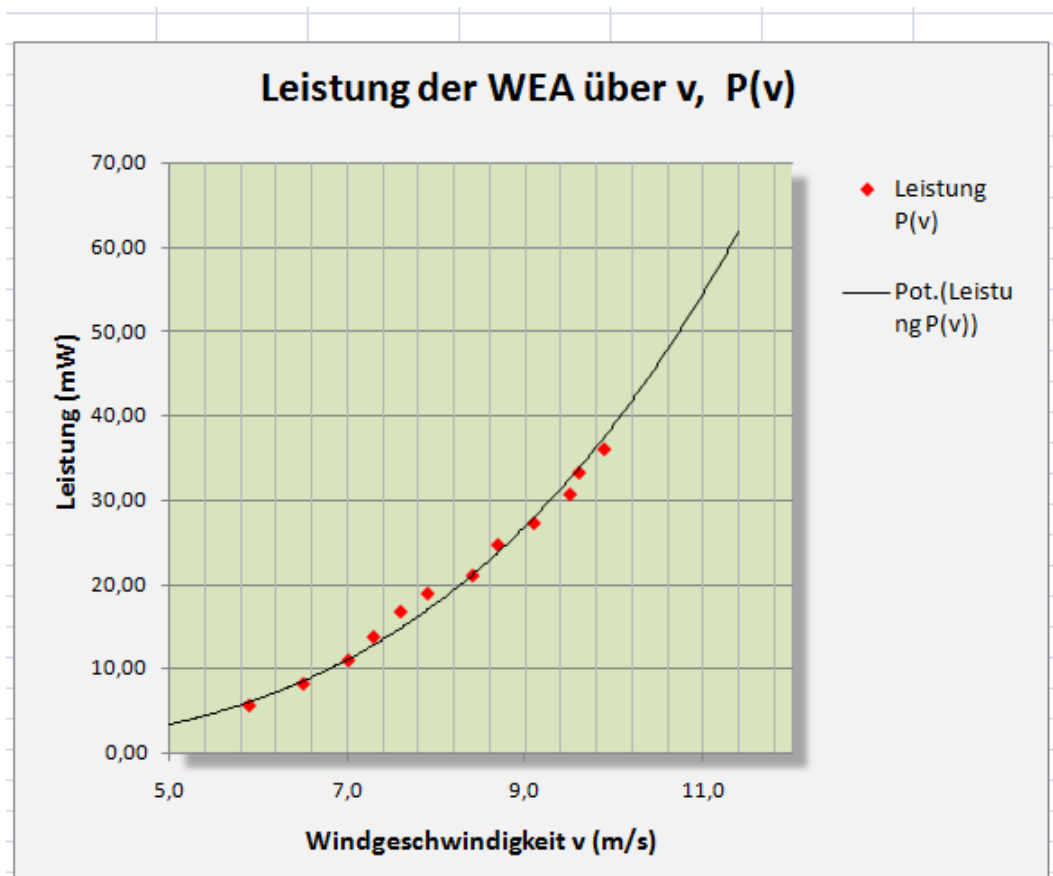


Die zugehörige Eingabe geschieht in der Dialogbox „Trendlinie formatieren“ über den Abschnitt „Prognose“ im unteren Bereich der Box.

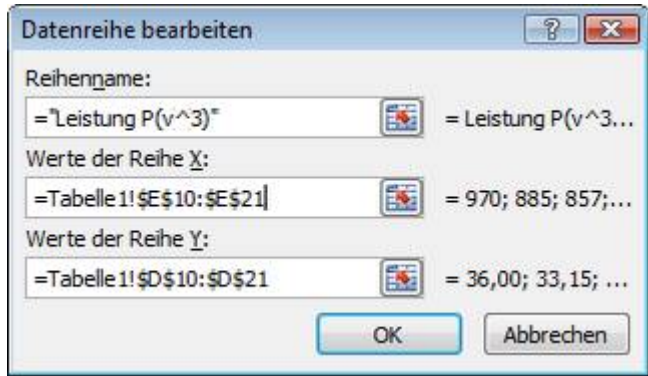
Die Größe längs der X-Achse ist ja die Windgeschwindigkeit in m/s. Die Messwerte reichen von ca. 6 bis ca. 10 m/s. Wenn man nun unter „Prognose“ bei „Weiter“ 1,5 eingibt und bei „Zurück“ 1,0, dann wird die Trendlinie von ca. 5 m/s bis ca. 11,5 m/s berechnet.



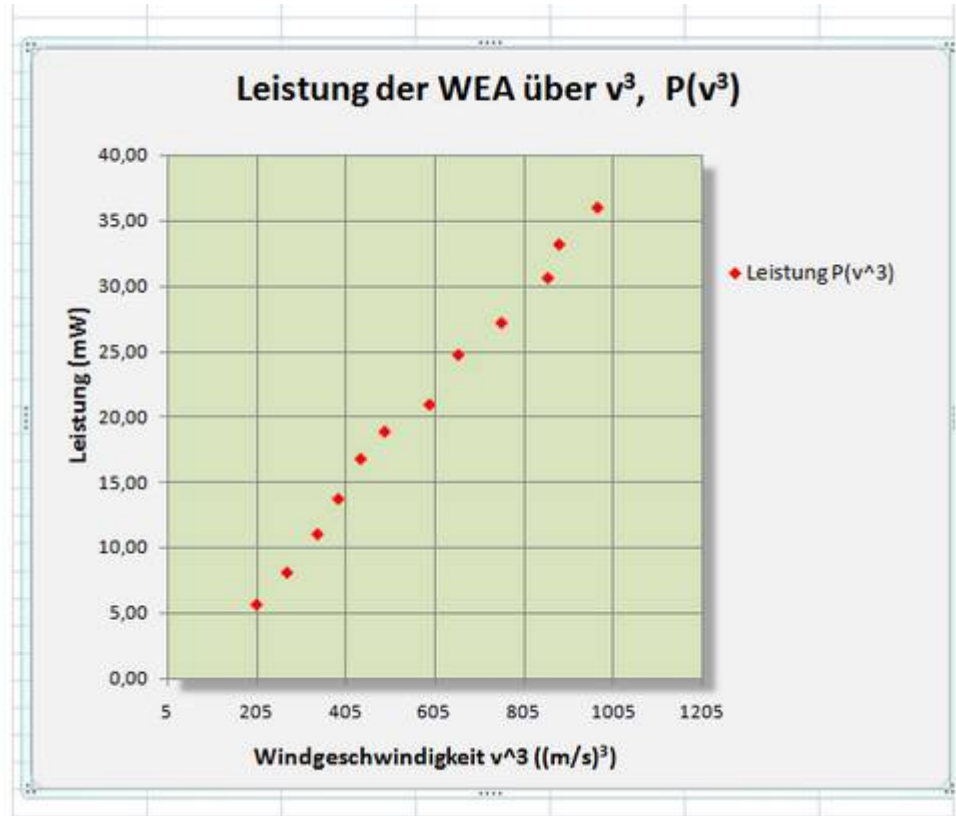
Damit sieht das Diagramm dann wie folgt aus (es wurde noch ein vertikales Hilfsgitternetz eingefügt und der maximale Wert in X-Richtung auf 12 festgelegt):



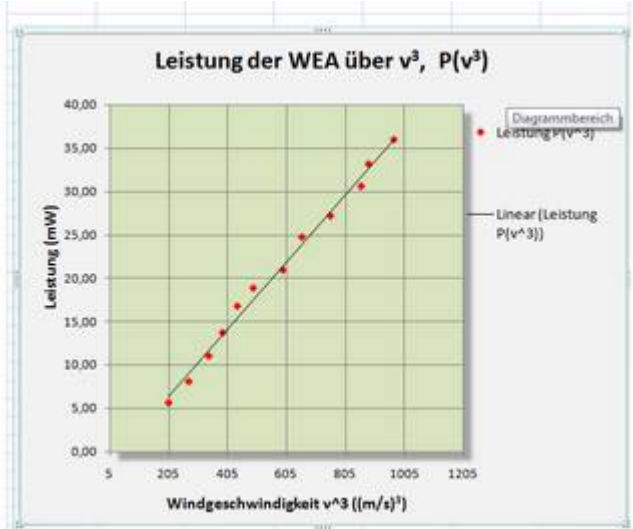
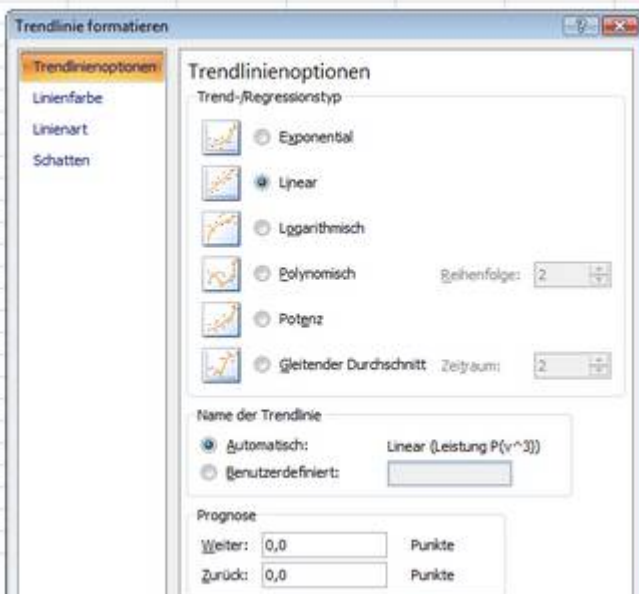
Schließlich wählen wir jetzt noch die Auftragung der Leistungswerte über der dritten Potenz von v (Spalte E der Datentabelle). Zur Erstellung des Diagramms geht man vor wie bisher, aber bei den Daten (Werte der X-Reihe) wählt man nun die Werte in den Tabellenzellen von E10 bis E21 aus. Auch die Datenreihenbezeichnung und die Achsenbeschriftung wird entsprechend angepasst.



Dadurch erhält man schließlich folgendes Diagramm.



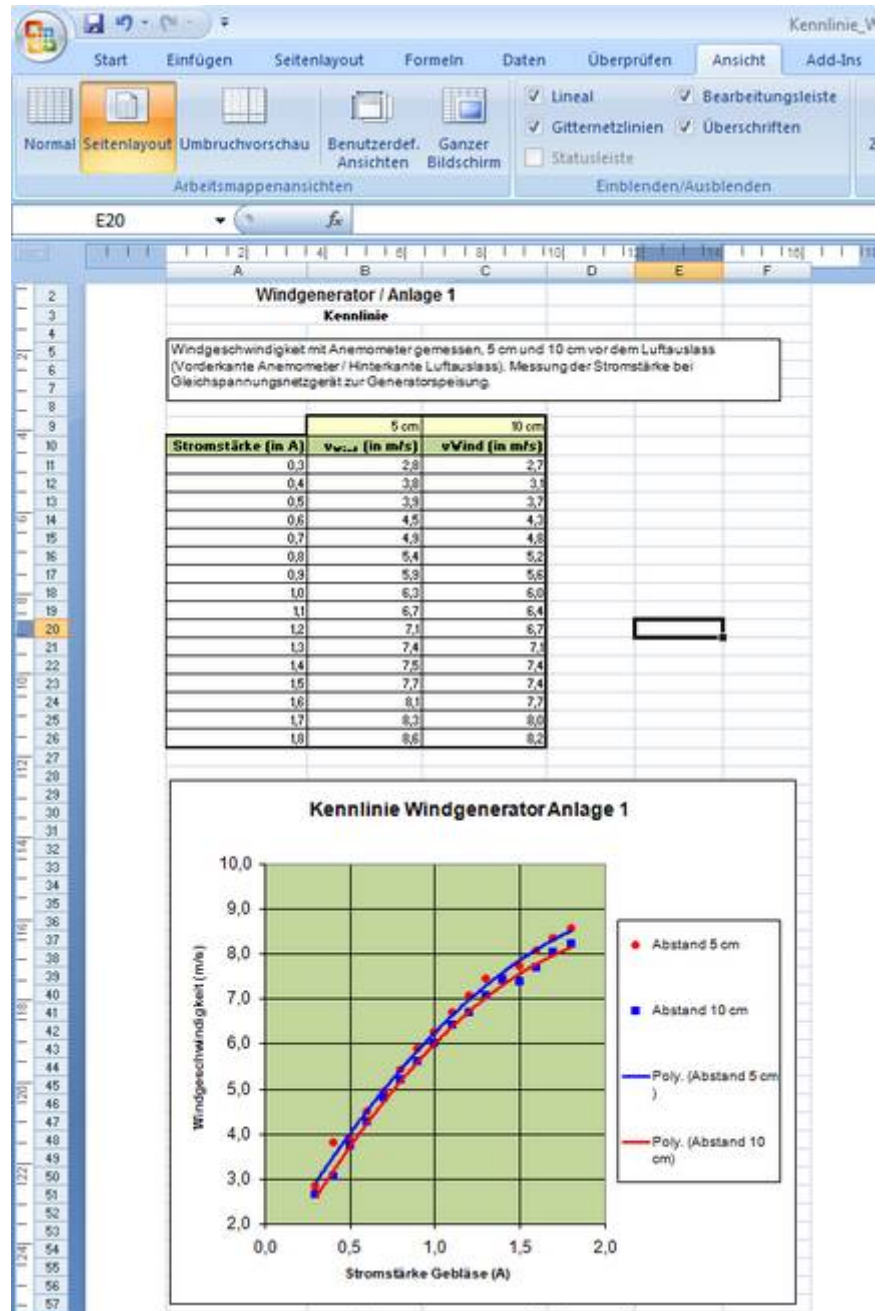
Wiederum markieren wir die Daten und fügen über das Kontextmenü eine Trendlinie hinzu. Diese ist nun aber linear. Entsprechend wählen wir in der Dialogbox auch diese Option.



Im Folgenden wird dargestellt, wie man ein Diagramm erstellt, in dem *mehrere* Messkurven *gleichzeitig* auftreten sollen. Als Beispiel benutzen wir die Kennlinie einer Windmaschine (Windgebläse / Radiallüfter), die im Abstand 5 cm und 10 cm vor dem Luftauslass etwas unterschiedliche Windgeschwindigkeiten liefert. Die Windgeschwindigkeit ändert sich proportional zur Stromstärke, die im Lüftermotor herrscht ; daraus entsteht die kennlinie (Windgeschwindigkeit über Stromstärke).

Nebenstehend sind die Datentabelle und das zu erstellende Diagramm dargestellt.

Zur Diagrammerstellung benutzen wir wieder das Punkt-Diagramm und wählen dann die Daten mit dem Kontextmenüeintrag „Daten auswählen“ aus.



| Windgenerator / Anlage 1  |                |                |  |
|---|----------------|----------------|--|
| Kennlinie   |                |                |  |
| Windgeschwindigkeit mit Anemometer gemessen, 5 cm und 10 cm vor dem Luftauslass (Vorderkante Anemometer / Hinterkante Luftauslass). Messung der Stromstärke bei Gleichspannungsnetzgerät zur Generatorspeisung. |                |                |  |
|   | 5 cm           | 10 cm          |  |
| Stromstärke (in A)  | vWind (in m/s) | vWind (in m/s) |  |
| 0,3   | 2,8            | 2,7            |  |
| 0,4   | 3,8            | 3,1            |  |
| 0,5   | 3,9            | 3,7            |  |
| 0,6   | 4,5            | 4,3            |  |
| 0,7   | 4,9            | 4,8            |  |
| 0,8   | 5,4            | 5,2            |  |
| 0,9   | 5,9            | 5,6            |  |
| 1,0   | 6,3            | 6,0            |  |
| 1,1   | 6,7            | 6,4            |  |
| 1,2   | 7,1            | 6,7            |  |
| 1,3   | 7,4            | 7,1            |  |
| 1,4   | 7,5            | 7,4            |  |
| 1,5   | 7,7            | 7,4            |  |
| 1,6   | 8,1            | 7,7            |  |
| 1,7   | 8,3            | 8,0            |  |
| 1,8   | 8,6            | 8,2            |  |

**Datenreihe bearbeiten**

Reihenname:  = Abstand 5 cm

Werte der Reihe X:  = 0,3; 0,4; 0,5;...

Werte der Reihe Y:  = 2,8; 3,8; 3,9;...

OK Abbrechen

**Datenquelle auswählen**

Diagrammdatenbereich:

Zeile/Spalte wechseln

Legendeneinträge (Reihen):

Abstand 5 cm

Horizontale Achsenbeschriftungen (Rubrik):

0,3  
0,4  
0,5  
0,6  
0,7

Ausgeblendete und leere Zellen. OK Abbrechen

Die erste Datenreihe wurde als „Abstand 5 cm“ bezeichnet und aus der Tabelle wurden in der Spalte A für die X-Achsenrichtung die

Stromstärke-Werte A11 bis A26 ausgewählt, für die Windgeschwindigkeitswerte aus der Spalte B die Werte B11 bis B26.

Nun rufen wir nochmals die Dialogbox „Datenquelle auswählen“ auf und fügen eine weitere Datenreihe hinzu. Diese nennen wir „Abstand 10 cm“ und während die Daten entsprechend aus: für die X-Werte wird analog zur ersten Reihe die Spalte A mit den Stromstärken benutzt, für die Y-Werte wird nun aber Spalte C mit den entsprechenden Windgeschwindigkeiten bei 10 cm Abstand ausgewählt.

**Datenreihe bearbeiten**

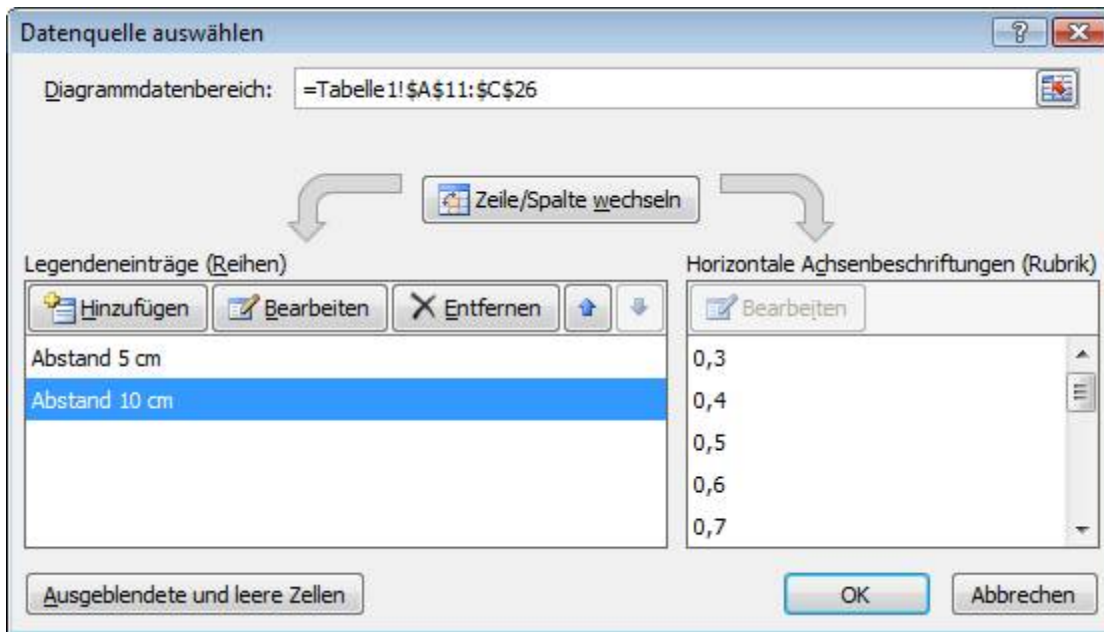
Reihenname:  = Abstand 10 cm

Werte der Reihe X:  = 0,3; 0,4; 0,5;...

Werte der Reihe Y:  = 2,7; 3,1; 3,7;...

OK Abbrechen

Die Dialogbox „Datenquelle auswählen“ beinhaltet nun also zwei Datenreihen:



Über den Button „Hinzufügen“ ließe sich auch noch eine weitere Datenreihe aufnehmen; über den Button „Bearbeiten“ gelangt man wieder zur Dialogbox „Datenreihe bearbeiten“. Der Entfernen-Button entfernt die markierte Datenreihe.

Nun kann man noch die Datenmarkierungen (Icons) bei den beiden Reihen unterschiedlich gestalten.

Anschließend fügen wir wieder eine Trendlinie hinzu. Da der Zusammenhang unbekannt ist, wählen wir weder linear noch Potenz, sondern polynomisch.

Auch die Trendlinien kann man dann noch farblich (entsprechend der Datenreihen) formatieren.

