

Nächtliche Grenzschichtwindmaxima: gewöhnliche und ungewöhnliche Auslösemechanismen

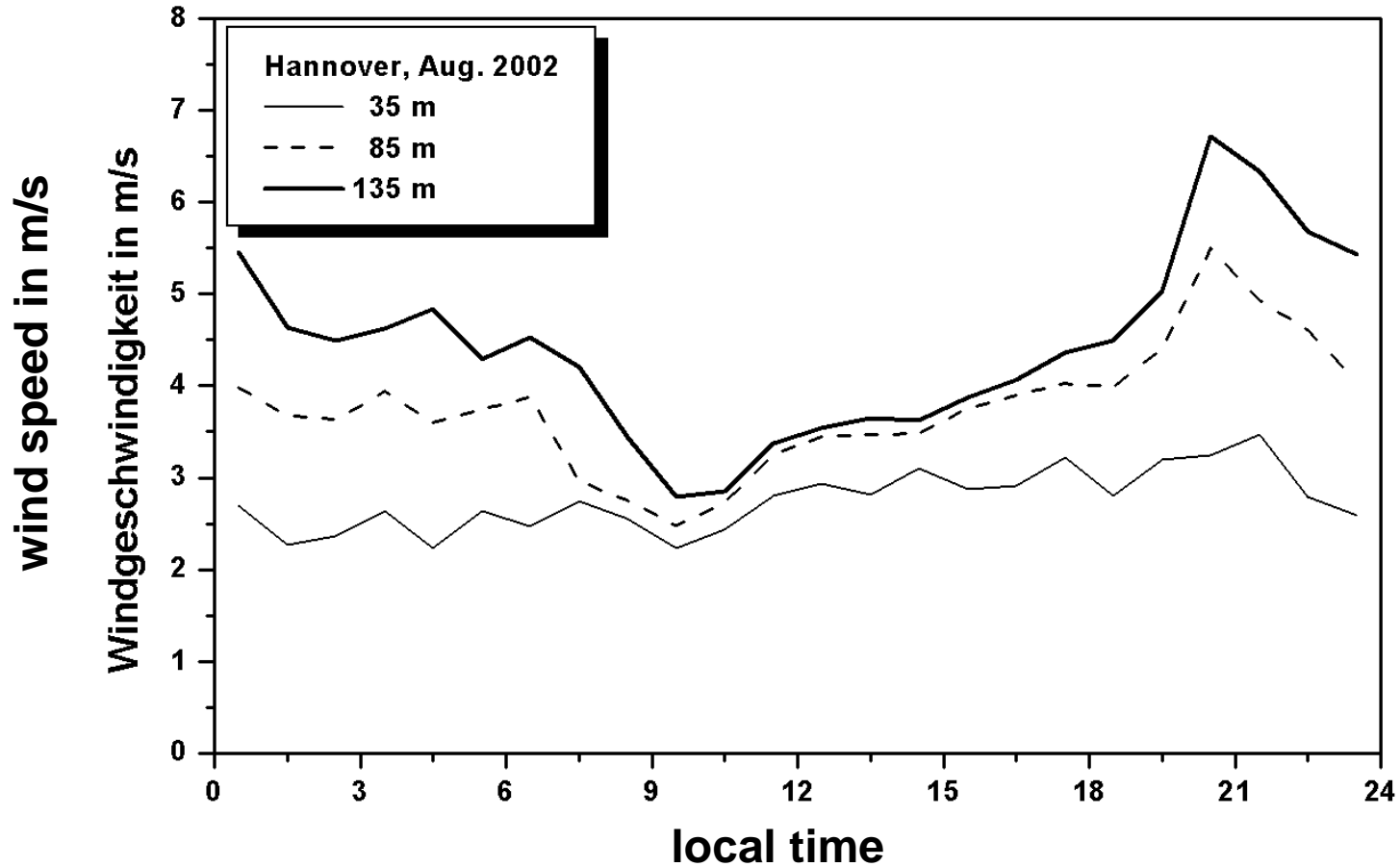
Stefan Emeis, Sophia Helgert
stefan.emeis@kit.edu

INSTITUTE OF METEOROLOGY AND CLIMATE RESEARCH, Atmospheric Environmental Research



- 1 Einleitung: gewöhnliche LLJ**
- 2 Sodarmessungen Hannover**
- 3 RASS-Messungen Augsburg**
- 4 ungewöhnliche LLJ**

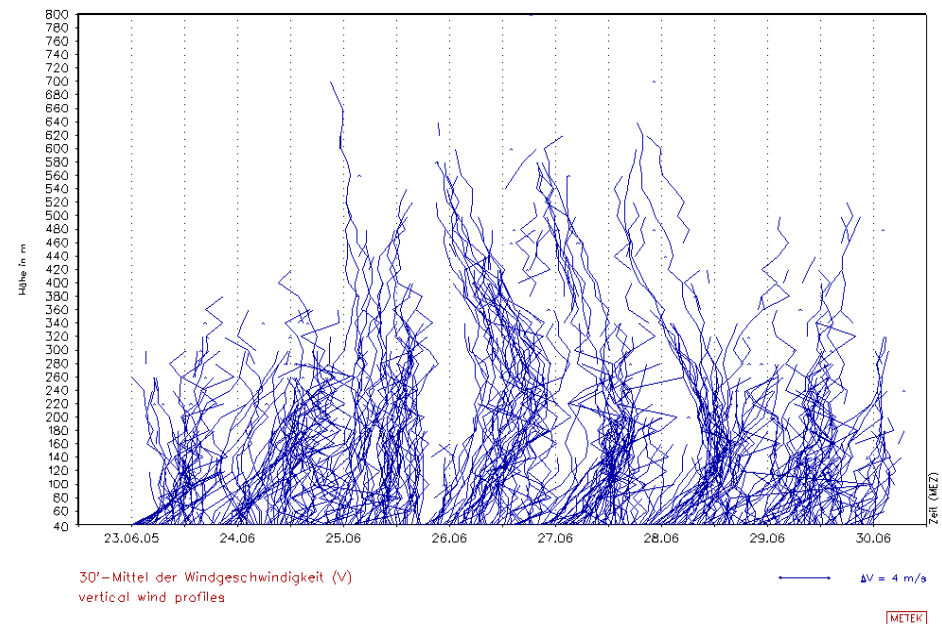
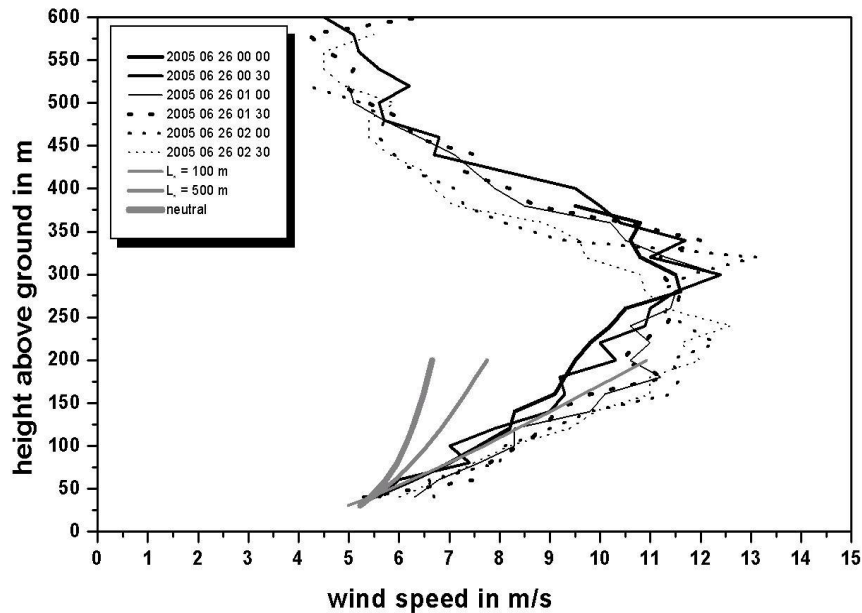
Monatsmittel des Tagesgangs der Windgeschwindigkeit August 2002, 17 Nächte mit LLJ

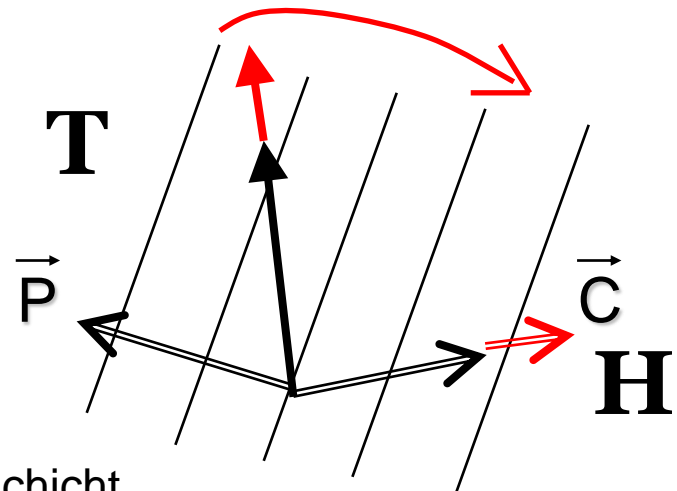
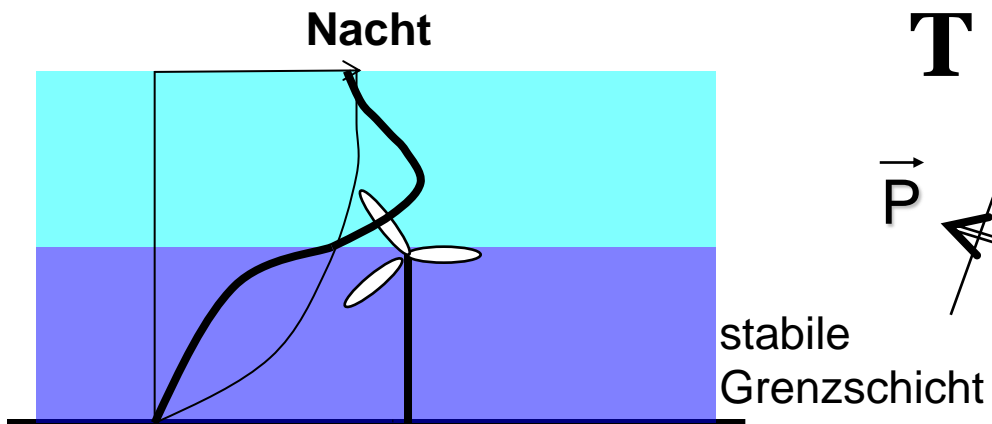
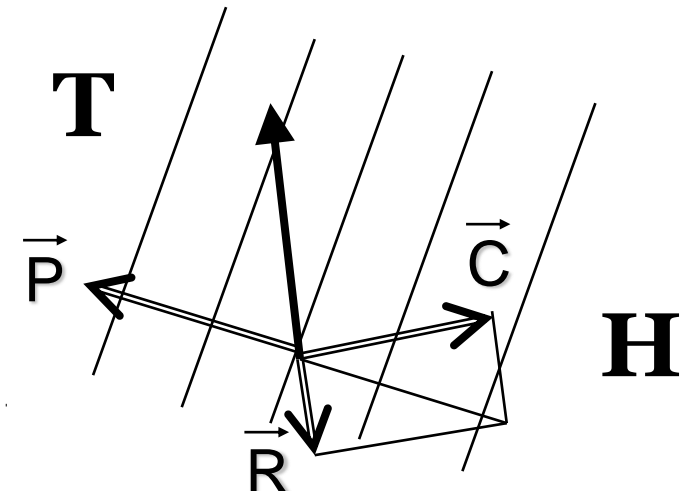
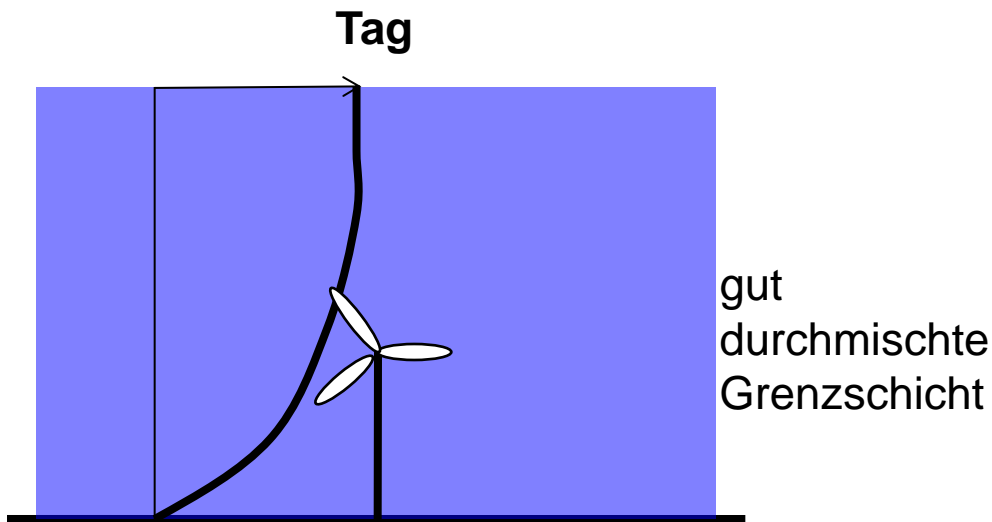


Low-level jet Beobachtung mit SODAR

vertikale Windprofile (30 min-Mittel)
26. Juni 2005

23.-30. Juni 2005

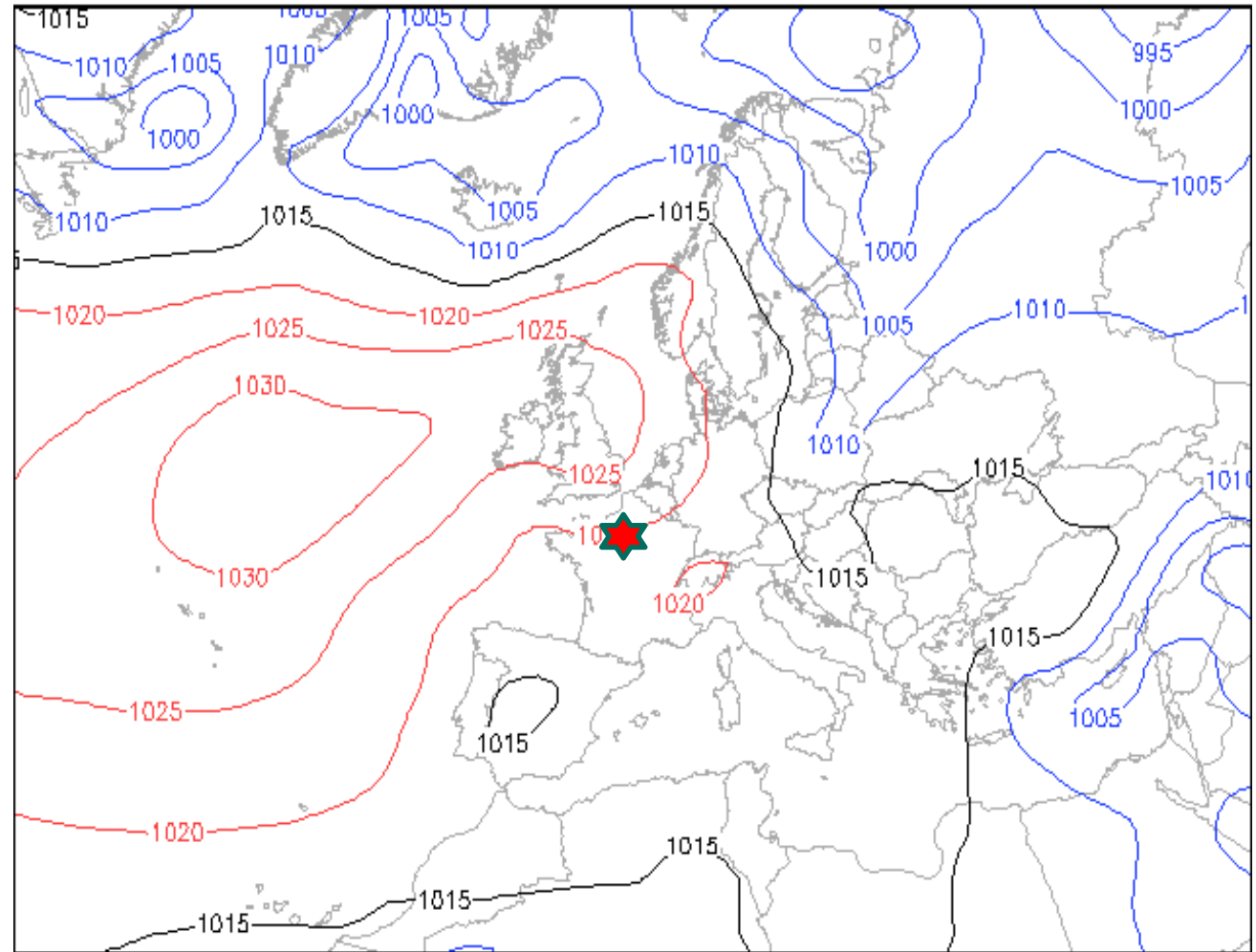




**Bodendruck
00 GMT**

26. Juni 2005

**Stern: Ort der
Beobachtung des
LLJ**



Bodendruck GFS (hPa)

So 26.06.05 00 GMT (Sa 00 + 24)
WetterOnline

- 2 Sodarmessungen Hannover**
- 3 RASS-Messungen Augsburg**

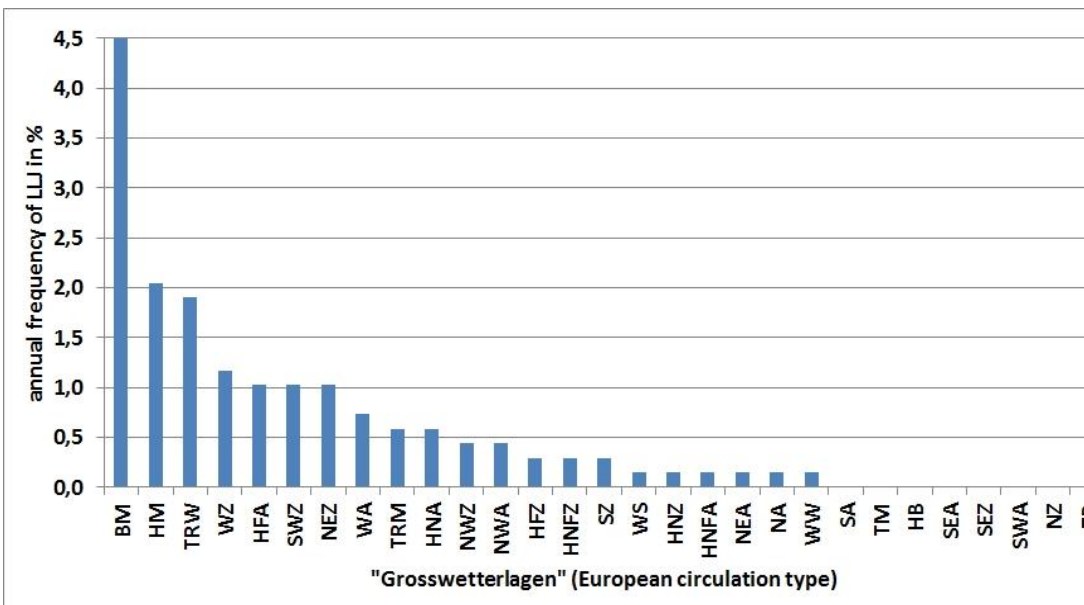
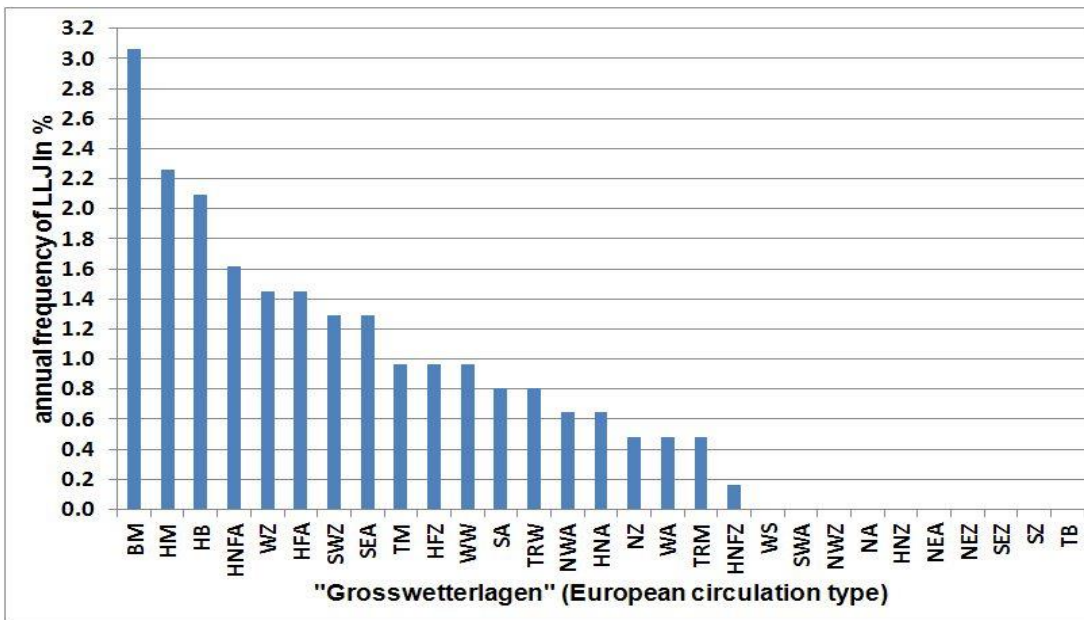


LLJ-Häufigkeit über Hannover für 20 Monate in den Jahren 2001 bis 2003

in knapp 22 % aller Nächte

Über Augsburg in den Jahren 2008-2010, 2014

in ca. 17,5 % aller Nächte



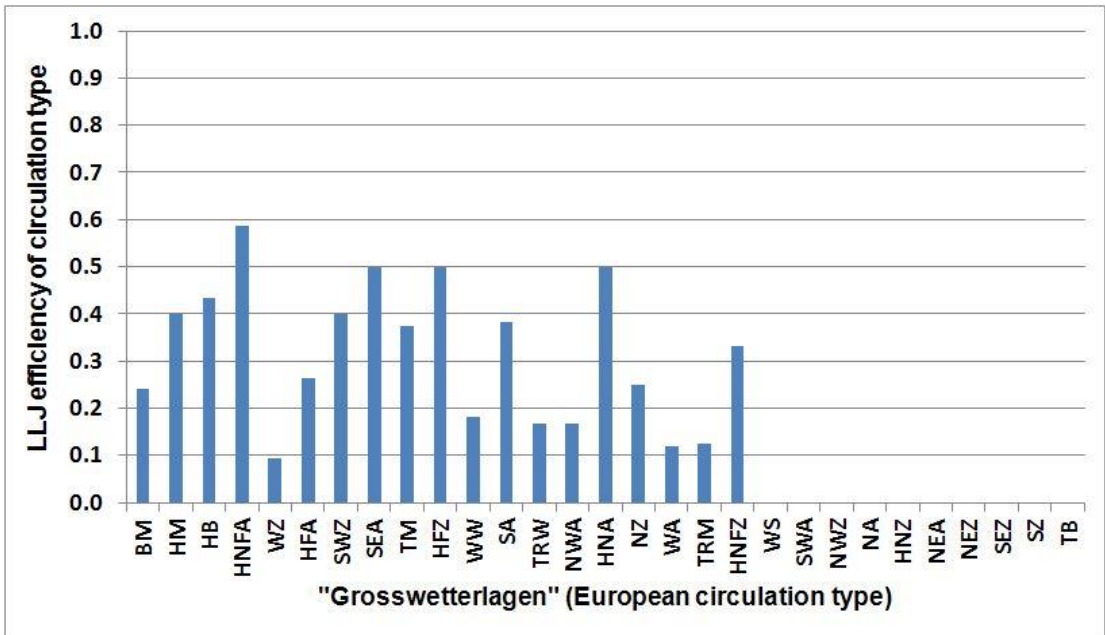
Großwetterlagen:

BM Brücke Mitteleuropa
HB Hoch Britische Inseln
HM Hoch Mitteleuropa

...

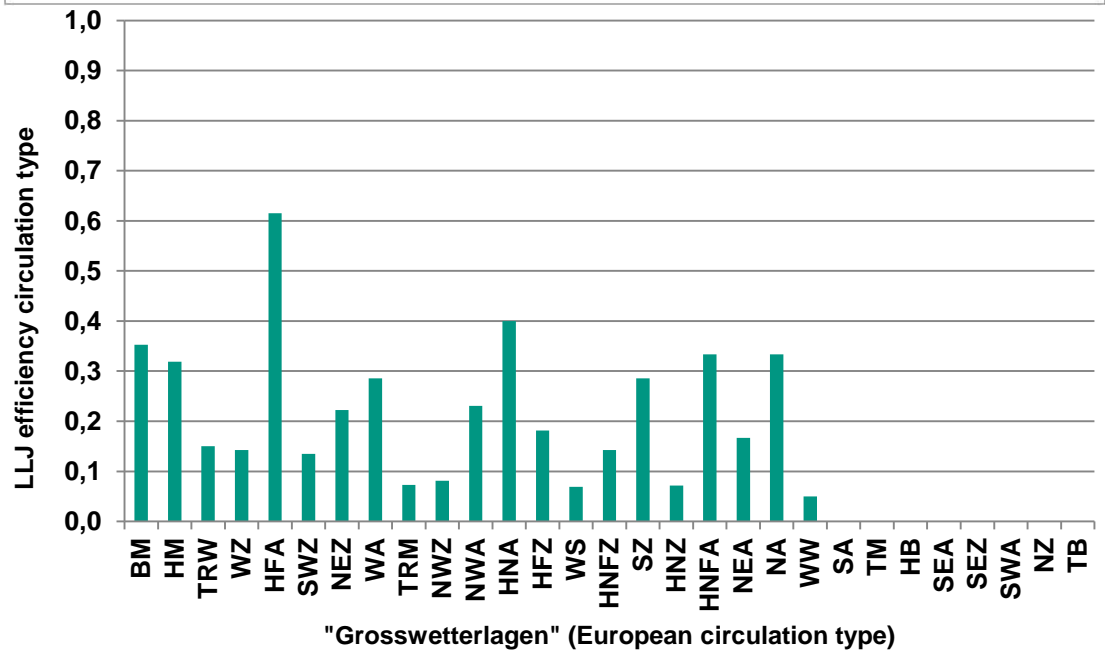
HFZ Hoch Skandinavien
HNFA Hoch Nordatlantik

...



“Effektivität” einen LLJ hervorzubringen

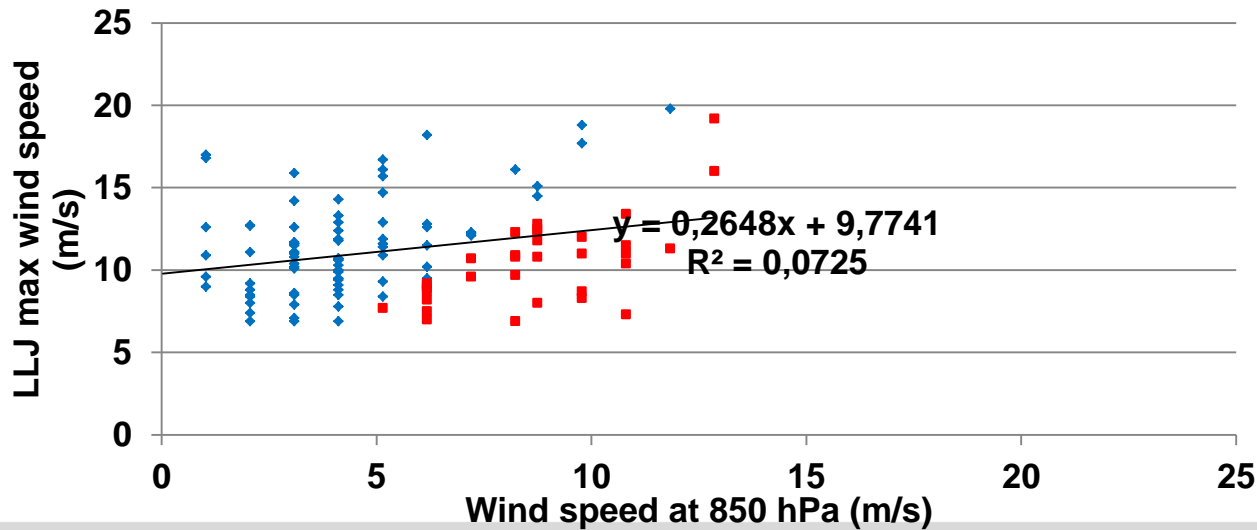
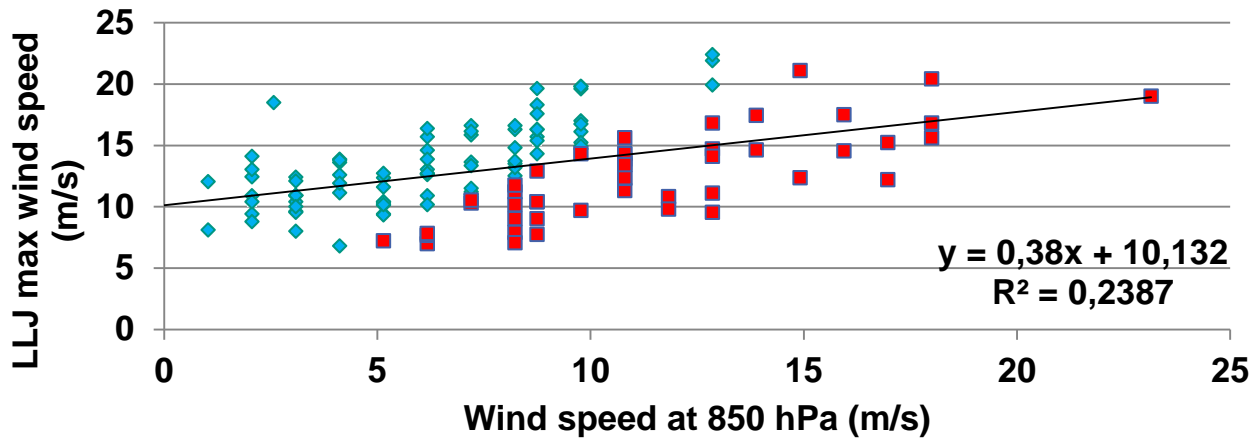
oben: Hannover
unten: Augsburg



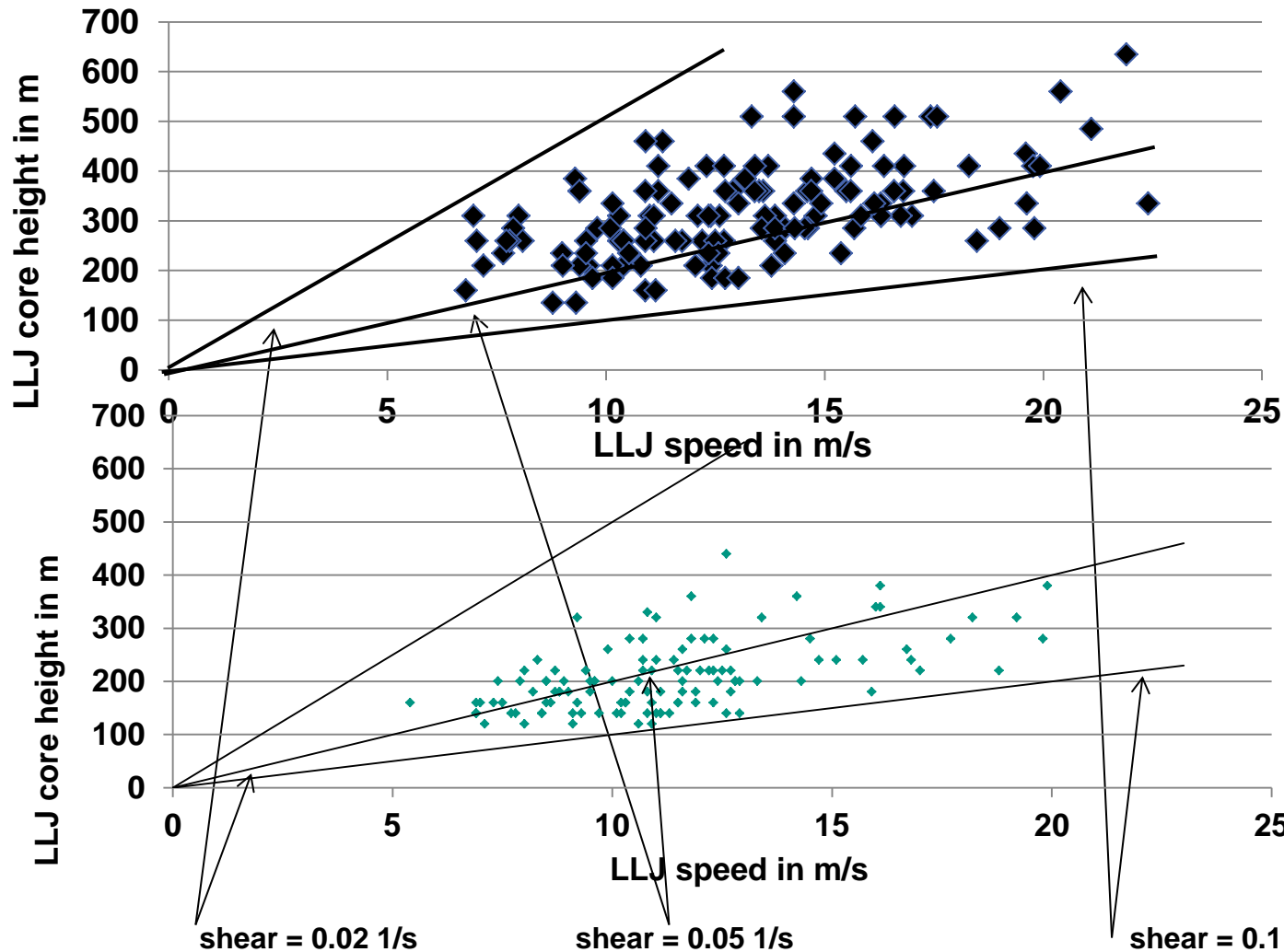
Großwetterlagen:

- BM Brücke Mitteleuropa
- HB Hoch Britische Inseln
- HM Hoch Mitteleuropa
- ...
- HFZ Hoch Skandinavien
- HNFA Hoch Nordatlantik
- ...

maximale Windgeschwindigkeit im LLJ und antreibende Druckgradientkraft



Höhe in m und Windgeschwindigkeit im Kern des LLJ in m/s



Hannover

Augsburg

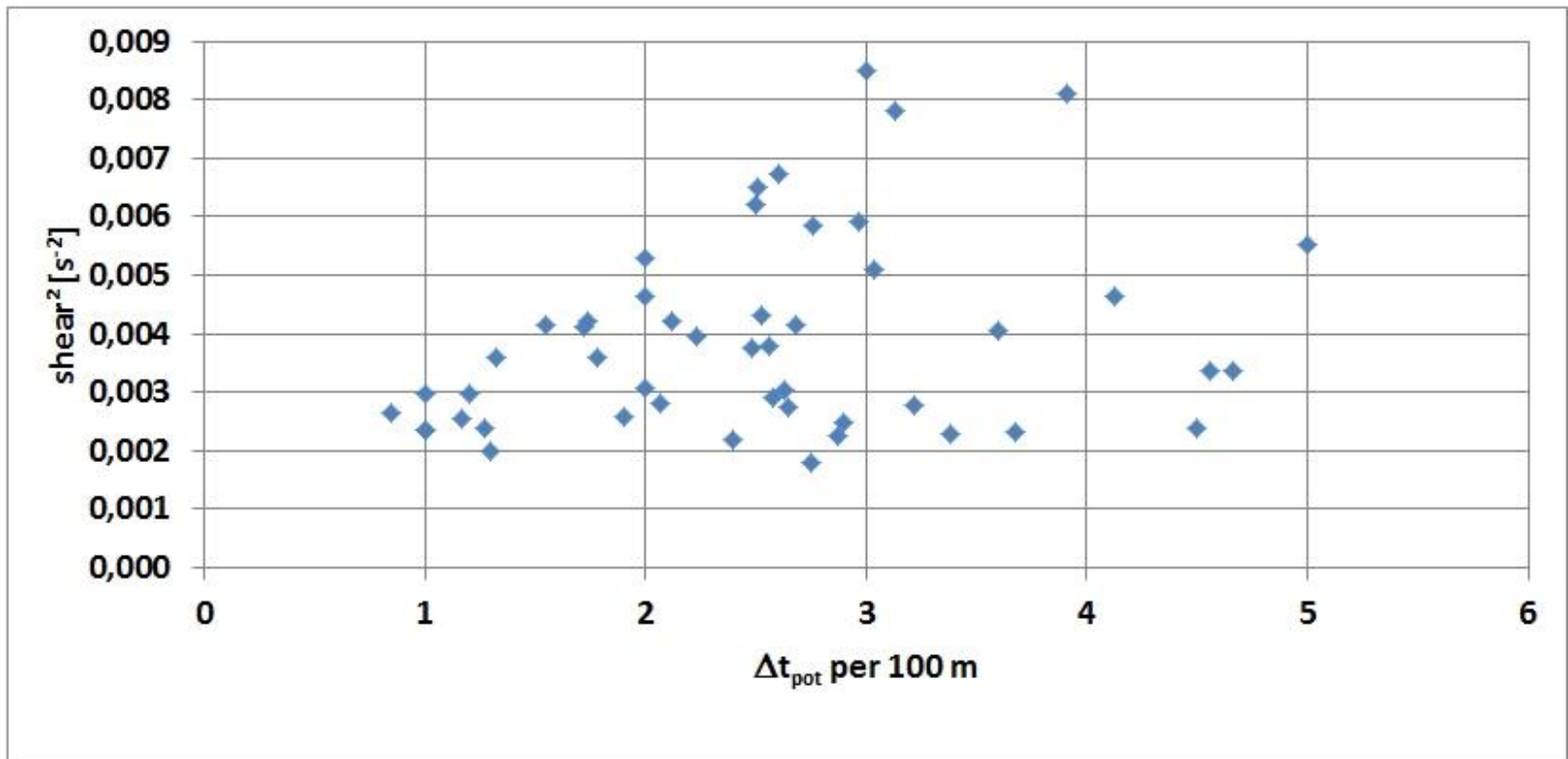
Limitierend für die Scherung ist die kritische Richardson-Zahl, bei der mechanische Turbulenzerzeugung einsetzt

$$Ri_{krit} = \frac{g \partial \Theta / \partial z}{\Theta (\partial u / \partial z)^2} \approx 0,25$$

Θ	potentielle Temperatur
g	Erdbeschleunigung
u	Windgeschwindigkeit
z	Vertikalkoordinate

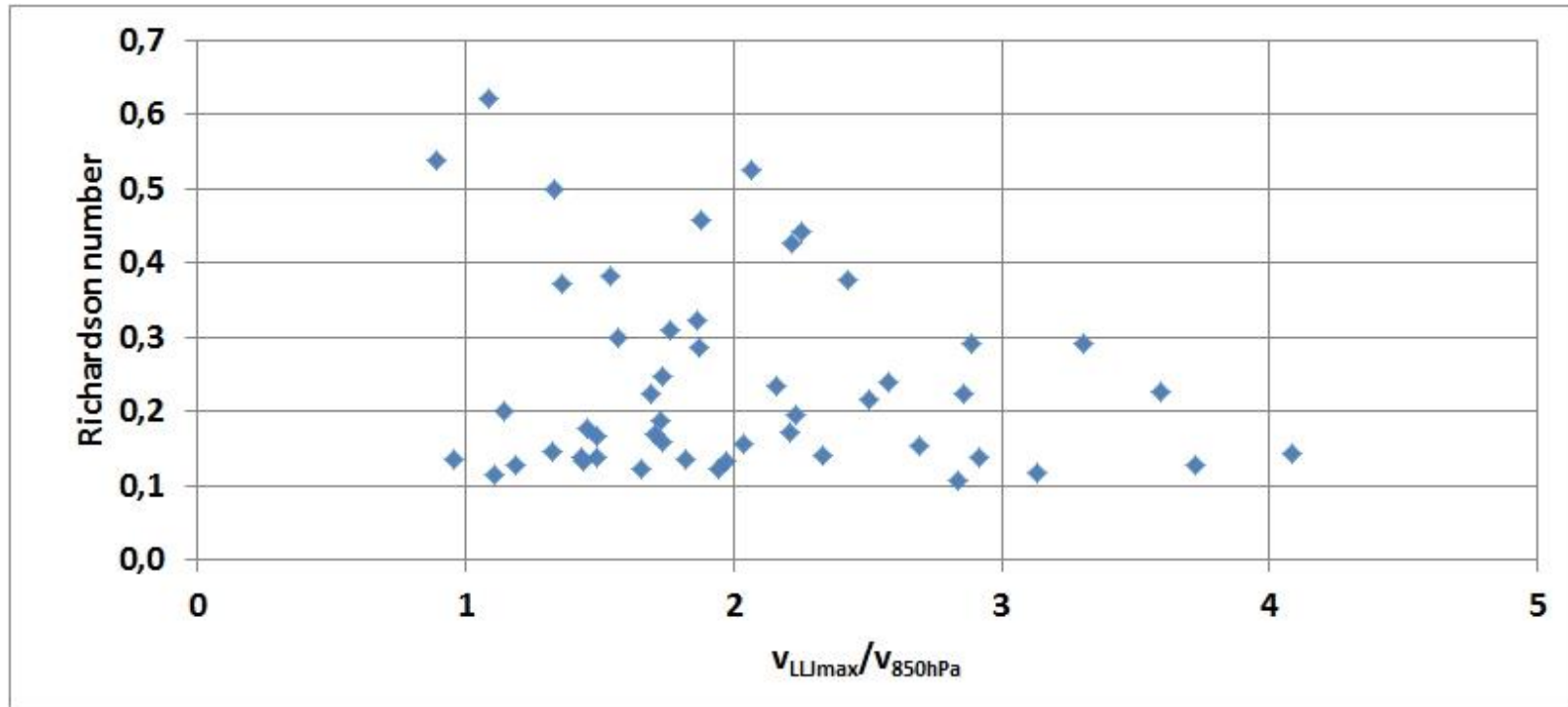
RASS-Daten Augsburg

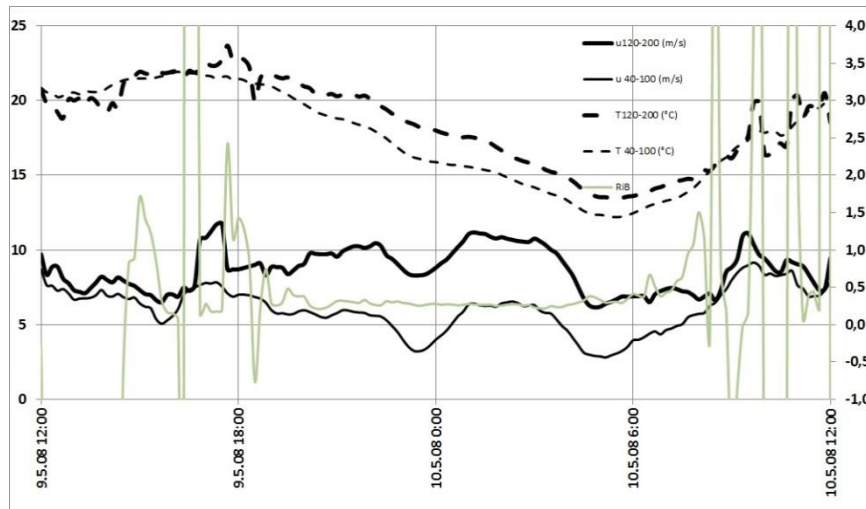
Zusammenhang von Scherung und Temperaturgradient



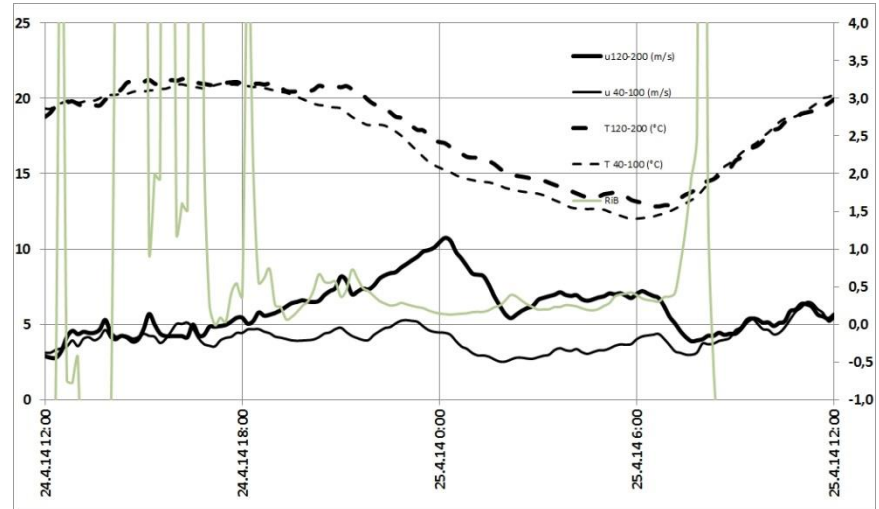
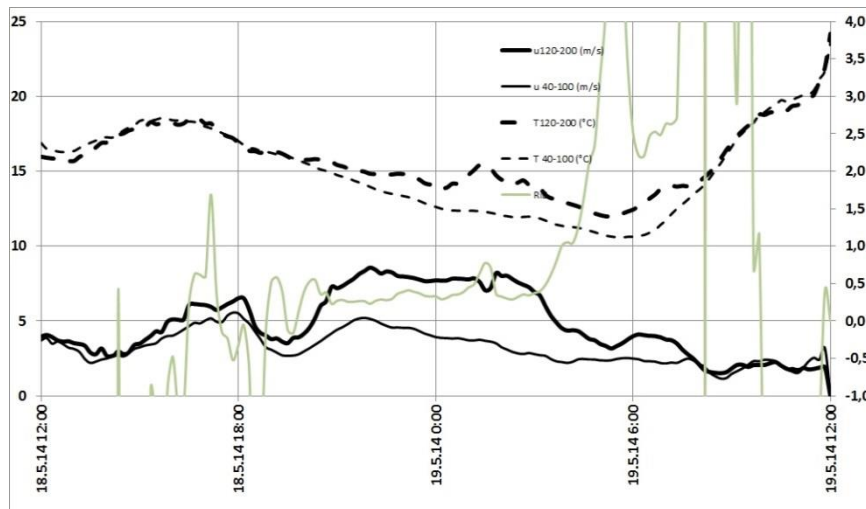
RASS-Daten Augsburg

Richardson-Zahlen bei LLJ-Ereignissen





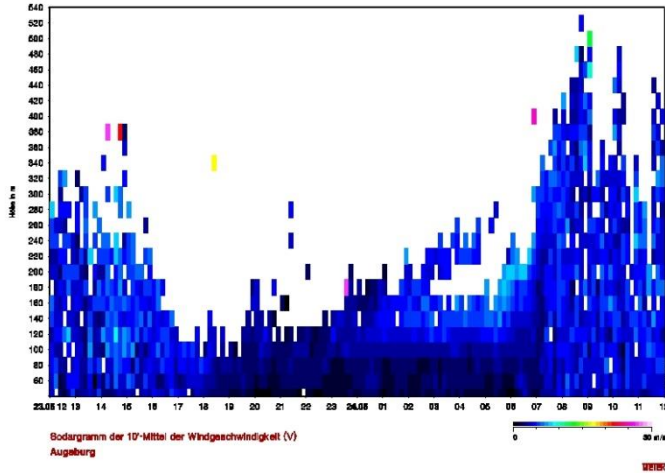
**kritische Richardson-Zahl
als limitierende Größe
bei der Ausbildung nächtlicher LLJ**



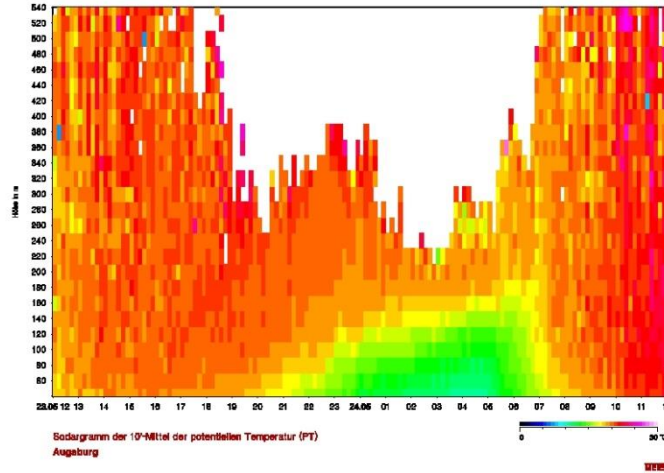
4 ungewöhnliche LLJ

RASS-Daten Augsburg, 23.5.2010

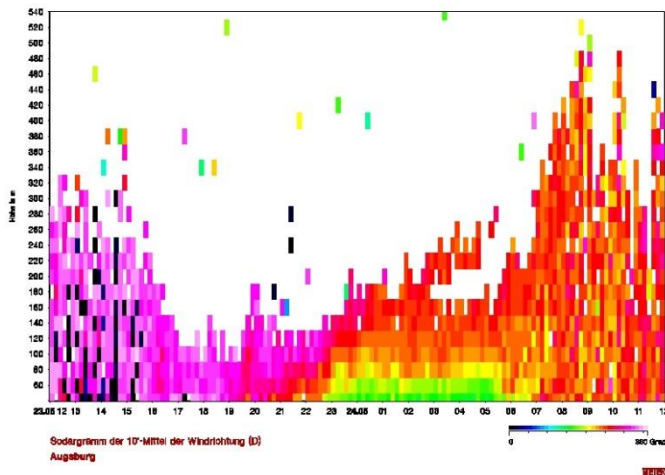
Wind



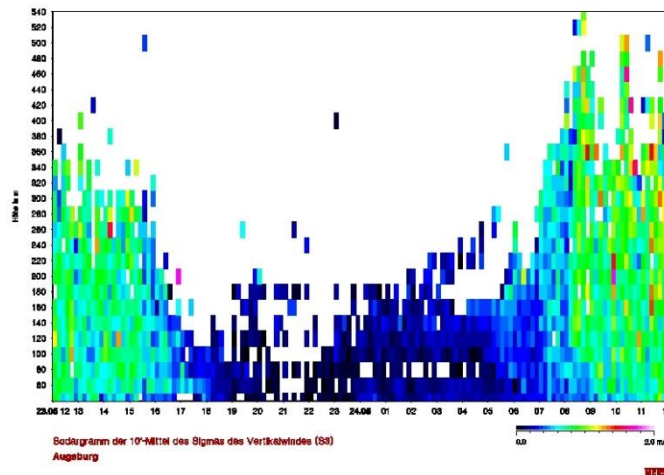
potenzielle
Temperatur



Wind-
richtung



σ_w



Zusammenfassung

Klimatologie

- LLJ in 17 - 21% aller Nächte (in de Bilt ca. 20%)
- ungew. LLJ in 2 – 3 % aller Nächte in Augsburg
- Kern zwischen 135 und 650 m Höhe
- LLJ Kerngeschw. 7 bis 23 m/s (Höhe und Geschw. sind korreliert → Scherung begrenzt)

Zusammenhang mit den treibenden Kräften

- 850 hPa Wind zwischen 1 und 18 m/s (Kottmeier et al. 1983: 6-11 m/s)
- LLJ-Kerngeschw. positiv korreliert mit 850 hPa wind (Maximum bei 13 m/s)
- LLJ-Kerngeschw. leicht negativ korreliert mit 850 hPa relative Feuchte

allgemein

- Scherung wächst bis maximale Scherung erreicht (rel. Parameter: kritische Richardson-Zahl)

dynamischer Einfluss auf Windturbinen

- Scherung in der Rotorebene bei 0.04 bis 0.08 1/s
- Richtungsscherung bei 0.1 bis 0.2 Grad/m

Literatur:

**Emeis, S., 2014: Wind speed and shear associated with low-level jets over Northern Germany. Meteorol. Z., 23, 295-304.
DOI: 10.1127/0941-2948/2014/0551**

**Emeis, S., 2014: Current issues in wind energy meteorology. Meteorol. Appl., 21, 803-819.
DOI: 10.1002/met.1472**

Emeis, S., 2012: Wind Energy Meteorology - Atmospheric Physics for Wind Power Generation. Series: Green Energy and Technology. Springer, Heidelberg etc., XIV+196 pp., 94 illus., 16 in colour. ISBN H/C: 978-3-642-30522-1, e-book: 978-3-642-30523-8, S/C: 978-3-642-42959-0.

**Chinese Edition: 国际电气工程先进技术译丛：风能气象学
(Guo ji dian qi gong cheng xian jin ji shu yi cong: Feng neng qi xiang xue),
China Machine Press Advanced Technology of Electrical Engineering International
Translations, ISBN: 978-7-111-44668-2.**



**Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit**

Ansätze für durchgehende Windprofilbeschreibung in der nicht neutral-geschichteten Grenzschicht (Emeis et al. 2007 basierend auf Etling 2002):

$$u(z) = \begin{cases} u_* / \kappa (\ln(z/z_0) - \Psi_m(z/L_*)) & \text{for } z < z_p \\ u_g (-\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0) & \text{for } z = z_p \\ u_g [1 - 2\sqrt{2}e^{-\gamma(z-z_p)} \sin \alpha_0 \cos(\gamma(z-z_p) + \pi/4 - \alpha_0) + 2e^{-2\gamma(z-z_p)} \sin^2 \alpha_0]^{1/2} & \text{for } z > z_p \end{cases}$$

mit den externen Parametern z_0 , L_* und u_g
und den internen Parametern α_0 , z_p und γ .

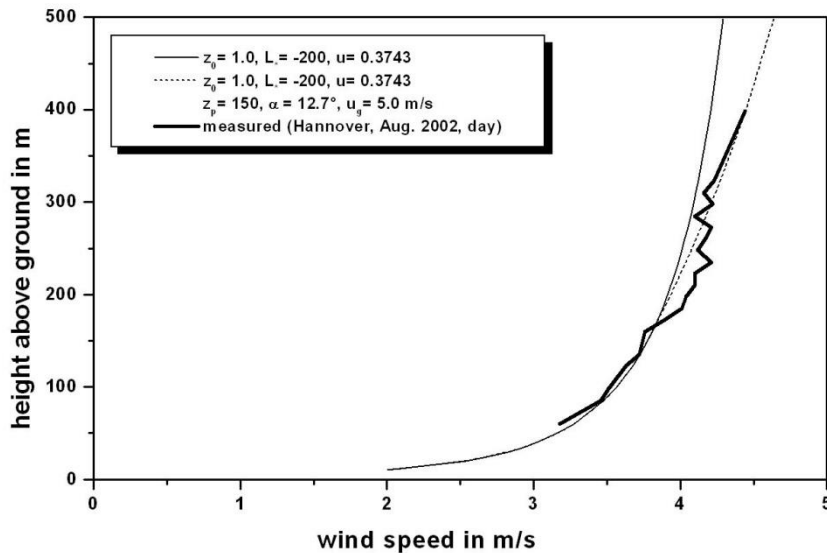
mit den externen Parametern z_0 und u_g und den internen Parametern α_0 , z_p und γ .

$$u_* = 2|u_g| \gamma \kappa z_p \sin \alpha_0$$

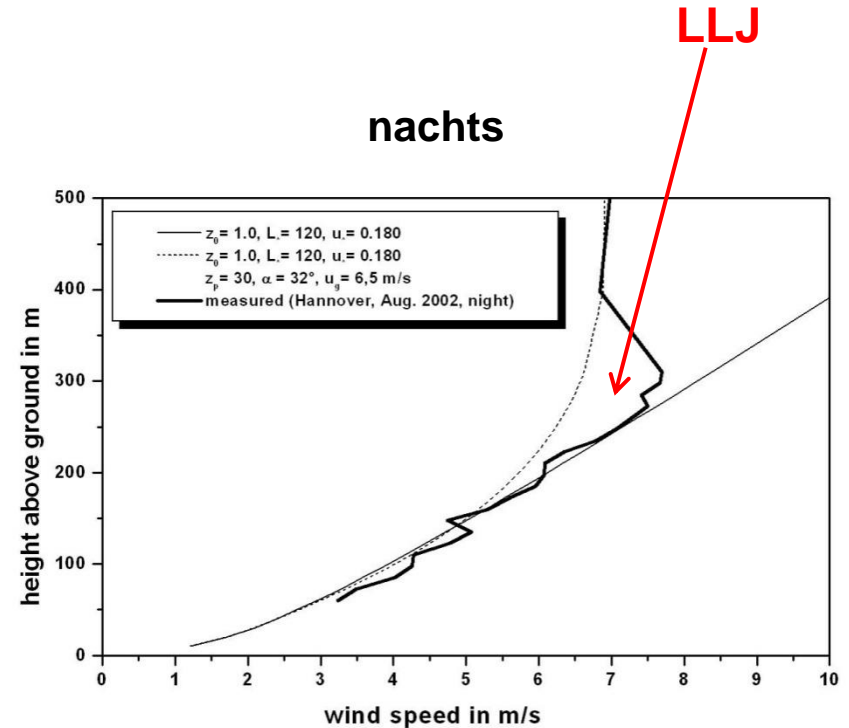
$$\alpha_0 = \arctg \frac{1}{1 + 2\gamma z_p \ln(z_p / z_0)}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{f}{2\kappa u_* z_p}}$$

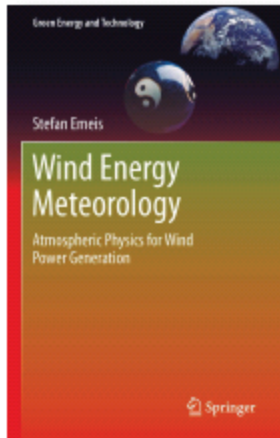
tagsüber



nachts



die gestrichelte Kurve zeigt die durchgehende Profilfunktion,
die durchgezogene Kurve ein nach oben fortgesetztes logarithmisches Profil



2013, 2013, XIV, 196 p. 94 illus., 16 in color.

Printed book

Hardcover

- ▶ **99,95 € | £90.00 | \$129.00**
- ▶ ***106,95 € (D) | 109,95 € (A) | CHF 133.50**

S. Emeis, Karlsruher Institut für Technologie, Garmisch-Partenkirchen, Germany **Wind Energy Meteorology**

Atmospheric Physics for Wind Power Generation

- ▶ **First book devoted solely to the meteorological basics of wind power generation**
- ▶ **Presents the meteorological basics for large wind turbines and wind parks**
- ▶ **Gives guidance to plan offshore wind parks**

This book is intended to give an introduction into the meteorological boundary conditions for power generation from the wind, onshore and offshore. It is to provide reliable meteorological information for the planning and running of this important kind of renewable energy. This includes the derivation of wind laws and wind profile descriptions, especially those above the logarithmic surface layer. Winds over complex terrain and nocturnal low-level jets are considered as well. A special chapter is devoted to the efficiency of large wind parks and their wakes.