

Was Sie schon immer über Brandrauch wissen wollten ...

....aber nicht zu fragen wagten

Eine Einführung in moderne Brandbekämpfungstaktiken

Von Hennes Obermeyer

FF Stutensee-Staffort

Was ist Rauch?

Ruß Methan CO_2 HCl Ethan
Phenol Aceton COS Toluol H_2O CaCO_3
 N_2O HCN CO NH_3 SO_2
Ethen Essigsäure Ethylbenzol
Gips Acrolein Ethin Styrol Ethanol NO_x
Benzol Phosgen Chlorbenzol Formaldehyd CS_2
 TiO_2 CaO Aluminosilikate Xylol

Rauch, mal ganz einfach!

Brennbare Gase

Kohlenmonoxid

Methan/Ethan

HCN

NH₃

Aromaten (BTEX)

Ethanol

Aceton

Essigsäure

CS₂

COS

Oxidationsmittel

Luftsauerstoff

N₂O

Hemmgase

Luftstickstoff

Kohlendioxid

H₂O

SO₂

NO_x

HCl

Feststoffe

Ruß

Al-Silikate

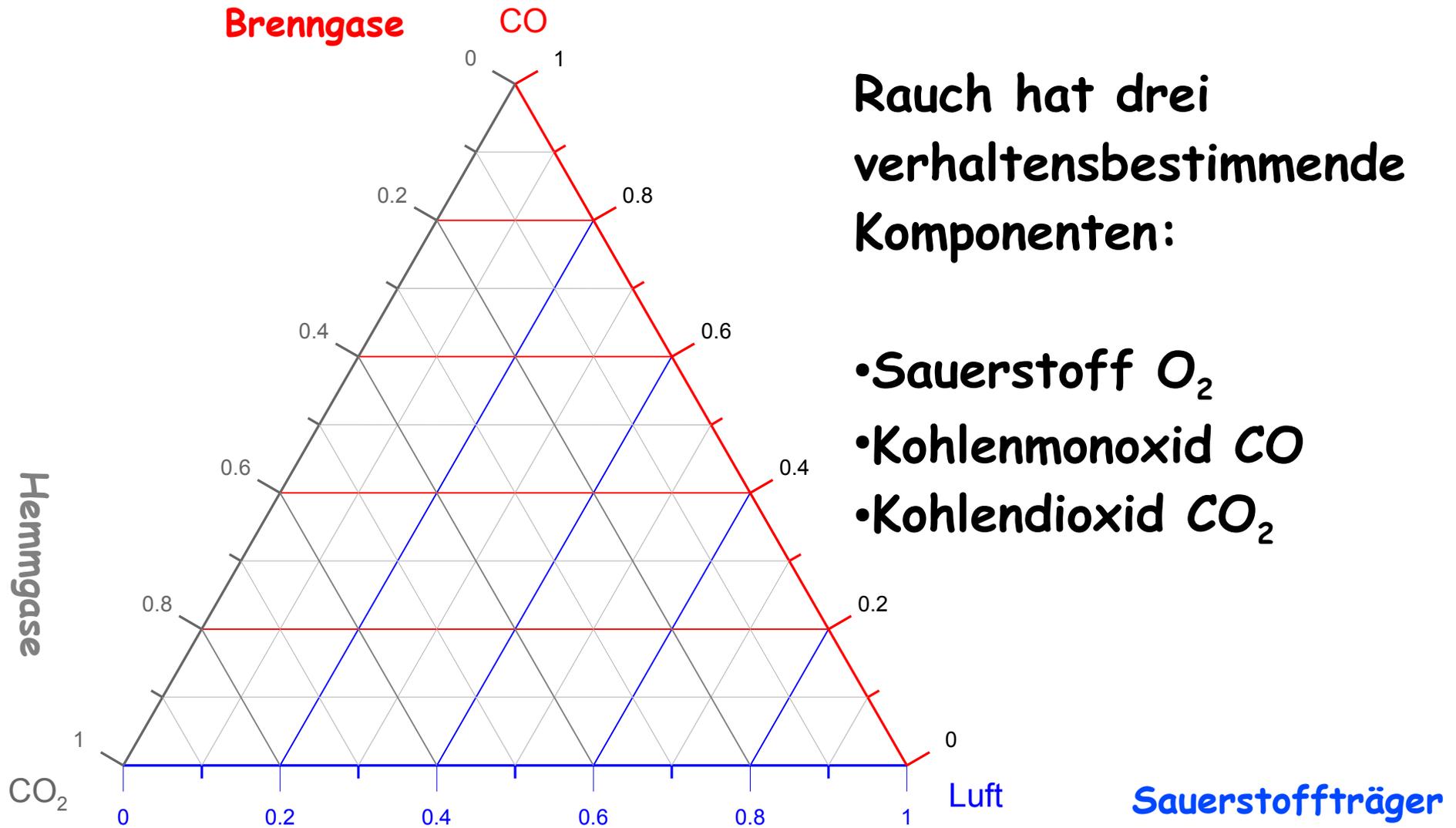
Gips

CaCO₃

CaO

TiO₂

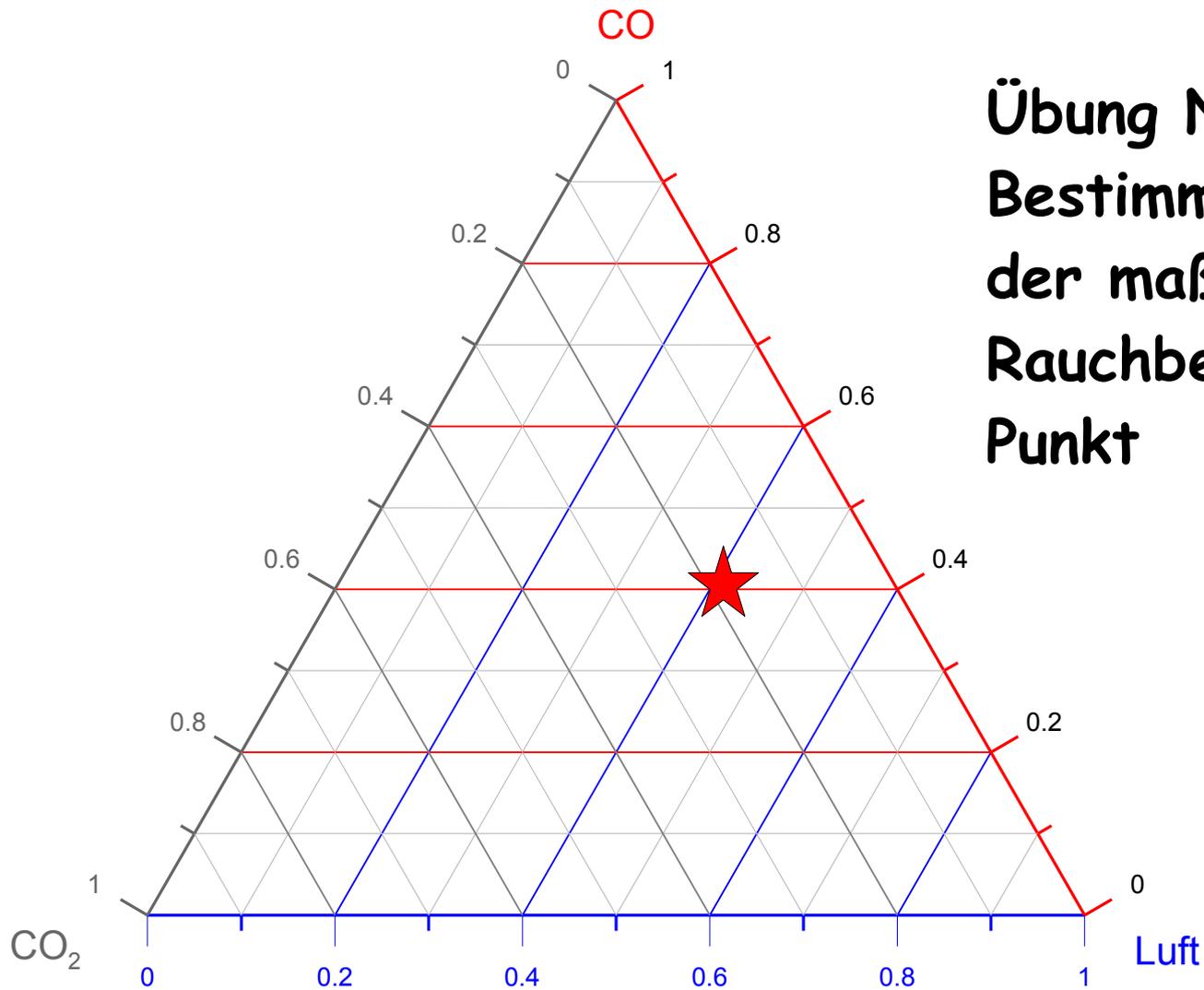
Rauch, immer noch einfach !



Rauch hat drei verhaltensbestimmende Komponenten:

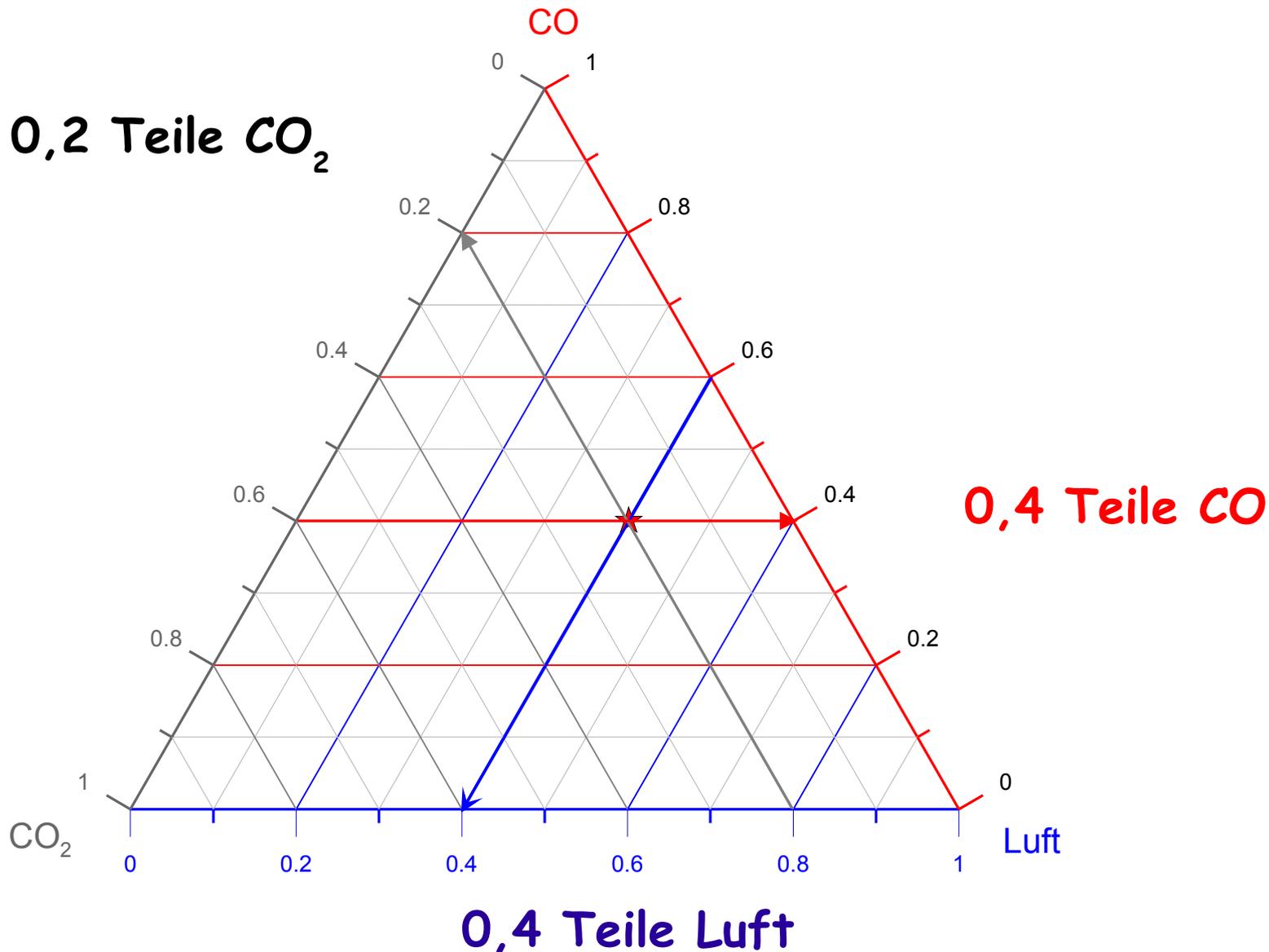
- Sauerstoff O_2
- Kohlenmonoxid CO
- Kohlendioxid CO_2

Rauch, immer noch einfach !

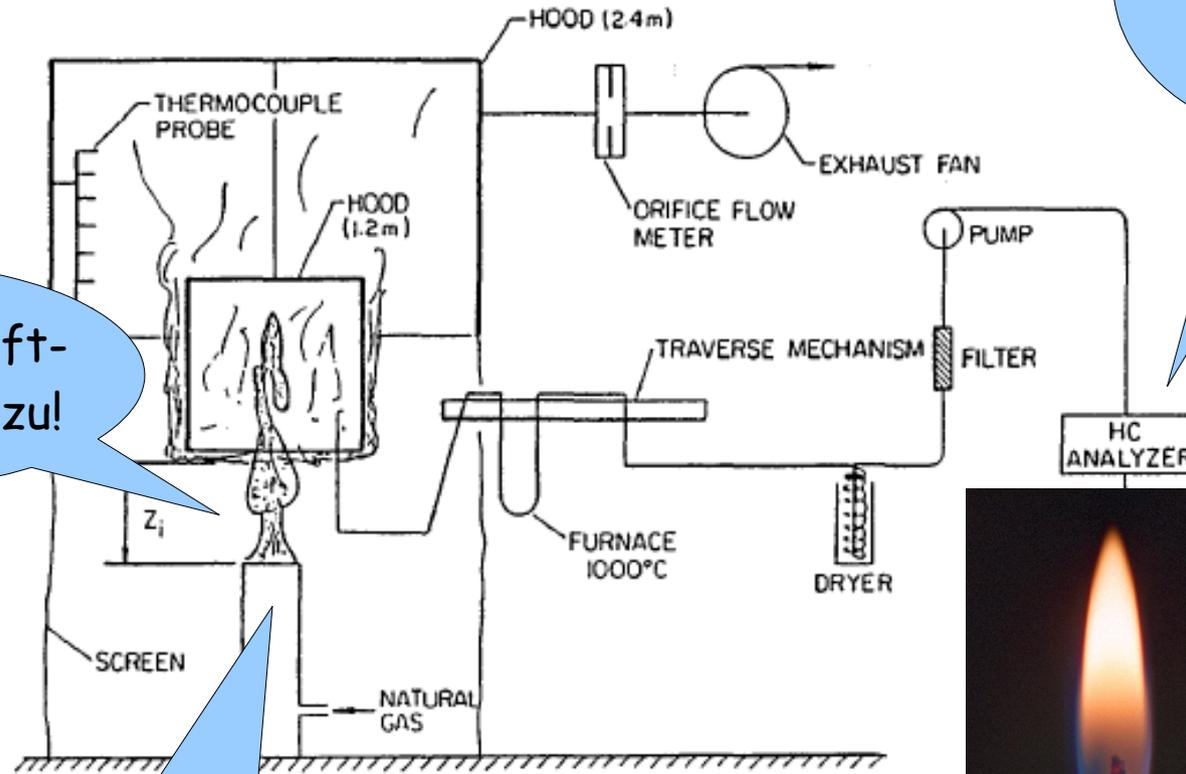


Übung Nr. 1
Bestimmen Sie den Anteil
der maßgeblich
Rauchbestandteile für diesen
Punkt

Übung 1: Lösung



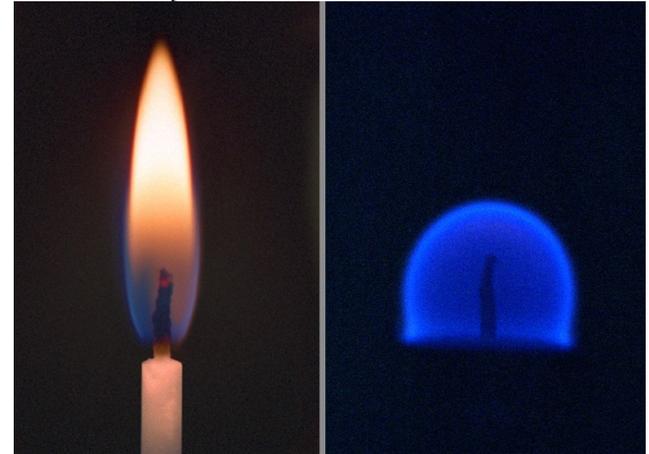
Haubenversuche



Hier kommt Luft-sauerstoff hinzu!

Hier unten geht Brenngas rein!

Hier werden die Rauchgase untersucht!



Skizze des Haubensystems von [CETEGEN 1982]

Was ist das (globale) Äquivalentverhältnis?

Das ist der griechische Buchstabe Groß-Phi

$$\frac{\text{Brenngas}}{\text{Luftsauerstoff}} = \Phi$$

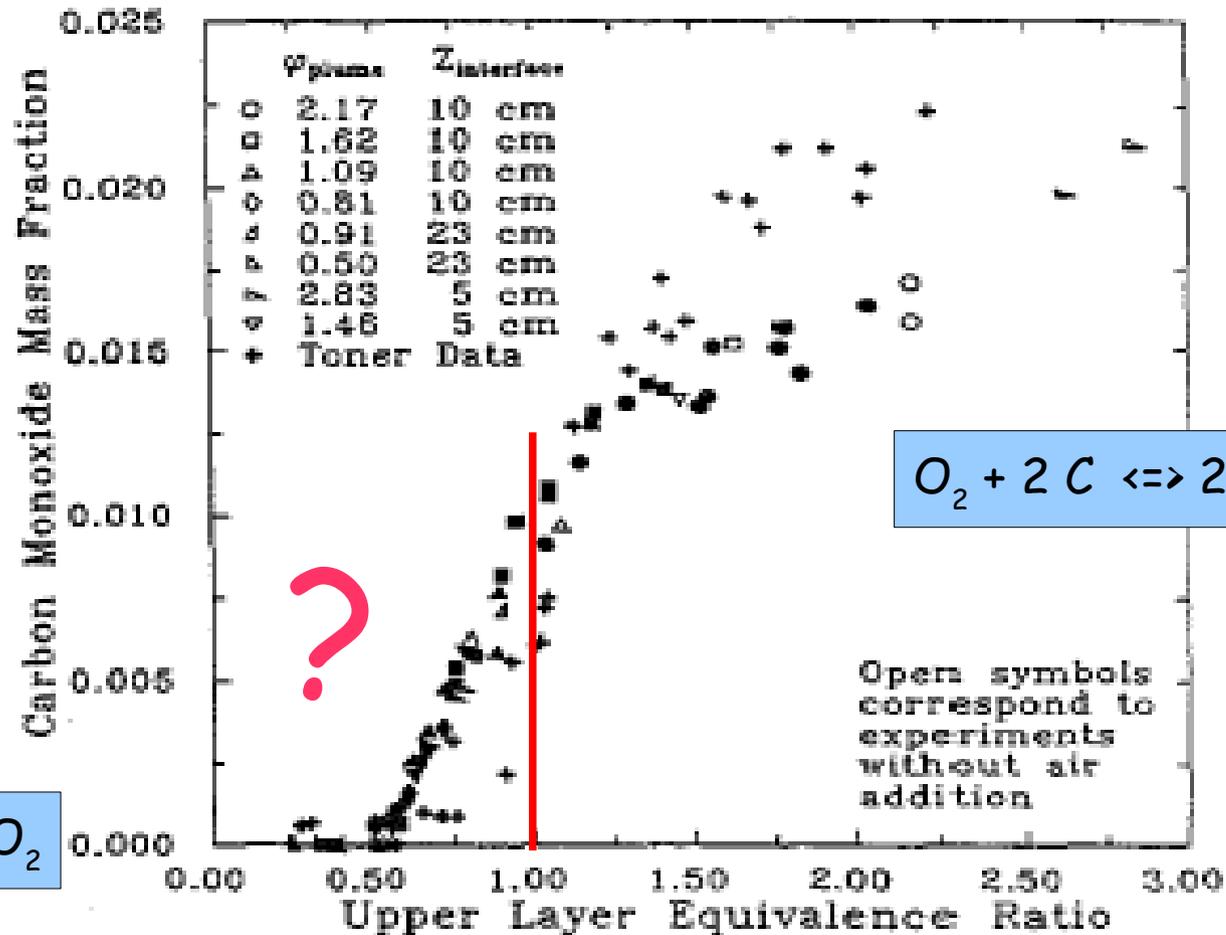


$$\frac{\text{Heißgas}}{\text{Luftsauerstoff}} = \Phi_G$$

Das Äquivalentverhältnis gibt also an ob für eine Verbrennung genug Sauerstoff zur Verfügung steht?

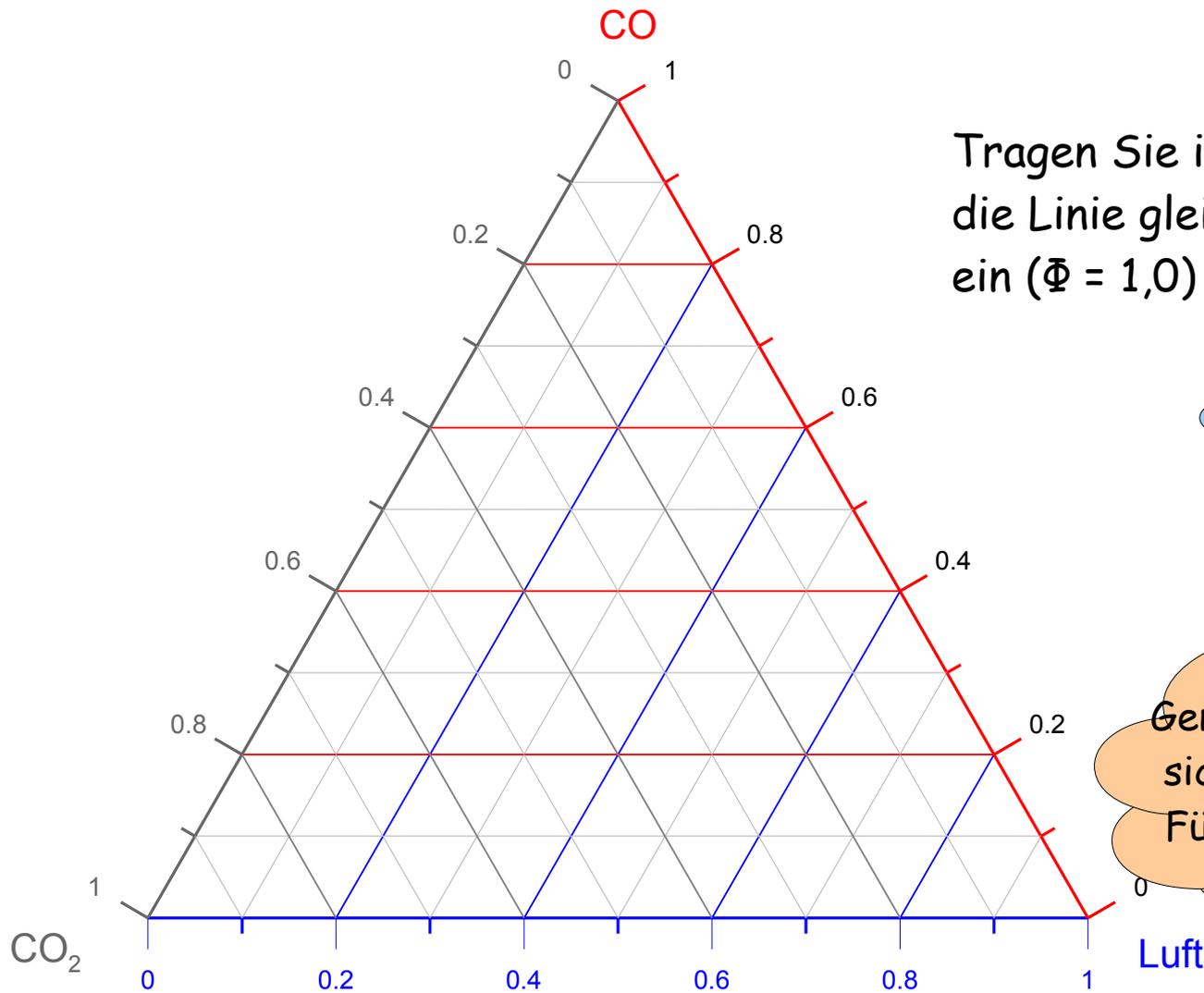
Prinzipiell ja: Wenn Φ kleiner als 1 ist, steht mehr Sauerstoff zur Verfügung als benötigt.

CO-Messungen



Massenbrüche der gemessenen Rauchgasbestandteile als Funktion von Φ_g , offene Symbole $\Phi_g = \Phi_p$ (keine Zuführung zusätzlicher Luft in die Oberschicht), ausgefüllte Symbole stellen den Fall $\Phi_g \neq \Phi_p$ dar, Versuchsergebnisse von [TONER 1986] und [MOREHART 1990] dargestellt von [PITTS 1995]

Übung 2

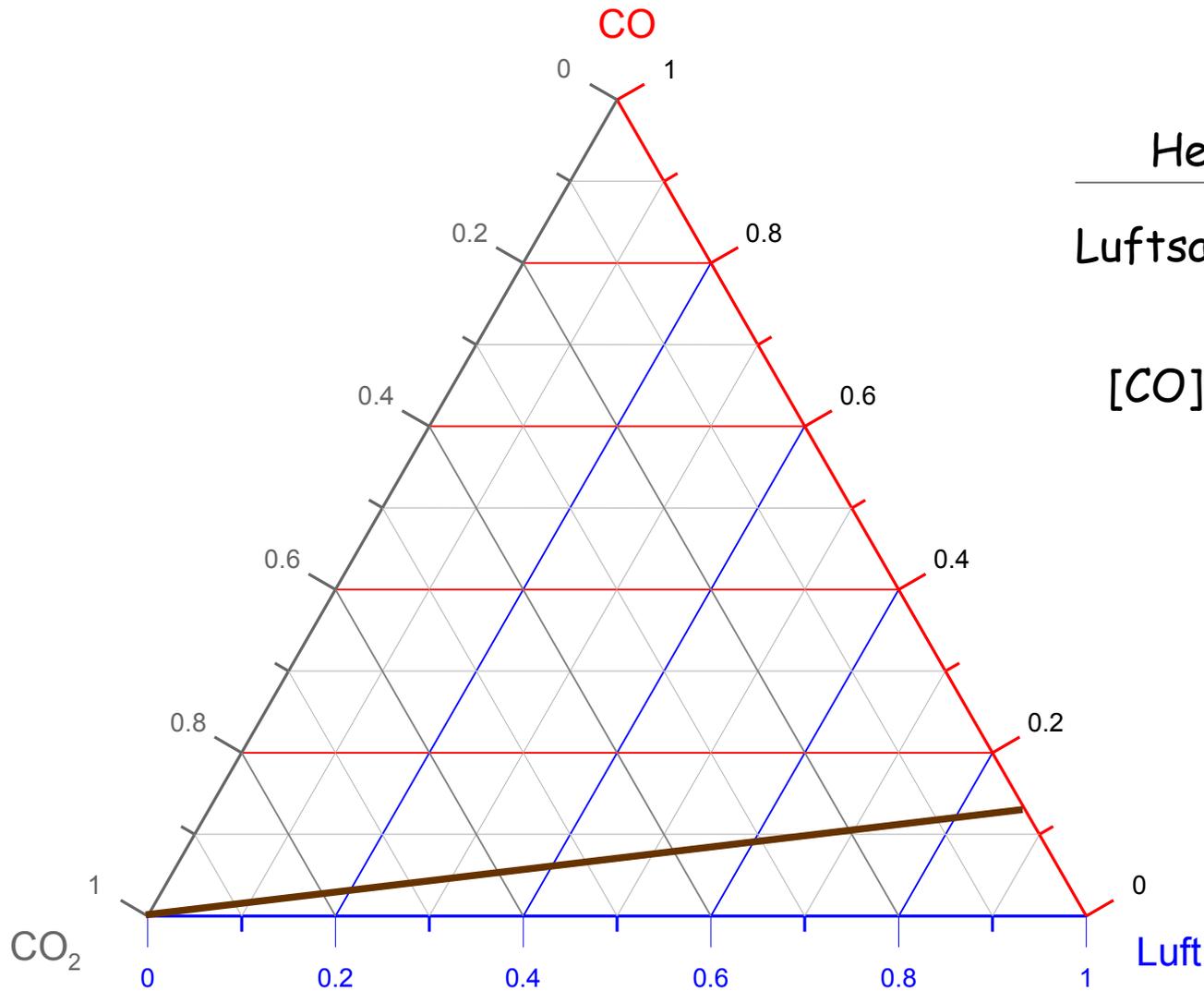


Tragen Sie in das Mischungsdreieck die Linie gleichen Äquivalentverhältnisses ein ($\Phi = 1,0$)

Ah, ab diesem Φ entsteht CO?

Genau, Du musst nur noch berücksichtigen, daß Luft nur zu einem Fünftel aus Sauerstoff besteht!

Übung 2: Lösung

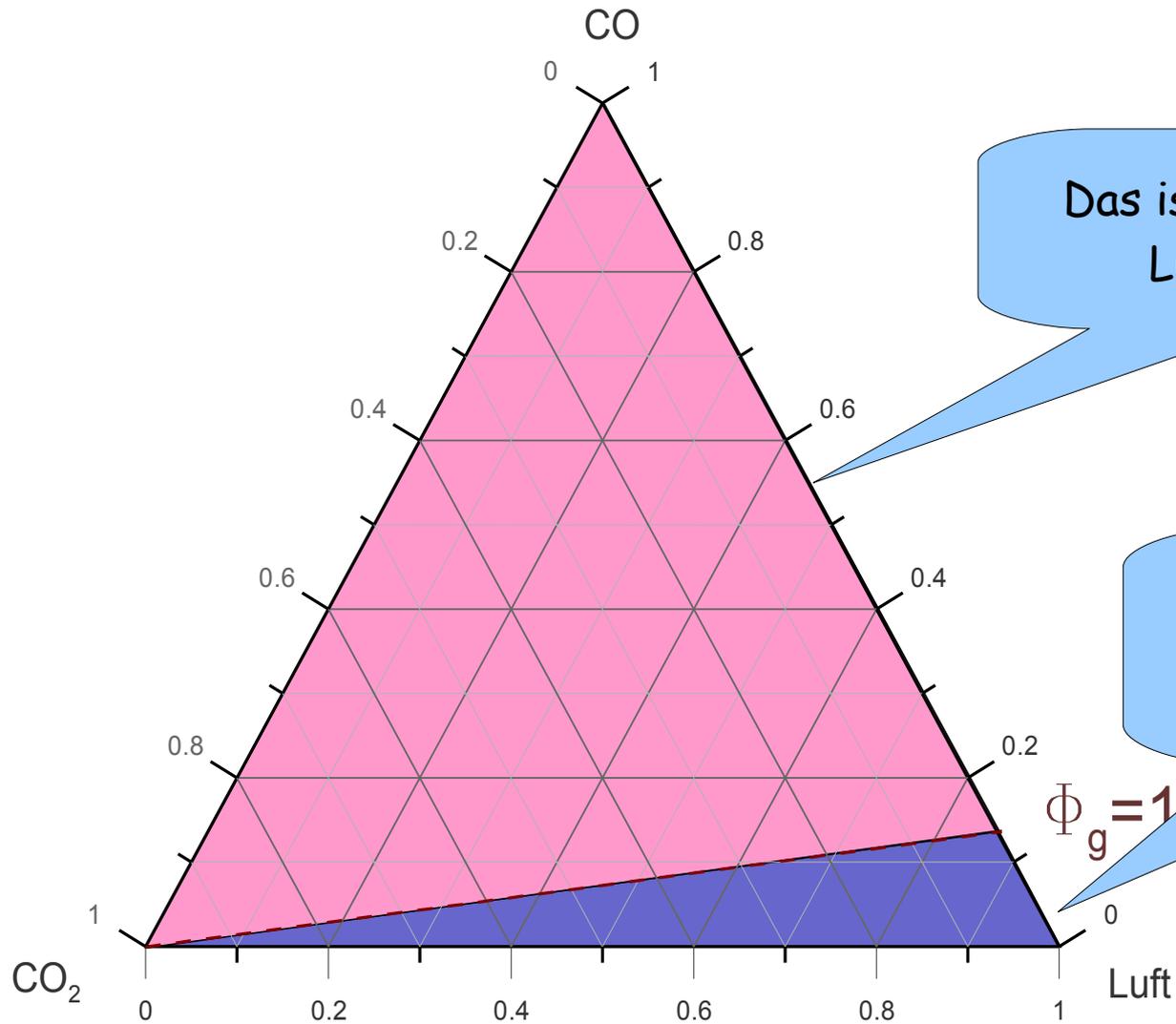


$$\frac{\text{Heißgas } \{2\text{CO}\}}{\text{Luftsauerstoff } \{\text{O}_2\}} = \Phi_G = 1$$

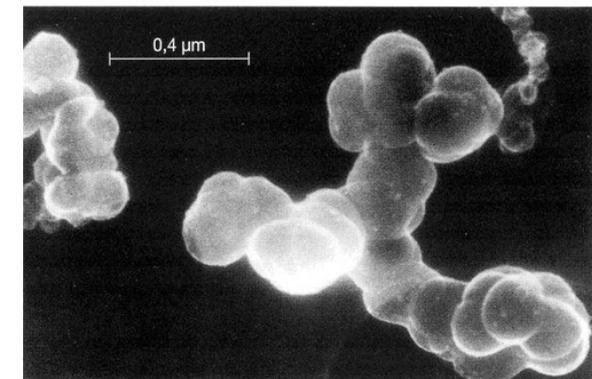
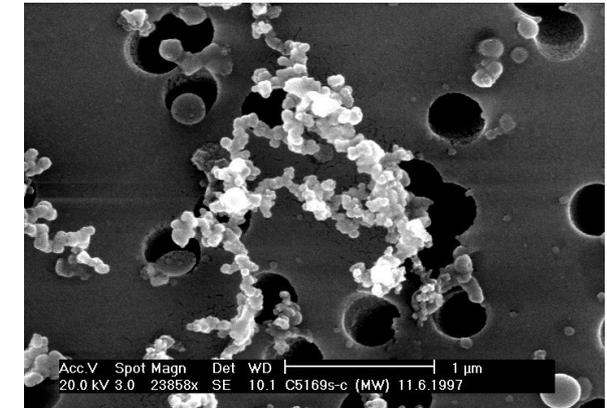
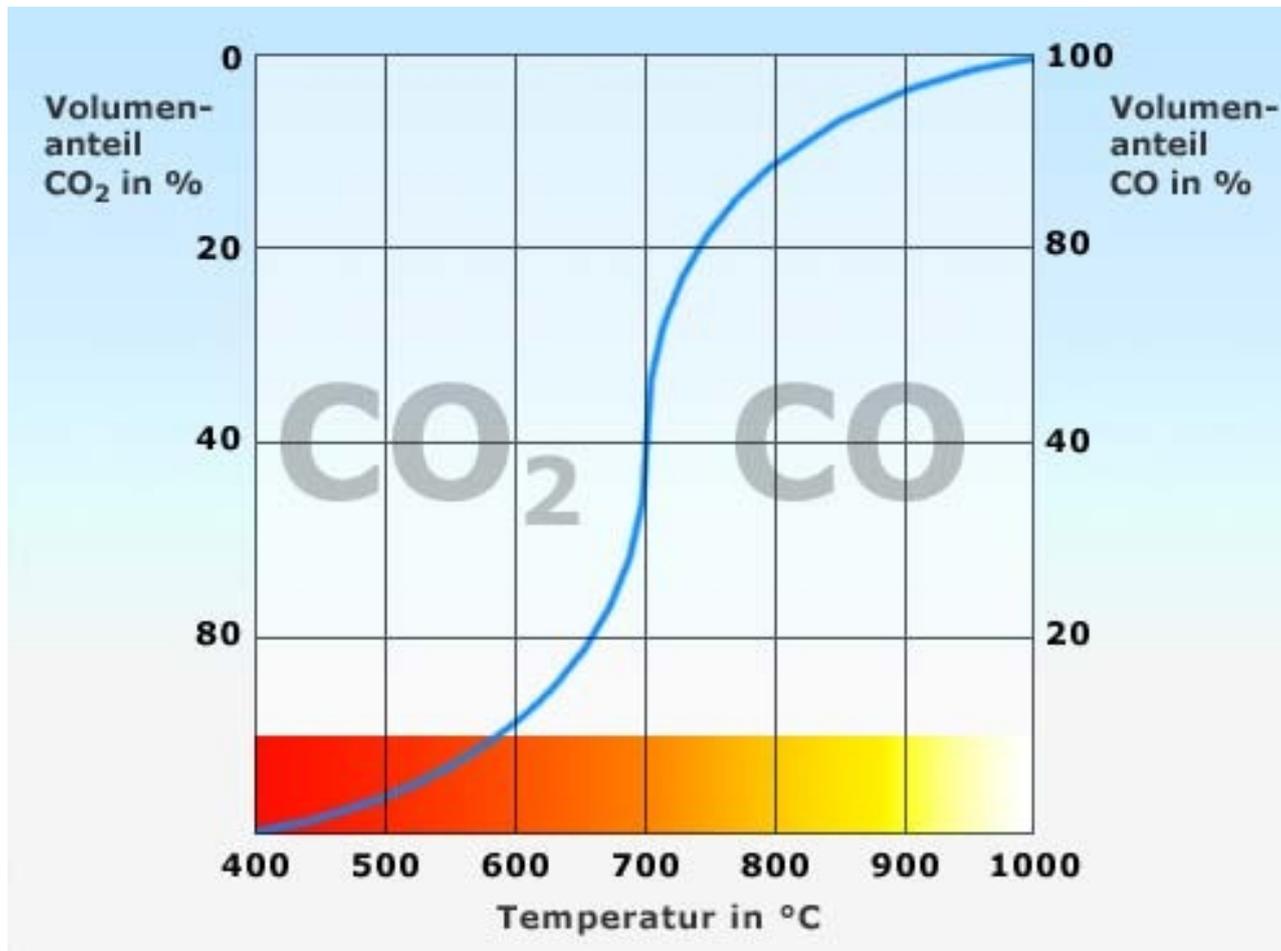
$$[\text{CO}] = 2/3 * [1/5] = 30/225$$

Also etwa 13,3%

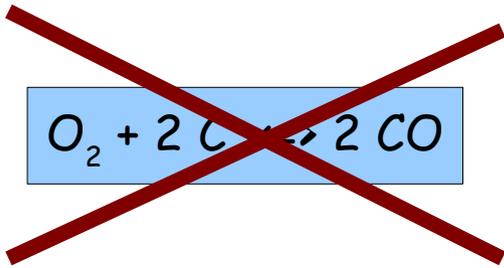
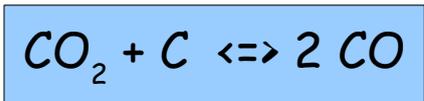
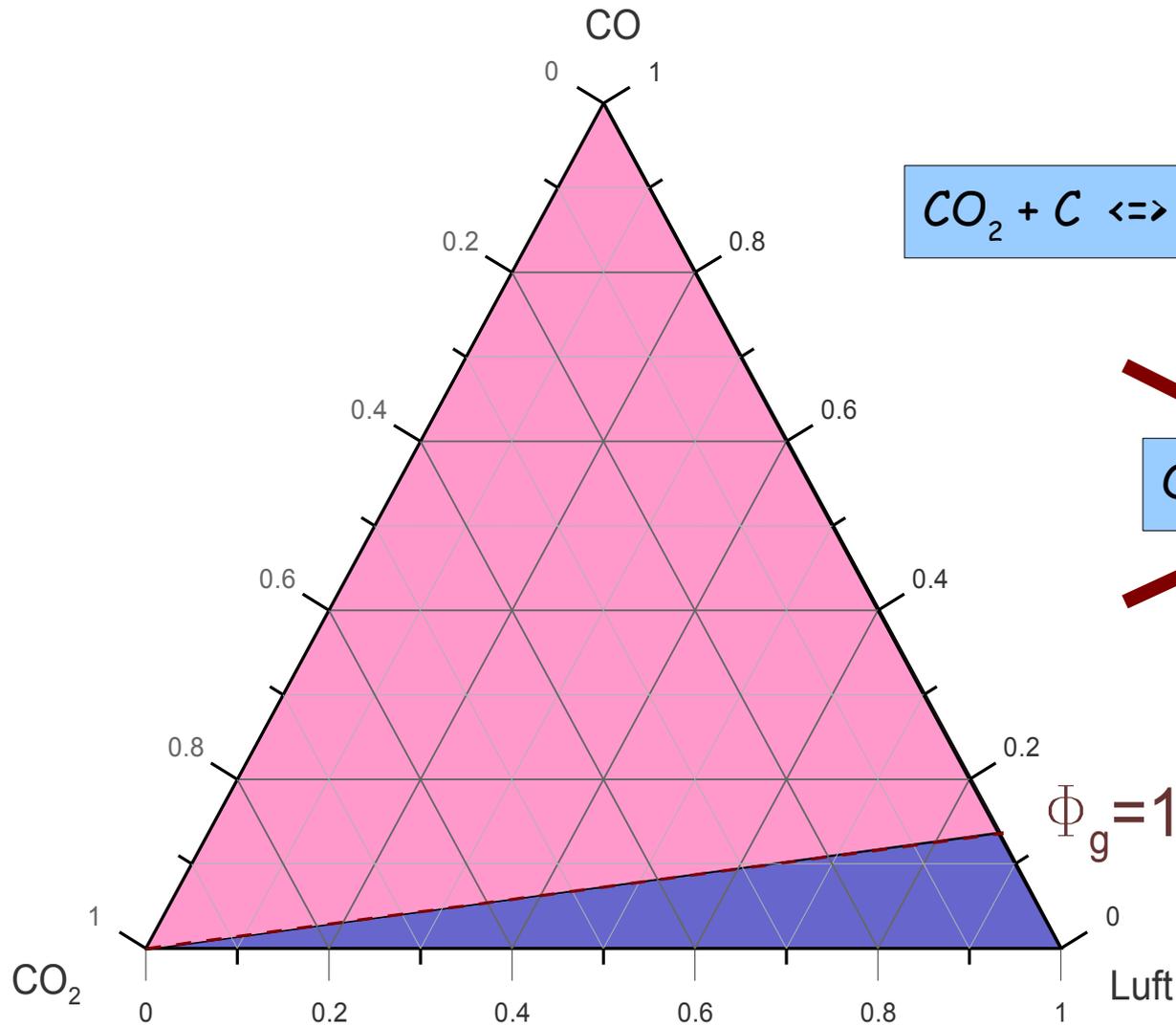
Übung 2: Lösung



Das Boudouard-Gleichgewicht

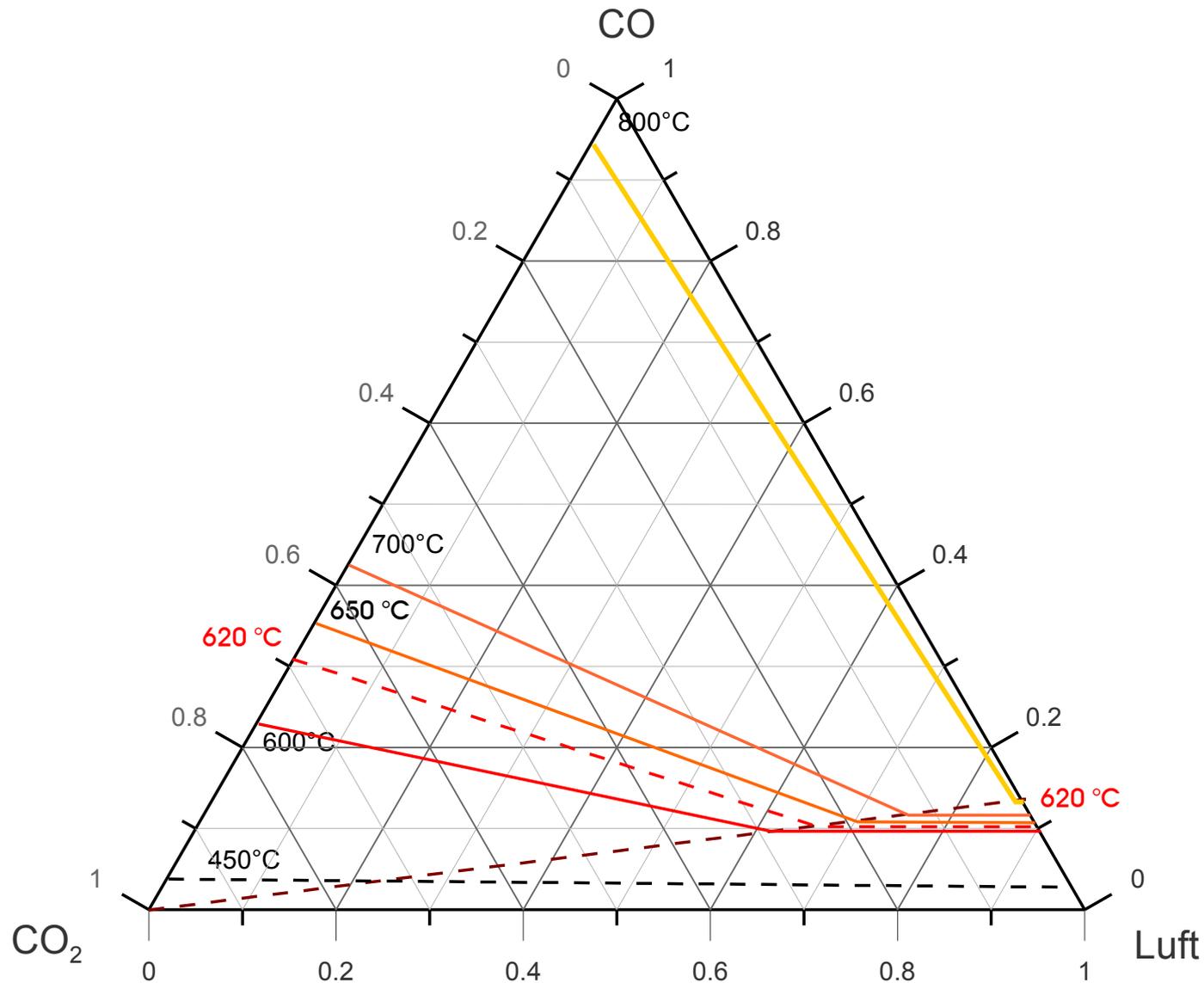


Das Boudouard-Gleichgewicht

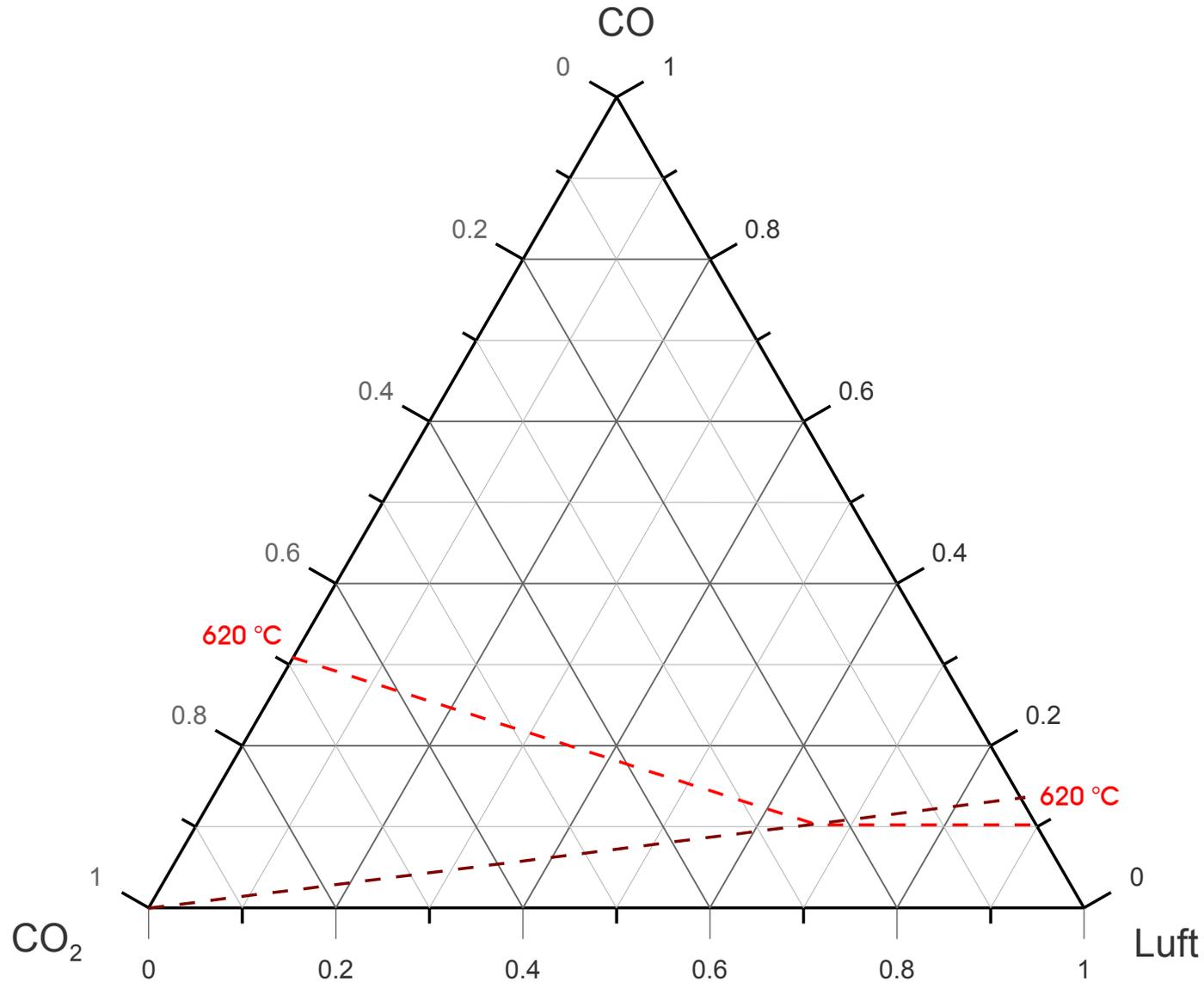


$\Phi_g = 1$

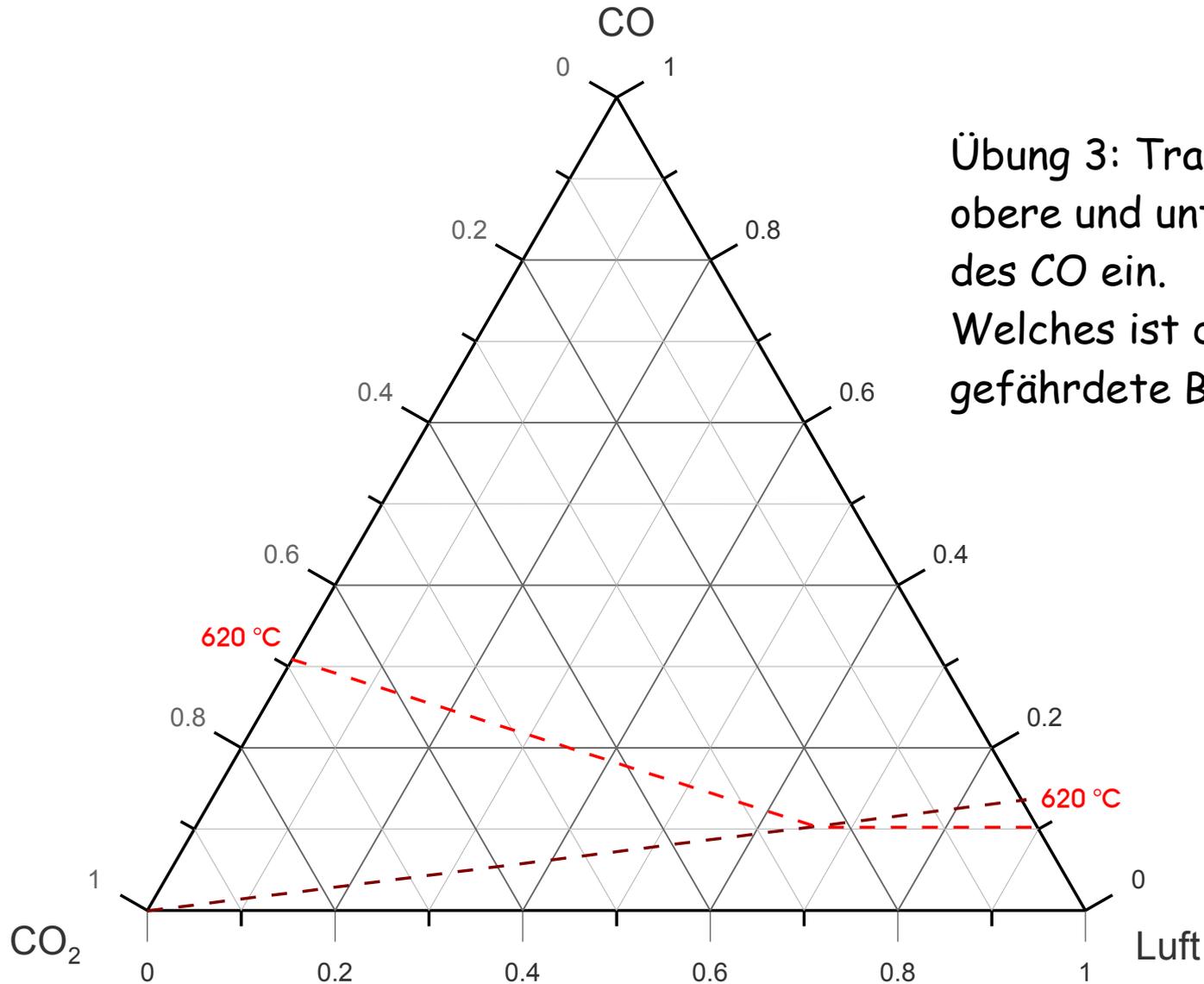
Kombination Boudouard und Mischungsdreieck



Fast am Ziel?

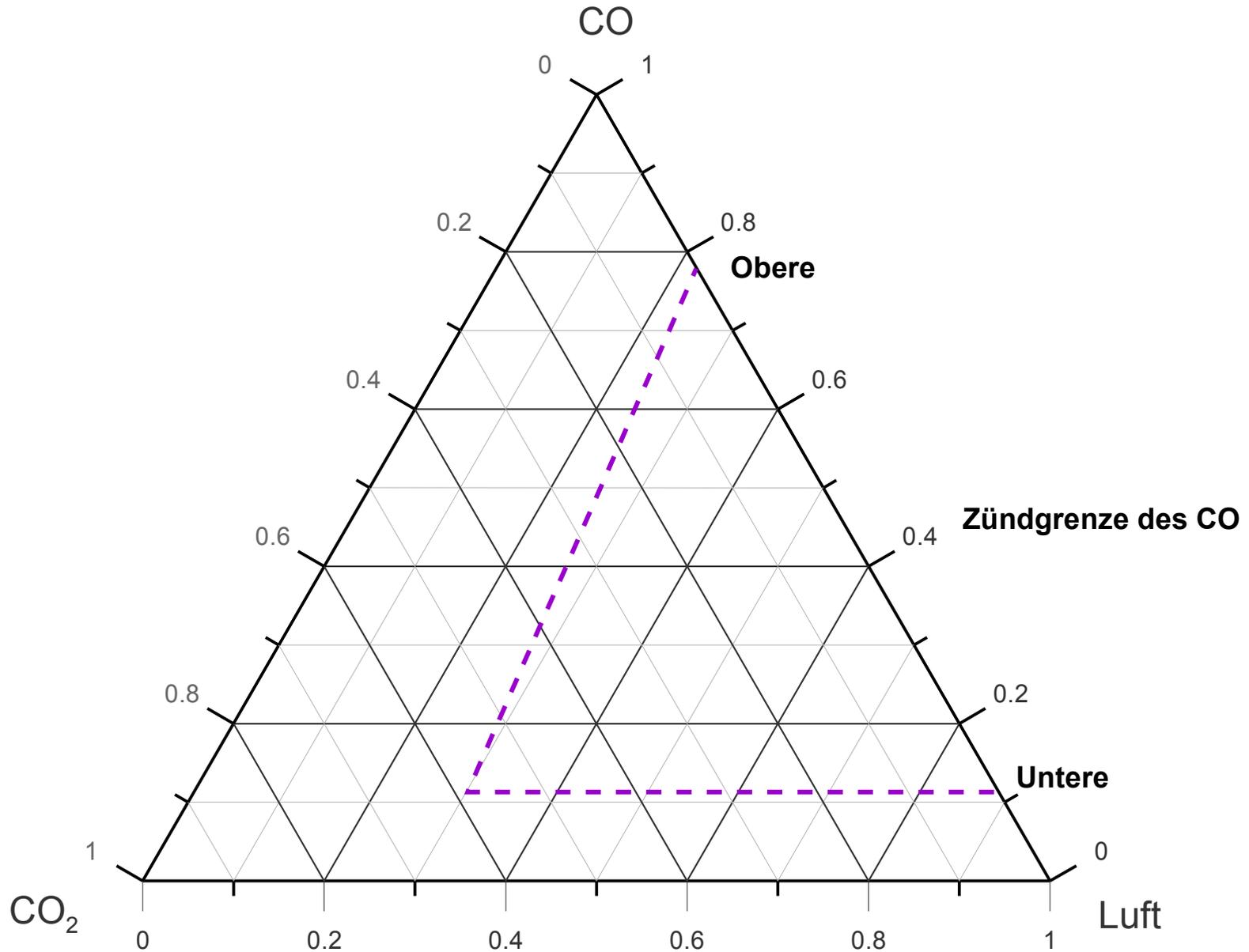


Was ist mit der Zündgrenze vom CO?

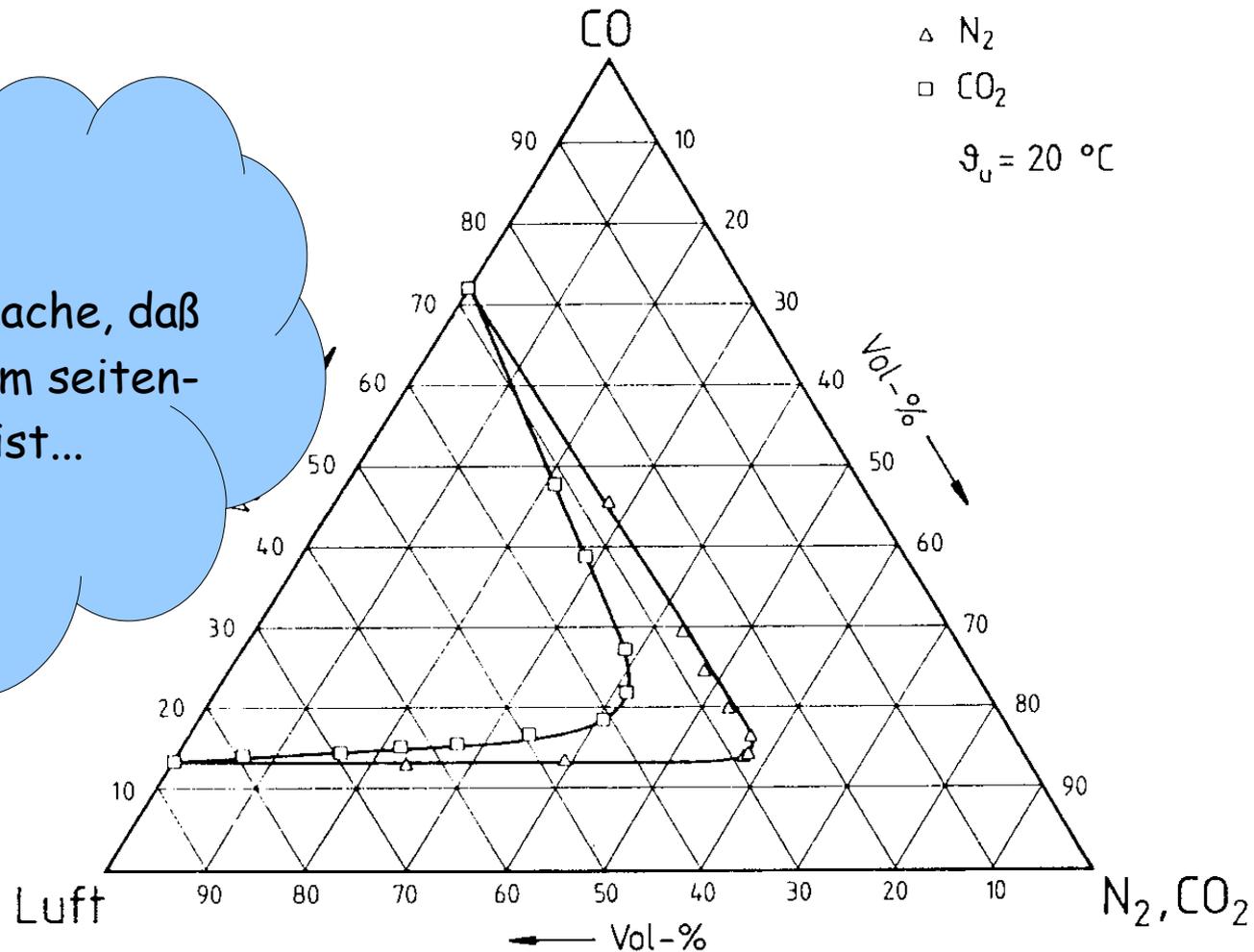


Übung 3: Tragen Sie die obere und untere Zündgrenze des CO ein.
Welches ist der explosionsgefährdete Bereich?

Übung 3: Lösung



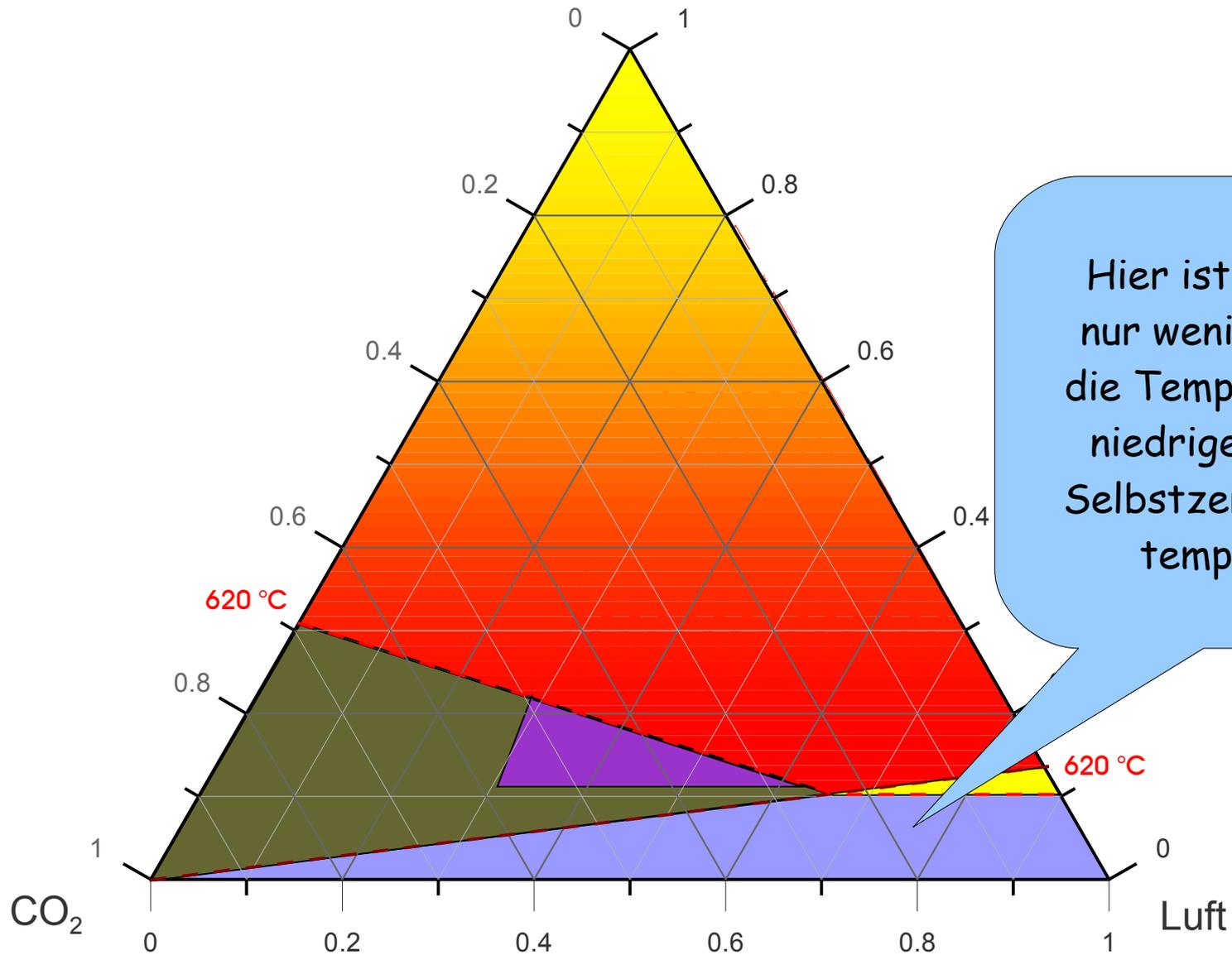
Kontrolle?



Bis auf die Tatsache, daß dieses Diagramm seitenverkehrt ist...

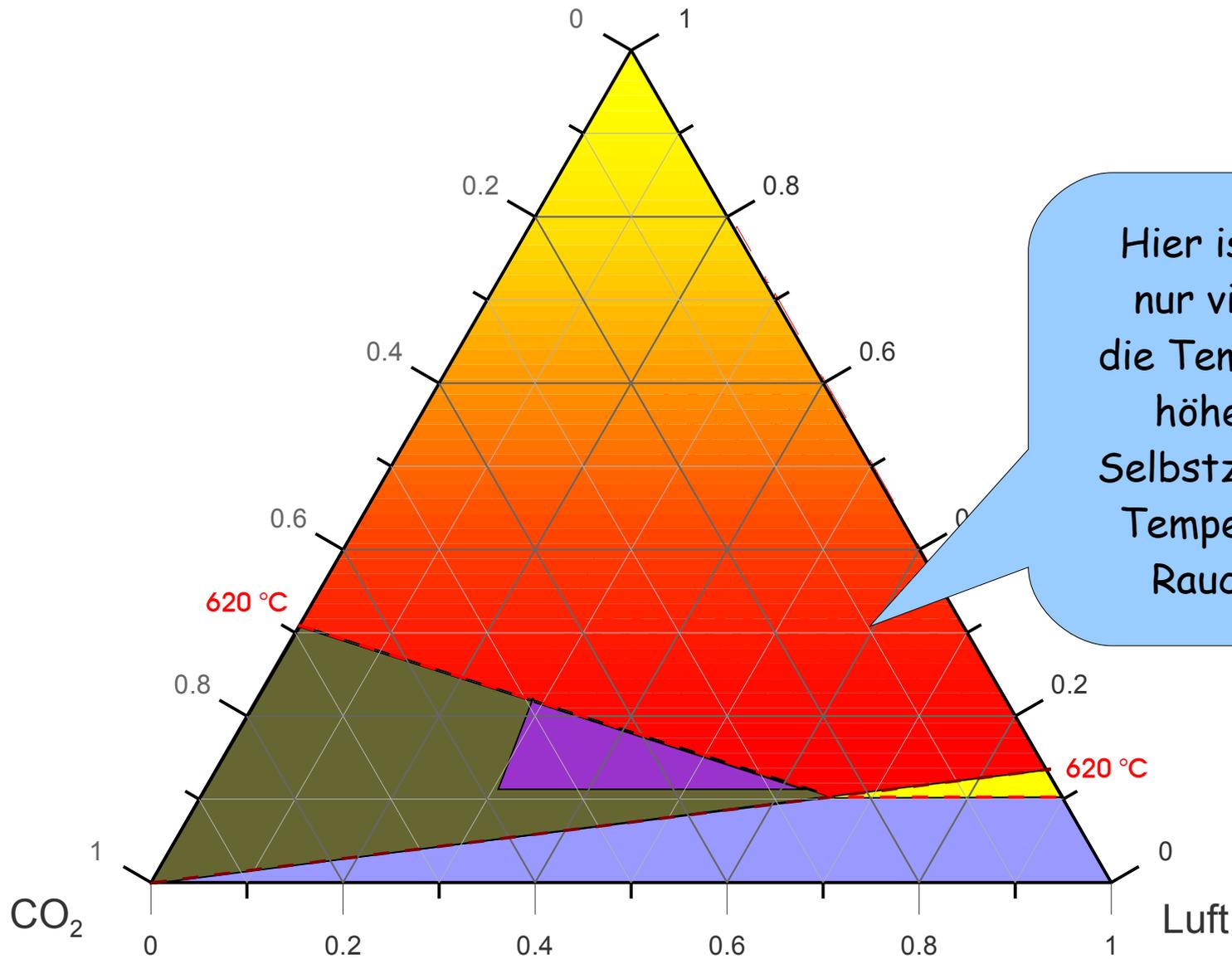
Bild 2.2 Einfluß inerter Komponenten auf die Zündgrenzen von CO-Luft
/30/

Reaktionsbereich A



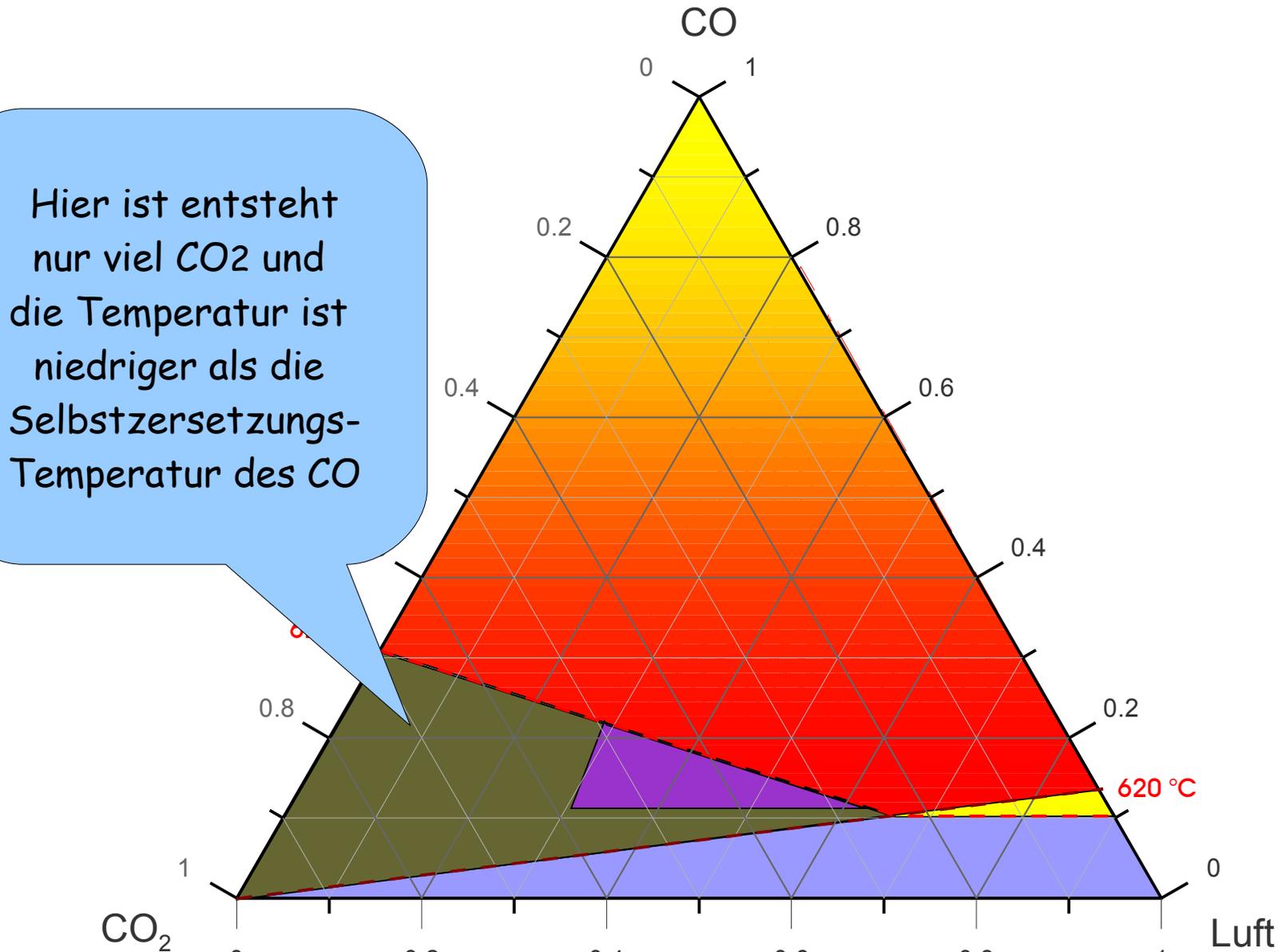
Hier ist entsteht nur wenig CO und die Temperatur ist niedriger als die Selbstzersetzungs-temperatur

Reaktionsbereich B

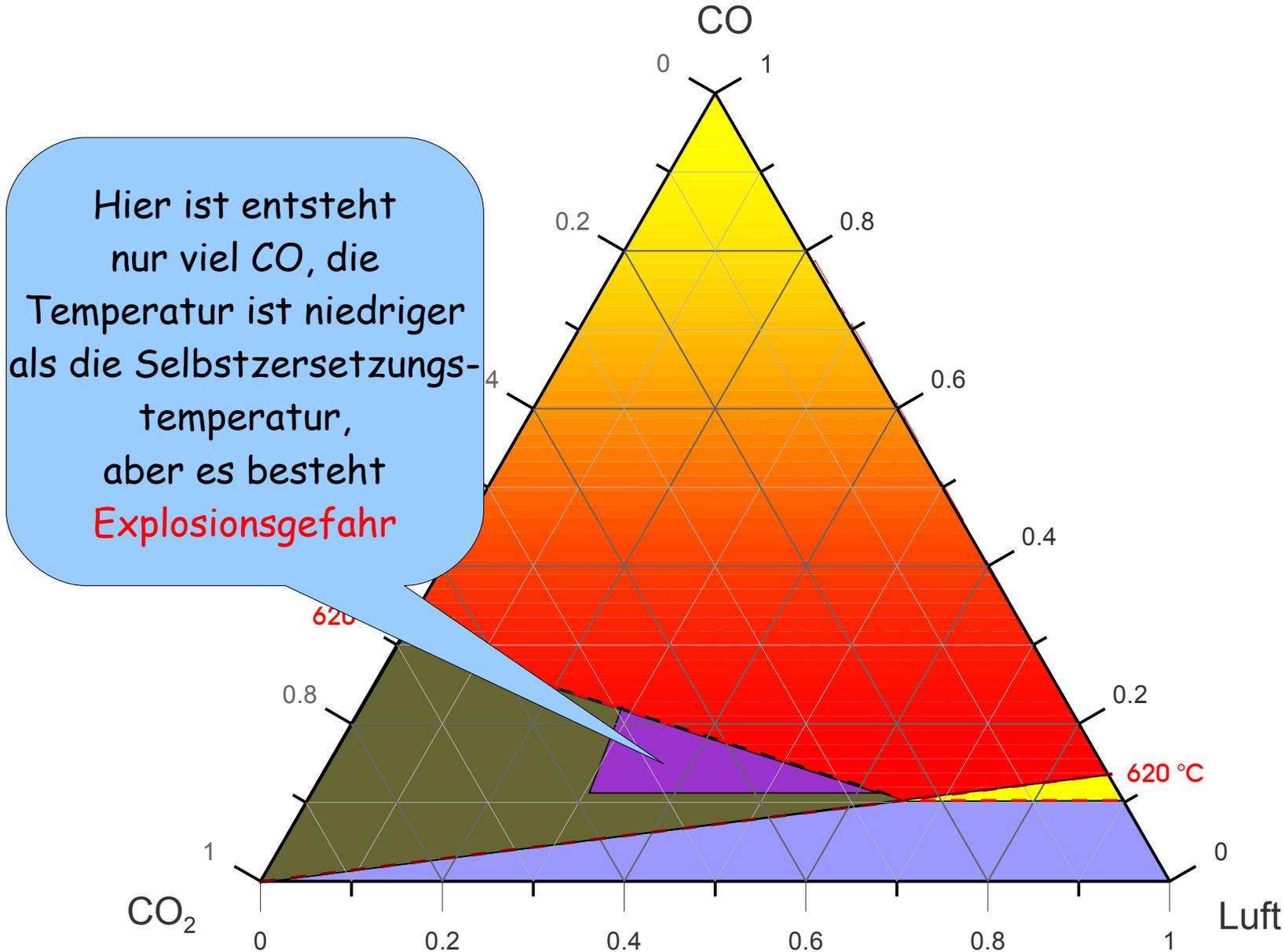


Hier ist entsteht nur viel CO und die Temperatur ist höher als die Selbstzersetzungs-Temperatur, der Rauch brennt!

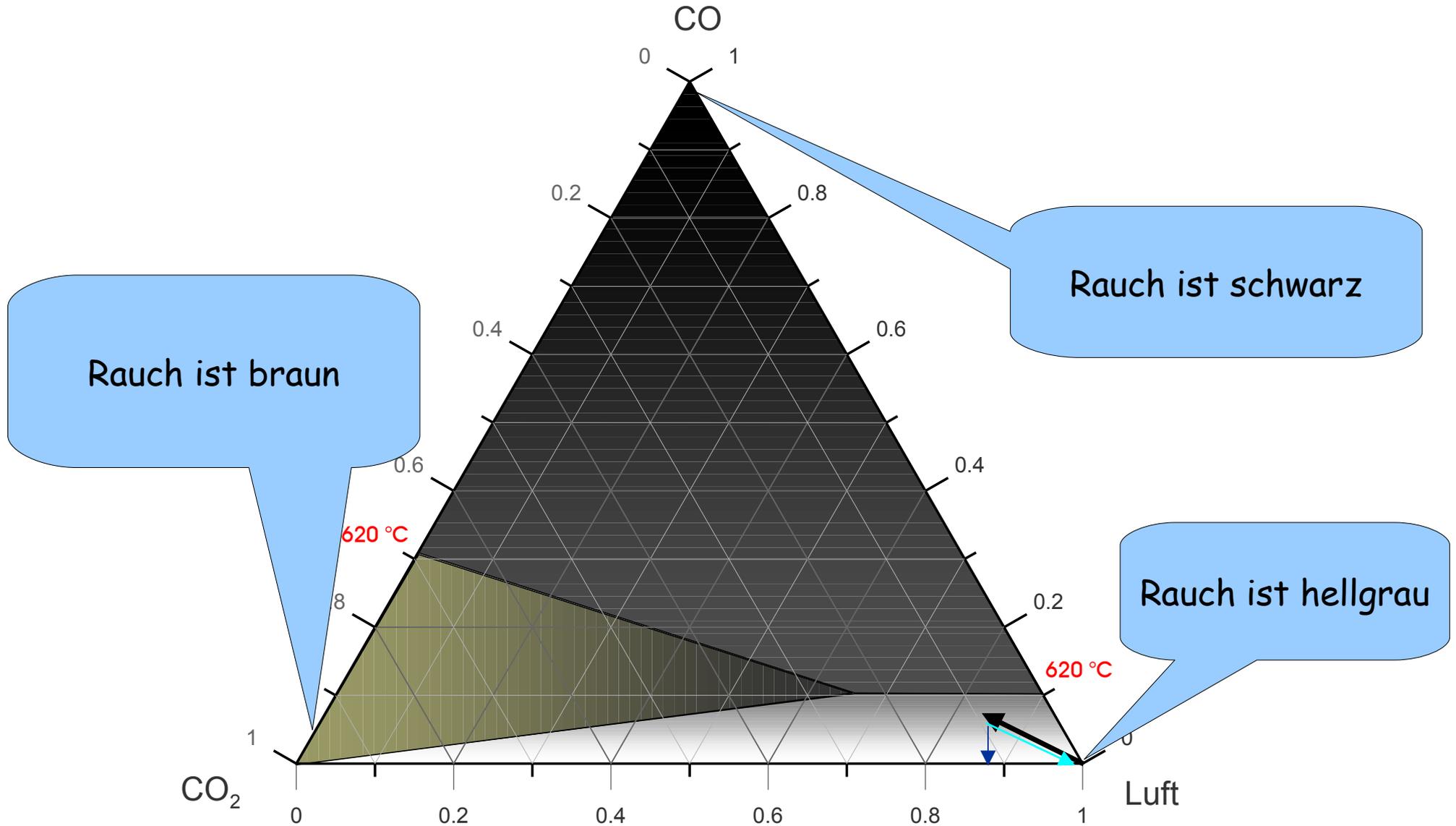
Reaktionsbereich C



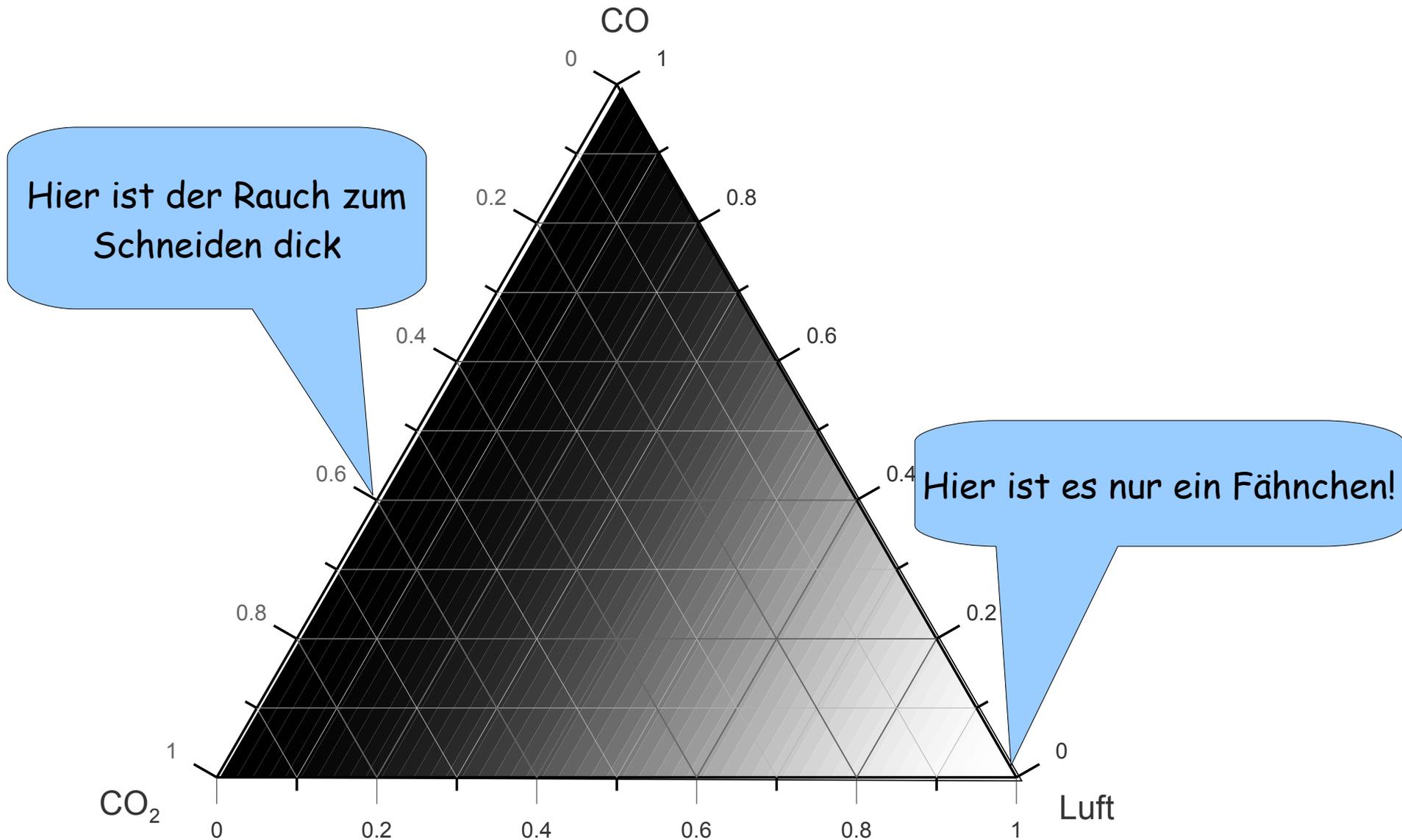
Reaktionsbereich D



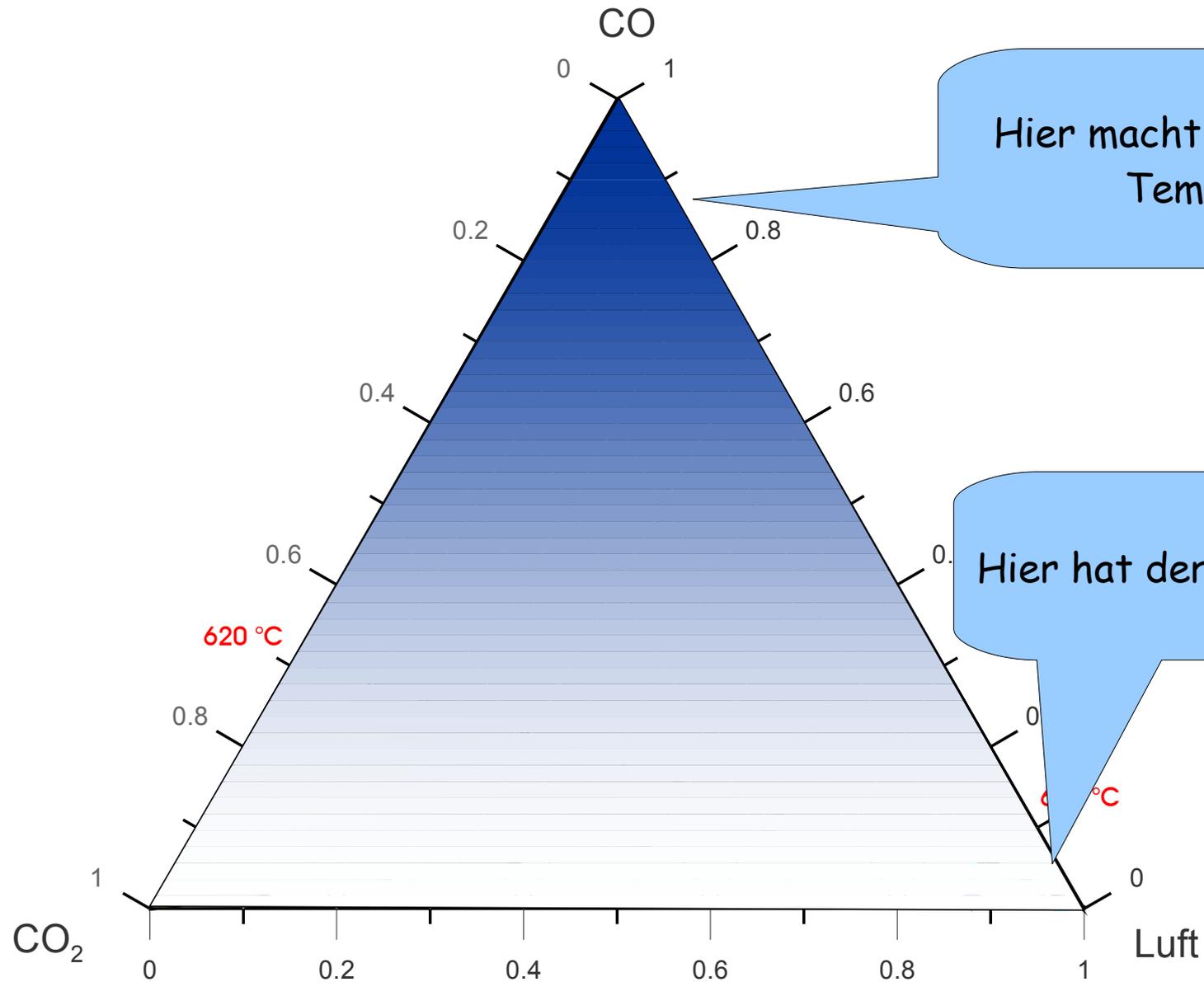
Was nützt mir jetzt die ganze Theorie?



Und die Rauchdichte?

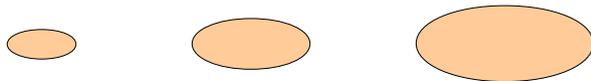


Die Ausströmgeschwindigkeit



Schlußfolgerung ?

- Rauch ist Brennstoff!
- Vier Standardsituationen, nicht mehr!
- Der Rauch kündigt an, wie sich der Brand in Kürze entwickelt.
- Gefährliche Situationen lassen sich im Voraus erkennen!



Hmm, sollten wir das nicht an ein paar Praxisbeispielen erläutern?