

11. GASKONZENTRATION WÄHREND EINES FLASHOVERS BEIM BRAND EINES ZIMMERS

Die Brandentwicklung in einem Wohnraum, unter Einbeziehung der Messung und Dokumentation von für die Beurteilung der Personengefährdung relevanter Daten wurde in der Brandversuchshalle der FFB untersucht. Der vorhandene Modellbrandraum mit den Abmessungen 5 m x 5 m x 2,6 m, der als Wohnraum realer Größe betrachtet werden kann, wurde mit Sitzgruppe, Sideboard mit Fernseher, Schrank, Regal, Tisch, Stehlampe und div. Bildern an den Wänden, eingerichtet. Die Wände und die Raumdecke wurden mit Gipskartonplatten verkleidet, der Fußboden mit einem einfachen Nadelfilzteppich ausgelegt. Der Brandraumboden ist als Abbrandwaage ausgeführt. Das Inventar hatte ein Gesamtgewicht von 501 kg.

Messungen wurden durchgeführt, um folgende Messgrößen zu bestimmen:

Raumtemperaturen unter der Decke und in 1,5 m Höhe, Gaskonzentrationen (CO₂, CO und O₂) kontinuierlich, 10 cm unter der Decke. Weitere Rauchgasanalysen wurden mit dem FT-IR-Gasanalysator, Type GasmelTM DX-4000, durchgeführt. Die unbeheizte Gasabsaugsonde befand sich in der rechten Ecke, 80 cm unterhalb der Decke und ca. 30 cm von der Wand entfernt. Die Sonde war mit einem Teflonschlauch ausgekleidet. Wegen der zu erwartenden hohen Temperatur im Brandraum wurde der Teflonschlauch ca. 40 cm vom Sondenanfang zurückgezogen.

Um das Brandgeschehen von außen aus möglichst vielen Blickrichtungen mit Videokameras zu dokumentieren, wurde die Vorderfront des sonst geschlossenen Brandraumes entfernt. Der Raum wurde außerdem mit mehreren Filmleuchten ausgeleuchtet (s. Bild 11.1). Zusätzlich wurden die Wärmestrahlung vor der Raumöffnung und weitere Daten wie etwa das Ansprechverhalten von zwei fotoelektronischen Rauchmeldern, die an der Decke je 1 m links bzw. 1 m rechts von der Mitte befestigt waren, registriert.



Bild 11.1: Versuchsstand mit möbliertem Brandraum und Beleuchtungseinrichtung.

Die Zündung des Musterzimmers erfolgte auf der Couch, an einem Kissen, mit einem in Brennspritus getränkten Weichholzfaserstreifen. Bereits nach 1:52 min löste der rechts angeordnete Rauchmelder aus. Am Kissen waren kleine Flammenspitzen erkennbar. Der Rauchmelder links der Mitte löste nach 3:58 min aus. Die Flamme am Kissen war dabei ca. 30 cm hoch.

Während den ersten 10 min des Entstehungsbrandes erhöhten sich die Temperaturen im Brandraum mit etwa 19 °C/min recht langsam (s. Bild 11.2). Erst nach 11 min Branddauer entwickelte sich das Feuer zum Vollbrand und die Raumtemperaturen stiegen rasch an. Die Maximaltemperatur erreichte 1122 °C während des Flashovers (s. Bild 11.3) am Thermoelement in der Mitte des Raumes, 10 cm unterhalb der Decke. Das Bild 11.4 zeigt die Temperaturverläufe über der Versuchszeit.

Im Bild 11.5 sind die an der Decke gemessenen Konzentrationsverläufe für CO, CO₂ und O₂ dargestellt. Der CO₂-Wert steigt in der Entstehungsphase des Brandes kontinuierlich auf 1,5 Vol.-% an. Ab etwa 12 min Branddauer steigt er rasch an. Inzwischen hatten sich auch die Oberflächen der brennbaren Materialien im Raum durch Wärmestrahlung aus den Flammen und aus der heißen Rauchsicht unterhalb der Decke soweit aufgeheizt, dass brennbare

Pyrolysegase und -dämpfe wie Methan, Ethan, Ethen und Acetylen kurzfristig und in so großer Menge entstanden, dass sie mit der im Raum noch vorhandenen Luft ein zündfähiges Gemisch bildeten und dieses durch vorhandene Flammen oder durch andere Zündquellen gezündet wurde (Flashover nach 12:18 min). Danach brannte das gesamte im Raum befindliche brennbare Material. Der CO_2 -Wert stieg auf max. 11,7 Vol.-% an bei einem CO-Anteil von max. 1,19 Vol.-%. Sauerstoff wurde noch mit 4,5 Vol.-% gemessen. Wegen der starken Hitzeentwicklung (max. $0,88 \text{ W/cm}^2$) und zum Schutz der Brandversuchshalle wurde das Feuer nach 12:45 min mit Wasser gelöscht. Der beim Versuch gemessene Abbrand wurde mit nur 35 kg, bei 501 kg Anfangs-Brandlast, registriert.

In den Bildern 11.6 – 11.11 sind die Konzentrationen einiger wichtiger Brandgase dargestellt. Auffällig sind die Ergebnisse der leicht brennbaren unverbrannten organischen Gase (s. Bild 11.6). Unverbranntes Methan erreichte während der Flashover-Phase eine Konzentration von max. 980 ppm. Acetylen und Ethen wurden mit max. 428 ppm bzw. 335 ppm gemessen. Nach der Zündung wurden noch 4 ppm unverbrannter Brandbeschleuniger (Ethanol) festgestellt. Während der Vollbrandphase (12. bis 14. min) stiegen alle Gaskonzentrationen (außer O_2) an. Methanol und Ethanol erreichten max. 21 ppm und 6 ppm, der Acrolein-Wert ca. 20 ppm. Bei den Aromaten wurden u.a. max. 218 ppm Benzol und 85 ppm o-Xylol analysiert. Die Stickoxide erreichten Konzentrationen von 200 ppm NO, 3,9 ppm NO_2 und 4,4 ppm N_2O . Ammoniak und Schwefeldioxid erreichten 7,5 ppm bzw. 38 ppm und Blausäure max. 300 ppm.



Bild 11.2: Flammenszenario 7 min nach der Zündung



Bild 11.3: Flashover nach 12:18 min Branddauer

Zimmerbrand

(Temperaturmessung, 10 cm unterhalb der Decke)

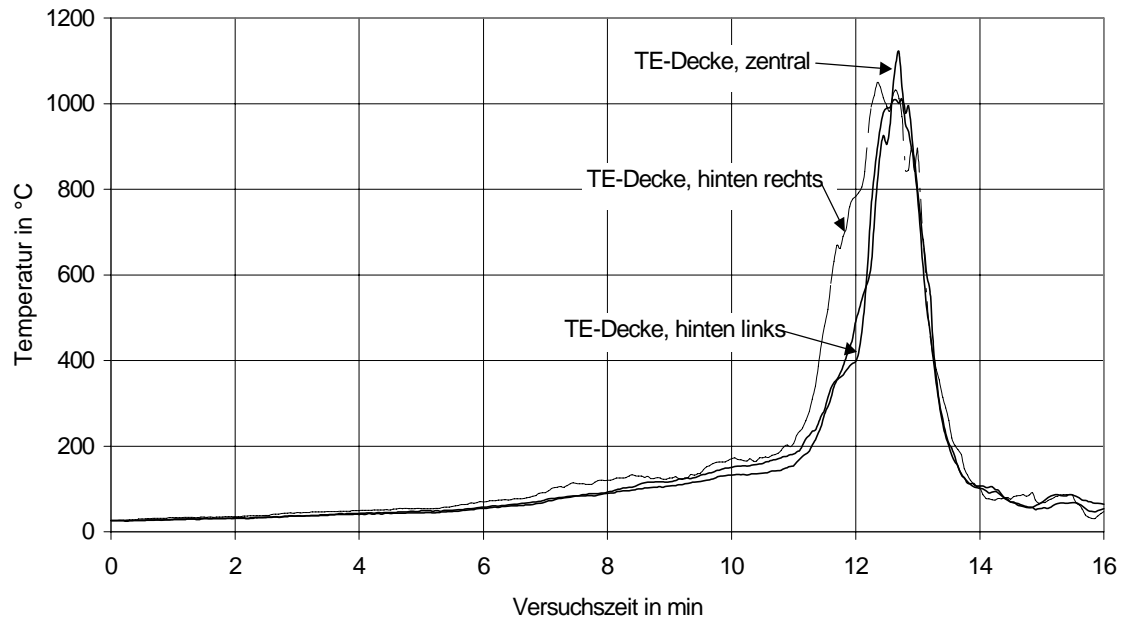


Bild 11.4: Deckentemperaturen im Brandraum

Zimmerbrand

(CO₂-, O₂- und CO-Konzentration an der Decke, zentral)

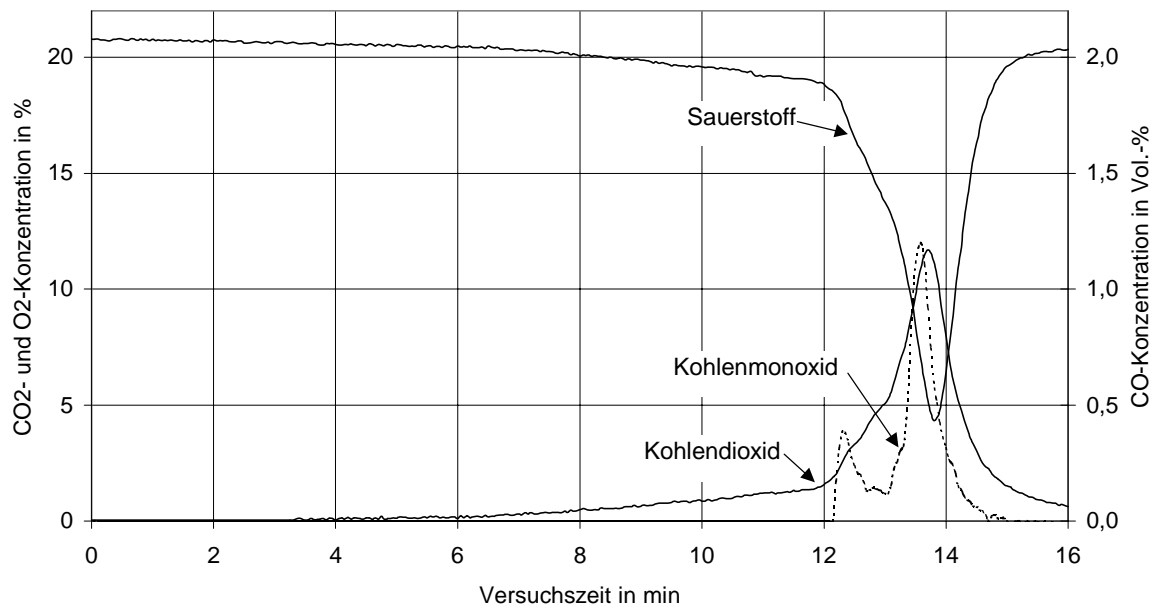


Bild 11.5: CO₂-, O₂- und CO-Konzentration an der Decke, zentral

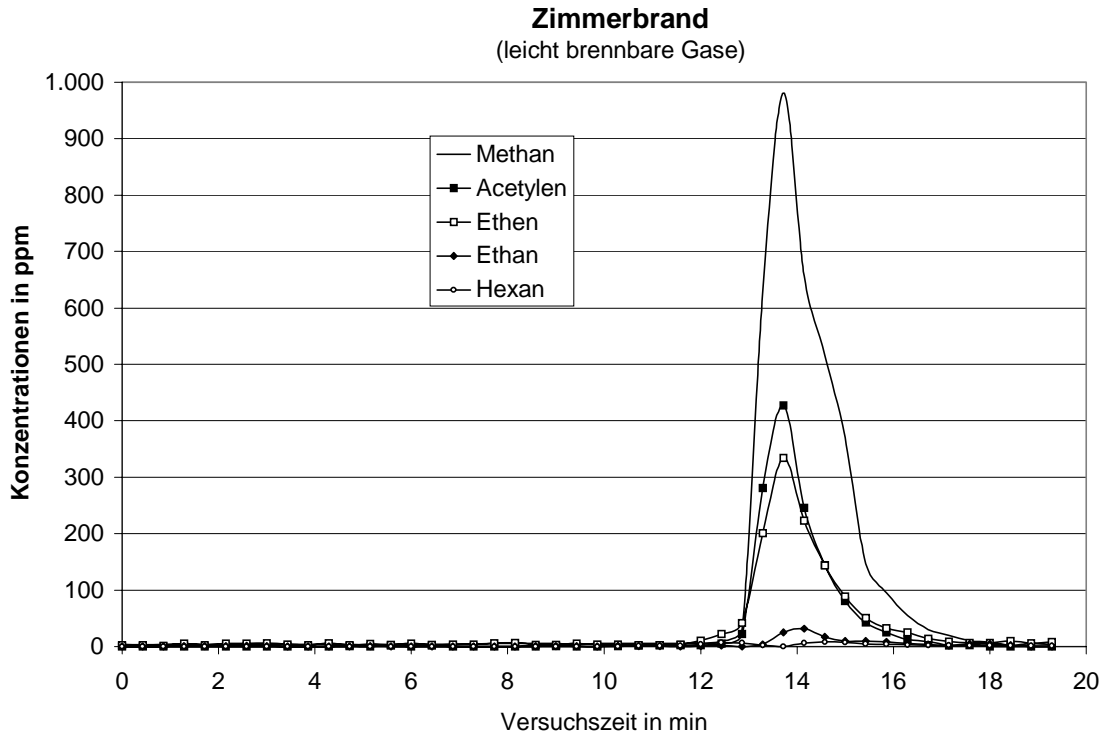
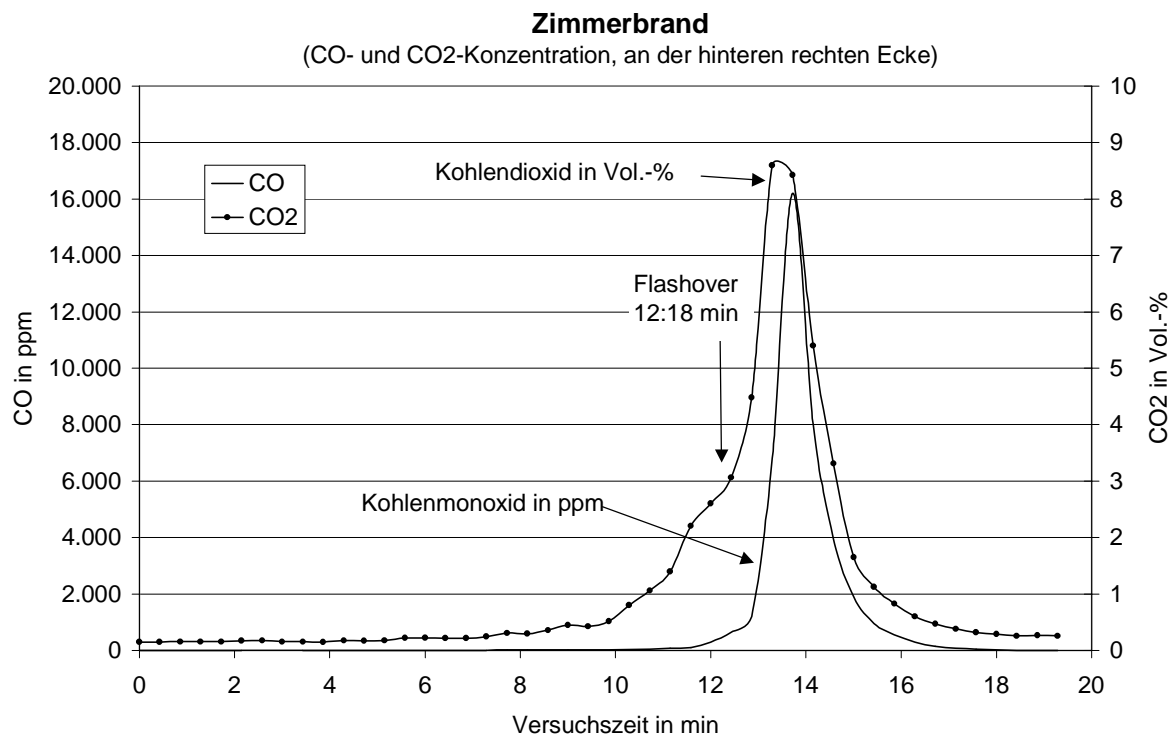


Bild 11.6: Konzentrationen von unverbrannten organischen Gasen

Bild 11.7: CO- und CO₂-Gehalt im Brandraum, gemessen mit FT-IR

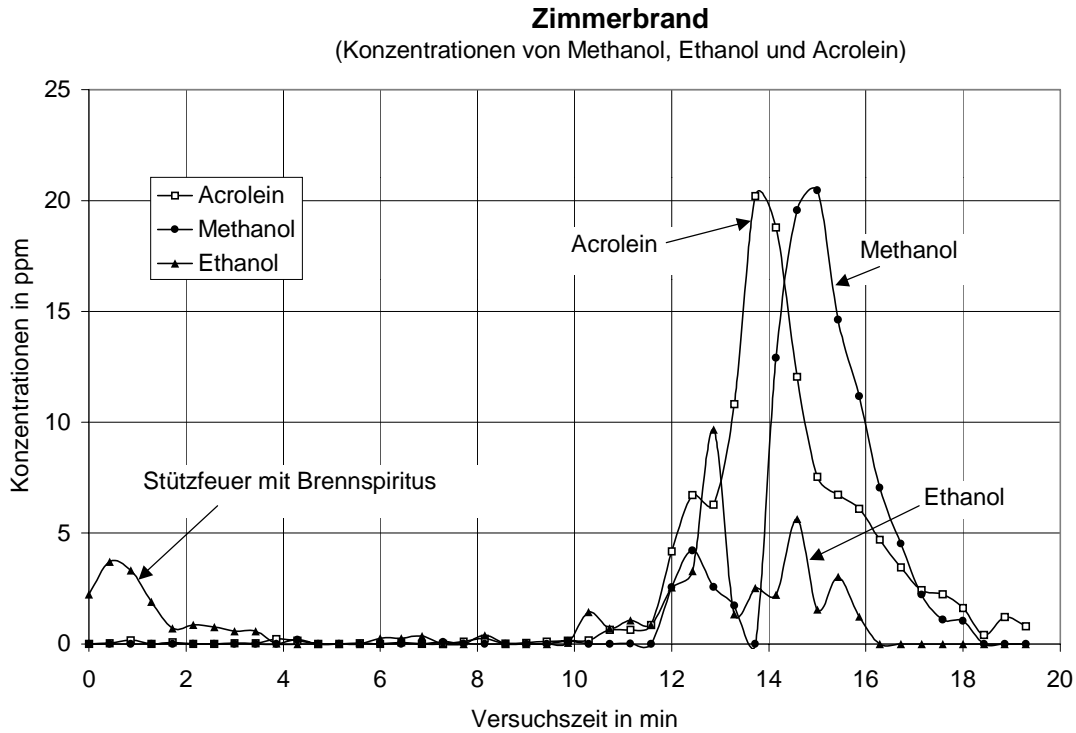


Bild 11.8: Gaskonzentrationen von Methanol, Ethanol und Acrolein

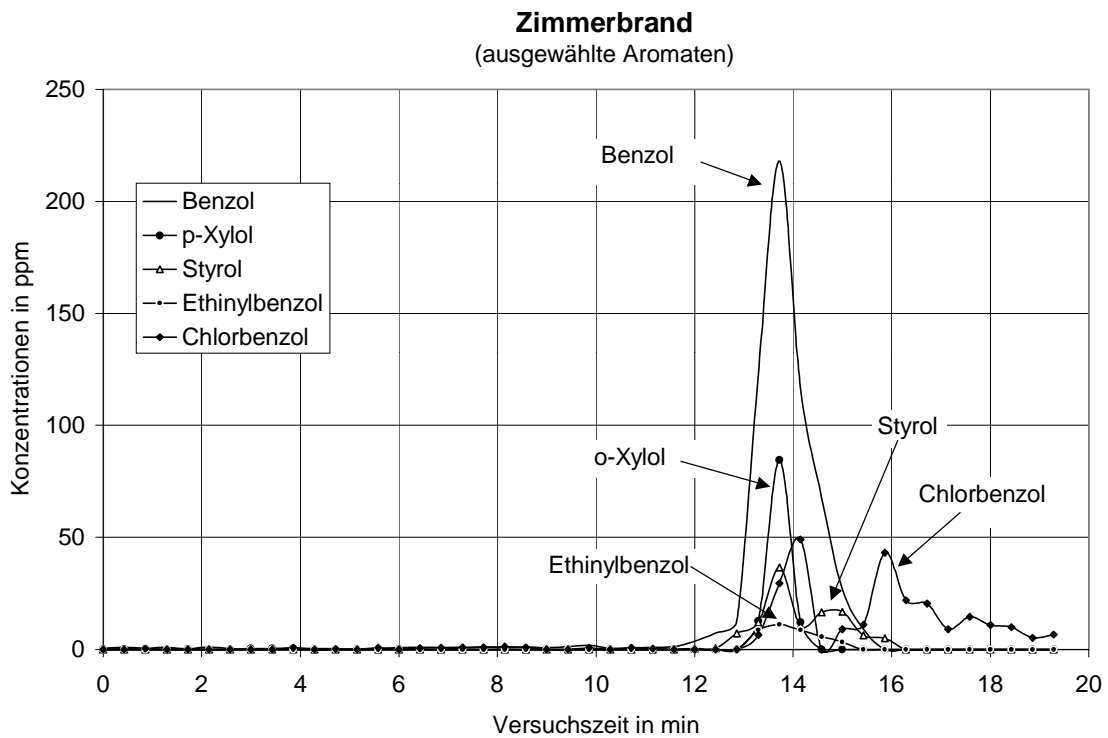


Bild 11.9: Gaskonzentrationen einiger Aromaten

Zimmerbrand
(anorganische Gase, Teil 1)

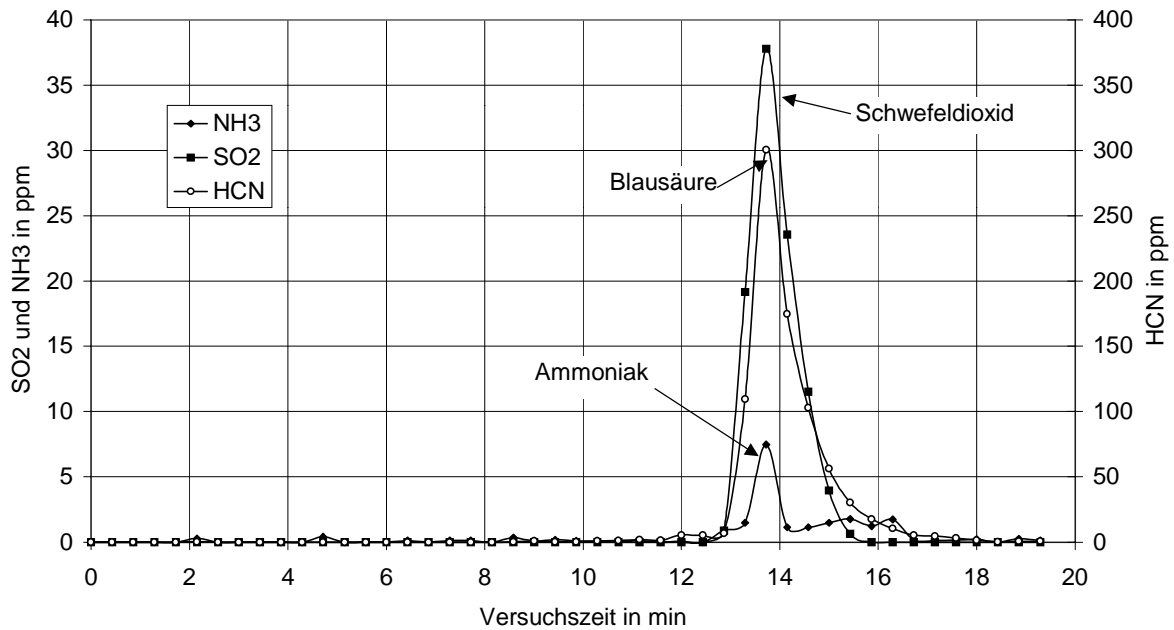


Bild 11.10: Gaskonzentrationen von Ammoniak, Schwefeldioxid und Blausäure

Zimmerbrand
(anorganische Gase, Teil 2)

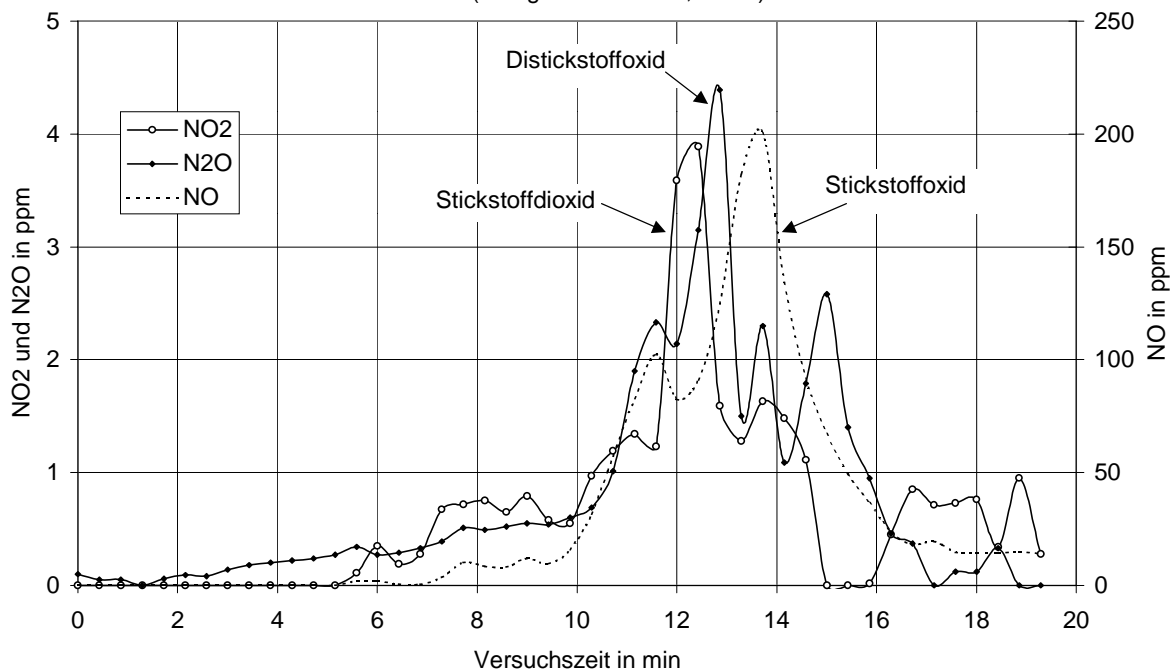


Bild 11.11: Gaskonzentrationen einiger Stickstoffverbindungen