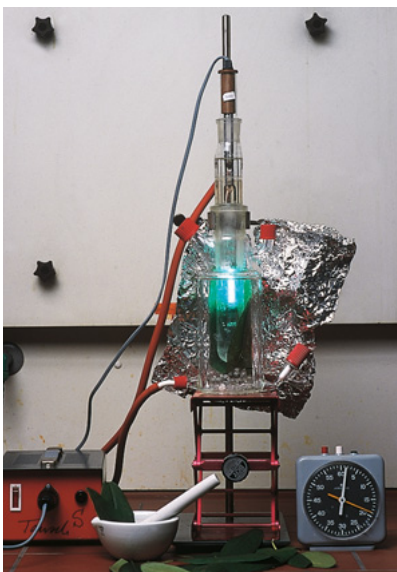
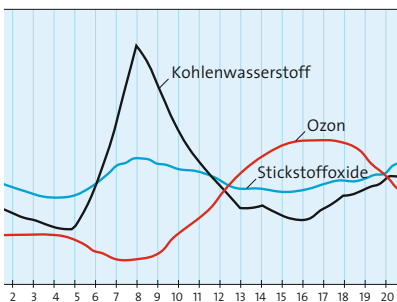




**B1** Smog-Warnung. **A:** Geben Sie an, wovor bei erhöhten Ozonwerten gewarnt wird.



**B2** Modellversuch zum Photosmog. **A:** Vergleichen Sie die in LV3 der Luft zugesetzten Stoffe mit den Angaben aus B3.



**B3** Relativer Gehalt einiger Schadstoffe in der Luft im Verlauf eines Sommertags.

**A:** Erklären Sie die erhöhten Werte in den Morgenstunden. **A:** Erläutern Sie die Aussage „Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide sind Vorläufer des bodennahen Ozons“.

<sup>1</sup>Unter Chemie 2000+ Online können Videos zu diesem Versuch aufgerufen werden.

## Sonne + Abgase → Ozon

### Versuche

**LV1** Ozon-Herstellung und -Nachweise<sup>1</sup>: Durch die Versuchsvorrichtung aus B4 wird ca. 30 s lang Sauerstoff geleitet. Dann wird die UV-Lampe\* im Reaktionsrohr eingeschaltet und ca. 1 min lang bestrahlt. (*Warnhinweis:* Das Reaktionsrohr muss mit Aluminiumfolie umwickelt werden, da die UV-Strahlung schädlich ist). Das gebildete Ozon\* kann auf mehrere Arten nachgewiesen werden:

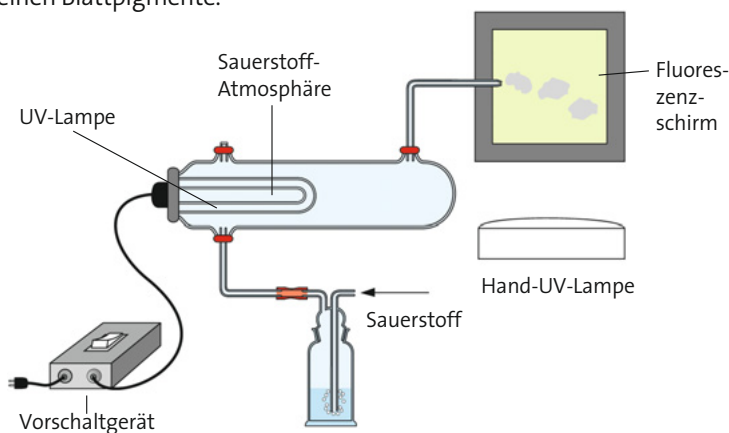
a) Der Fluoreszenzschirm (B4) wird mit der UV-Handlampe angestrahlt. Dann wird das Gasgemisch aus dem Reaktor pulsweise über den Schirm gedrückt. b) Das Gasgemisch wird in eine mit Schwefelsäure\* angesäuerte Kaliumiodid-Stärke-Lösung\* eingeleitet. c) Das Gasgemisch wird durch eine Lösung aus einigen Körnchen Safranin T\* und einem Plättchen Natriumhydroxid\* in 10 mL 2-Propanol\* geleitet. d) Nach einer erneuten 1-minütigen Bestrahlung mit der UV-Lampe im Rohr wird das Gasgemisch auf einen stramm aufgeblasenen Luftballon geleitet.

**V2** Ozon-Nachweis beim Fotokopierer: Saugen Sie aus der Nähe der Lampe eines Fotokopierers mit dem Kolbenprober 100 mL Luft ein und drücken Sie sie langsam durch eine mit Schwefelsäure\* angesäuerte Kaliumiodid\*-Stärke-Lösung. Führen Sie eine Vergleichsprobe mit normaler Luft durch.

**LV3** Modellversuch zum Photosmog: In einem wassergekühlten Tauchlampenreaktor mit einer 150-Watt-Quecksilberlampe\* (B2) bestrahlt man grüne Blätter 20 min lang in Luft, die mit etwas Stickstoffdioxid\* und Benzindampf\* verunreinigt ist. Danach werden die Blattpigmente mit Aceton\* extrahiert und auf einer kieselgelbeschichteten DC-Folie chromatographiert (Laufmittel z. B. Petrolether\* : Benzin\* : 2-Propanol\* im Volumenverhältnis 25 : 25 : 5). Parallel wird Extrakt aus unbestrahlten Blättern chromatographiert.

### Auswertung

- Beschreiben Sie, wie man in LV1 erkennt, dass Ozon UV-Licht absorbiert.
- Begründen Sie mithilfe der Beobachtungen in LV1, ob Sauerstoff  $O_2$  oder Ozon  $O_3$  reaktiver ist.
- Geben Sie die Bedingungen zur Ozon-Bildung beim Fotokopierer an.
- Beschreiben Sie die Auswirkung des in LV3 erzeugten Photosmogs auf die einzelnen Blattpigmente.



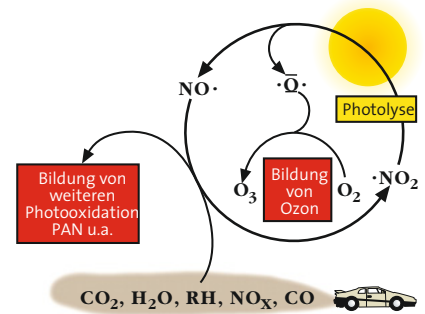
**B4** Versuchsvorrichtung zu LV1



## Photosmog – Stoffkreisläufe in der Troposphäre

Die Menschen in Athen, Los Angeles, Mexico-City (vgl. S. 102, B1) und anderen Großstädten werden aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens und des heißen, sonnigen Klimas häufig durch **Photosmog** oder **Sommersmog** geplagt. In abgeschwächter Form, aber immer häufiger tritt Photosmog auch in Deutschland auf. Bei dieser Smogart entstehen in der mit Abgasen verunreinigten Luft durch die Lichteinwirkung der Sonne giftige Stoffe, deren wichtigster Vertreter das Ozon  $O_3$  ist (B5). Dabei handelt es sich um eine besonders aggressive Form des Elements Sauerstoff. Ozon oxidiert Iodid-Ionen zu elementarem Iod, reagiert mit dem Farbstoff Safranin T unter Leuchterscheinung (Chemolumineszenz) und bringt einen Luftballon zum Platzen (LV1, V2). Die Polyisopren-Moleküle aus dem Gummi (vgl. S. 94, 95) enthalten Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen, die durch Ozon-Moleküle „geknackt“ werden (Ozonolyse). Photosmog schädigt Pflanzen u. a. durch Zerstörung der Blattpigmente (LV3) und kann bei Menschen zu Augenreizungen, Kopfschmerzen und Atembeschwerden führen. Bei zu hohem Ozongehalt in der Luft wird Smogalarm ausgelöst (B6).

Zur Ozonbildung aus reinem Sauerstoff ist sehr energiereiches Licht notwendig (vgl. S. 108, B1). In der Troposphäre ist diese Bedingung wegen der Ozonschicht in der Stratosphäre (vgl. S. 100, B2) nicht gegeben. Das bodennahe Ozon bildet sich, indem Sauerstoff-Moleküle mit Sauerstoff-Atomen, die in einem Katalysezyklus erzeugt werden (B5), zu Ozon-Molekülen reagieren: Das braune, durch sichtbares Licht spaltbare Stickstoffdioxid  $NO_2$  katalysiert Reaktionszyklen (**Katalysezyklen**), bei denen Sauerstoff, Kohlenwasserstoffe **RH** und Wasser zu Ozon und anderen aggressiven Oxidationsmitteln (**Photooxidantien**) umgesetzt werden. Stickstoffdioxid befindet sich dabei in einem **Stoffkreislauf** (B5, B7). Obwohl die Reaktionen in der Atmosphäre sehr komplex und z. T. noch nicht genau bekannt sind, steht fest, dass die Abgase aus Motoren, in denen Erdölprodukte verbrannt werden, die Bildung von Photosmog fördern. Messergebnisse beweisen, dass Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide die Vorläufer von Ozon an heißen Sommertagen sind (B3).



**B5** Katalysezyklus: Stickstoffdioxid wird durch Sonnenlicht zu Stickstoffmonoxid und atomarem Sauerstoff gespalten, der mit molekularem Sauerstoff zu Ozon reagiert. Unter Beteiligung von Kohlenwasserstoffen wird Stickstoffdioxid zurückgebildet und kann einen neuen Zyklus starten.

Ozonwerte in $\mu\text{g}/\text{mg}^3$ Luft	Maßnahmen bzw. gesundheitliche Folgen bei längerer Einwirkung
40	Geruchsschwelle für Ozon
120	Reizungen der Atemwege, eingeschränkte Leistungsfähigkeit bei Risikogruppen (Kinder, Alte, Allergiker, Asthmatiker, Sportler)
160	Atemwegsentzündungen bei körperlicher Anstrengung
180	Bevölkerung wird informiert
240	Fahrverbot für Autos ohne Katalysator; Verschlechterung der Lungenfunktion
ab 400	bleibende organische Veränderungen der Atemwege

**B6** Sommersmog-Alarmstufen

### Fachbegriffe

Photosmog (Sommersmog), Katalysezyklus, Stoffkreislauf, Photooxidantien

**B7** Einige Reaktionen aus dem Photoreaktor Troposphäre. **M** bezeichnet jeweils ein Teilchen, das am Stoßprozess beteiligt ist und dabei Energie aufnimmt, ohne chemisch verändert zu werden. Die **Photooxidantien** sind rot gedruckt.

