

Die Festlegung der Startzeit auf Grund optischer Beobachtungen der Rauchfahnen von Fabrikschornsteinen

Von Prof. Dr. WLADYSLAW PARCZEWSKI

Vortrag am 8. OSTIV-Kongreß, Juni 1962, Köln, Deutschland

In den Morgenstunden herrscht in der unteren Luftschicht meist Gleichgewichtszustand. Die Höhe, in welche nicht wasserdampfgesättigte geheizte Luft in einer Atmosphäre von stabilem Gleichgewicht steigt, hängt ab von der

- Temperaturdifferenz mit der Umgebung am Ausgangspunkt;
- Temperaturverteilung mit zunehmender Höhe (mittlerer, vertikaler Gradient).

Es geht daraus hervor, daß, falls die in der Luft bestehenden thermischen Verhältnisse von den zum Entstehen eines labilen Gleichgewichtszustandes in der Luft erforderlichen Bedingungen nicht wesentlich abweichen, schon eine verhältnismäßig geringe Zunahme des vertikalen Temperaturgradienten genügt, um eine sehr bedeutende vertikale Ausweitung der Reichweite der aufsteigenden Ströme zu bewirken. Der Übergang von Aufwinden mit verhältnismäßig geringer Höhenentwicklung zu den weit in die Höhe reichenden Aufwinden tritt ganz plötzlich ein.

Bei einem etwas verfrühten Start eines Segelflugzeuges trifft der Pilot keine stärkeren Aufwinde an und ist daher zum Landen gezwungen. Durch den nunmehr erforderlichen neuerlichen Start geht viel kostbare Zeit verloren und damit auch die Gelegenheit zur Durchführung grösserer Leistungsflüge. Die Möglichkeit einer zutreffenden Bestimmung des richtigen Zeitpunktes für den Frühstart ist daher von erheblicher praktischer Bedeutung. Dies kann nun - unter anderem - auf Grund visueller Beobachtungen der Rauchfahnen hoher Fabrikamine erfolgen, da diese Beziehungen zu den Änderungen der vertikalen Temperaturverteilung in der unteren atmosphärischen Schicht aufweisen.

Als Grundlage für die Klassifizierung von Rauchfahnen industrieller Betriebe wählten wir diejenige von Church (Typ A, B, C, D, E), ergänzten sie jedoch durch zwei weitere Typen, A₁ und B₁; dies erfolgte auf Grund einjähriger Beobachtungen von Fabrikrauchfahnen in Polen, bei denen gleichzeitig mit dem Wind in Höhe der Schornsteinmündung auch die Menge und Art der Wolken beobachtet wurde.

Die Einführung der zusätzlichen Typen A₁ und B₁ ermöglicht eine bessere Unterscheidung der verschiedenen Rauchfahnenarten.

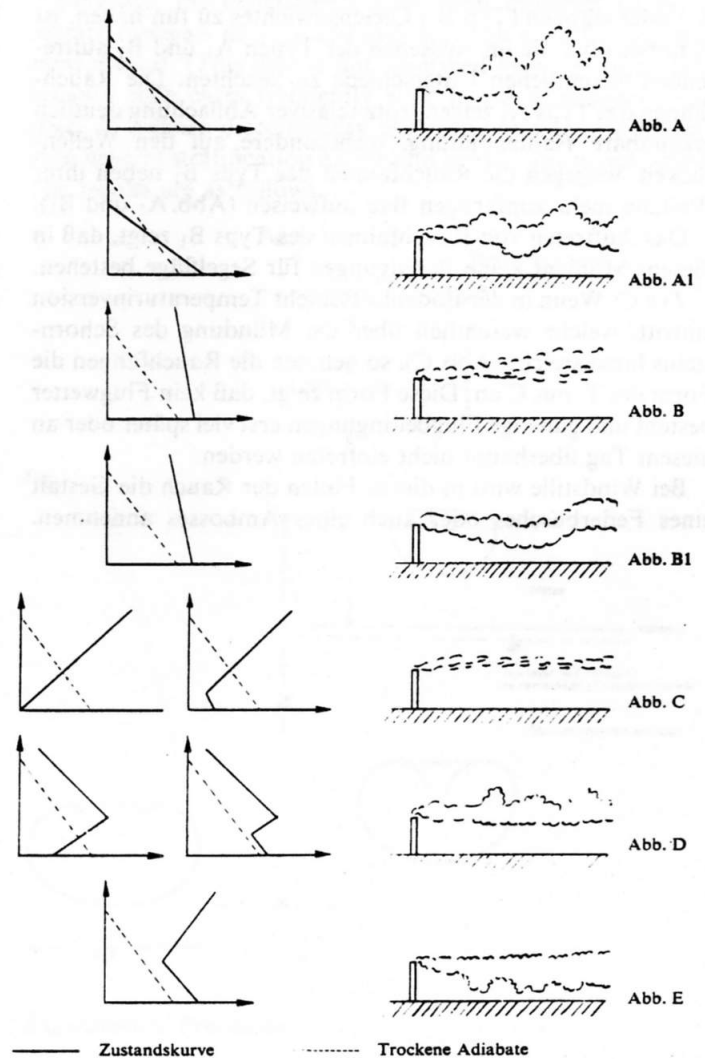
Bei der Beobachtung von Rauchfahnen ist zu berücksichtigen, daß die Gestalt derselben im Augenblick des Austrittes aus der Kaminmündung abhängig ist von

- dem Verlauf der Luftströmung in dieser Höhe;
- der Größe der kinetischen Energie beim Ausstoßen der Verbrennungsgase;
- der Temperaturdifferenz der Rauchgase gegenüber der Lufttemperatur.

Erst nach Erschöpfung der zwei letztgenannten Energiequellen nehmen die Rauchfahnen eine Gestalt an, die mit dem Verlauf der Luftströmung eng zusammenhängt. Aus diesem Grund soll die Beobachtung von Fabrikrauchfahnen erst in einer gewissen Entfernung von der Kaminmündung erfolgen.

Die einzelnen Typen der Fabrikrauchfahnen (Abb. 1) zeigen nachstehende Merkmale:

Typ A: Die Rauchfahne nimmt diese Gestalt (Abb. A) an, wenn in der Luft labiles Gleichgewicht besteht und zugleich schwacher Wind weht. Diese Form weist auf das Vorhandensein genügend starker vertikaler sonnenthermischer Luftströmungen hin.



Typ A₁: Bei Windgeschwindigkeiten ab 4 m/sek in Höhe der Kaminmündung tritt bei der Rauchfahne eine deutlich sichtbare Abplattung ein, doch weist sie trotz dieser Verflachung deutliche Haufenbildung auf, insbesondere auf dem Wellenrücken (Abb. A₁). Diese Form zeigt das Auftreten vertikaler advektionsthermischer Strömungen an.

Typ B: Der Rauch nimmt diese Gestalt der Fahne an, wenn in der Luft annähernd stabiler Gleichgewichtszustand herrscht (Abb. B). Rauchfahnen mit einer dem Typ B angehörigen Form weisen darauf hin, daß keine Bedingungen für Segelflug bestehen. Erst dann, wenn eine Umgestaltung derselben zu Fahnen des Typs A oder A₁ (in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit) eintritt, können günstige Segelflugbedingungen erwartet werden.

Typ B₁: Aus den in Polen durchgeführten Beobachtungen ergibt sich, daß bei stärkeren Winden visuell nur schwer festzustellen ist, ob in der Atmosphäre labiles oder stabiles vertikales Gleichgewicht besteht, insbesondere dann, wenn keine Haufen- oder Schichtwolken auftreten. Es erwies sich, daß bei Windgeschwindigkeiten über 4 m/sek in der Höhe der Kaminmündung die Fahnen des Typs B infolge starker Turbulenzbewegungen, welche durch Überschreiten der Grenzgeschwindigkeit des Windes von 4 m/sek noch weiter verstärkt werden, eine Wellenform annehmen. Dies führt zu einer scheinbaren Ähnlichkeit dieser beiden Rauchfahnen-typen. Um nun trotzdem mit annähernder Sicherheit feststellen zu können, ob wir es mit einem Zustand labilen (Typ A₁) oder stabilen (Typ B₁) Gleichgewichtes zu tun haben, ist es notwendig, die im Aussehen der Typen A₁ und B₁ auftretenden wesentlichen Unterschiede zu beachten. Die Rauchfahnen des Typs A₁ zeigen trotz relativer Abflachung deutlich erkennbare Haufenbildung, insbesondere auf den Wellenrücken, wogegen die Rauchfahnen des Typs B₁ neben ihrer Wellung mehr zopfartigen Bau aufweisen (Abb. A₁ und B₁).

Das Auftreten von Rauchfahnen des Typs B₁ zeigt, daß in diesem Moment keine Bedingungen für Segelflüge bestehen.

Typ C: Wenn in der Bodenluftschicht Temperaturinversion eintritt, welche wesentlich über die Mündung des Schornsteins hinausreicht (Abb. C), so nehmen die Rauchfahnen die Form des Typus C an. Diese Form zeigt, daß kein Flugwetter besteht und günstige Flugbedingungen erst viel später oder an diesem Tag überhaupt nicht eintreten werden.

Bei Windstille wird in diesen Fällen der Rauch die Gestalt eines Federbusches oder auch eines Ambosses annehmen.

Typ D: Die Rauchgase nehmen diese Gestalt an, wenn die obere Grenze der Bodeninversion wesentlich unterhalb der Kaminmündung liegt und über der Inversionsschicht annähernd labiles Gleichgewicht besteht. Dies zeigt, daß schon in Bälde mit dem Auftreten ziemlich starker Aufwinde gerechnet werden kann. In hügeligem Terrain waren bei Bildung von Rauchfahnen des Typs D bereits geringe Mengen von Cumuluswolken zu bemerken, die sich über den Südabhängen jener Erhebungen bildeten, deren Höhe diejenige der Inversionsschicht überstieg.

Typ E: Die Rauchfahnen nehmen diese Gestalt an, wenn in der Bodenluftschicht annähernd labile Gleichgewichtsbedingungen bestehen und über ihr eine Inversionsschicht liegt. Diese Art vertikaler Temperaturverteilung kann sich am häufigsten in der Zeit der morgendlichen Auflösung starker Bodeninversionen ergeben. In der wärmeren Jahreszeit ist sie von kurzer Dauer und verspricht bevorstehende gute Flugverhältnisse.

In der kühleren Jahreszeit kann eine solche Situation auch infolge des Einströmens warmer Luftmassen von oben oder durch die Annäherung einer dynamischen Höheninversion an den Boden eintreten. In solchen Fällen sind in den nächsten paar Tagen keine Bedingungen für Segelflug zu erwarten.

Angesichts dessen, daß sich heute infolge der starken Industrialisierung in der Nähe fast aller Segelflugplätze Fabrik-schornsteine vorfinden, welche die Beobachtung von Rauchfahnen erlauben, schien es mir angezeigt, auch auf diese indirekte Art der Bestimmung des vertikalen Gleichgewichtszustandes der Atmosphäre in der unteren Bodenschicht aufmerksam zu machen.