

Neue Versuche bringen keine Bestätigung

Verursacht Glas Waldbrände?

Von Tanja Müller, Klaus-Peter Wittich, Peter Lex und Wolfgang Durner

Können im Wald zurückgelassene Glasflaschen oder -scherben durch Fokussierung des einfallenden Sonnenlichts Waldbrände verursachen? Als Ergänzung zu einem Beitrag von WITTICH und LEX [13], der sich mit dem experimentellen Nachweis des Brennglaseffektes befasste und in AFZ-DerWald Nr. 12/2005, S. 625-626, veröffentlicht wurde, werden weitere Untersuchungen vorgestellt.

Indirekte Hinweise auf die Gefährlichkeit von Glasmaterialien

Häufig weisen Waldbrandwarnungen auf die Zündgefahr hin, die von Glasflaschen bzw. Glasscherben ausgehen kann. Handelt es sich dabei um Erfahrungswissen oder nur um kolportiertes ‚Vermutungs‘-Wissen? Jedenfalls unterstellen solche Warnungen, dass es aufgrund des Brennglaseffektes im Lichtfleck zu einer Überschreitung der Zündtemperatur kommt, die bei den üblichen Streumaterialien bei ca. 300 °C liegt [11].

Eine Recherche in populärwissenschaftlichen Quellen und in der Fachliteratur offenbarte einen erheblichen Mangel an belastbaren experimentellen Nachweisen des Brennglaseffektes:

- So schloss z.B. TAYLOR [10] zwar nicht völlig aus, dass Flaschen oder Glasreste Waldbrände verursachen könnten, erwähnte aber, dass sich äußerst wenige Brände eindeutig auf diese Ursache zurückführen ließen. Er verwies dabei auch auf französische experimentelle Studien (ohne Literaturangabe), die trotz günstigster Bedingungen für eine Zündung keinen Nachweis einer Brennwirkung erbrachten.
- Zu einer ähnlichen Einschätzung kam KÄSE [6], der dem Brennglaseffekt nur eine geringe Bedeutung beimaß, weil dieser in den deutschen Waldbrandstatistiken als mögliche Ursache nicht gesondert aufgeführt wird. Allerdings erwähnte er eine Untersuchung von SCHIMITSCHEK,

in der es gelungen sein soll, mit Glasscherben bzw. Flaschenböden Moos und Heidekraut auf einem Südhang bei Innsbruck zu entzünden. Bei Überprüfung der Originalliteratur [8] fand sich jedoch kein Beleg für derartige Versuche.

- Bezugnehmend auf eine bayerische Waldbrandstatistik erwähnten KROTH und ZANG [7] ausdrücklich die ‚Selbstentzündung durch Glasscherben‘. Diese Zündmöglichkeit fiel allerdings in die Restgruppe der ‚verschiedenen sonstigen Ursachen‘ von Waldbränden. Inwieweit die Statistik tatsächlich erwiesene Fälle enthielt, geht aus dem Artikel nicht hervor.
- Zündungen, hervorgerufen durch wassergefüllte klare Glasflaschen, wurden von CHENEY und SULLIVAN [2] ebenfalls nicht ausgeschlossen, da sie durch Laborexperimente bestätigt worden sein sollen (ohne Angabe von Quellen). Unter Freilandbedingungen erfolgende Zündungen durch Glas oder Glasfragmente hielten die Autoren allerdings für sehr unwahrscheinlich [2, Kapitel 4 ‚Fire behaviour‘, S. 20].
- WEBER [12] berücksichtigte Glas als eine der möglichen Zündursachen für australische Buschfeuer; gleichwohl bezeichnete er durch Glasscherben hervorgerufene Zündungen als unwahrscheinlich. Auch die italienische Forstbehörde sah keinen Beleg für eine Brennwirkung von Glasmaterialien [3].

Bisher bekannte Untersuchungen zum Brennglaseffekt

In **Polen** (Raum Warschau) wurden im August 1982 Freilandversuche zwischen 12 und 14 Uhr Ortszeit durchgeführt [1]. Die Brennversuche erfolgten auf einer Kiefernadelstreu, die aufgrund der günstigen Jahres- und Tageszeit lediglich eine Feuchtigkeit vom 8 bis 10 % (bezogen auf das Darrgewicht) besaß. Die Lufttemperatur lag während der Experimente bei 25 bis 29 °C, die Luftfeuchtigkeit bei 30 bis 35 %. Untersucht wurde farbloses Industrieglas (Teile von Flaschen; Einweckglas), Uhren- und eine Lupe (bikonvexe Linse, Glas-

durchmesser: 52 mm). Als Messinstrumente dienten je ein geschwärztes und ein ungeschwärztes Quecksilberthermometer, welche innerhalb der erzeugten Lichtflecke in Kontakt mit der Streuoberfläche und der Umgebungsluft standen. Die Glasflaschen und -scherben vermochten lediglich Temperaturen von höchstens 98 °C zu erzeugen, während der Lichtfleck der Lupe eine Erwärmung auf nachgewiesene (aber von den Autoren angezweifelte, da von ihnen als zu gering eingeschätzte) 130 °C hervorrief. Diese leitete zwar die Pyrolyse ein (Rauch- und Brennfleckbildung), eine Zündung wurde jedoch nicht beobachtet. Die vom Uhrenglas erzeugte Temperatur lag maximal bei 46 °C, während das Einweckglas eine Lichtbündelung erst gar nicht zuließ. Daraus ergab sich die Folgerung, dass Glasflaschen und -scherben als Zünder für Waldbrände auszuschließen sind.

Versuche mit wassergefüllten Glasflaschen unternahm FUQUAY und BAUGHMAN [4] in den **USA**. Sie wiesen darauf hin, dass eine intakte Flasche nur dann Licht bündeln kann, wenn sie mit einer klaren Flüssigkeit gefüllt ist, deren Brechungsindex n dem des Glases ähnelt (Anmerkung: diese Aussage würde für Wasser zutreffen, da $n_{\text{Wasser}} = 1,33$ und $n_{\text{Glas}} \approx 1,5$, während zum Beispiel $n_{\text{Luft}} = 1,0$; siehe [9]). Kiefernadeln, die in den Lichtfleck einer wassergefüllten Flasche gebracht wurden, reagierten nach wenigen Sekunden mit einer Rauchentwicklung, ohne jedoch Flammen zu bilden. Gefärbtes Glas vermochte generell keine Brennwirkung zu erzielen. Die Versuchsergebnisse wurden als ausreichend belastbar angesehen, um die Vermutung eines Waldbrand verursachenden (Klar-)Glaseffektes zu belegen. Allerdings war es aufgrund der Vielfalt der auf den Zündprozess wirkenden Einflussfaktoren (Glasausrichtung, Zustand des Brennmaterials, Wetterbedingungen) nicht möglich, eine Zündwahrscheinlichkeit für eine bestimmte Flaschenform anzugeben. Resümierend wurde jedoch geschlossen: „Sicher ist, dass die Wahrscheinlichkeit für Wald- und Graslandbrände abnehmen würde, wenn kein Glasmaterial herumläge“ [4, S. 5].

Unter anderem angeregt durch die Beobachtung eines wassergefüllten, ku-

T. Müller ist Diplom-Geoökologin der TU Braunschweig. Dr. K.-P. Wittich ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Deutschen Wetterdienstes in Braunschweig. P. Lex war Dezernatsleiter in der Forstabteilung der Bezirksregierung Lüneburg. Prof. Dr. W. Durner leitet die Abteilung Bodenkunde und Bodenphysik am Institut für Geoökologie der TU Braunschweig.

Prof. Dr. JOHANN GOLDAMMER (Global Fire Monitoring Center [GFMC] Freiburg) hat bei der internationalen Recherche geholfen: Es ging ein Hinweis aus Spanien ein, wonach eine Glasscherbe für ein Feuer am 11. August 2003 auf einer nichtbeschatteten Südhanglage (Betxi, Castellón) verantwortlich gemacht wurde.



Abb. 1: Versuchsaufbau: Anordnung der Thermografiekamera und der fünf Glasscherben über einer Streuschale

gelförmigen Laborglases, welches durch Lichtbündelung auf einem Holztisch eine schwarze Brennspur und eine 1 m hohe, dünne Rauchsäule erzeugte, ging GEIGER [5] experimentell der Frage nach, inwieweit Gläser Waldbrände entstehen lassen können. Seine auf einer Waldbodenaufgabe durchgeführten Versuche mit dunklen leeren und wassergefüllten Bierflaschen brachten trotz einer sehr hohen Globalstrahlung von bis zu 1 000 W/m² keinen Nachweis einer Zündwirkung. Ebenso waren die sonnenbeschiene Scherben der Flaschenwand gefahrlos. Selbst der Flaschenboden erzeugte in seinem Lichtfleck keine Temperatur, die wesentlich über die natürliche Oberflächentemperatur der Streu hinausging. Ein deutliches Temperatursignal riefen allerdings eine Leselupe (90 °C) und ein Sonnenscheinautograph (> 110 °C, jenseits der Messgrenze) hervor. Alle Experimente waren so angelegt, dass die Gläser eine optimale Entfernung zur Streu aufwiesen und die Strahlung senkrecht auf die Streuaufgabe traf.

Mit einem farblosen Flaschenboden erzielten WITTICH und LEX [13] eine Wärmewirkung von ca. 100 °C auf einer luftgetrockneten Fichtennadelstreu. Im Gegensatz zur Wirkung einer Lupe, welche die Sonnenstrahlung wesentlich schärfer bündelte und die Oberflächentemperatur der Nadelschicht im Lichtfleck auf nahezu 600 °C ansteigen ließ, wurde keine Rauch- bzw. Flammenbildung beobachtet. Bereits diese Versuche – obwohl zu einer Jahreszeit mit weniger günstigen Strahlungsverhältnissen durchgeführt (September) – ließen erahnen, dass

Feuer durch Glasscherben in natürlicher Waldumgebung als wenig realistisch anzusehen sind.

Neue Versuche

Die erneuten Zündexperimente fanden unter Freilandbedingungen zwischen Ende April und Ende Juli 2006 über einer ebenen Grasfläche des Versuchsgeländes des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Braunschweig statt. Die Versuche beschränkten sich auf die Mittagsstunden (10:00 bis

14:00 MEZ) von 21 Strahlungstagen mit nahezu wolkenfreiem Himmel. Die höchsten Werte der Globalstrahlung traten im Juni mit ca. 950 W/m² auf; die Lufttemperatur in 2 m Höhe über Gras lag während der Messzeiträume zwischen 16,7 und 35,3 °C (15min-Mittelwerte). Die parallel gemessene relative Luftfeuchte betrug 20,1 bis 76,5 %, und die Windgeschwindigkeit in 0,5 m Höhe 0,4 bis 2,0 m/s. Die Versuche wurden mit sechs luftgetrockneten Streuarten durchgeführt: Fichten- und Kiefernadeln, Buchenlaub, Drahtschmiele und Land-Reitgras sowie Heidekraut. Die getrennt in Aluminiumschalen aufbewahrte Streu wies eine mittlere Schichthöhe von 3 cm auf. Der Wassergehalt betrug während der Versuchsdurchführung durchschnittlich 10 % (bezogen auf die Trockenmasse).

Von insgesamt 30 Glasscherben wurden fünf Scherben ausgewählt, die das Licht am stärksten bündelten: In Labor-Vorversuchen wurde auf einer optischen Bank jede der 30 Scherben in den horizontalen Strahlengang einer Halogenlampe konstanter Lichtstärke gebracht. Hinter der Scherbe wurde ein Bildschirm in den Brennpunkt des Strahlenbündels geschoben, sodass dort sowohl die Lichtverstärkung mittels einer Fotodiode als auch die Brennweite als Distanz zwischen Scherbe und Bildschirm gemessen werden konnte. Bei den fünf lichtstärksten Scherben handelte es sich ausschließlich um farblose Flaschenböden.

In den Freilandversuchen wurden die Scherben an Standorten so zur Sonne und Streuoberfläche ausgerichtet, dass sie eine maximale Lichtkonzentration erzeugten.

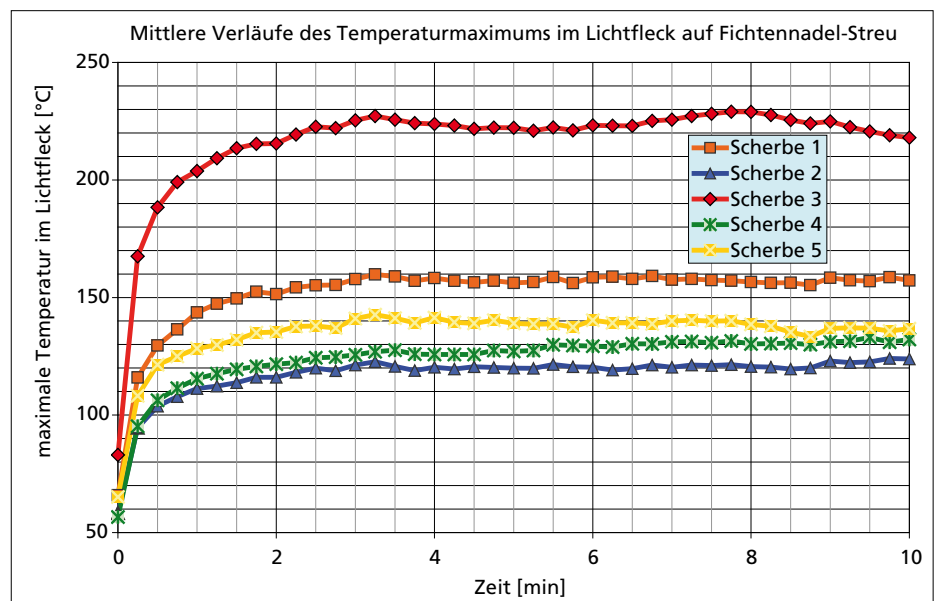


Abb. 2: Über 21 Versuchstage gemittelte Zeitreihen der Lichtfleck-Maximumtemperatur auf luftgetrockneter Fichtennadelstreu für fünf ausgewählte Glasscherben (Scherbe 1 = Saffflasche, Scherbe 2 und 4 = Bierflasche, Scherbe 3 = Ketchupflasche, Scherbe 5 = Wasserflasche)



Abb. 3: Schwarzfärbungen, hervorgerufen durch den Boden einer Ketchupflasche (Scherbe 3) auf Fichtennadeln (links), Buchenblättern (Mitte) und Land-Reitgras (rechts)

Die Abstände zur Streuoberfläche lagen in der Regel zwischen 20 und 30 cm, was grob den im Labor festgestellten Brennweiten entsprach. Die Temperaturentwicklung auf der Streuoberfläche wurde mit einer Thermografiekamera (ThermaCAM, Fa. FLIR, USA) erfasst, die 1,3 m senkrecht über dem Streumaterial fixiert war (Abb. 1). Die Aufzeichnung der Wärmebilder erfolgte in Zeitschritten von 15 s; die Versuchsdauer pro Streuprobe betrug 10 bis 15 min.

Die mit Scherben durchgeführten Versuchsserien wurden zusätzlich durch gelegentliche Einzelversuche mit unbeschädigten Glaskörpern ergänzt. Hierzu zählten eine Glasflasche, eine Glasvase, Laborglas und Lupen. Als Versuchsfläche wurde Fichten- und Kiefernstreu gewählt.

Ergebnisse

Am Beispiel der Fichtennadelauflage sind in Abb. 2 die zehnminütigen Zeitreihen

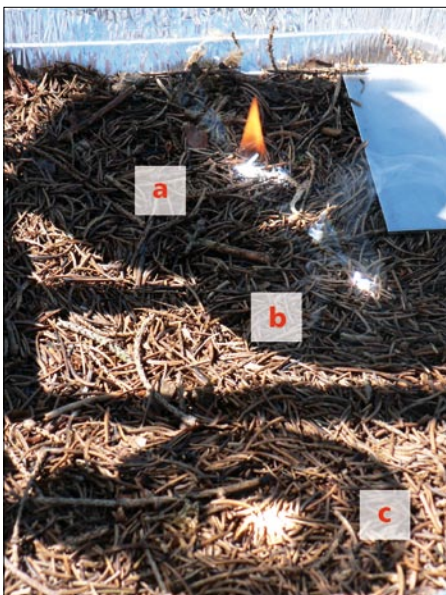


Abb. 4: Flammenbildung auf einer Fichtennadelauflage im Lichtfleck einer Lupe (Durchmesser: 12,5 cm; [a]), darunter sind die Lichtflecke einer kleineren Lupe (Durchmesser: 8,5 cm, [b]) und der „Scherbe 3“ (Ketchupflasche, [c]) zu erkennen; nur die Lupen bewirkten eine Flammenbildung.

der von den fünf Scherben erzeugten Temperatur dargestellt. Pro Wärmebild wurde von allen in einem Lichtfleck liegenden Pixeln nur dasjenige berücksichtigt, welches die höchste Temperatur aufwies. Die insgesamt 21 Verläufe der Maximumtemperatur einer Scherbe wurden anschließend gemittelt. Typisch für alle Profile ist der unmittelbar nach Erzeugung des Lichtflecks beginnende steile Temperaturanstieg und die nach ein bis zwei Minuten erreichte Sättigung. Die Werte der Einzelversuche können allerdings – je nach Einstrahlungsbedingungen – mehr oder minder deutlich von dem dargestellten Mittelwertprofil abweichen. Am extremsten verhielt sich der Boden einer Ketchupflasche („Scherbe 3“), der im Fall der Fichtennadeldecke an einigen Versuchstagen eine Temperatur von über 300 °C erzeugte. Diese hohe Temperatur ließ sich jedoch nur in einem sehr schmalen Lichtfleckbereich von 2 mm Breite nachweisen.

Eine Zündung der Streumaterialien konnte in keinem der insgesamt ca. 120 Versuche festgestellt werden. Allerdings traten bei drei Streumaterialien (Fichte, Buche, Land-Reitgras) erste Anzeichen einer thermischen Zersetzung im Lichtfleck der „Scherbe 3“ auf, erkennbar als Schwarzfärbung (Abb. 3). Betrachtet man die Gesamtwirkung aller fünf Scherben, so erhitze sich die Fichtennadeldecke am stärksten, während die beiden Grasstreuarten die schwächsten Reaktionen zeigten.

Die zusätzlich zu den Glasscherben-Experimenten an einigen Strahlungstagen durchgeführten Versuchsserien mit Lupen (Juli 2006) sowie mit zylinder- und kugelförmigen Glasgefäßen (September 2006) bestätigten, dass leere Glasgefäße keine nennenswerte Wärmewirkung erzielen. Erst das Befüllen mit Wasser ermöglichte eine Konzentration der Strahlung auf einen engen Lichtfleck. Eine zylinderförmige Wasserflasche vermochte auf diese Weise eine Temperatur von bis zu 100 °C auf der Fichtennadeloberfläche zu erzeugen. Wassergefüllte kugelförmige Gläser (1-Liter-Labormesskolben mit 12,5 cm Durchmesser, Glasvase mit 20 cm Durchmesser) ließen die Temperatur

vereinzelt auf über 500 °C ansteigen, wobei allerdings keine Flammenbildung zu beobachten war. Lupen mit einem Durchmesser von 8,5 und 12,5 cm verursachten auf der Fichtennadeloberfläche Temperaturen von 800 bis 1 000 °C. Dabei kam es zum Teil zur Flammenbildung (Abb. 4), die allerdings nur wenige Sekunden anhielt. Nach Entfernung der Lupen brannte die Streu jedoch nicht weiter.

Folgerungen

Obwohl die Versuche unter optimalen Bedingungen, d.h.

- a) bei sommerlich-trockenem Wetter mit ungehindertem Strahlungseinfall,
- b) mit lichtbündelnden farblosen Flaschenböden,
- c) mit optimalen lichtfokussierenden Abständen zwischen Glas und Streuoberfläche und
- d) mit luftgetrockneten Streumaterialien

durchgeführt wurden, ließ sich keine Zündung beobachten. Folglich sind – dem jetzigen Kenntnisstand entsprechend – Waldbrände, hervorgerufen durch den Brennglas-Effekt, unter den hiesigen Klimabedingungen als sehr unwahrscheinlich anzusehen.

Aufgrund der dürftigen Dokumentationslage wäre es interessant zu erfahren, inwieweit es Leser gibt, denen

- hier nicht aufgeführte Literaturstellen zum Brennglas-Effekt und
- nachweislich durch diesen Effekt hervorgerufene Freiflächen- bzw. Waldbrände

bekannt sind. Hinweise hierzu nimmt gerne der Zweitautor (E-Mail: klaus-peter.wittich@dwd.de) entgegen.

Literaturhinweise:

- [1] ANONYMUS (1982): Messergebnisse zur Entstehung von Waldbränden durch weggeworfenes Glas und Glasverpackungen, Bericht der polnischen Forstverwaltung (in polnisch). Bezogen über: Barbara Ubysz, Independent Forest Fire Protection Laboratory (Raszyn), Forest Research Institute, Warsaw, Poland. [2] CHENEY, P.; SULLIVAN, A. (1997): Grassfires – Fuel, Weather and Fire Behaviour. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, S. 102. [3] CORPO FORESTALE DELLO STATO (2002): Forest fires in 2001, Chapter „Causes of forest fires“, S. 39-52, online: <http://www.corpoforestale.it/aib/percorsi/PDF/Opuscolo%20001.PDF>, 20.10.2006. [4] FUQUAY, D. M.; BAUGHMAN, R. G. (1965): Can glass and metal containers start forest fires? Fire Control Notes, 26, S. 2-5. [5] GEIGER, R. (1933): Können herumliegende Bierflaschen einen Waldbrand verursachen? Forstwissenschaftliches Centralblatt, 55, S. 523-526. [6] KÄSE, H. (1969): Ein Vorschlag für eine Methode zur Bestimmung und Vorhersage der Waldbrandgefährdung mit Hilfe komplexer Kennziffern. Abhandlungen des Meteorologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik, Bd. 12, Nr. 94, Akademie-Verlag, Berlin, 68 S. [7] KROTH, W.; ZANG, P. (1971): Das Waldbrandrisiko in den Bayerischen Staatsforsten. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 90, S. 328-336. [8] SCHIMITSCHEK, E. (1947): Die Waldbrandgefahr. Österreichs Forst- und Holzwirtschaft, 2 (9), S. 4-6. [9] SCHRÖDER, G. (2002): Technische Optik – Grundlagen und Anwendungen. 9. Auflage, Vogel Buchverlag, Würzburg. [10] TAYLOR, W. L. (1930): The problem of fire in British forests. Forestry, 4, S. 78-92. [11] VON DEICHMANN, V. (1957): Untersuchungen über die Entzündlichkeit und Brennbarkeit von Boden-decken als Beitrag zu den Grundlagen einer Waldbrandprognose. Dissertation, Universität Göttingen, Forstliche Fakultät, 143 S. + Anhang. [12] WEBER, R. (2000): Bushfire causes. Proceedings of the Seminar FIRE! The Australian Experience, University of Adelaide, Australia, 30 September – 1 October 1999, S. 39-44. [13] WITTICH, K.-P.; LEX, P. (2005): Waldbrände durch Glasflaschen? AFZ-Der Wald, 60 Jg. Nr. 12, S. 625-626.