

„Auf Gedeih und Verderb“ oder Gefahrenpotentiale beim Kochen im Zelt

von Steffen Wagner



Du bist auf Skitour im norwegischen Fjell unterwegs und der Wind schüttelt dein sturmfest verspanntes Zelt. Das Thermometer zeigt -20° . Triebschnee sammelt sich in der Apsis und neben der Zubereitung der Mahlzeit muss ein Haufen Schnee zu Trinkwasser geschmolzen werden.

Kochen im Freien fällt da flach, stattdessen wird der Kocher in der Apsis oder im Innenzelt betrieben, um noch den zusätzlichen Heiz- und damit Trocknungseffekt klamm gewordener Klamotten nutzen zu können.

Du meinst, das ist zu extrem und du

machst keine Skitouren? Dann nehmen wir ein anderes Szenario: Du bist auf einer Kajaktour in den Westschären und der Regen prasselt aufs Zeltdach. Es ist windstill. Dein Magen knurrt nach einer langen Tour auf dem Wasser. Der Kocher brummt in der heruntergezogenen Apsis des 4-Jahreszeiten-Zeltes. Du setzt Teewasser im neuen, gehypten Energiespartopf aufs Feuer und registrierst dabei dessen heute gelbliche Flamme. Als auch die Spaghetti fertig sind, hast du Kopfschmerzen und spürst leichte Übelkeit.

In beiden Fällen ist höchste Vorsicht geboten, denn es droht Lebensgefahr: Beim Betrieb von Kochern in schlecht belüfte-

ten Umgebungen kann sich das tödliche Gas Kohlenmonoxid (CO) ansammeln.

Obwohl immer wieder Camper sterben, die eine Heizlaterne im Zelt über Nacht brennen lassen, gibt es nur wenige verbürgte Todesfälle von Leuten, die in ihrem Zelt kochen.¹

Ist das Kochen im Zelt trotzdem ein No-Go, oder ist es vertretbar, wenn man einige Dinge beachtet?

Bei vielen Naturvölkern ist das Kochen auf dem offenen Feuer in Zelt oder Hütte von jeher gängig. Bei geeigneter Belüftung stellt es also keine Gefahr dar. Im Alltag sind wir oft einer gewissen Kohlenmonoxid-Belastung ausgesetzt: Beim heimischen Gasherd etwa werden in einer kleinen Küche und bei Nutzung mehrerer Flammen und ohne Dunstabzugshaube durchaus messbare Konzentrationen erreicht und an vielbefahrenen Straßen in Großstädten werden Werte von 100ppm gemessen.²

¹Elizabeth Leland, "Estimates of Non-fire Carbon Monoxide Poisoning Deaths and Injuries", Consumer Products Safety Commission, Washington D.C., 1997

²Richard S. Brief et al. „Lead, Carbon Monoxide and Traffic“, Journal of the Air Pollution Control Association

CO part per million (ppm)	CO in der Luft (%)	Symptome bei einer Exposition
0,2	0,00002	keine Symptome (normale Luftkonzentration)
200	0,02	Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Müdigkeit
400	0,04	starke Kopfschmerzen, Todesgefahr nach 3 Stunden
800	0,08	Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit; Bewusstlosigkeit nach 45 min.; Tod nach 2-3 Stunden
1600	0,16	starke Symptome nach 20 min.; Tod innerhalb einer Stunde
3200	0,32	Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit nach 5 min.; Bewusstlosigkeit nach 10-15 min.
6400	0,64	Kopfschmerzen und Schwindel nach 1-2 min.; Bewusstlosigkeit nach 10-15 min.
12800	1,28	sofortige Bewusstlosigkeit, Tod nach 1-3 min.

Abb. 1 Kohlenmonoxid-Konzentrationen und Symptome, Quelle: Schweizerische Unfallversicherung

Bengt ist Polar-Guide. So nennt man professionelle Führer für kommerzielle Polarexpeditionen. 200 Tage im Jahr überquert der Norweger mit kleinen Gruppen das grönländische Inlandeis, führt sportlich ambitionierte Touristen zum Nord- und Südpol, durch die Nordwestpassage der kanadischen Arktis, durch Spitzbergen im Winter oder über das Patagonische Kontinentaleis. Es sind die extremsten Skitouren des Planeten. Sicherheit ist Bengts Geschäft und seine Kompetenz. Übernachtet wird im Expeditionszelt und gekocht praktisch immer in dessen Innenzelt. Selbstverständlich mit permanenter Querlüftung. Um den Flüssigkeitsbedarf von drei Personen zu schmelzen und zu erhitzen, muss der Kocher morgens und abends jeweils über zwei Stunden laufen. Das dafür eingesetzte Modell ist dabei meist der XGK-EX von MSR. Er ist so laut, dass man

Kocher	Typ	Brennst.	Dezibel	Clearance	ppm*	Watt	Gewicht
Primus OmniLite Ti	Silencer	Benzin	29	22mm	110	2600	240g
Primus OmniFuel	Roarer	Benzin	49	20mm	700	3000	380g
MSR XGK-EX	Roarer	Benzin	55	30mm	310	2800	320g
MSR Whisperlight	Silencer	Benzin	27	17mm	900	2990	260g
Optimus Nova	Roarer	Benzin	46	6mm	550	2850	325g
Optimus Hiker 111	Silencer	Benzin	37	30mm	85	2800	400g
Coleman Peak 1	Silencer	Benzin	38	23mm	900	2200	685g
Trangia	Silencer	Gas	41	20mm	300	3000	180g
Trangia	offen	Spiritus	0	32mm	380	300	110g

Abb. 2, getestete Kocher

ein CO-Messgerät mit kontinuierlicher Aufzeichnung und überlegte mir einen Versuchsaufbau, mit dem ich verschiedene Kocher vergleichen konnte. Dazu betrieb ich sie in einer Alu-Box, deren Deckel ich bis auf einen Schlitz schloss, während ich einen Topf Wasser darin zum Kochen brachte. Von Freunden lieh ich mir eine Anzahl unterschiedlicher Benzinkocher aus. Ursprünglich hatte

Kocher, unterschiedlich stark ansteigen, bis zur Annäherung an ein horizontal verlaufendes Gleichgewicht, bei dem sich CO-Produktion und Diffusion aus der Kiste die Waage halten. Die absoluten CO-Werte, gemessen im ppm (parts per million) und aufgetragen auf der Hochachse meiner Grafiken, sind, nach Abb. 1, schnell im toxischen Bereich. Natürlich sind die Ergebnisse aus meiner Alu-Box

4 Benziner und ein Alkoholiker: XGK-EX, Nova, OmniFuel, OmniLite, Trangia

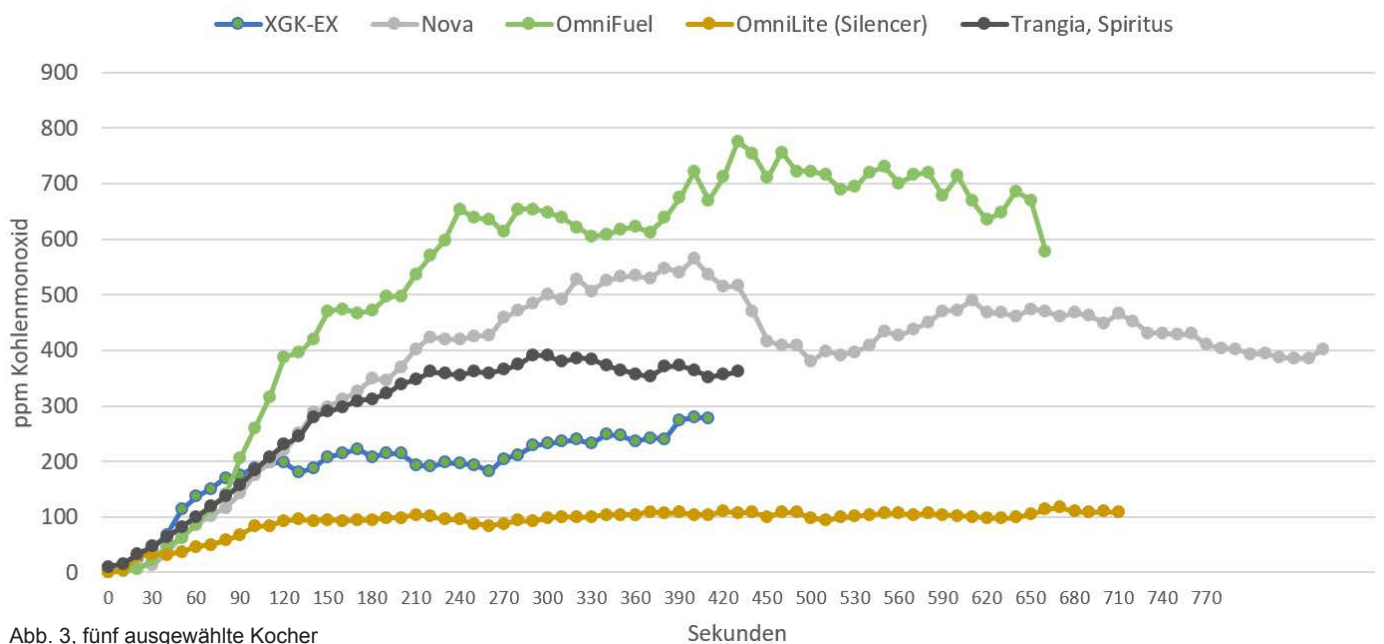


Abb. 3, fünf ausgewählte Kocher

sich im Zelt beim Betrieb kaum unterhalten kann. Auf meine Frage, warum denn ausgerechnet dieser Schreihals seine Wahl sei, antwortete Bengt: *“Because it produces the least carbon monoxide!”*

Das gab mir zu denken. Flamme ist doch Flamme, warum also produzieren einige Kocher mehr CO als andere? Gibt es große Unterschiede? Und wenn ja, wie lassen sich diese erklären und verkleinern?

Um das herauszufinden, besorgte ich mir

ich geplant, dabei auch die Effizienz der verschiedenen Kocher zu vergleichen, also wie schnell sie einen Liter Wasser zum Kochen bringen können. Mein PC-gebundenes Thermometer war jedoch schnell defekt und ich stellte zudem fest, dass die Reproduzierbarkeit meiner Messungen aufgrund von Störfaktoren nicht sehr hoch war. Ich musste also den Plan quantitativer Messungen zugunsten von qualitativen Vergleichen fallen lassen. Bei meinen Messungen des CO-Gehaltes erwartete ich Kurven, die je nach

nicht übertragbar auf ein Zelt. Die Werte ermöglichen aber einen Vergleich der unterschiedlichen Kocher.

Begleitend zu meinen eigenen Messungen habe ich versucht, mir einen Überblick über wissenschaftliche und populäre Veröffentlichungen zum Thema *“Kochen-im-Zelt”* zu verschaffen. Dieser Artikel soll Aufschluss geben über einige Faktoren, die der Entstehung von Kohlenmonoxid Vorschub leisten oder ihr entgegenwirken. Wir gehen hier

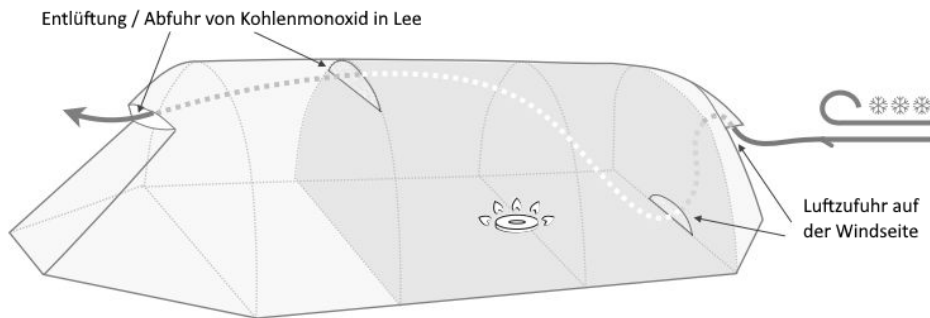


Abb. 4, optimale Lüftung. Quelle: International Polar Guides Association (IPGA)

davon aus, dass witterungsbedingt in einer Apsis oder dem Innenzelt ein Kocher betrieben wird. Zur Belüftung nutzen wir

Was ist CO, wie entsteht es und warum ist es gefährlich?

CO ist ein geruchloses, geschmackloses



Abb. 5, Clearance Vergleich: Optimus Nova (6mm) und Primus OmniLite (22 mm)

idealerweise zwei Öffnungen an gegenüberliegenden Seiten des Außenzeltes, falls dieses unten nicht einen breiten Rand besitzt. Das Innenzelt muss natürlich auch, möglichst an beiden Seiten, einen spaltbreit geöffnet sein. (Abbildung 4).

und farbloses Gas, das bei unvollständiger Verbrennung organischer Stoffe entsteht. Eine unvollständige Verbrennung ist gekennzeichnet durch einen Sauerstoffmangel. Dieser entsteht z.B. dann, wenn die Flamme an einer kalten Oberfläche abkühlt, bevor die zweite Stufe

der Oxidation zu CO₂ abgeschlossen ist. Wer es genau wissen möchte: Die interessante und ziemlich leicht zu verstehende Chemie dahinter erklärt Roger Caffin sehr anschaulich³.

CO bindet sich ca. 250-mal leichter an das Hämoglobin in unseren roten Blutkörperchen als Sauerstoff. CO ersetzt also den Sauerstoff im Blut. Weiterhin setzt es sich auch an gewissen Proteinen des Körpers fest. Wegen dieser starken Bindung des CO, gibt unser Hämoglobin es auch nicht gleich wieder her, wenn wir das Zelt kurzfristig verlassen und wieder frische Luft atmen. Je nach Stärke der Kontamination kann es mehrere Stunden dauern, bis die Symptome verschwinden. Bei schweren Fällen hilft nur die Gabe reinen Sauerstoffs im Krankenhaus.

Ich selbst habe bei den Versuchen zu diesem Artikel in einer Doppelgarage eine leichte CO-Vergiftung mit Übelkeit und Kopfschmerzen bekommen, weiß also, worüber ich rede.

Dies, obwohl ich die Garage nach jedem Versuch ausgiebig gelüftet habe! Wie wir sehen werden, hatte ich aber auch einige regelrechte CO-Schleudern im Test.

³Roger Caffin, „Stoves, Tents and Carbon Monoxide - Deadly or not? Part 1: Theory“, Backpacking Light, Teil „Flame Chemistry“

MSR XGK-EX vs. Coleman Peak 1

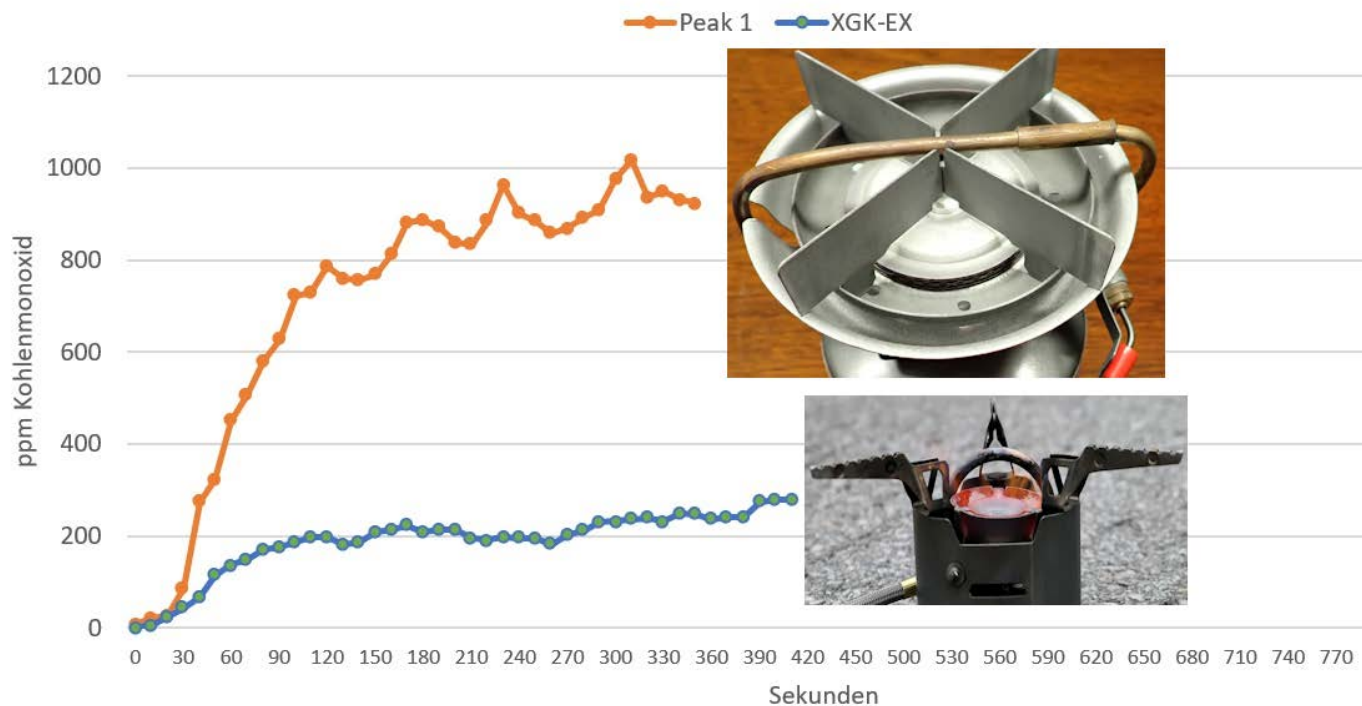


Abb. 6, „verbauter“ Brenner des Peak 1 vs. „freier“ XGK-EX

Primus OmniLite Ti: ohne, mit normalem und mit Energiespartopf

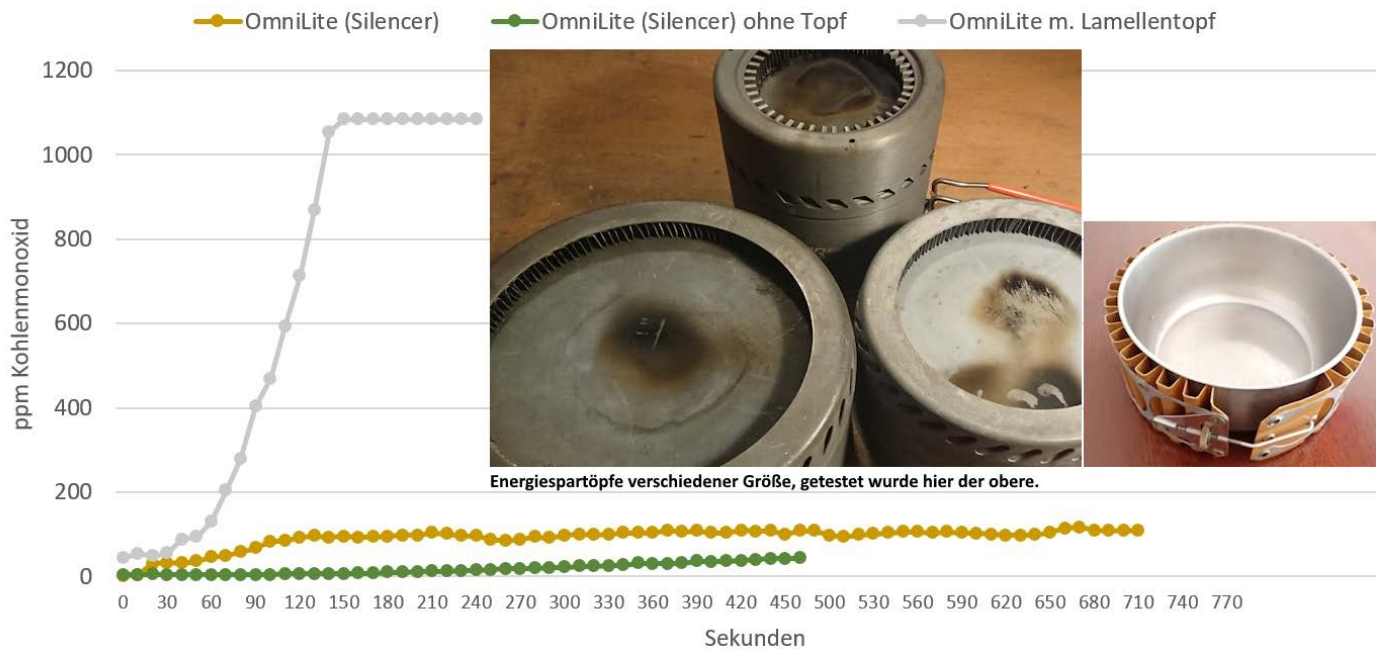


Abb. 7, Gefahr durch Energiespartöpfe

Das Ergebnis sind folgende Zusammenhänge, die sich auf die CO-Produktion auswirken:

1. Je größer der Abstand von Topfboden zu Flamme, desto weniger CO
Egal ob Eis oder kochendes Wasser im Topf ist: Er ist im Vergleich zur Flamme stets "kalt". Eine schnellere Abkühlung der Flamme auf einem kürzeren Weg zum Topf führt zu einer unvollständigen Verbrennung. Der Abstand wird in der englischen Literatur auch als "clearance" bezeichnet. Die von mir getesteten Modelle variierten hier zwischen 6 und 35mm.

2. Ein Brenner ohne Topf produziert sehr wenig CO

Ein also nur zu Heiz- oder Trockenzwecken eingesetzter Brenner kann fast ohne CO-Produktion im Zelt betrieben werden. Trotzdem ist aber für Belüftung

zu sorgen.

3. Je dünner und entfernter von der Flamme die Topfauflage ist, desto besser

Der Grund ist derselbe wie bei 1. Extremes Negativbeispiel ist hier der Coleman Peak 1 mit seinen breiten Blechen, die kreuzweise über die Flamme laufen.

(Abbildung 6)

4. Finger weg von Energiespartöpfen oder -kragen!

Um Brennstoff zu sparen, fangen die gewellten Bleche, die hierbei zum Einsatz kommen, die Flammen möglichst vollständig auf, um sie effizient in direkter Topfnähe abzukühlen. Die Idee ist gut und funktioniert, verhindert aber die vollständige Verbrennung von CO zu CO₂ so zuverlässig, dass die CO-Entwicklung in kürzester Zeit durch die Decke geht.

Töpfe mit größerem Durchmesser sind hier besser als solche mit kleinerem, weil die

Lamellen weiter weg von der Flamme sind. Trotzdem: NIEMALS im Zelt und auch nicht in der geöffneten Apsis benutzen - **Lebensgefahr!** (Abbildung 7)

5. Blaue Flamme = gute Flamme, gelbe Flamme = Gefahr!

Die Farbe der Flamme ist ein direkter Indikator ihrer Temperatur. Sie sollte (bei Flüssigbrennstoff nach dem Vorheizen) stets blau sein. Dies gilt sowohl für Benzin als auch für Gaskocher. Bei einer gelben/orangen Flamme fehlt entweder der Druck oder die Brennstoffleitung ist verschmutzt. Da sich Gaskartuschen nicht nachpumpen lassen, baut sich hier der Druck mit sinkendem Füllstand immer weiter ab. Daher kann die Kartusche nie ganz leergebrannt werden. Durch den nachlassenden Druck färbt sich die Flamme gegen Ende gelb und produziert dann mehr CO. (Abbildung 8)

6. Reinbenzin ist der beste flüssige Brennstoff

Das habe ich nicht selber untersucht⁴ : Am meisten CO wird bei Nutzung von



Abb. 8, Gas-Brenner, volle und fast leere Kartusche

⁴ Richard B. Schwartz, "A comparison of carbon monoxide levels during the use of a multi-fuel camp stove", Wilderness and Environmental Medicine, 12, 236-238 (2001) und David P. Betten et al. "Effect of Fuel Type on Carbon Monoxide Accumulation in Tents of Varied Design", Wilderness and Environmental Medicine 24, 280-284 (2013)



Abb. 9, CO-Meter, mit Größenvergleich



Abb. 11, CO-optimierter Kocher mit unkonventioneller Benzinleitungsführung ;-), Quelle: DALL-E (OpenAI)

Tankstellenbenzin oder Petroleum freigesetzt. Am Wenigsten bei Nutzung von gereinigtem Benzin. Ich setze meist sog. Alkylatbenzin der Marke "Aspen 4" ein, das es bei uns in Kanistern im Baumarkt und im Ausland oft an Tankstellen gibt. Auch Heptan ist gut geeignet, jedoch teurer.

7. Gute Regulierbarkeit erlaubt CO-Reduktion „on-the-fly“

Je größer die Leistung des Brenners, desto mehr Brennstoff also verbrannt wird, desto mehr CO entsteht auch. Das leuchtet ein. Daher ist es wichtig, einen gut regulierbaren Kocher zu verwenden. Viele Benzinkocher-Modelle kennen

leider nur aus und „Vollgas“. Wer also nicht nur Wasser kocht, kann so mit einem Handgriff die CO-Produktion reduzieren.

Neben diesen Zusammenhängen, hier noch einige spezielle Empfehlungen für das Kochen im Zelt:

NIEMALS beim Kochen hinlegen!

MSR Whisperlite: ohne und mit Rohrschelle als Distanzring

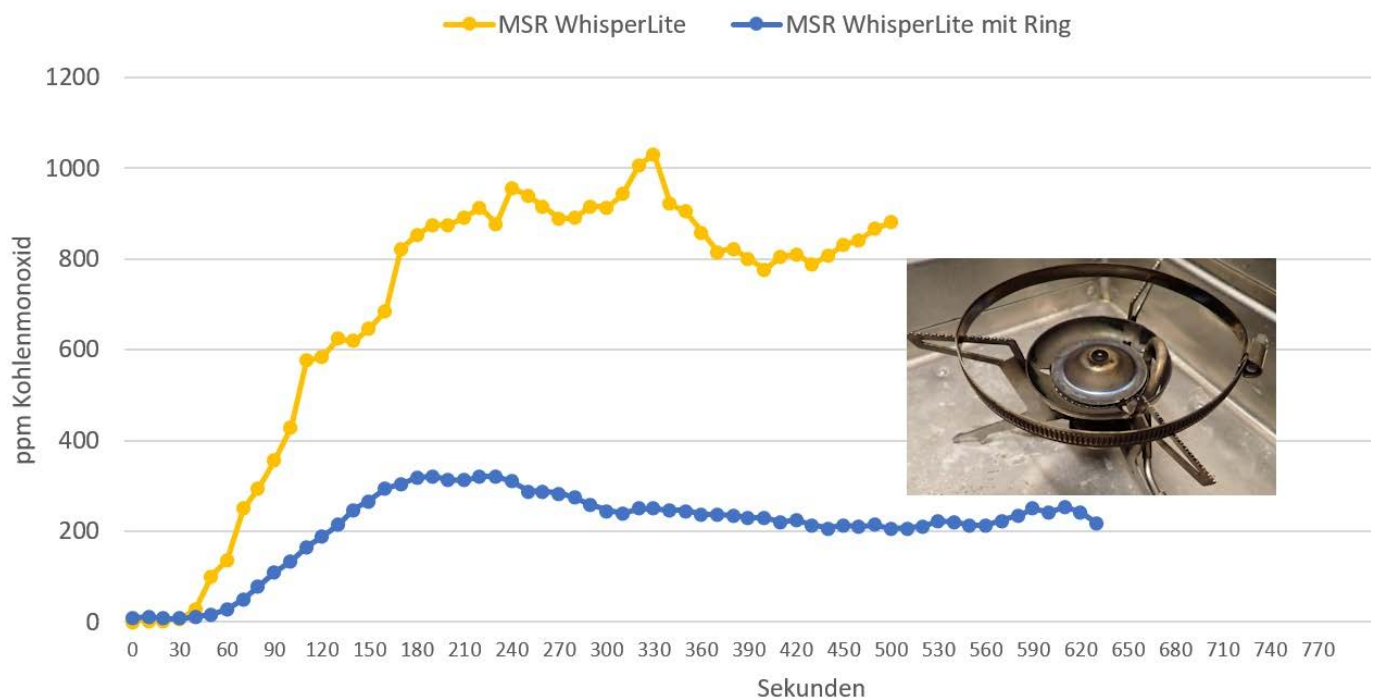


Abb. 10, Effektivität eines die Clearance vergrößernden Distanzringes

Muss nach einem langen Tag eine größere Menge Schnee geschmolzen werden, mag man erschöpft verleitet sein, den Kocher im Liegen zu überwachen. Wer dabei einschläft, während die Belüftung versagt, hat gute Chancen, nicht wieder aufzuwachen. **Beim Kochen immer sitzen!**

Einen kleinen CO-Warner dabei haben!

Er löst einen akustischen Alarm aus, wenn Grenzen überschritten werden.

(Abbildung 9)

Mit einer aufgelegten Rohrschelle aus dem Baumarkt die Clearance vergrößern

Das 2€ Bauteil reduziert die CO-Produktion erheblich. (Abbildung 10)

Zusammenfassung

Bei den getesteten Kochern habe ich große Unterschiede in Bezug auf die CO-Entwicklung festgestellt. Diese sind zum Teil bauartbedingt. Aus meinen Messungen geht hervor, dass es einen Kocher gibt, der den lauten XGK-EX in Punkto CO-

Reduzierung aussticht. Es ist der Primus Omnilite Ti, idealerweise mit dem optionalen Silencer-Brenner. Zwar hat dieser Kocher eine 10% geringere Leistung als der XGK, dafür ist er gut regelbar, viel leiser und erzeugt weniger als die Hälfte CO. Mit einer Rohrschelle kann die CO-Produktion noch weiter reduziert werden.

Ich will hier keinen Freibrief ausstellen, natürlich IST Kochen im Zelt potentiell sehr gefährlich und sollte möglichst vermieden werden. Mit der nötigen Umsicht, dem Wissen um einige der hier geschilderten Zusammenhänge und der geeigneten Kocher-Ausrüstung ist diese Praxis meiner Meinung nach aber durchaus beherrschbar und sicher.

Epilog

Um das Thema abzurunden, habe ich mir von einer KI nach meinen Vorgaben einen Kocher darstellen lassen, der in Bezug auf CO-Vermeidung optimiert ist. (Abbildung 11)

Er vereint große Clearance mit einer Topfaulage mit maximaler Distanz zur

Flamme und vertikal angebrachten Austrittslöchern, was sich positiver auf die Clearance auswirkt als eine flache Anordnung.

Disclaimer:

Die Auswahl der hier getesteten Kochermodelle geschah mehr oder weniger zufällig. Der Fokus lag aber auf Benzinkochern, da diese auf längeren und insbesondere kälteren Touren die verlässlichere Wahl sind. Ich testete zwei eigene Kocher und mehrere Modelle von Freunden. Kriterium war, dass es sich um heute noch marktgängige Modelle handelt. Ich legte nur Wert darauf, den MSR XGK-EX dabei zu haben, da er der Anlass für diese Untersuchung war.

Den Herstellern gegenüber bin ich leidenschaftslos: Von keinem erhalte ich irgendeine Unterstützung, mit keinem hatte ich mich im Vorfeld überworfen.

Da Kocher in der Regel im Freien betrieben werden, stellen die CO-Ergebnisse aus diesem Artikel auch keine Gesamtbewertung der Kocher dar, sondern dienen lediglich der vergleichenden Messung einer bestimmten Eigenschaft.

Alle referenzierten Veröffentlichungen und weitere hier: <https://wattpaddler.de/kocherpapers/>

