

Entzauberung des Trüffelschweins –

Wissenschaftliche Entschlüsselung der Trüffeldüfte

Bernhard Tauscher

ehem. Max-Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut
für Ernährung und Lebensmittel, Karlsruhe

Bernd.Tauscher@web.de





Was bieten Trüffel?

Nährstoffe

Mikronährstoffe

Aromen

Allelochemikalien

Pheromone

S. Wang, M.F. Marcone 2011



Wie ist das mit dem Trüffelschwein?

Jugendliche Fruchtbarkeit

Trüffel enthalten ein Sexualhormon, **Androstenol**, das in der Pubertät und kurz danach den Produktions-Höhepunkt beim Menschen hat, um dann wieder zu verschwinden.

Junge Männer produzieren etwa dreimal so viel, wie junge Frauen.



Wie ist das mit dem Trüffelschwein?

Winzige Mengen des Androstenols lassen

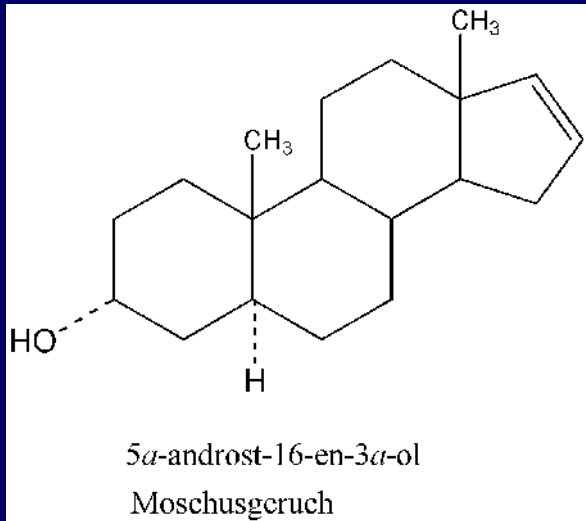
Männer von Frauen
als auch
Frauen von Männern

als sensitiver, besser, intelligenter, **sexuell attraktiver**, wärmer,
freundlicher und vertrauensvoller erscheinen.

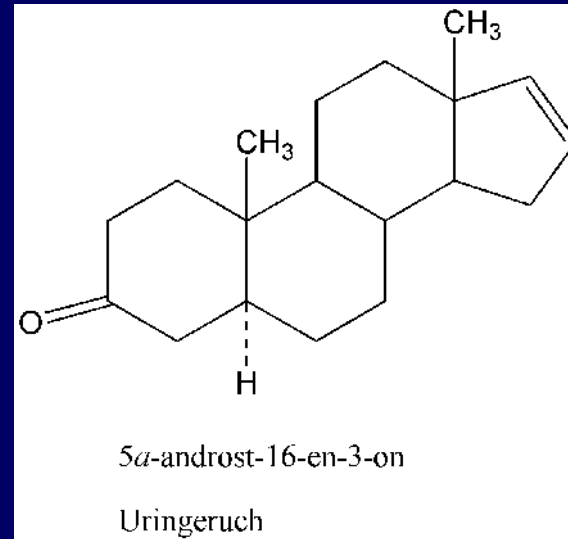
Ob **vorwiegend weibliche Trüffelschweine** auf der Suche nach dem jugendlichen
Eber ähnlich motiviert werden, **ist nicht bewiesen**.

Wie ist das mit dem Trüffelschwein?

Duftende Δ^{16} -Steroide



Sexual-Pheromon des Ebers
Axelschweiß (Mann)
Urin von Frauen
Tuber melanosporum



Axelschweiß (Mann)

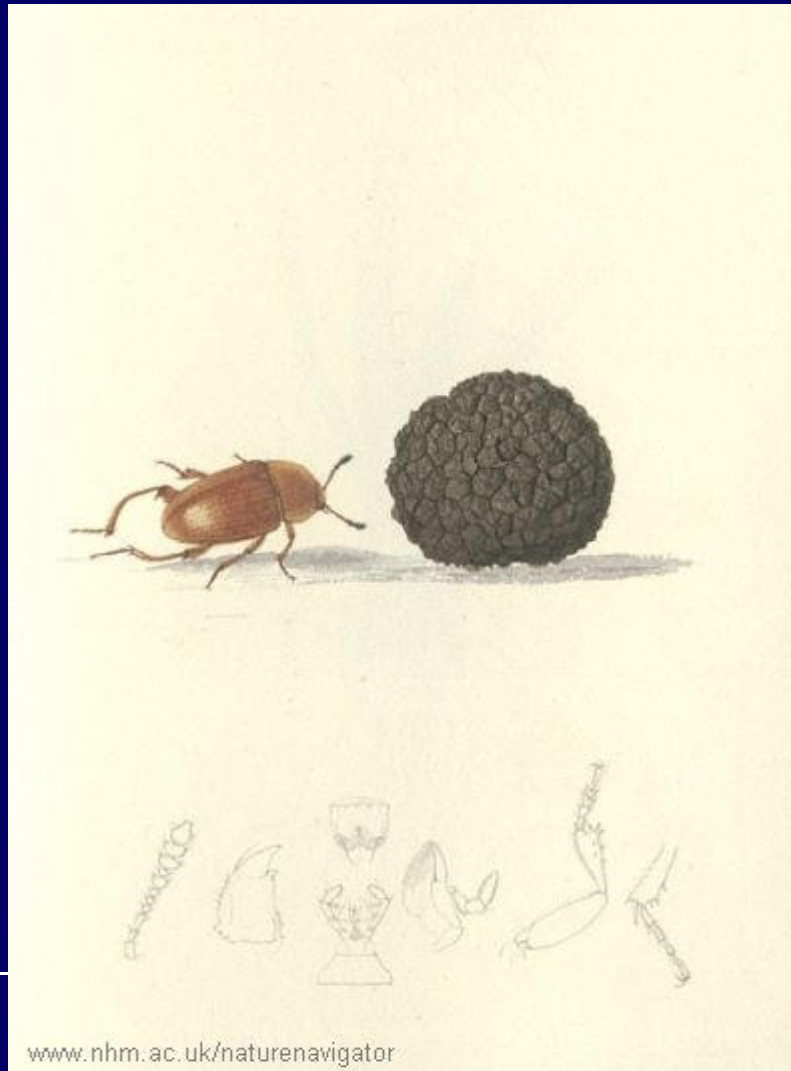
Quelle: Claus, R. et al. *Experientia* 37 (1981) 1178-1179
Z. Huang et al, *Adv. Materials Research* Vols. 881-883 (2014) pp 781-784

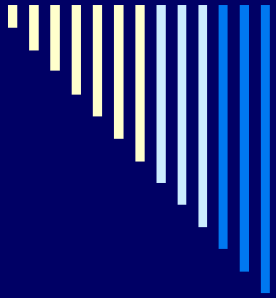






Der Trüffelkäfer





Der Trüffelkäfer

In England werden auch **Insekten** beobachtet, die Trüffel zur Eiablage benötigen und beträchtliche Schäden an den Trüffel-Fruchtkörpern verursachen. Insekten haben die feinsten „Nasen“ im Tierreich

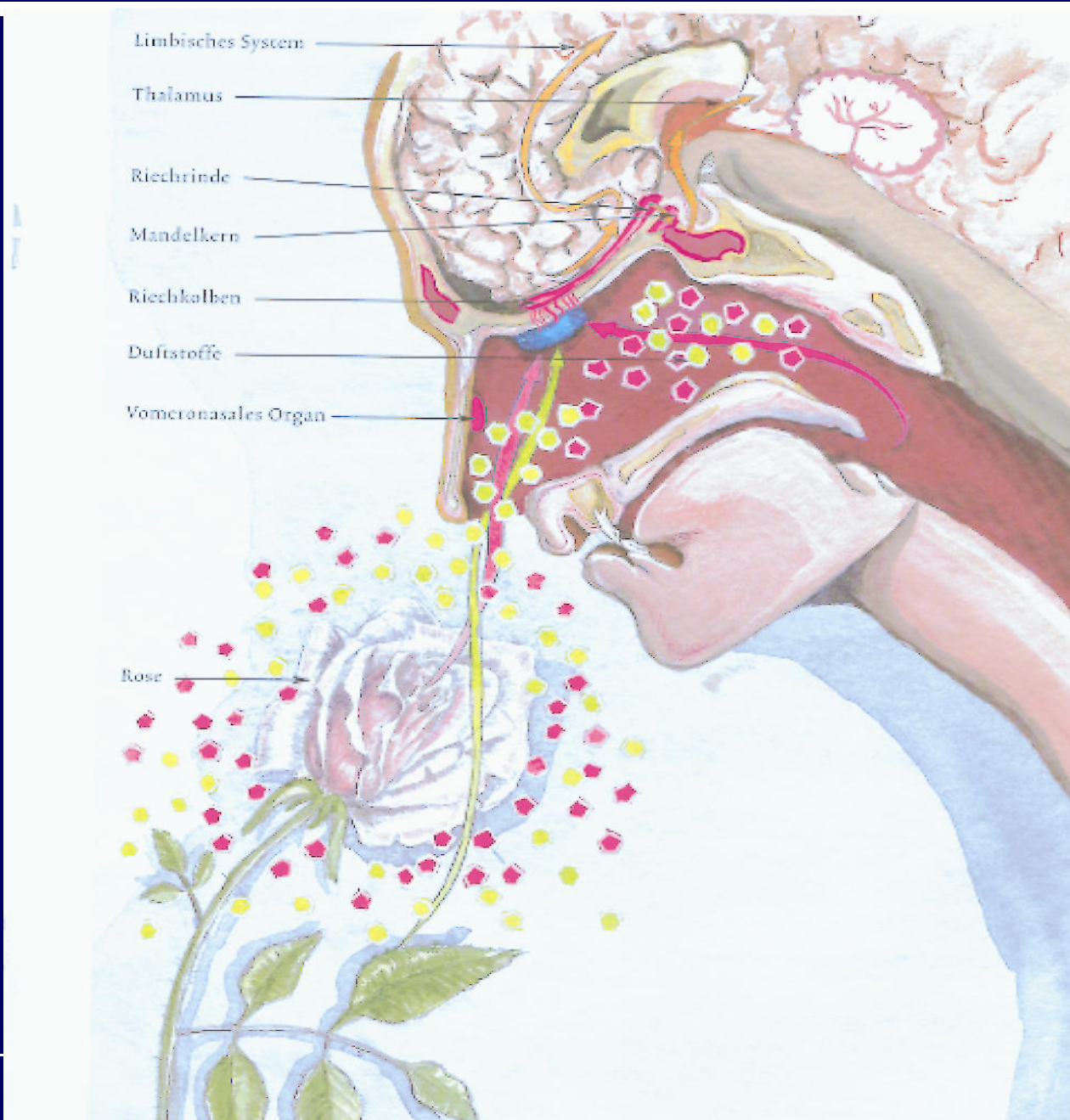
Weibliche Käfer werden durch Duftstoffe unreifer Trüffel angelockt. Männliche Käfer folgen den Pheromonen der Weibchen.

Die chemische Zusammensetzung der Trüffel-Aromen ändern sich über die Reifungszeit.

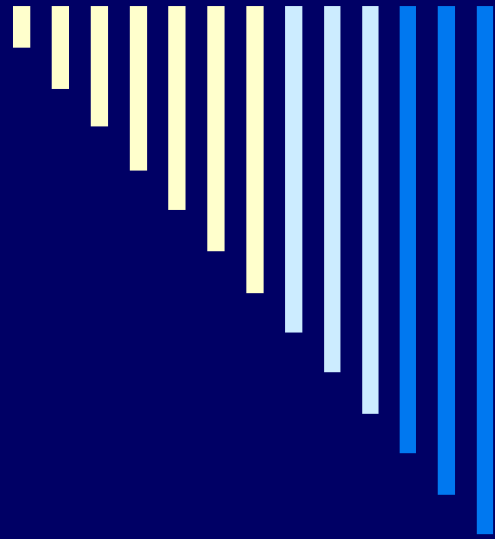
Der Trüffelkäfer *Leiodes cinnamomea* steht auf der „Roten Liste“ bedrohter Tierarten.



Riechen, was ist das?

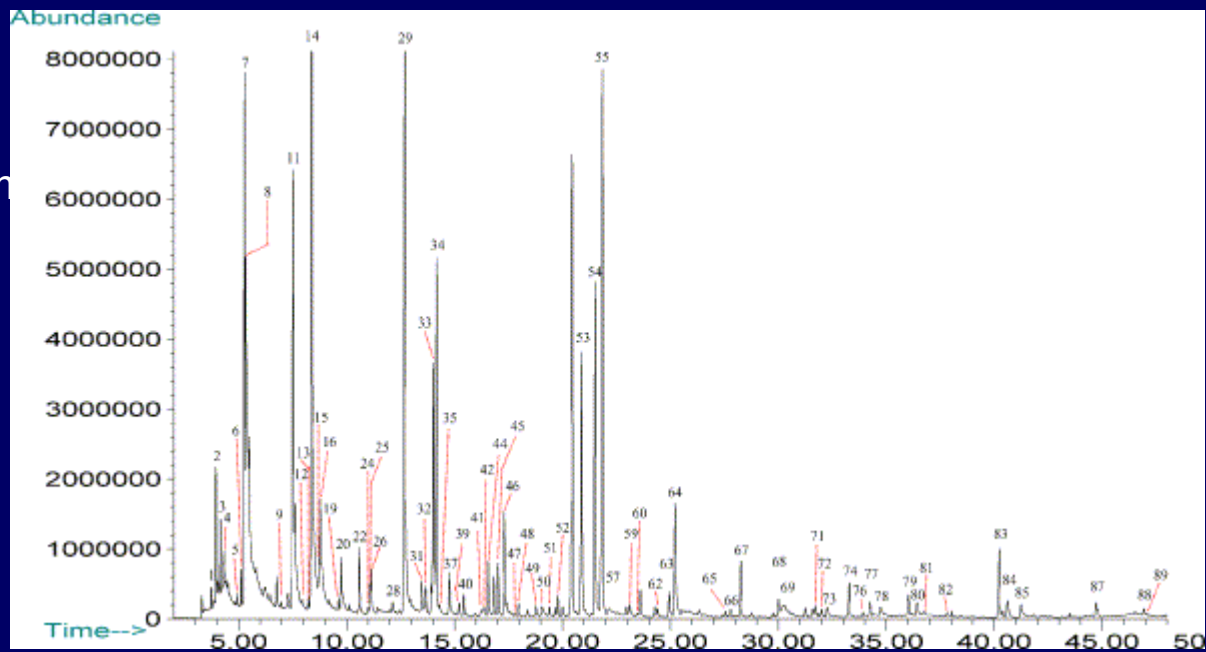




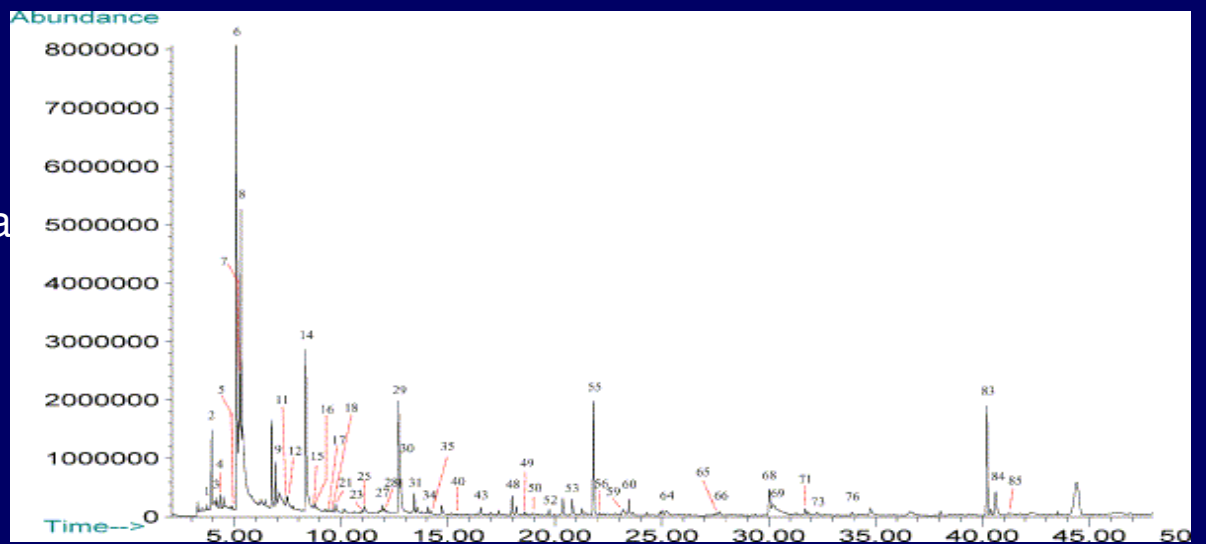


Trüffelaromen sind
unterschiedlich:
abhängig von Spezies
und Ort

T. melanosporum
Navaleno, Soria

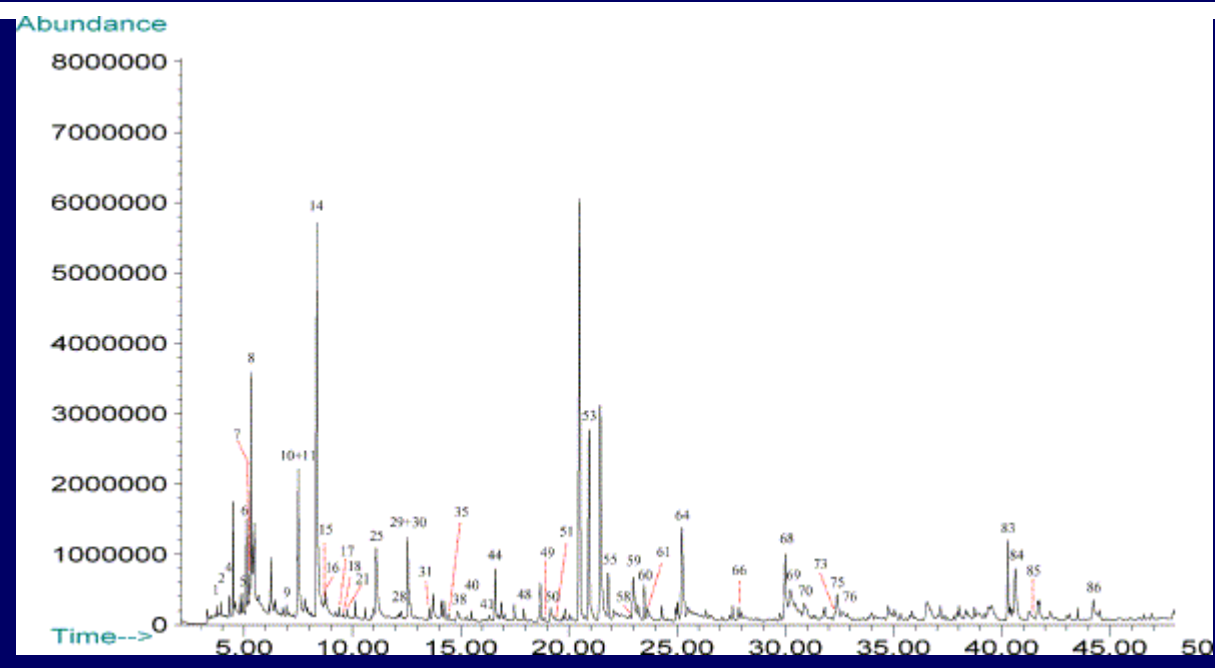


T. aestivum
Monasterio de la
Santa Espina,
Valladolid

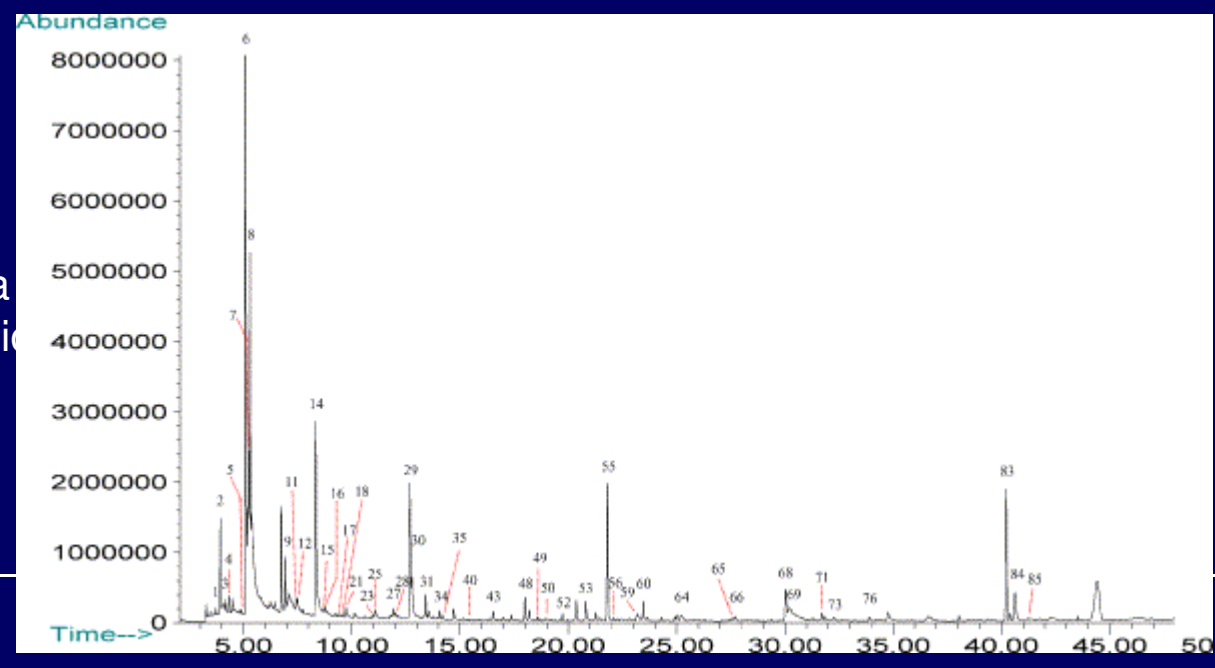




T. aestivum
Navalone, Soria



T. aestivum
Monasterio de la
Espina, Valladolid



No.	Retention time (min)	Compound	A (%) <i>T. aestivum</i> (Soria)	A (%) <i>T. aestivum</i> (Valladolid)	A (%) <i>T. melanosporum</i> (Soria)
1	3.74	Acetaldehyde	0.2798	0.0278	0.0699
2	3.94	Dimethylsulfide	0.2668	0.4560	0.5245
3	4.16	Propanal	—	0.0390	0.2444
4	4.33	2-Propanone	0.5749	0.1067	0.0948
5	4.93	Ethyl acetate	0.4703	0.0158	0.0361
6	5.11	2-Butanone	2.1852	38.1709	1.3517
7	5.27	2-Methyl-butanal	0.6362	19.3657	19.1255
8	5.33	3-Methyl-butanal	7.5634	32.0520	38.3154
9	6.95	2-Butanol	0.2342	0.3094	0.0277
10	7.46	Methylbenzene	—	0.0479	—
11	7.51	2-Butenal	7.9041	0.0606	3.4546
12	7.94	Ethyl-3-methylbutanoate	0.2113	—	0.0901
13	8.23	Dimethylsulfide	0.0579	—	0.0437
14	8.39	Hexanal	17.6341	1.8416	5.9278
15	8.73	2-Methyl-1-propanol	0.5876	0.0536	0.3050
16	8.79	2-Methyl-2-butenal	1.3518	0.0768	1.2245
17	9.38	Ethylbenzene	0.3328	0.0257	—
18	9.58	1,3-Dimethylbenzene	0.1077	0.0217	—
19	9.63	Butyl-2-methylbutanoate	—	—	0.0388
20	9.75	3-Penten-2-one	—	—	0.4421
21	9.74	1,4-Dimethylbenzene	0.2385	0.0783	—
22	10.60	2-Methylpropyl-methylbutanoate	—	—	0.2907
23	10.97	1,2-Dimethylbenzene	—	0.0288	—
24	11.00	2-Methylpropyl-3-methylbutanoate	—	—	0.0304
25	11.08	Heptanal	5.3558	0.1251	0.1573
26	11.14	3-Methylbutyl-2-methylpropanoate	—	—	0.2708
27	11.92	3-Methyl-3-penten-2-one	—	0.1061	—
28	12.13	2-Pentylfuran	0.3545	0.0542	0.0665
29	12.70	2-Methyl-1-butanol	3.7360	1.1602	4.9360
30	12.79	3-Methyl-1-butanol	—	0.4016	—
31	13.48	3-Octanone	0.3818	0.1711	0.2006
32	13.66	5-Methyl-2-heptanone	—	—	0.2139
33	14.02	6-Dodecanol	—	—	1.4844
34	14.17	2-Methylbutyl-2-methylbutanoate	—	—	2.4996
35	14.30	1,2,4-Trimethylbenzene	0.2017	0.0459	0.0692
36	14.71	2-Octanone	—	0.1239	—
37	14.76	Pentyl-3-methylbutanoate	—	—	0.2861
38	14.87	Octanal	0.8590	—	—
39	15.22	2,3-Dihydro-4-methylfuran	—	—	0.0759
40	15.43	Octa-1,5-dien-3-ol	0.3222	0.0113	0.1188
41	16.23	2,3-Octanedione	0.0551	—	0.0590
42	16.39	3-Hydroxy-2-butanone	—	—	0.0597
43	16.54	1,3,4-Trimethyl-2-pyrazoline	—	0.0988	—
44	16.57	2-Heptenal	2.1574	—	0.3549
45	17.01	3-Octen-2-one	—	—	0.3743
46	17.30	Methoxybenzene	—	—	0.8269
47	17.80	2-Ethyl-1,4-dimethylbenzene	—	—	0.0056
48	17.96	1-Hexanol	0.5090	0.2079	0.0724
49	18.78	Dimethyltrisulfide	0.1771	0.0201	0.0731
50	19.05	Nonanal	1.1640	0.0486	0.1189
51	19.39	3-Octanol	0.1114	—	0.0462
52	19.79	3-Ethyl-4,5-dihydro-1H-pyrazole	—	0.0549	0.1318
53	20.89	2-Octenal	8.2730	0.2091	1.8688
54	21.51	1-Methoxy-3-methylbenzene	—	—	2.2948
55	21.85	1-Octen-3-ol	1.8082	1.1694	4.0489
56	22.09	1-Heptanol	—	0.0141	—
57	22.14	1-Methoxy-3-methylbenzene	—	—	0.1047
58	22.83	2-Furanicarboxaldehyde	0.1812	—	—
59	23.00	Acetic acid	—	0.1227	—
60	23.47	2-Ethyl-1-hexanol	1.3032	0.1941	0.0188
61	23.64	Decanal	1.1520	—	—
62	24.41	4-Mercapto-4-methyl-2-pentanone	—	—	0.0593
63	24.94	2-(1-Methylethyl)phenol	—	—	0.1992
64	25.21	Benzaldehyde	6.9354	0.1358	1.4436
65	27.54	Sulfinylbis methane	—	0.0469	0.0379
66	27.85	2-Undecanone	0.6202	0.0557	0.0491
67	28.26	4-Hydroxycyclohexanone	—	—	0.3824
68	30.01	2(3H)-Dihydrofuranone	4.4916	0.4278	0.2518
69	30.30	Phenylacetaldehyde	1.8540	0.1754	0.2710
70	30.86	2-Propenoic acid	1.9972	—	—
71	31.71	2-Methylhexanoic acid	—	0.0889	0.0786
72	32.01	3-Methyl-1H-pyrazol	—	—	0.0689
73	32.27	2,4-Nonadienal	0.2358	0.0602	0.1088
74	33.28	1,2-Dimethoxybenzene	—	—	2.6553
75	32.40	Dodecanal	1.7074	—	—
76	33.92	Naphtalene	0.7081	0.0796	0.0442
77	34.25	1,3-Dimethoxybenzene	—	—	0.1513
78	34.73	2,4-Decadienal	—	—	0.1560
79	36.04	2,5-Dimethoxytoluene	—	—	0.1708
80	36.42	3,4-Dimethoxytoluene	—	—	0.1156
81	36.76	1-Methoxy-4-(1-propenyl)-benzene	—	—	0.0385
82	37.83	2-Methoxy-4-ethyl-6-methylphenol	—	—	0.0293
83	40.23	2,6-Bis(1,1-dimethylethyl)-4-methylphenol	3.7377	1.3151	0.5952
84	40.62	Phenylethanol	3.8257	0.4601	0.1887
85	41.24	α -Ethylidene-phenylacetaldehyde	0.6037	0.0372	0.1835
86	44.24	Phenol	1.3732	—	—
87	44.72	1,2-Dimethoxy-4-(2-propenyl)benzene	—	—	0.1645
88	46.94	1-Methyl-4-(phenylmethyl)benzene	—	—	0.0738
89	47.07	<i>p</i> -Cresol	—	—	0.0270

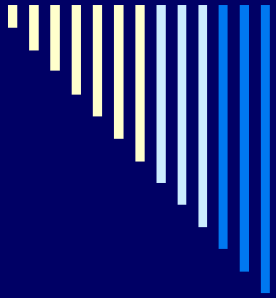


Schwefelhaltige Verbindungen

sind sehr charakteristisch für Trüffel, am wichtigsten ist das Dimethylsulfid: $\text{CH}_3\text{-S-CH}_3$

Peak no.	Retention time (min)	Compound	A (%) <i>T. aestivum</i> (Soria)	A (%) <i>T. aestivum</i> (Valladolid)	A (%) <i>T. melanosporum</i> (Soria)
2	3.94	Dimethylsulfide	0.2668	0.4560	0.5245
13	8.23	Dimethyldisulfide	0.0579	–	0.0437
49	18.78	Dimethyltrisulfide	0.1771	0.0201	0.0731
62	24.41	4-Mercapto-4-methyl-2-pentanone	–	–	0.0593
65	27.54	Sulfinylbismethane	–	0.0469	0.0379

~~Pelusio F. et al. J. Agric. Food Chem. 43 (1995) 2138-2143~~
Diaz P. et al. J. of Chromatography 1017 (2003) 207-214



Dimethylsulfid

Entsteht aus Dimethyl-sulfoniumpropionat, auch beim Kochen von Gemüse (Brokkoli, Kohlarten, Spargel) und von Meeresfrüchten,

Erhebliche Emission durch Phytoplankton und Bakterien in den Ozeanen, Dimethylsulfid ist die am häufigsten emittierte Schwefelverbindung.


Atmosphärische DMS-Aerosole werden zu Schwefelsäure oxidiert und dienen als Kondensationskeime bei der Wolkenbildung. Dieser massive Einfluss von DMS auf die Wolkenbildung über den Ozeanen spielt eine entscheidende Rolle auf das Erdklima.

Dimethylsulfid verursacht den typischen Meeres- und Küstengeruch



Dimethylsulfid

- wird von Tieren wie Schweinen und Hunden wahrgenommen
 - **Das ist des Rätsels Lösung!**
 - DMS kommt auch im Vaginalsekret von Hamsterweibchen vor, männliche Hamster folgen den Spuren von DMS. Hamstermännchen als Trüffelsucher und Trüffelfinder?
-



Dimethyldisulfid, Dimethyltrisulfid

Dimethyldisulfid ist wesentlicher Bestandteil des Aromas der Stinkmorchel und für den Lichtgeschmack von Milch verantwortlich.

Die Geruchsschwelle liegt bei 6 ppm

Quelle: Geruchs- und Farbstoffe der Rutenpilze (<http://pilzepilze.de/tstijve1.html>)

Dimethyltrisulfid ist Bestandteil von Lebensmittel z.B. Blauschimmelkäse

Die Geruchsschwelle liegt bei kleiner 1 ppm

Quelle: Eisinger, Majchrzak: Ernährung/Nutrition Vol 34, 1-2010

Vergänglichkeit des Trüffelaromas (+4° C)

Table 2 - Area value (TIC: % of total) after eight days for a single truffle.

Compound name	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 6	Day 8
Dimethyl sulphide	9.63	8.59	9.54	8.56	3.49	3.15
Ethanol	0.09	0.01	0.02	0.08	1.45	3.36
Dimethyl disulphide	0.09	0.05	0.06	0.06	0.04	0.07
2-methyl-1-propanol	0.02	0.01	0.01	0.00	0.21	0.58
Limonene	0.12	0.03	0.04	0.01	0.01	0.02
2-methyl-1-butanol	0.18	n.d.	0.01	0.01	2.36	4.74
Bis(methylthio)methane*	60.29	55.43	57.44	50.19	48.86	47.17
Dimethyl trisulphide	0.08	0.05	0.05	0.09	0.06	0.07
1-methoxy-3-methylbenzene	0.13	0.14	0.13	0.07	0.01	0.09
Acetic acid	0.04	0.03	0.07	0.05	0.19	0.48
2-acetyl-5-methylfuran	1.87	1.79	1.77	1.41	1.67	1.87
Linalol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	0.07
Dimethyl sulfoxide	0.07	0.06	0.09	0.09	0.02	0.03
3-ethyl-4-methyl-3-penten-2-one	0.36	0.31	0.29	0.22	0.13	0.11
3,4-dimethyl-3-hexen-2-one	0.08	0.13	0.08	0.10	0.08	0.16
Methyl(methylthio)methylsulphide	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
Tris(methylthio)methane	0.37	0.41	0.40	0.23	0.35	0.21
Dimethyl sulfone	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
Phenylethyl alcohol	0.01	0.01	0.02	0.02	0.13	0.13
(methylsulfinyl)(methylthio)methane	0.06	0.06	0.10	0.07	0.08	0.07

(*) Column overloaded and detector saturated.

Das schwarze Gold im Ahrtal



Trüffel im Ahrtal

Überraschend fanden Jean-Marie Dumaine und sein Hund Max im Oktober 2002 an einem Nachmittag fast 1000 g Burgundertrüffel im unteren Ahrtal. Diese überaus seltenen und entsprechend begehrten Pilze wachsen unter der Erde und waren bis dahin in Deutschland in Vergessenheit geraten. Daher ging diese Sensation damals durch die Medien.

Ganz unerwartet war diese Entdeckung für den aus der Normandie stammenden Jean-Marie Dumaine nicht. Auch im klimabegünstigten Ahrtal gibt es südexponierte Lösshänge mit lichtigem Baumbestand aus Eichen, Hainbuchen und Haselbüschen, den typischen Wirtspflanzen für Trüffel.

Vereinsgründung

So entstand die Idee eines Vereins zur Förderung seltener, heimischer Arten des Ahrtales, der sich im Februar 2005 unter dem Namen „Ahrtrüffel e.V.“ gründete.

Die Gemeinnützigkeit wurde durch das Finanzamt Bad Neuenahr-Ahrweiler anerkannt. Fachlich beraten wird der Verein u.a. von Prof. Dr. Pargney (Universität Nancy) und Vereinsmitglied Prof. Dr. Barthlott (Universität Bonn) sowie Gérard Meunier (Präsident des Trüffelvereins von Lothringen).

Die Erstfunde von *Tuber brumale* und *Tuber rufum* 2007 in Anwesenheit von Prof. Pargney für das Ahrtal zeigen, dass wir auf dem richtigen Weg sind

PRESTIGEGERWINN FÜR DIE GANZE AHRREGION

Ziele und Aktivitäten des Vereins

Ziel war und ist es, geeignete Flächen zu finden, in denen vorhandene Bestände gefördert werden (Schutz durch Nutzung) oder in denen mit Sporen (= Fortpflanzungszellen) von einheimischen Trüffeln beimpfte Gehölze kultiviert werden. Bislang konnte eine Fläche gepachtet werden. Diese wurde im Jahr 2006 u. a. mit jungen Haselsträuchern bepflanzt, die zuvor mit regionalem Trüffel-Myzel (Pilzgeflecht) beimpft wurden. Dabei steht der Verein im engen Kontakt mit den Naturschutz- und Forstbehörden, um naturschutzfachliche und naturschutzrechtliche Ziele in das Gesamtkonzept integrieren zu können.

Geplant sind außerdem sowohl Fach- als auch populärwissenschaftliche Veranstaltungen, um Fachleuten und einer breiten Öffentlichkeit die Kultur des Trüffels und andere seltene Organismen des Ahrtales näher zu bringen. Eine Zusammenarbeit mit den Hochschulen der Region und – auch internationalen – umweltrelevanten Institutionen wird angestrebt. Der Verein steht Grundstückseigentümern, die ebenfalls Trüffel fördern wollen, beratend zur Seite.

Jedes Jahr am 3. Oktober findet ein Symposium im Sinziger Schloss (Barbarossastraße, 53489 Sinzig) statt mit populärwissenschaftlichen Fachvorträgen aus der Welt der Trüffel.

Jeweils am Vortag (2. Oktober), erstmalig ab 2009 können Interessierte geimpfte Trüffelbäume von französischen Kooperationspartnern erwerben und erhalten eine Anleitung zur fachgerechten Pflanzung und Pflege.

Der Verein vertreibt eine Broschüre mit einer



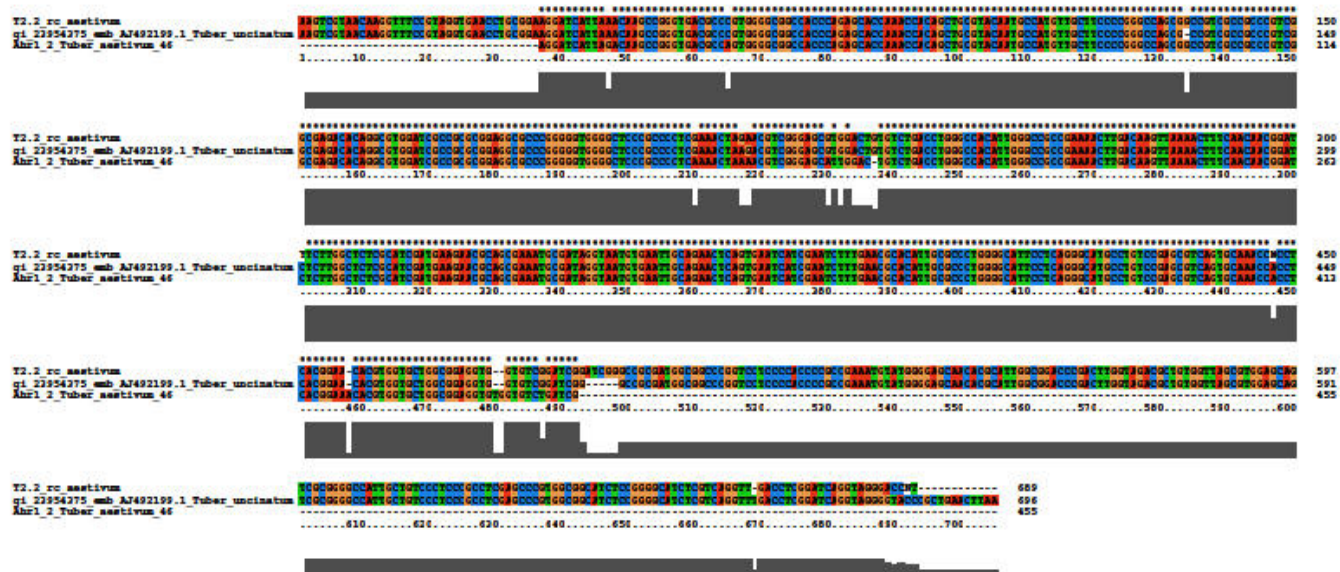


Das schwarze Gold im Ahrtal

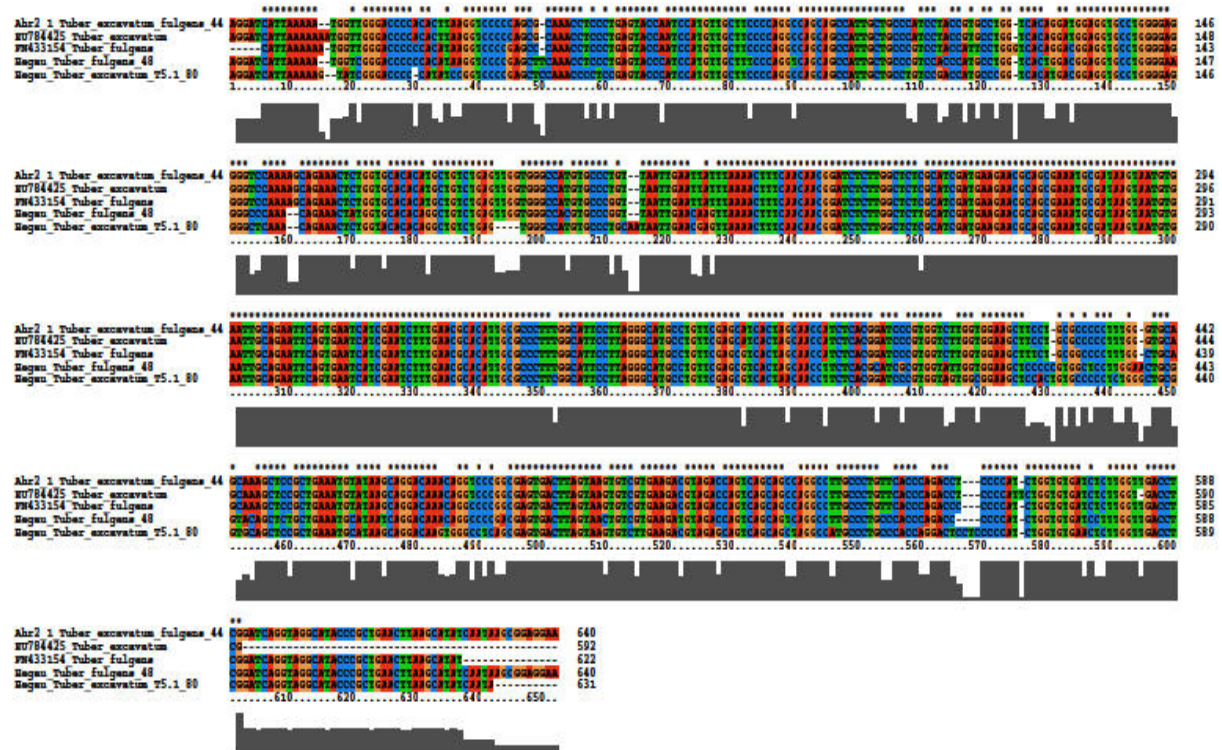
Gefunden wurden:

- **Tuber aestivum** (Übereinstimmung der Gensequenz mit Datenbank 100%)
 - **Tuber excavatum** (Übereinstimmung der Gensequenz mit Datenbank 99%)
-

Das schwarze Gold im Ahrtal



Das schwarze Gold im Ahrtal





Das schwarze Gold im Ahrtal

Aromen des Ahrtrüffels:

Mehr als 90 Einzelkomponenten nachgewiesen. Davon ca. 50 identifiziert.

Schwefelhaltige Komponenten:

Dimethylsulfid

Dimethyldisulfid

Dimethyltrisulfid

Dimethylsulfon

Benzthiazol



Woher kommt das Trüffel- aroma?

Von Trüffeln wurden 29 verschiedene Mikroorganismen (Hefen) isoliert.
Alle produzierten in vitro Aromakomponenten:

2-methylbutanol, 3-methylbutanol

Methanthiol

S-methylthioacetat

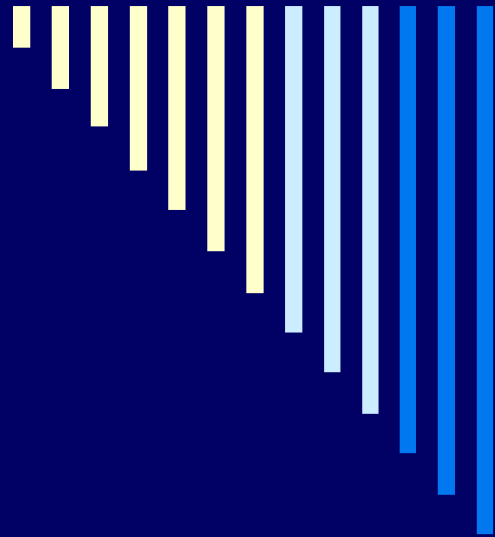
Dimethylsulfid, Dimethyldisulfide, Dimethyltrisulfid

Dihydro-2-methyl -3(2*H*)-thiophenon

3-(methylthio)-1-propanol

Hypothese: **Hefen**, die mit *Tuber* spp. assoziiert sind, können einen **unabhängigen Beitrag zum Trüffelaroma** leisten.

**Kommen daher die
Aromenunterschiede verschiedener Provenienzen?**



Trüffel bleiben auch
weiterhin
geheimnisvoll!
