

Hur kan våra hundar lukta så bra?

(av Bengt Silverin; professor i zoologisk morfologi och ekologi)

Någon gång för ca 15000-30000 år sedan började människan och hunden att leva i symbios (= att leva tillsammans) med varandra. En av människans vinster av symbiosen var att hon kunde utnyttja hundens extremt goda luktsinne vid jakter. Hundens vinst var säkerligen tillgången på mat.

Normalt känner hundar dofter mellan 10000 och 100000 gånger bättre än människan. Allra bäst på att känna låga doftkoncentrationer är blodhunden. Som god tvåa kommer Basetthundar. Blodhundar framavlades för att kunna följa gamla spår av människor, medan Basetthundarna togs fram för att hjälpa till vid spårning av smådäggdjur, exv. kaniner. Att lukten är hundens främsta sinne framgår tydligt när man observerar en sökande hund. Mängder av experiment visar att även om föremålet hunden skall hitta är fullt synligt, använder den i första hand luktsinnet för att söka rätt på föremålet.

Precis som människan kan hunden andas både genom näsan och munnen. I vila och vid lugna aktiviteter andas den normalt genom näsan. När hunden rör sig mycket andas den vanligtvis genom munnen. Den får då in sig mer luft, men förlorar samtidigt mycket vatten med utandningsluften. Vid aktiv undersökning av ett spår eller en doft sniffar hunden. Den tar då in luft enbart genom näsan. Att hunden sedan kan urskilja så enormt låga koncentrationer av olika doftämnen beror av sex faktorer:

- 1. Näshålans anatomi**
- 2. Inandningsluftens dynamik i näshålan**
- 3. Luktepitelets storlek och tätheten av luktsinnesceller**
- 4. Antalet aktiva "luktgener" och därmed antalet olika luktreceptorer**
- 5. Luktlobernas storlek i hjärnan**
- 6. Det vomeronasala organet**

Näshålans anatomi

Hunden, tillhör den grupp av djur som har ett mycket välutvecklat luktsinne. Dess näsarkitektur är väsentligt skild från exv. människans (som har ett dåligt utvecklat luktsinne). Hos hunden ligger näsans "luktdel" som två undanskymda blint slutande "luktsäckar" i näshålans övre, bakre del (en höger och en vänsterhalva, åtskilda av ett sk septum – en skiljevägg). I princip alldeles mellan ögonen. "Luktsäckarna" ligger helt i skymundan från andningsluftens transportvägar in och ut ur näsan. Hos människan ligger luktepitelet däremot i näshålans tak vilket gör att både in- och utandningsluften sveper över luktepitelet.

Enkelt uttryckt utgörs hundens näsa av tre regioner:

- 1. Nosen – här tas luften in i näsan**
- 2. Andningsregionen – här fuktas och värms andningsluften, samt filtreras fri från dammpartiklar**
- 3. Luktregionen – här "läser" luktsinnesceller av doftmolekyler i luft som förts hit**

Hos människan är region 2 och 3 inte åtskilda som hos hunden!

Andningsregionen – viktig för andningsluften

Hundens långa nos utgör näsans andningsregion (nåshålan). Nåshåla – som skiljs från munhålan genom hårda gommen - är uppdelad i en vänster och en högerhalva av ett vertikalt septum (en nåsskiljevägg) bestående av ben och/eller brosk, utom i den allra bakersta delen där de båda nåshalvorna står i förbindelse med varandra. De mynnar sedan, via de inre nåsöppningarna, ut i svalget. Från nåshålans sidoväggar utgår mer eller mindre labyrinthliknande horisontellt liggande spongiösa benväggar (s.k. nåsmusselben) klädda med ett blodkärlsrikt, cilierat slemepitel. Värmen från blodet som passerar här hjälper till att värma upp inandningsluften. Cilierna och slemmet ser till att reducera mängden bakterier och andra främmande partiklar som följer med andningsluften ner till lungorna eller till luktsäckarna. Nåshålans sidoväggar skapar tre (ej helt åtskilda) horisontella luftvägar genom nosen.

- 1. En övre väg som för inandningsluften mer eller mindre direkt till luktsäckarna**
- 2. En "mittemellan väg" där luften bara når främre delen av luktsäckarna, och därifrån ner till svalget via den inre nåsöppningen.**
- 3. Slutligen finns en nedre väg från nosen direkt till den inre nåsöppningen. När luften går denna väg värms den inte upp.**

Nåshålans konstruktion gör att luftflödet genom hundens nåshåla blir väldigt speciell och annorlunda än luftflödet genom människans nåsa. Vid normal lugn andning går merparten (ca 85-90%) av inandningsluften genom nåshålans två "nedre" luftkanaler via de inre nåsöppningarna mer eller mindre direkt ner till luftstrupen och lungorna. Mycket liten del av denna luft når luktsäckarna. Normal andning ger därför bara en liten passiv "avläsning" av omgivningens dofter. Vid utandning genom nåsan kommer hundens utandningsluft aldrig i kontakt med luktsäcken. Med andra ord, doftmolekylerna i luftsäcken sköljs inte bort. Hos människan passerar utandningsluft genom nåsan över luktepitelet och "sköljer" då bort de doftmolekyler som ännu ej hunnit lösa sig i slemskiktet som täcker luktepitelet.

Luktregionen och sniffning

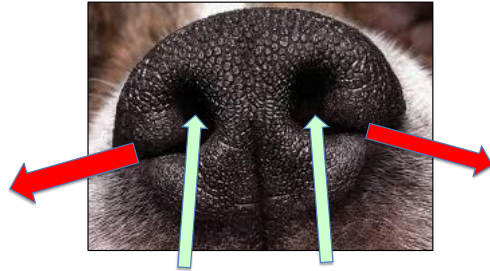
När hunden aktivt skall "läsa av" omgivningens dofter sniffar den (ca 3-12 sniffningar/sek). Sniffningsfrekvens är, till skillnad mot andningsfrekvensen, oberoende av hundens storlek. Genom att nåsborrarnas öppningar ändrar form kommer luften vid sniffning att mer eller mindre transporteras direkt till luktsäckarna via de övre luftgångarna i nåshålan. När inandningsluften når luktsäckens bakre del vänder luftströmmen 180° och strömmar sakta över luktepitelet en andra gång, och nu vidare ned mot de inre nåsöppningarna och vidare ut i svalget. Eftersom doftmolekylerna inte sköljs ut med utandningsluften (som hos människan) kan de interferera med luktreceptorerna under en längre tid och därmed öka hundens känslighet för mycket låga doftkoncentrationer.

Genom att hunden håller nosen bara ca 1 cm ovanför det den luktar på kommer vardera nåsborren att samla in luft/dofter från nära, men ändå separerade områden. Dofterna från de olika nåsborrarna analyseras sedan av separata områden i luktsäckarna och senare i luktloberna. Hunden kan härigenom avgöra om doftkoncentrationerna skiljer

sig åt på höger och vänster sida om nosen. Utifrån olika experiment har man beräknat att det tar bara 1-2 sekunder för ett doftspår att ändra egenskaper så att hunden kan avgöra i vilken riktning exv. ett rådjur rört sig. Dvs. hunden behöver bara känna av ca 3-5 fotspår från rådjuret för att kunna avgöra åt vilket håll den gått.

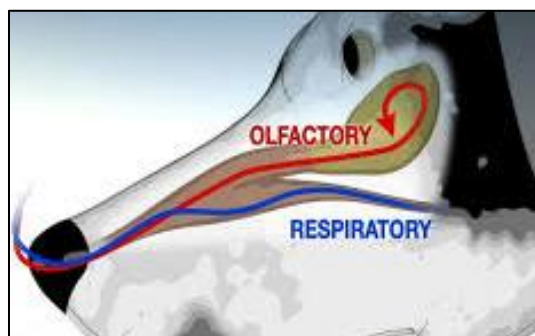


In och utandningluftens vägar



Förmågan att avgöra om doftkoncentrationerna skiljer sig åt till höger och vänster om nosen förstärks genom näsborrarnas anatomi. Vid utandningen är "luftstrålen" riktad snett neråt. Dvs. luften blåses ut ur näsborrarna snett nedåt höger respektive snett nedåt vänster, men ej rakt ner framför nosen. Istället rörs doftpartiklar till höger och vänster om nosen runt. Dessutom bildar utandningsluften från höger respektive vänster näsborre två motriktade luftvirvlar (båda virvlarna för luft in under nosen). Ett finurligt sätt att ytterligare förstärka koncentrationsskillnader till höger och vänster om nosen. (Kan liknas vid en sopmaskin med borstar på båda sidorna som sopar skräpet in under maskinen) och två borstar (nosöppningarna) rakt under som sopar upp skräpet i två separata behållare (höger och vänster näshalva).

Observera att under utandningen strömmar ingen luft ut över luktepitelet, utan den luft som finns här kan under utandningen "lugnt" avge sina doftmolekyler till luktreceptorerna. (Hos människan strömmar utandningsluften över luktepitelet och sköljer ren den från doftmolekyler vid varje utandning). Så alltså inte hos hunden.

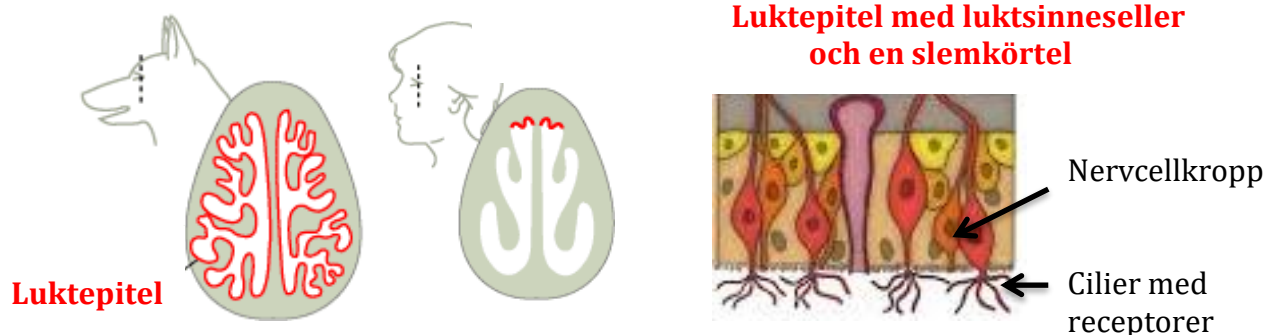


Röd pil visar "doftluftens" väg
Blå pil visar "andningsluftens väg"

Luktregionen i hundens näsa är uppbyggd som två (en höger och vänsterhalva) blint slutande säckliknande "luktsäckar" fyllda med ytförstorande labyrinter av snirklade gångar. Liknande "luktsäckar" saknas helt hos människan. "Luktsäckarna" ligger i stort sett i området mellan hundens båda ögon.

"Luktsäckens" alla snirklande gångar är täckt av ett luktepitel (epitel = täckande vävnadsyta), och ett underliggande lager av bindväv, blodkärl m.m. Hos de flesta hundar

har luktepitelet en yta på ungefär 150-170cm², medan det i människans näsa bara täcker en yta på ungefär 5-10 cm². Själva luktepitelet är uppbyggt av bl.a. slemceller och fria nervändar (dendriter) från specialiserade nervceller (luktceller) vilka ligger inbäddade i ett täckande slemlager. Ytterst på de fria nervändarna sitter mängder av små trådliknande cilier vilka kraftigt ökar den yta där doftpartiklarna kan registreras. Antalet cilier på de fria nervändarna är hos hunden mångfalt fler än på motsvarande nervändar hos människan. Varje nervända har ca 100-150 cilier hos hunden, medan motsvarande siffra för människan är 6-8 stycken. När en doftmolekyl registreras förs från en nervimpuls från nervändan in till nervcellens centrala del "kroppen" och därifrån vidare ut i nervcellens utåtledande utskott (axonet). Luktcellernas axoner går sedan samman i ett stort antal luktnerver (en nerv består av mängder av axoner). Luktnerverna fortsätter sedan genom ett antal hål i kraniets silben in till hjärnans luktklober där de inkommande signalerna analyseras.



Nedanstående tabell visar luktepitelets yta hos några däggdjur:

Människa	ca 5 cm ²
Katt	ca 20 cm ²
Rådjur	ca 9 cm ²
Hundar	Från 10 -> 400 cm ²
Pekineser	ca 20 cm ²
Tax	ca 75 cm ²
Schäfer	ca 170 cm ²
Blodhund	ca 400 cm ²

Förutom ett till ytan stort luktepitelet är även tätheten av luktceller mycket större hos hunden än hos människan (se tabell nedan). Det kan vara hundratals fler luktceller per cm² luktepitelet hos hunden än hos människan.

Totala antalet luktsinnesceller i näsan:

Människan	5-12 miljoner
Tax	125 miljoner
Fox terrier	147 miljoner
Beagle	225 miljoner
Schäfer	225 miljoner
Blodhund	4000 miljoner

De receptorer (= mottagare) som interagerar med olika doftmolekyler sitter uteslutande på ciliernas cellmembraner. Dvs. ju fler cilier luktcellerna har, ju bättre kan djuret urskilja en doft. Kom ihåg från ovan hur ofantligt många fler cilier en hunds nervcelländar har än vad en människa har. Receptorerna är specialiserade proteiner till vilka olika doftmolekyler kan fästa. På varje luktsinnescell (dvs. på alla cilier som sitter på denna cell) finns bara en typ av receptor som kan urskilja ett visst antal doftmolekyler.

Hur kan då hunden identifiera en specifik doft? En doft består inte bara av en sorts doftmolekyler, utan en blandning av olika doftmolekyler. Nu kan en specifik doftmolekyl binda till flera olika receptortyper (dock med olika styrka). Varje luktcell som stimuleras skickar sedan en nervimpuls till luktloberna i hjärnan. Här identifieras sedan doften genom att luktloben kan "avläsa" den kombination av olika luktreceptorer som stimulerats. Varje kombination av receptorer som stimulerats innebär en speciell doft. Det kan liknas med att vi med våra 10 siffror kan – när de kombineras – bilda sifferkoder där varje enskild kod (kombination av siffror) betyder något speciellt. Skillnaden är bara att istället för 10 siffror som kan kombineras till olika koder finns ungefär 1000 olika aktiva luktreceptorer hos hunden. Upptäckten hur djurens doftidentifiering går till ledde år 2004 till Nobelpriset i medicin.

Man har uppskattat totala antalet luktreceptorer i hundens näsa till över 2 miljarder (att jämföra med människans ca 40 miljoner). Att hunden kan använda så många fler receptorer än människan är ytterligare en faktor som bidrar till hundens förmåga att upptäcka låga koncentrationer av doftmolekyler.

Att lukten är ryggradsdjurens viktigaste sinne understryks av att mängden luktgener är den största av alla genfamiljer i ryggradsdjurens genom. Man har identifierat ca 1000 hos människan. Varje luktreceptor kodas av en "luktagen" och eftersom människan har ca 1000 "luktgenger" innebär det att vi har ca 1000 olika luktsinnesceller. Nya undersökningar antyder dock att ca 63% av människans luktgenger har muterat så att de inte längre fungerar (s.k. pseudogener)! Dvs vi har i verkligheten bara några hundra aktivt fungerande luktgenger. Dock, med hjälp av dessa kan människan ändå identifiera uppåt etthundratusen olika dofter.

Antalet gener som kodar för luktreceptorer hos hundar uppskattas till ca 1300, varav ca hälften är identifierade. Av dessa är enbart ca 15% s.k. pseudogener. Detta innebär att hunden har betydligt fler fungerande "receptorsorter" än människan. Något som starkt bidrar till hundens förmåga att bättre urskilja olika dofter. Det tycks inte vara någon skillnad i antalet luktgener mellan olika hundraser, antingen det är sökhundar eller sällskapshundar. Istället har selektion verkat på antalet luktsinnesceller i luktepitelet, och möjligen på luktepitelets storlek. Men, konstigt nog hittar man ingen korrelation mellan luktepitelets storlek och hundrasens luktförmåga.

Dvs. i luktsäcken är det flera olika saker som bidrar till hundarnas enorma luktsinne:

1. Luktepitelets yta
2. Antalet luktceller
3. Antalet cilier på luktcellerna
4. Totalantalet luktreceptorer

5. Antalet olika luktkgener
6. Tiden doftmolekylerna befinner sig i luktsäckarna

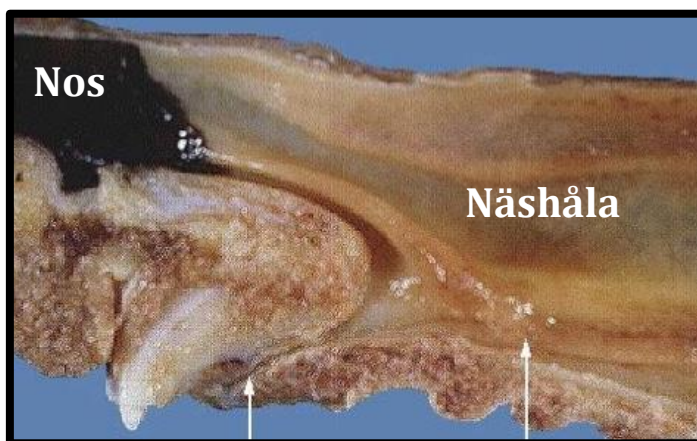
Luktloberna i hjärnan

De utåtledande utskotten (axonen) från luktcellerna i näsans luktepitel samlar inte ihop sig i ett par luktnerver (i likhet med synnerven) utan i många mindre luktnerver. Dessa når, via små hål i silbenet luktloberna. Här sker omkopplingar till nya nerver vilka för nervimpulserna vidare till bl.a. storhjärnans bark där djuret blir medveten om doften.

För att kunna tolka den enorma mängd doftsignaler som hundens luktorgan mottar är den beroende av en väl fungerande "lukthjärna" för analys av de inkommande "kodade" signalerna. Det är därför inte konstigt att en stor del av hundens hjärna är avdelad just för luktsinnet. Luktloben ligger på undersidan av storhjärnans främre del – ovanpå silbenet. Hundens luktlober upptar ungefär 0.31% av hjärnans volym. Hos människan bara ca 0.01%. Relativt hjärnans verkliga storlek är hundarnas luktlober ungefär 40 gånger större än människans luktlober.

Vomeronasal organet (VMO)

Vomeronasalaorganet (även kallat Jakobsonska organet) är ett litet luktorgan som finns hos alla ryggradsdjur utom fiskar och fåglar. V (Dvs även hos människan men är hos oss kraftigt reducerat i storlek) VMO ligger i slemhinnan i näshålans undre vägg (dvs mer eller mindre direkt ovanpå hårda gommen), cirka 2 cm bakom nosöppningen. VMO är ett litet cylindriskt, parigt organ vars bakre ändar slutar blint. VMO's främre ändar mynnar, via en liten gång, i den s.k. "incisive gången" - en liten vätskefylld gång som förbinder näshålan och munhålan (mynnar alldeles bakom övre framtänderna). VMO's inre hålighet är vätskefylld, och dess inre epitelvägg innehåller luktsinnesceller. Dessutom finns två små öppningar i hundens gomtak – alldeles bakom de övre framtänderna (dessa öppningar finns inte hos alla djur, t.e.x. inte hos människan)



Öppning in i incisivkanal VNO-nerv



Öppningar till VMO hos den norska buhunden Freij – notera de små mörka hlv månformade öppningarna

Organet beskrevs första gången 1809, och då bl.a. från hund. VMO's funktion är att registrera s.k. feromoner (=dofter som produceras av ett djur och registreras av ett annat djur) från andra individer av den egna arten. Organet har därför stor betydelse för social kommunikation mellan vuxna djur, framförallt i samband med fortplantning och i kontakten mellan nyfödda valpar och den diande tiken. Dofterna kan nå VMO via:

- (1) Inandningsluften. Inandningsluften kan genom "incisive gången" öppning i näshålans nedre vägg nå VMO.
- (2) Direktkontakt med tungan (det är därför hunden slickar på exv. urinfläckar på grässtrån). Efter att ha slickat trycker hunden tungan upp mot gomtaget och de i urinen lösta feromenerna kan via öppningarna bakom framtänderna nå VMO. I princip är detta exakt samma fenomen som när en orm eller ödla sträcker sin klivna tunga ut och in genom munnen. Ormen sticker tungans båda spetsar upp i VMO's öppningar i gomtaget (våldigt effektivt). Hunden har ingen klivna tunga så han får istället trycka tungans yta mot VMO öppningarna. Men funktionen är densamma som hos ormen.
- (3) när mat/vatten passerar munnen.

Doftmolekylerna löser sig i vätskan inuti "incisive gången" och sugts därifrån in i gången till VMO. En pumpmekanism ser till att pumpa ut de registrerade dofterna så att det blir ett flöde genom VMO.

Intressant är att luktnerverna från VMO går helt skilda från näshålans luktnerv. Till skillnad mot luktnerven går informationen från VMO's nerver, efter omkoppling i luktloben, vidare till den del av hjärnan som kallas för hypothalamus som främst är associerad med fortplantningsaktiviteter. Informationen från näsans luktepitel går till andra delar av hjärnan.

Har korthuvade hundar sämre luktsinne?

Genom domesticeringsprocesser har hundens utseende kommit att förändras oerhört. Av olika anledningar har bl.a. raser med mycket korta huvuden tagits fram, exv. bulldogar, boston terrier och boxrar. Detta har bl.a. lett till att hjärnan hos dessa hundraser har omorganiserats och under domesticeringsprocessen roterats framåt/nedåt (ca 15°) vilket lett till att hjärnans luktloben hamnat i hjärnans *undre regioner* hos dessa raserna. Man har emellertid funnit att hjärnans och luktlobernas storlek inte är relaterade till huruvida hundens ansikte är kort eller långt, utan alltid till hundens storlek. Klart är att hundraser med korta ansikten har en sämre luktförmåga än raser med långa – ursprungliga – ansikten. Om nu detta beror på sämre luftvägar i den korta nosen, eller på luktlobernas förändrade läge är idag inte klart.

Åldersrelaterade förändringar i hundens luktssystem

Man har noterat att luktepitelet atrofierar (luktcellerna dör) när hundarna kommer upp i 13-14 års åldern. Gamla hundar har alltså färre luktsinnesceller. Likaså minskar antalet cilier på luktsinnescellerna, och därmed den luktabsorberande ytan. Ett antal förändringar sker även i hjärnans luktloben. Framförallt minskar vissa proteinnivåer markant i luktloberna hos gamla hundar. Betydelsen av detta är idag oklar.