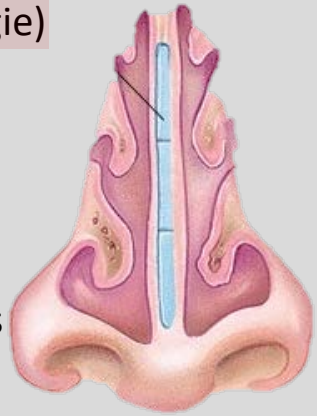
Technische Spezifikation «Nase»

Klimagerät für zyklischen, bi-direktionalen, Zwei-Weg Betrieb

Funktionen:

- **Inspiration:** **Atemluft-Konditionierung** (Befeuchtung und Erwärmung)
  Filter- und **Entsorgungsanlage** für Atemluft-Verunreinigungen
- **Exspiration:** **Enthalpie-Tauscher** (Rückgewinnung latente + sensible Wärmeenergie)
- **Riechfunktion**

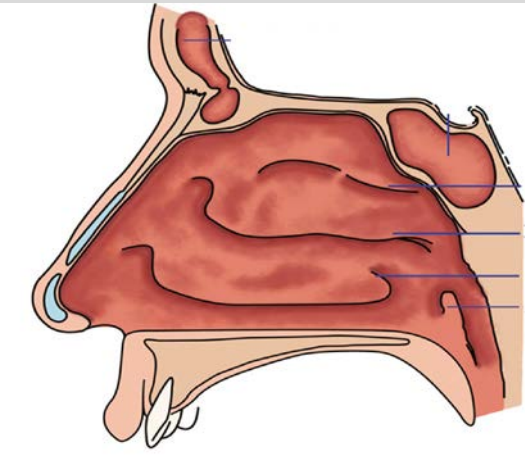


Nasen-Zyklus:

- Reguliert bei ≈ 80% der Individuen den Rhythmus (10 Min.–8 Std.) Intervall in dem die **Schleimhaut-Belastung** und **Funktionspriorität** durch Seitenwechsel links/rechts (variabler Atemwiderstand durch variables Volumen der Kapazitäts-Gefässe) zu- und abnimmt.

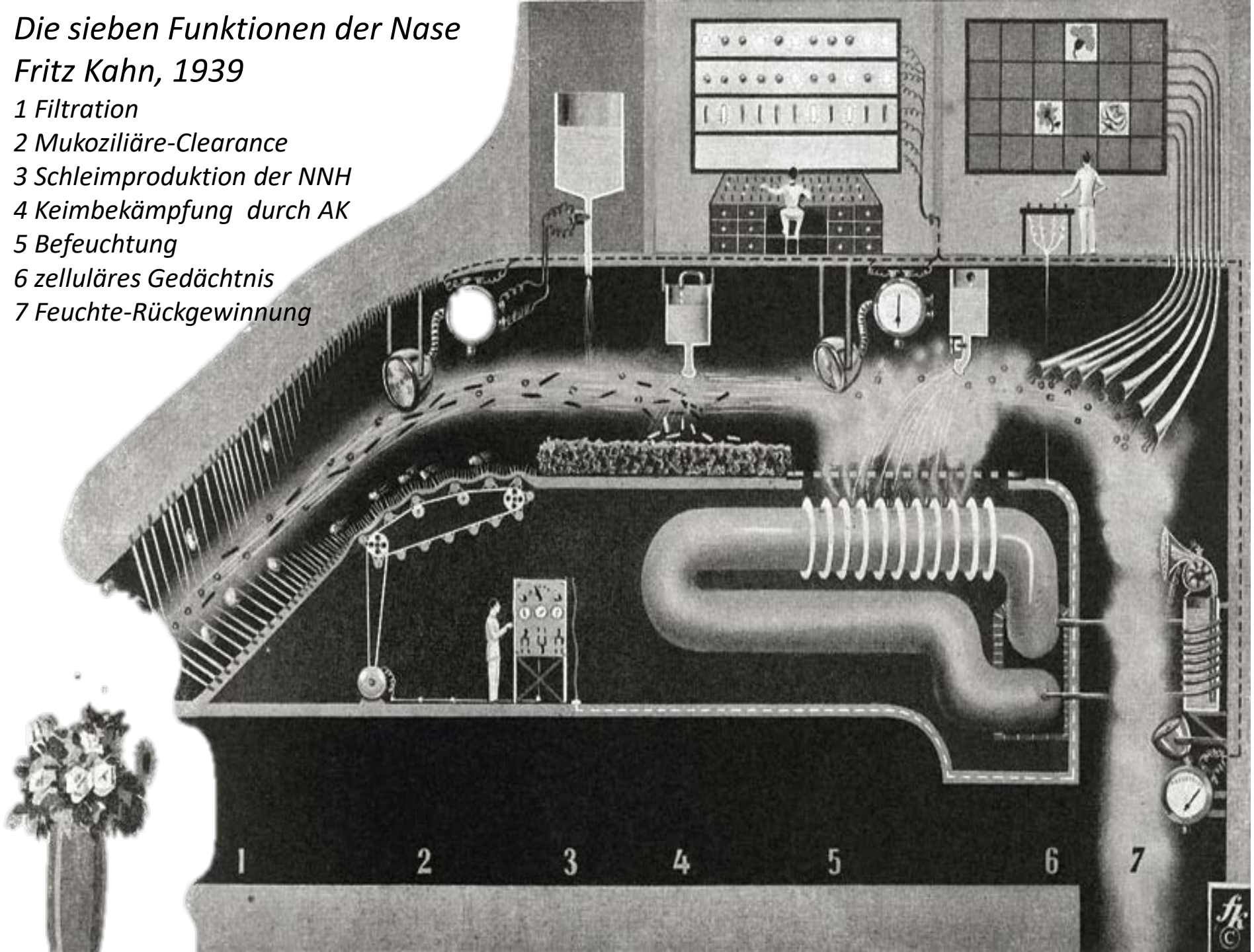
Beschreibung:

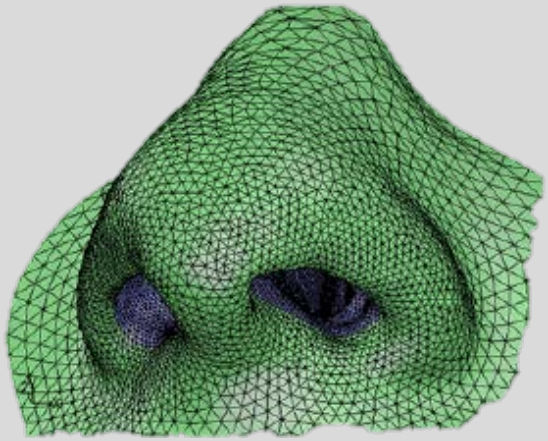
- Länge: 8-10 cm, Oberfläche 150 – 200 cm^2
- Auskleidung: Schleimhautepithel mit Zilien (10^9 /cm^2) und Schleimzellen
- Schleimteppich: Transportgeschwindigkeit 0-22 mm/Min. Richtung Kehlkopf (Propagation durch Zilien Bewegung, Frequenz (5-20 Hz)
- Schleimproduktion: ≈ 1-2 lt pro Tag (abhängig von Bedarf, Reiz/Infekt)
- Drei Nasenmuscheln zur Oberflächen-Vergrösserung und Beeinflussung der Luft-Strömungs-Profils



Die sieben Funktionen der Nase
Fritz Kahn, 1939

1 Filtration
2 Mukoziliäre-Clearance
3 Schleimproduktion der NNH
4 Keimbekämpfung durch AK
5 Befeuchtung
6 zelluläres Gedächtnis
7 Feuchte-Rückgewinnung

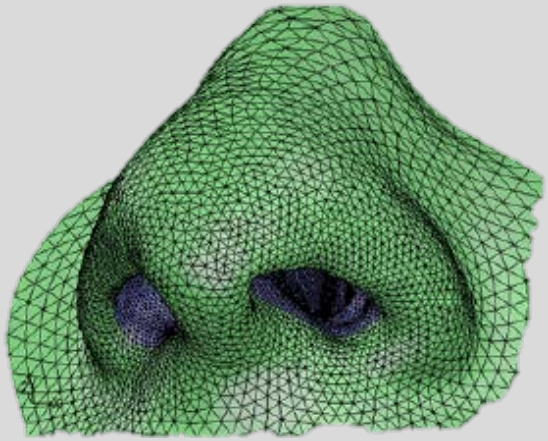




Nur «ideale» und absolut gesunde Nasen können <u>ohne Mithilfe der restliche Atemwege</u> die Atemluft so konditionieren, dass sie unterhalb der Luftröhre Körpertemperatur und 100 % Sättigung erreicht

In allen anderen Fällen müssen Mund, Rachen und Bronchien die Restkonditionierung der Atemluft übernehmen.

Damit sind die Bronchien sehr rasch überfordert ….



Keine ideale Nasenfunktion liegt vor bei:

- «blockierter», nicht durchgängiger Nase
- Asthmatikern und Allergikern (≈ 50 Prozent der Bevölkerung)
- akuten und wiederholten Infekten der oberen Luftwege (Nase, Nasen-Nebenhöhlen)
- COPD Patienten
- Rauchern
- Senioren
- Kindern mit vergrösserten Rachenmandeln

Wenn die Bronchien Nach-Konditionieren müssen, reagieren sie mit:

- Asthma-Symptomen («Kälte-Asthma»)
- Entzündung
- Verlangsamtem, zähem Schleimfluss, COPD
- Vermehrter Infektanfälligkeit

Der Nasenzyklus erlaubt **Arbeitsteilung** und **Erholungsphasen** zwischen rechter und linker Nasenhälfte [1,2]

Erholung-Phase →optimale Filterung + Clearance

Nase verengt (Schwellkörper ↑)

- Niedrig-volumiger Luft-Flow
- → optimale Filterfunktion
- → rasche Clearance
- → gute Hydrierung der Schleimhaut

Arbeit–Phase →optimale Konditionierung (Erwärmung + Befeuchtung)

Linke Nase weit offen

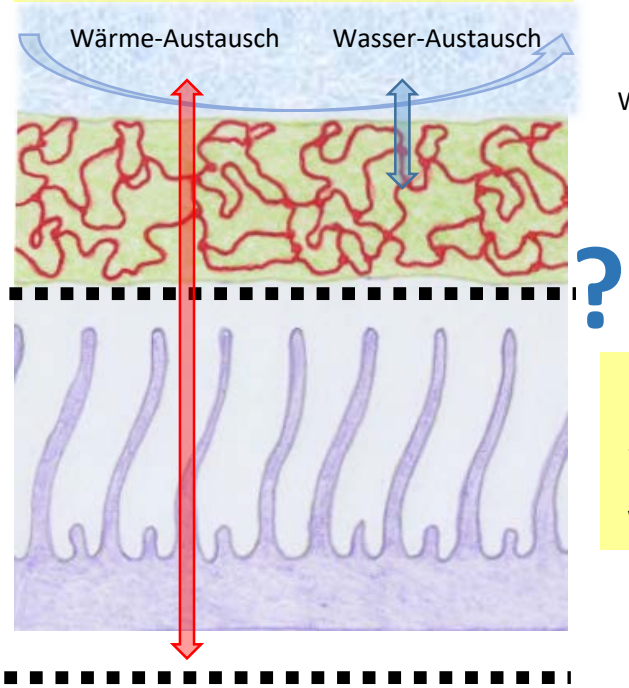
- Gross-volumiger Luft-Flow
- → optimale Konditionierung
- → langsamer Schleimfluss
-
- **→ zunehmende Dehydrierung**

Der Nasenzyklus bezweckt, der intensiv mit Befeuchtung und Erwärmung belasteten und dadurch austrocknenden, offene «Arbeitsseite» intermittierende eine Erholungsphase zu verschaffen und damit deren Filter- und Entsorgungsfunktion wieder zu optimieren …

[1] **Soane RJ** et al, The effect of nasal cycle on mucociliary clearance, Clin. Otolaryngol. **2001**, 26
[2] **White DE, Bartley J, Nates RJ**, Model demonstrates functional purpose of the nasal cycle, BioMedical Engineering, 2015

Vergleich von «Gel-on-Sol» und «Gel-on-Brush» Modell für die muko-ziliäre Oberfläche des Atemtraktes

Gel – on – Sol - Modell



Mit dem «Gel-on-Sol Modell» ist physiko-chemisch nicht erklärbar, weshalb es in der Grenzschicht nicht zur Durchmischung von Mucinen und Sol-Flüssigkeit kommt.

Wasseraustausch mit der Schleimschicht

Wasseraustasch mit Gel- **und** Brush-Schicht

Viskös-klebrige Schleimschicht bestehend v.a. aus 97% Wasser und Mucinen (hochmolekulare Glykoproteine)

Periziliärer Raum angefüllt mit

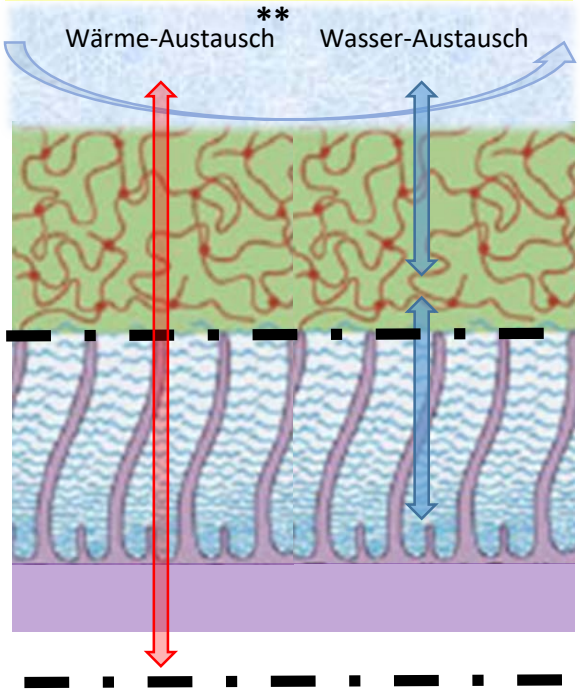
«wässerige, liquide» Flüssigkeit, nicht weiter definiert

drei-dimensionales Mucingerüst mit definierter Porengrösse

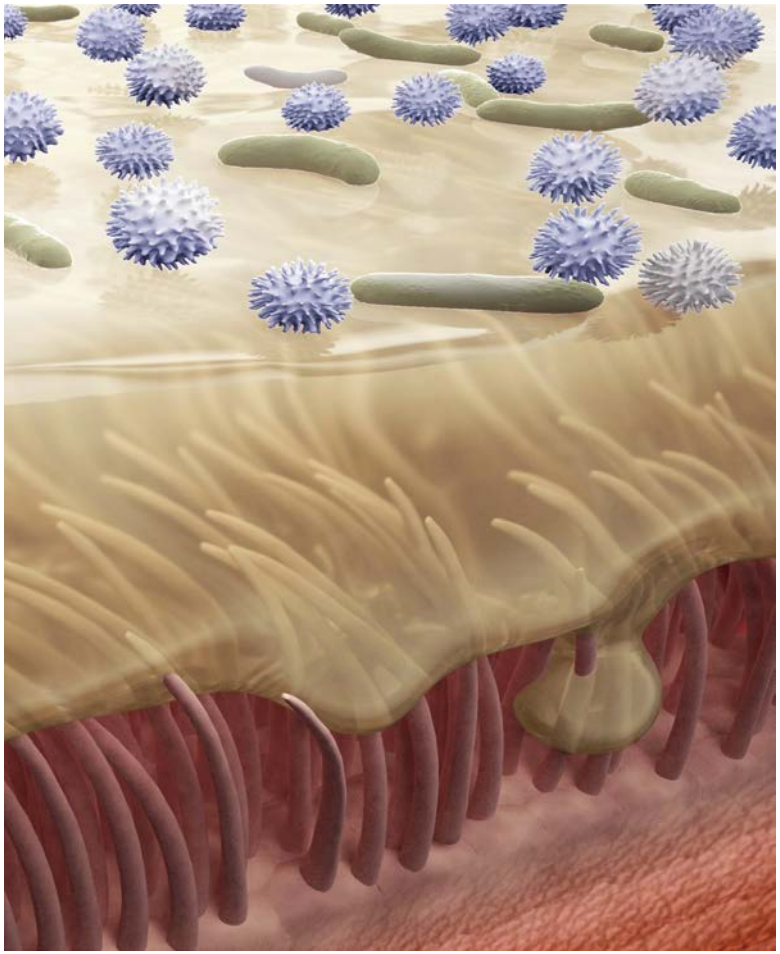
← Zilientragende Bronchial-Epithelzelle →

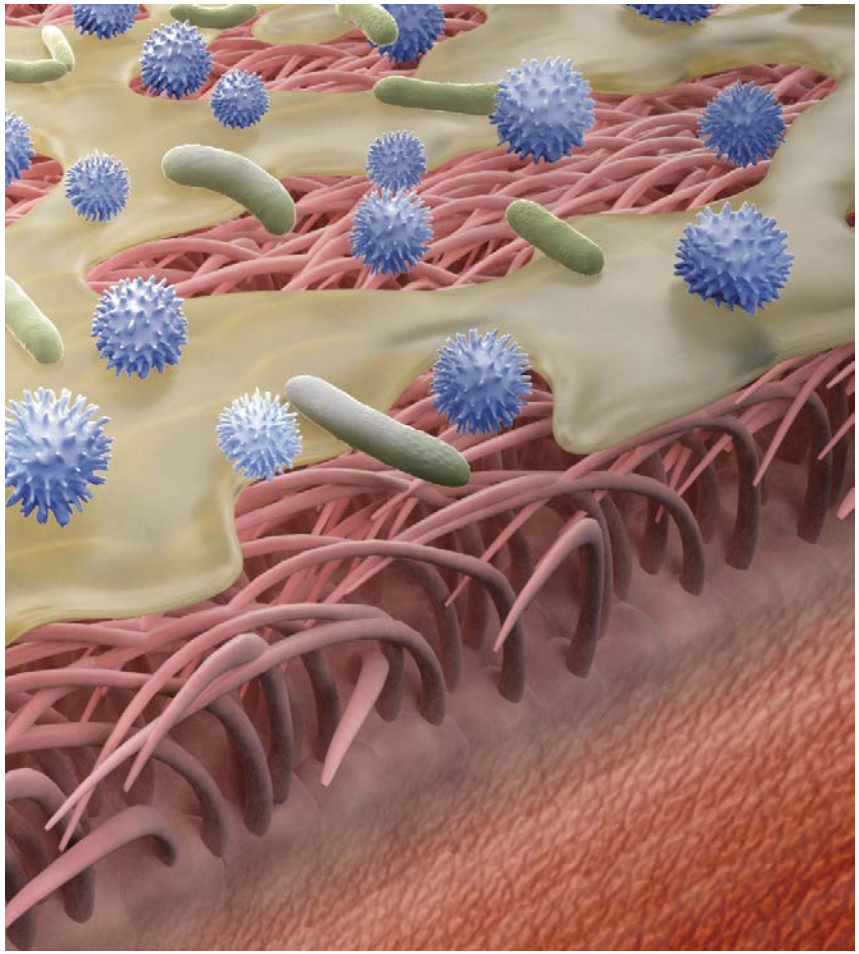
** **Button B et al**, Periciliary Brush Promotes the Lung Health by Separating the Mucus Layer from Airway Epithelia, *Science 2012*

«Gel – on – Brush – Modell»

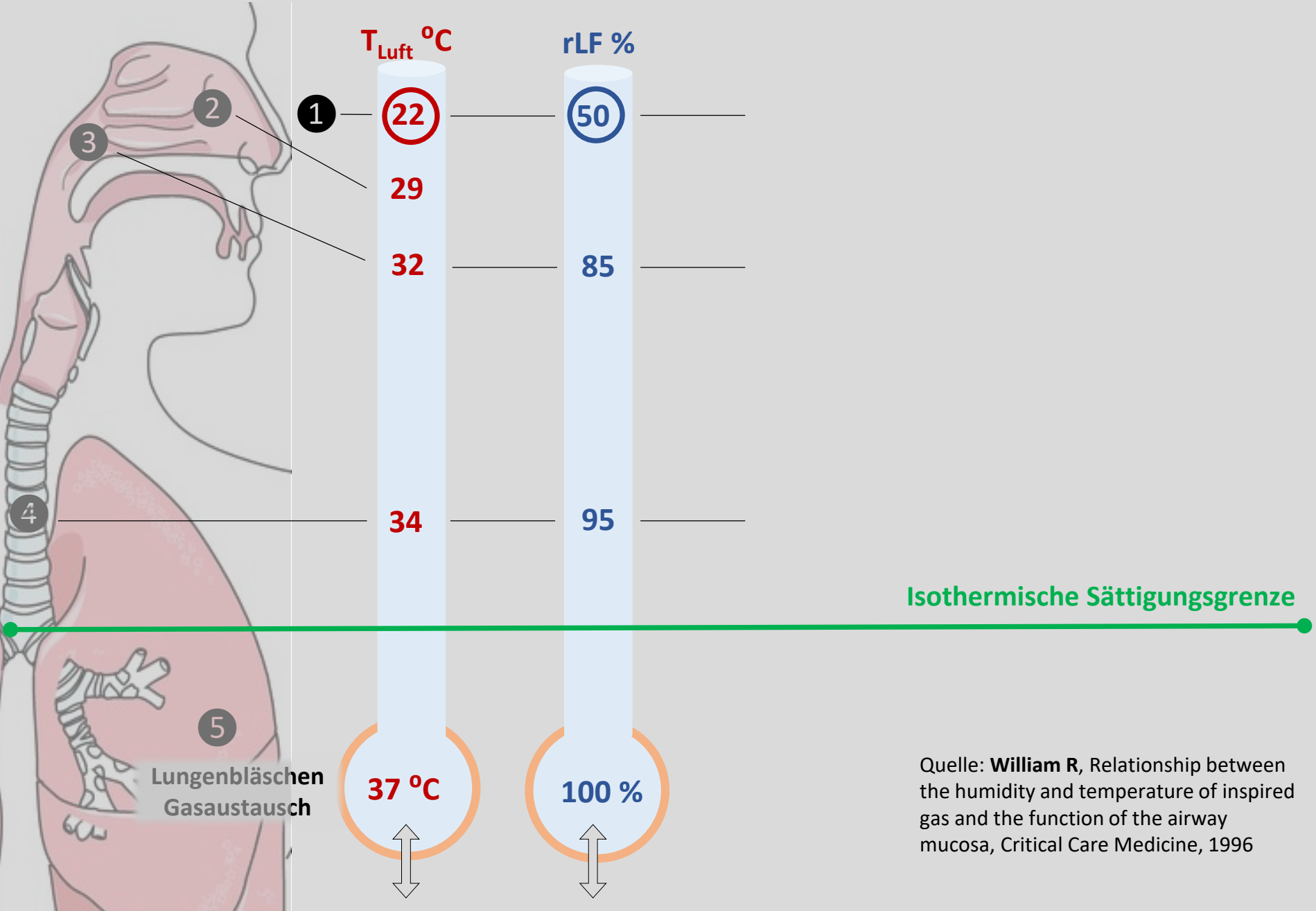


Beim «Gel-on-Brush Modell» entspricht die Grenzschicht einer semipermeablen, für Wasser durchlässigen Membran. Das Gleichgewicht (= Schichtdicke) wird bestimmt vom Verhältnis der osmotischen Kapazitäten der beiden Schichten.



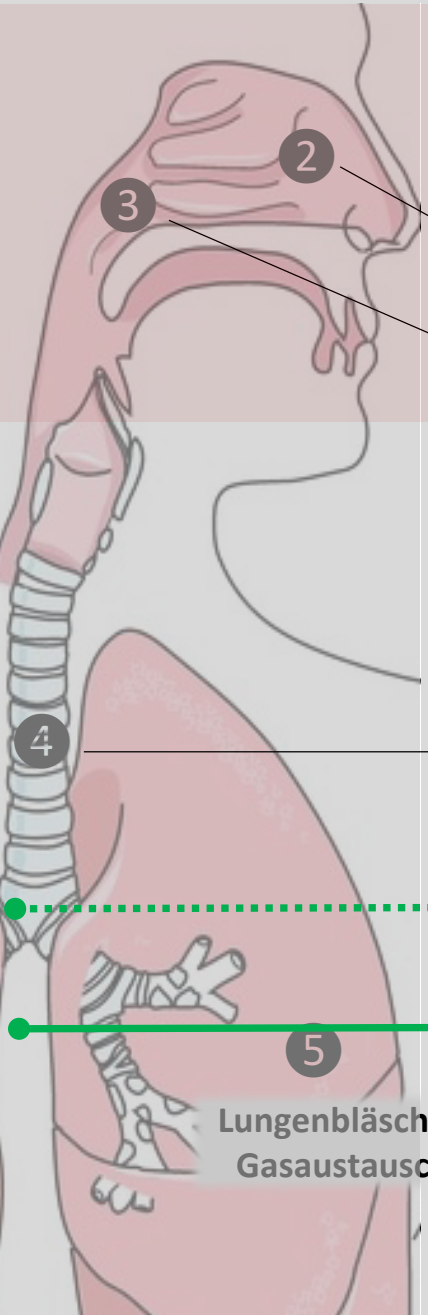


Temperatur und Feuchteverlauf der Einatmungsluft bei Nasenatmung



Quelle: **William R**, Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa, Critical Care Medicine, 1996

Temperatur und Feuchteverlauf der Einatmungsluft bei Nasenatmung



	T_{Luft} °C	rLF %	rLF %
1	22	50	20
2	29		
3	32	85	75
4	34	95	85
5 Lungenbläschen Gasaustausch	37 °C	100 %	100 %

75–95 % der Konditionierung erfolgt im Normalfall in der Nase

Isothermische Sättigungsgrenze

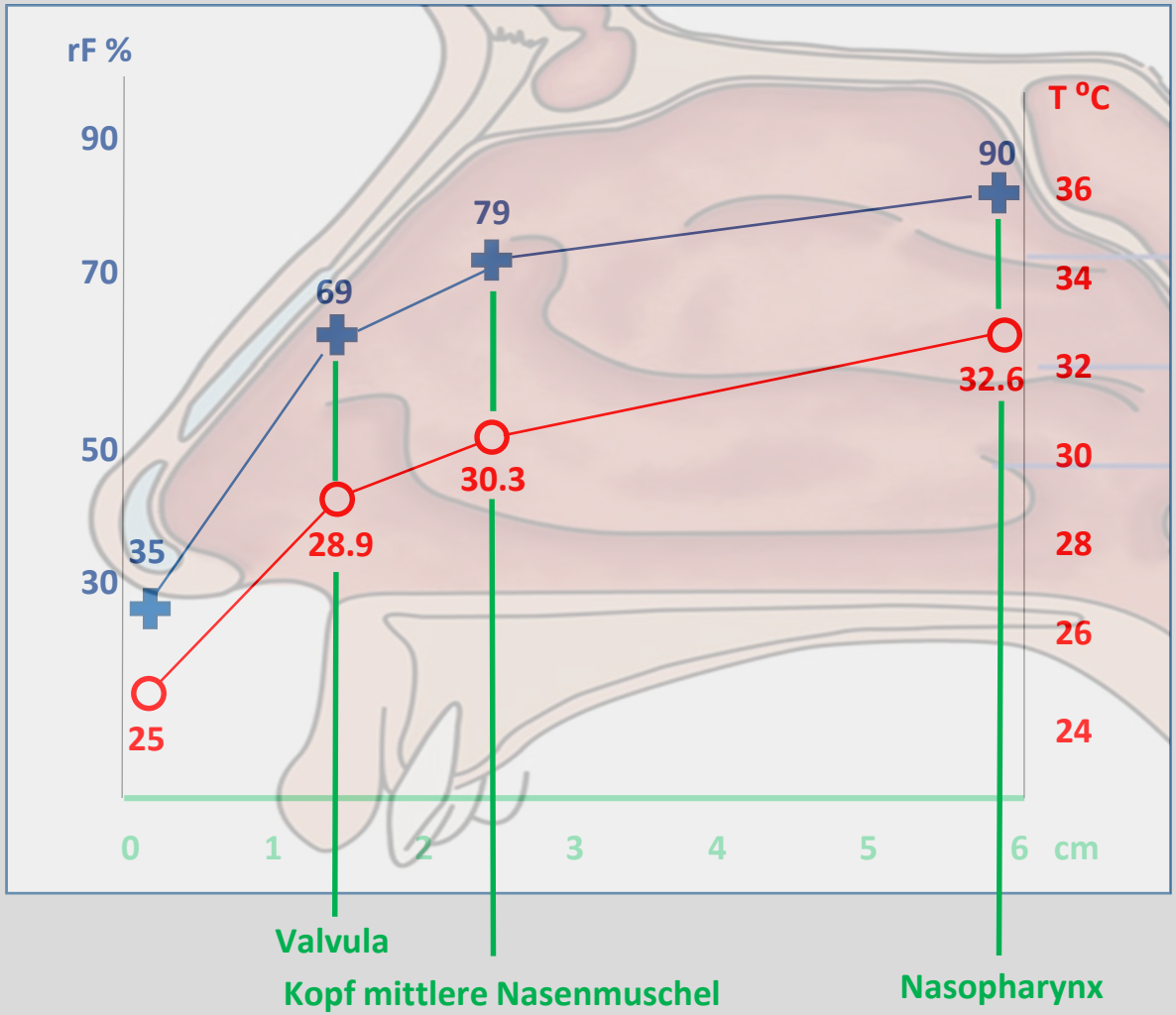
Quelle: **William R**, Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa, Critical Care Medicine, 1996

Temperatur (T) und Feuchteverlauf (rF) der Atemluft am Ende der Inspiration im Nasenraum [1]

In vivo Messungen an 25 gesunden Probanden, ø Alter 29

Messungen bei Ruhe-atmung, Raumluft **25 °C, rF 35%**

Messsonde T ø 0.34mm
Messsonde rF ø 2.5mm

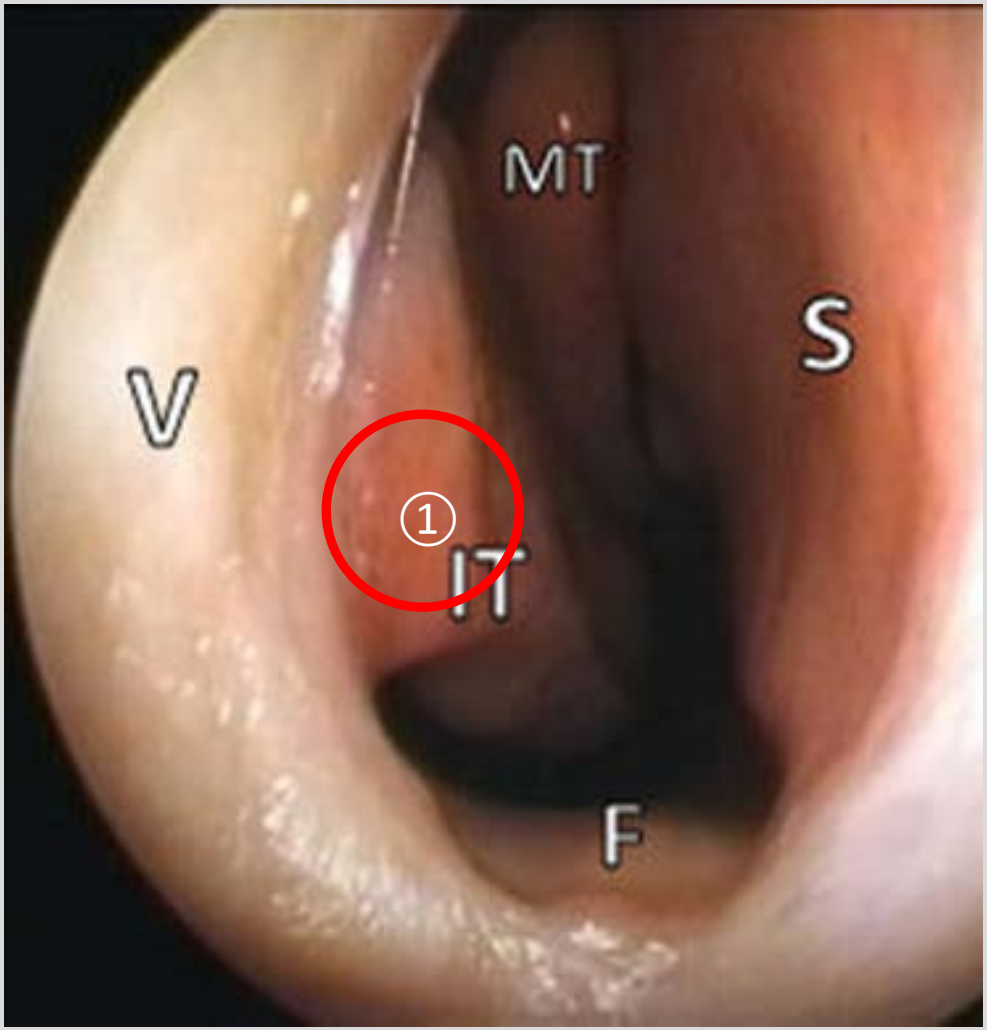


Rund die Hälfte der Atemluft-Konditionierung erfolgt in den ersten 2,5 cm des Nasenraumes

[1] **Keck T et al**, Humidity and temperature profile in the nasal cavity, Rhinology, 38, 167-171, **2000**

Erfahrungs-Eindruck aus tausenden von Spekulum-Untersuchungen:

im Winter weisen gut 50 % aller Patienten Trockenheitszeichen auf ….



Einsicht in die rechte Nasenhöhle, wie sie sich bei der Spekulum-Untersuchung präsentiert.
Die Feuchtigkeit der Nasenschleimhaut lässt sich gut beobachten und nach Kriterien beurteilen:

- Lichtreflexe = gute Oberflächenfeuchte
- Schleimhaut glänzend, kein Lichtreflex
- Schleimhaut seidenmatt
- Schleimhaut matt
- Eingetrocknetes Sekret/Schleim
- Schleimhaut rissig, verborkt

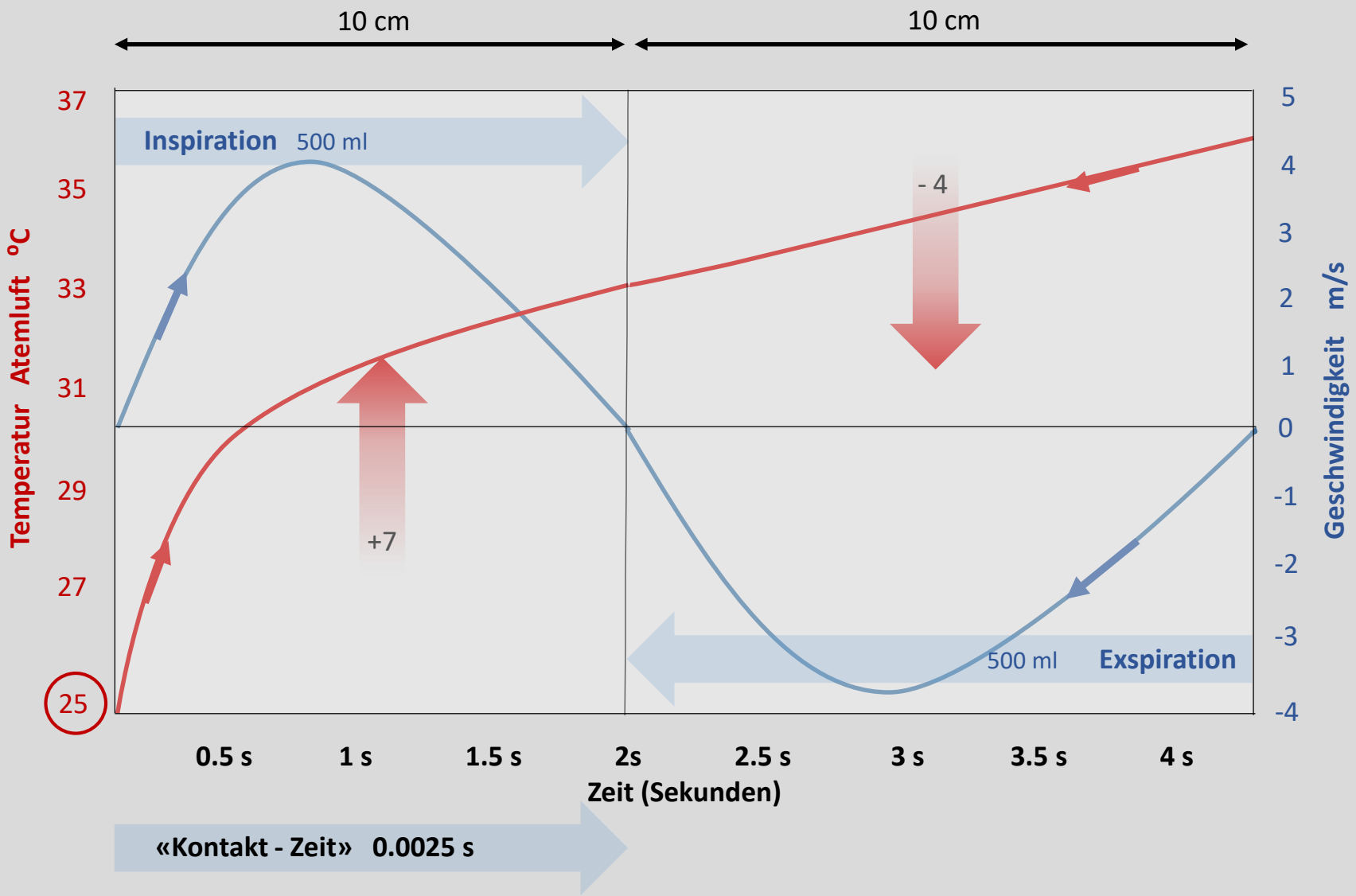
Trockenheit nimmt zu

V = Vestibulum (Naseneingang), S= Septum, F= Nasen-Boden, MT/IT = mittlere/untere Nasenmuschel
① Ort der Beobachtung

Die Hälfte der Raumluftkonditionierung erfolgt in diesem einsehbaren Bereich …..
Was sind die Konsequenzen wenn dieser Bereich ausgetrocknet ist ?

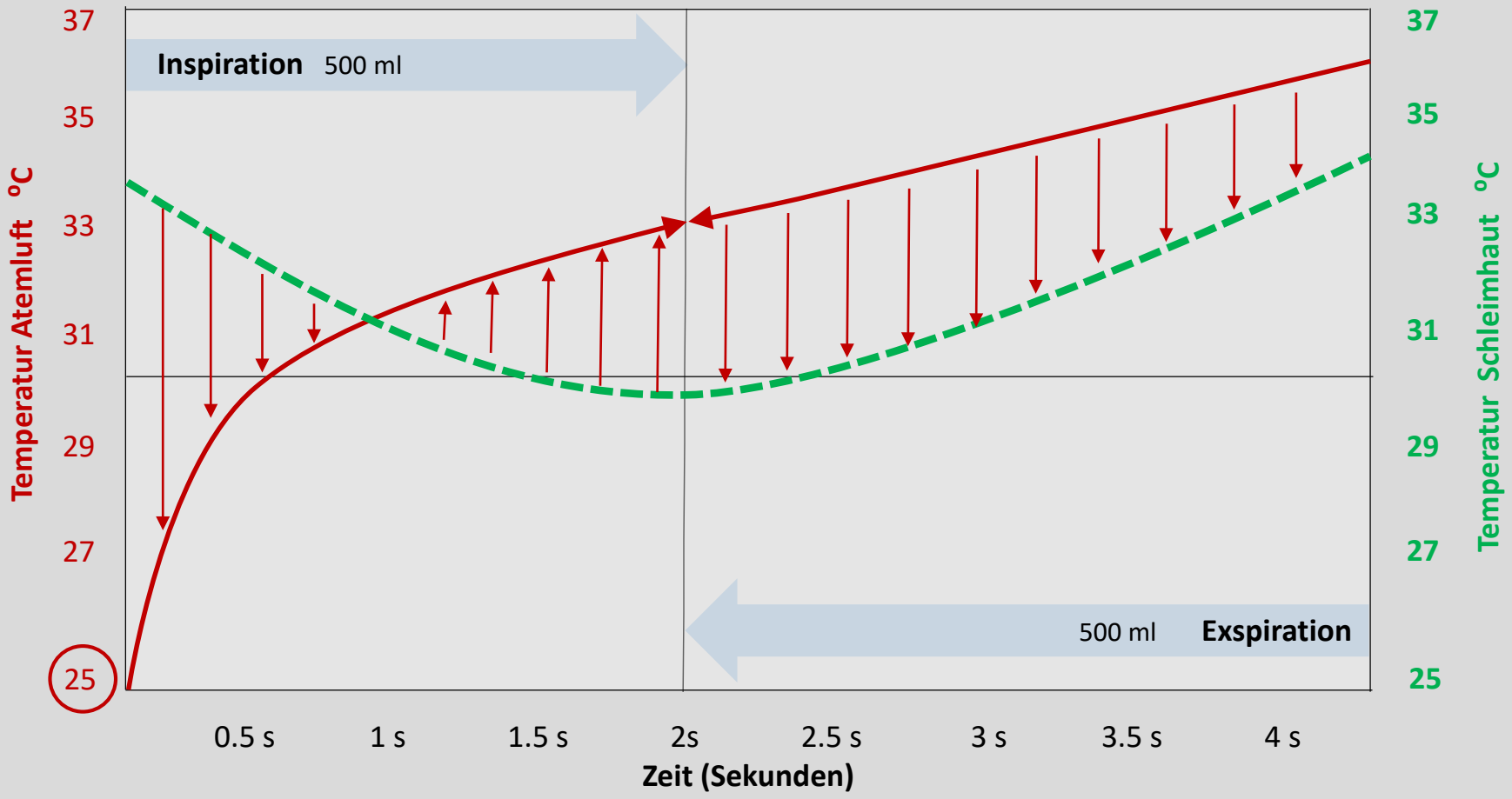
Dynamische Veränderungen von Atemluft und Schleimhaut im Atemzyklus

- **Flow-Geschwindigkeit bei In- und Exspiration (extrem kurze Kontakt-Zeit)**
- **Erwärmung der Atemluft bei der Inspiration und Wärmerückgewinnung bei der Exspiration**



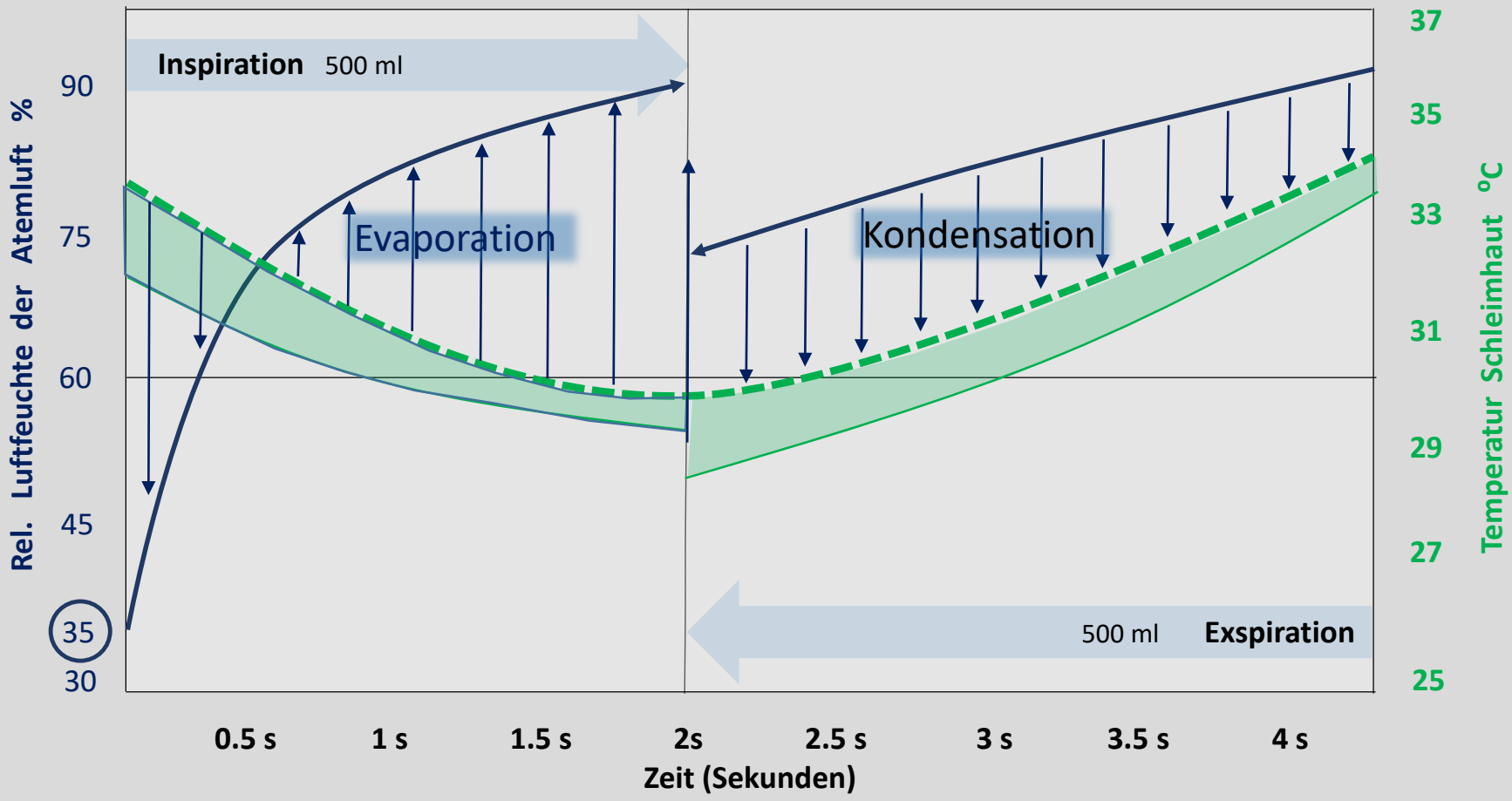
Dynamische Veränderungen von Atemluft und Schleimhaut im Atemzyklus

- **Wärmeübertragung Schleimhaut → Luft bei der Inspiration**
- **Wärmerückgewinnung Luft → Schleimhaut bei der Exspiration**
- Treibende Kraft: Temperaturdifferenz Luft – Schleimhaut, zentrale Rolle der Durchblutung



Dynamische Veränderungen von Atemluft und Schleimhaut im Atemzyklus

- **Befeuchtung Atemluft: Evaporation aus der Schleimhaut durch Wasserdampf-Gradient**
- **Wasser-Rückgewinnung: Kondensation auf der kühleren Schleimhaut**
- **Schleimhautdicke ist Mass für deren zu- und abnehmende osmotische Kapazität**



Ewert Gönar, On the mucus flow rate in human nose

Acta oto-laryng., Suppl. 200, Stockholm, **1965**

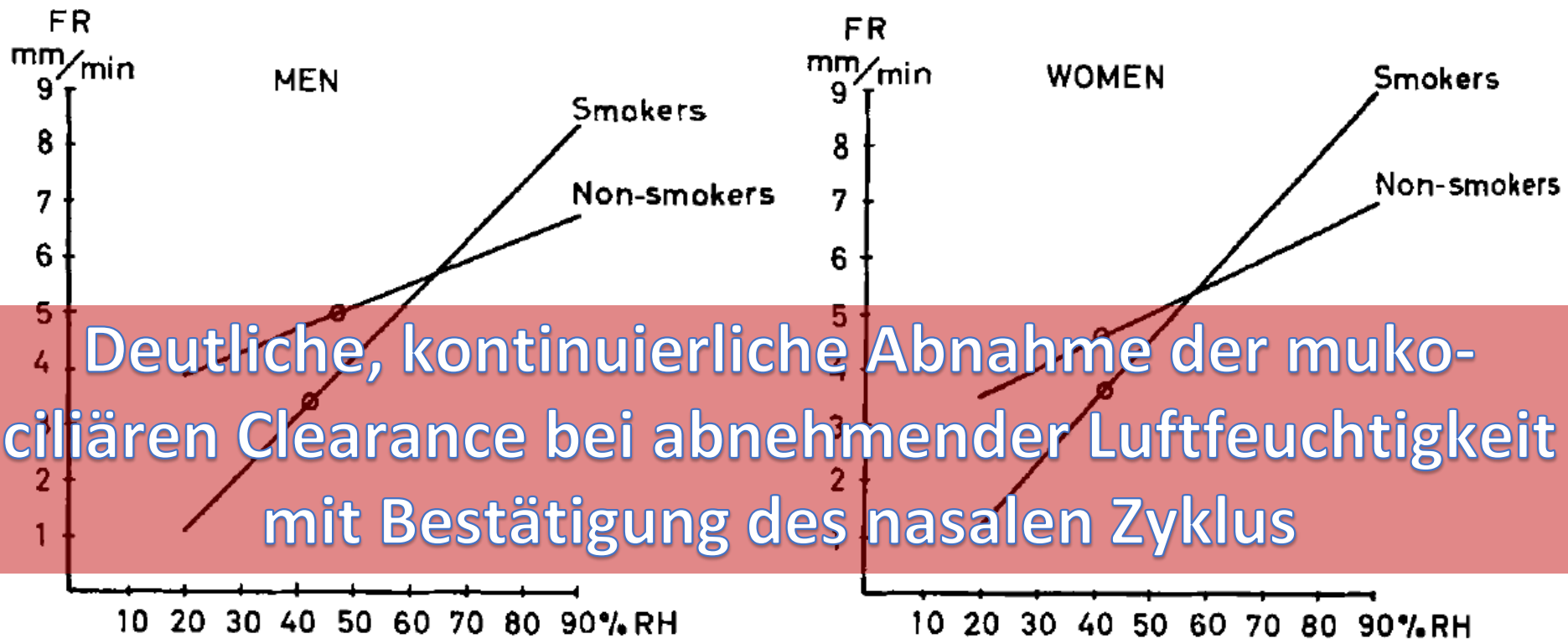


Fig. 6. The lines of regression (relative humidity, RH, *vs.* flow rate, FR) for male and female smokers and non-smokers. The circles mark the unstandardized means.

Deutliche, kontinuierliche Abnahme der muko-ciliären Clearance bei abnehmender Luftfeuchtigkeit mit Bestätigung des nasalen Zyklus

- **Untersuchung an 174 Erwachsenen** (89 weibl., 85 männl., **12-80 j.**), gut die Hälfte Raucher
- Optische Direkt-Distanzmessung mit Stereomikroskop bei liegendem Probanden nach Applikation eines nicht reizenden Farbstoff-Tracers im mittleren Septum Bereich
- Je drei Messungen links und rechts («slow side», «fast side» genannt, bezugnehmend auf den Nasezyklus).
- **Ausgewertet wird das Mittel aus sechs Messungen auf beiden Seiten!**

THE PHYSIOLOGICAL BASIS OF HEALTH STANDARDS FOR DWELLINGS

M. S. GOROMOSOV

It would thus appear that the permissible limits of humidity at moderate temperatures may be set somewhat more widely than was previously supposed. However, from the standpoint of health, the humidity should not exceed 60 % or be lower than 30 %.

WORLD HEALTH ORGANIZATION

GENEVA

1968

Diese weltweite Propagierung einer Untergrenze der Feuchtigkeit rief die Immobilien-, Baubranche auf den Plan, die seither systematisch eine Untergrenze der Feuchte bekämpft hat ….

THE PHYSIOLOGICAL BASIS OF HEALTH STANDARDS FOR DWELLINGS

The modern home should not only provide protection from unfavourable atmospheric conditions, but also prevent the spread of contagious disease and ensure physical and mental comfort, rest or creative activity and the maintenance of human health in the wider sense.

WORLD HEALTH ORGANIZATION

GENEVA

1968

Forschungsresultate Proctor, Andersen, Lundqvist, 1973 bis 1983

- **Andersen** IB, **Lundqvist** GR, **Proctor** DF, Human Nasal Function under Four Controlled Humidities, American Review of Respiratory Disease, Vol. 106, **1972**
- **Proctor** DF, **Andersen** IB, **Lundqvist** GR, Swift DL, Nasal Mucociliary Function and the Indoor Climate, Journal of Occupational Medicine, Vol, 15, No. 3, March **1973**
- **Andersen** IB et al, Human Response th 78-Hour Exposure to Dry Air, Arch Environ Health, Vol. 29, Dec **1974**
- **Proctor** DF, Nasal Mucous Transport and Our Ambient Air, Laryngoskope 93, Jan. **1983**

Methodik:

- Externe Messung der Flussgeschwindigkeit des Nasenschleimes mit nuklearmedizinischer Tracer Methode nach Quinlan (Technetium markierte Resinpartikel) in einer Klimakammer

- Variabel feuchte Atemluft (9% bis 70% rel. Feuchte) bei konst. Raumtemperatur von 23°C

- Fluss-Messungen wurden <u>immer nur einseitig</u> vorgenommen

- Probanden: knapp **400 junge, gesunde Dänische Studenten ohne HNO-Vorgeschichte**

Ihre Schlussfolgerungen:

- Unsere Studien zeigen, dass keine physiologische Notwendigkeit besteht für eine Luftbefeuchtung
- Hohe Luftfeuchtigkeit verbessert die Schleimflussgeschwindigkeit nicht und sie wird auch nicht durch tiefe Luftfeuchtigkeit verschlechtert
- Bis zu einem Drittel der Probanden haben einen praktisch fehlenden Schleimfluss (<1 mm/Min). Dieser Umstand kann nicht erklärt werden
- Die Versuchspersonen konnten den Trockenheitsgrad sehr schlecht einschätzen.
- Häufig ist Staubbelastung die Ursache für das subjektive Trockenheits-gefühl

Jede Veränderung der «optimalen»

- statischen Geometrie der Nase (Septum- und Muschel-Anomalien)
- dynamischen Geometrie der Nase (variable Schleimhautschwellung)

↓

- Flow-Verhältnisse (Volumen, Verwirbelungsgrad)
- Druckverhältnisse

↓

- Konditionierung (Erwärmung und Befeuchtung) der Atemluft
- «Filterung» und «Entsorgung» (= Clearance) der partikulären Atemluft-Verunreinigungen

into Bui
6°C D
ust Air
Building
C DB
Used
from Bui
21°C
ir to Building/Air
ioning System
7.3°C DB

«There is a classical biogeographical cline [biological gradient] that progresses from

low profile, relatively **wide noses** where seasonal **absolute humidity is high**

to

protrusive, relative narrow ones where the **air contains little moisture**».

responses, but not in sagittal dimensions. Consequently, in view of previous work in the field, we suggest that a relatively narrow, turbulence-enhancing nasal chamber, with surface areas increased by means of greater sagittal protrusion, will prove to be the optimal dryness adaptation in *Homo sapiens*. F

2. The strongest correlations are bet
absolute nasal projection and absolute hu
ty during the coldest month of the year. D
conditions are associated with more protru
noses.

AMERICAN JOURNAL OF PHYSICAL ANTHROPOLOGY 56:313–319 (1981)

Human Nasal Protrusion, Latitude, and Climate

JAMES W. CAREY AND A. T. STEEGMANN, JR.
Department of Anthropology, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts 01003 (J.W.C.)
Department of Anthropology, SUNY/Buffalo, Buffalo, New York 14261 (A.T.S.)

Quote: «A strong, statistically significant cline [biological gradient] on increasing nose protrusion, with decreasing absolute humidity and with increasing latitude, was found».

Hot + dry continental desert climate (low absolute humidity)

Cold + dry arctic climate (low absolute humidity)

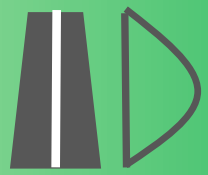
Desert, hot-dry climate
high pollution (dust)

big noses
narrow, tight
prominent

front- / side- view nose

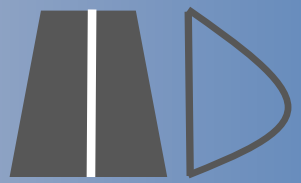
Tropical, humid-warm climate
little air pollution

small noses
median wide
little prominent



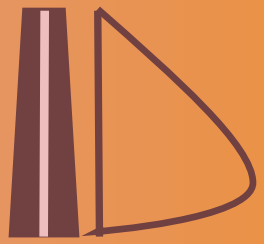
Arctic, cold-dry climate
minor air pollution

big noses
wide, broad
prominent



Dominant task:
filtration and clearing of dust/pollution

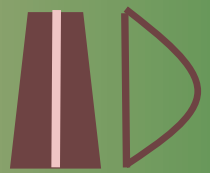
big noses
narrow, tight
prominent

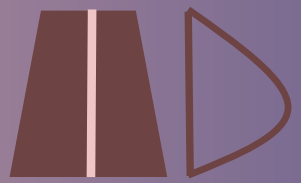


front- / side- view nose

Dominant task:
no urgent needs!
easy job

small noses
median wide
little prominent



Dominant task:
humidification and heating = conditioning

big noses
wide, broad
prominent