

Klinik für Kleintierchirurgie  
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich  
(Direktor: Prof. Dr. P. Montavon)

---

Arbeit unter Leitung von  
Dr. med. vet. ECVS D. Koch,  
Überweisungsklinik für Kleintierchirurgie, Diessenhofen

**Veränderungen des Gesichts-/ Gehirnschädelverhältnisses (S-Index)  
ausgewählter brachycephaler Hunderassen im Verlaufe der letzten 100 Jahre**

**INAUGURAL-DISSERTATION**

Zur Erlangung der Doktorwürde  
der Vetsuisse-Fakultät Zürich  
Universität Zürich

vorgelegt von

**NATHALIE STURZENEGGER**

Tierärztin  
von Reute AR, Schweiz

genehmigt auf Antrag von  
Prof. Dr. P. M. Montavon, Referent  
Prof. Dr. A. Boos, Korreferent

Zürich 2011

**Meinen Eltern**

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	4
Summary.....	5
1. Einleitung .....	6
2 Literaturübersicht.....	7
2.1 Der brachycephale Hund.....	7
2.2 Die Entwicklung des Hundeschädels.....	8
2.3 Das brachycephale Syndrom.....	11
3. Material und Methodik .....	14
3.1 Patientengut.....	14
3.2 Radiographische Erfassung der Schädel.....	14
3.3 Messungen nach Balli (2004): .....	15
3.4 Statistik.....	17
4 Resultate .....	18
4.1 S-Index.....	18
4.2 LW-Index.....	21
5 Diskussion .....	23
5.1 Methoden.....	23
5.3 Resultate.....	25
6 Schlussfolgerungen .....	34
7 Literaturverzeichnis.....	36
8 Danksagung.....	38

## Zusammenfassung

Brachycephale Hunderassen sind aufgrund der Schädelform für Probleme im oberen Respirationstrakt prädisponiert, welche als brachycephales Syndrom zusammengefasst werden. Da in Tierärztekreisen festgestellt wurde, dass dieses Syndrom in den letzten Jahrzehnten häufiger auftritt, wird vermutet, dass die Verkürzung des Gesichtsschädels züchterisch gefördert wurde.

Ziel der Arbeit war es, durch Schädelmessungen zu zeigen, dass sich die Schädelform ausgewählter brachycephaler Rassen während des letzten Jahrhunderts verändert hat. Von 183 Schädeln aus dem Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern wurden Röntgenbilder angefertigt, ausgemessen und 2 Indizes berechnet, welche Auskunft über den Brachycephaliegrad liefern (S-Index = Gesichtsschädellänge/ Hirnschädellänge; LW-Index = Schädellänge/ Schädelbreite). Die Deutschen Schäferhunde und die Berner Sennenhunde dienten als Kontrollrassen.

Die Untersuchungen zeigten, dass sich bei den brachycephalen Rassen (Boxer, Englische Bulldogge, Französische Bulldogge, Mops und Pekingese) beide Indizes gegenüber dem Deutschen Schäferhund signifikant verkleinerten und sich damit die Gesichtsschädellänge gegenüber der Hirnschädellänge verkürzte. Die Reduktion beim S-Index betrug 0.006, beim LW-Index 0.002 pro Jahr.

Mit einer Verlängerung des Gesichtsschädels könnte die Prävalenz der respiratorischen Probleme wieder gesenkt werden. Deshalb müssen längere Nasen angestrebt werden. Ein Ansatz wäre, einen minimalen, rassespezifischen S-Index in den Zuchtrichtlinien zu verankern. Dieser sollte sukzessive angehoben und der Richtwert periodisch angepasst werden.

## Summary

The shortened facial skull in brachycephalic dogs predisposes for problems of the upper respiratory tract that come under the term of “brachycephalic syndrome”. As these respiratory problems are more frequently encountered in veterinary clinics in the last decades, it is assumed, that the shortening of the facial skull in brachycephalic dogs is the result of breeding.

The hypothesis of the present study was that the skull shape of specific brachycephalic breeds had changed significantly during the last century. For this purpose, we used 183 skulls of different brachycephalic breeds from the Natural History Museum in Berne/Switzerland. The skulls were radiographed, and indices describing the degree of brachycephaly (S-index = nasal length to cranial length; LW-index = skull length to skull width) were derived. German Shepherd Dogs and Bernese Mountain Dogs served as control breeds.

The study showed, that the S- and LW-index in brachycephalic breeds (Boxer, English Bulldog, French Bulldog, Pug, Pekingese) decreased significantly when compared to the German Shepherd Dogs. The reduction in the S-index was 0.006, and in the LW index was 0.002 per year, respectively.

It is assumed, that the incidence of respiratory problems in brachycephalic dogs would be reduced by lengthening the nasal part of the skull. In order to increase the nasal length, the S-index should be adopted in breeding programs. According to the results in this study, the S-index has to be increased step by step.

## 1 Einleitung

Durch verschiedene Messmethoden können Hunderassen anhand ihrer Schädelform in brachycephale, mesocephale und dolichocephale Typen eingeteilt werden. Brachycephalie bedeutet, dass der Gesichtsschädel sehr kurz ist und der Kopf insgesamt breit erscheint (Evans 1993). Zu den brachycephalen Rassen gehören unter anderem die Möpfe, die Pekingesen oder die Bulldoggen. Bekannt ist, dass diese Hunde bedingt durch die Kopfform für Probleme der oberen Atemwege prädisponiert sind, was unter dem Begriff ‚brachycephales Syndrom‘ (BCS) zusammengefasst wird. Die Symptomatik äussert sich vor allem durch dauerhaften inspiratorischen Stridor, typische Schnarchgeräusche und episodisch auftretende inspiratorische Dyspnoe, welche durch Hitze und Anstrengung verstärkt werden. In schweren Fällen kann die hochgradige Atemnot sogar zur Zyanose, Kollaps oder Tod führen. Stenotische Nasenlöcher, ein verlängertes Gaumensegel, evertierte Larynxtaschen und Tonsillen sowie eine verengte Stimmritze, ein kollabierter Larynx oder eine Trachealstenose sind die pathophysiologischen Veränderungen, die in unterschiedlicher Kombination und Ausprägung vorliegen (Aron and Crowe 1985; Wykes 1991).

Da das brachycephale Syndrom grundsätzlich nur bei brachycephalen Hunderassen vorkommt, wird vermutet, dass die Zucht die Hauptrolle beim Auftreten dieses Problems spielt (Aron and Crowe 1985). Zudem besteht in Tierärztekreisen die Meinung, dass in den letzten Jahren die Problematik vermehrt auftritt (Koch 2010). Es ist bekannt, dass kurze Nasen zu hohen Atemwegwiderständen und zum brachycephalen Syndrom führen (Amis and Kurpershoek 1986; Wykes 1991; Hendricks 1992; Orsher 1993; Koch, Arnold et al. 2003). Eine züchterisch geförderte Verkürzung des Gesichtsschädels bewirkt somit das vermehrte Auftreten des brachycephalen Syndroms. Die relative Nasenlänge kann mit dem so genannten S-Index (Gesichtsschädellänge dividiert durch die Gehirnschädellänge) radiologisch erfasst werden (Balli 2004).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den möglichen Einfluss der Zuchtbestrebungen auf die Nasenform der Hunde aufzuzeigen. Dazu sollen an Hundeschädeln aus verschiedenen Epochen der letzten 100 Jahre der Rassen Mops, Englische und Französische Bulldogge, Boxer und Pekingeser Schädelmessungen durchgeführt werden. Die Hypothese lautet, dass sich der S-Index bei den erwähnten Rassen in den letzten 100 Jahren signifikant reduziert hat.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Der brachycephale Hund

Anhand ihrer Schädelform lassen sich Hunderassen mit unterschiedlichen Methoden in drei Gruppen einteilen: brachycephal (kurzer Kopf), mesocephal (normal langer Kopf) und dolichocephal (überlanger Kopf). Die brachycephale Kopfform entsteht durch eine lokale chondrodysplastische Wachstumshemmung an der Schädelbasis, wodurch es zur Verkürzung der Schädellänge kommt. Ursprünglich wurden die Hunderassen nach ihrem Phänotyp eingeteilt. Rassen mit einem kurzen Gesichtsschädel, deren Kopf insgesamt breit wirkt, werden als brachycephal bezeichnet: zum Beispiel Möpse, Französische und Englische Bulldoggen, Boxer, Cavalier King Charles Spaniel und Pekingesen. Der Vorteil der Einteilung anhand des äusseren Erscheinungsbildes ist die Homogenität betreffend der Hunderassen, was bedeutet, dass jeweils die gesamte Rasse als brachycephal gilt oder nicht (Evans 1993). Allerdings beruht diese Methode nur auf der Beurteilung durch die Betrachter und verunmöglicht, die individuellen Unterschiede zu berücksichtigen. Als Beispiel wird der Norwich Terrier genannt, der auch unter Problemen im oberen Respirationstrakt leidet, obwohl er phänotypisch zu den mesocephalen Rassen gehört (Ruchti 2009). Durch die Schädelmessung nach Balli (2004) wurde allerdings gezeigt, dass viele Individuen dieser Rasse einen verkürzten Gesichtsschädel besitzen und somit als brachycephal bezeichnet werden müssten (Rosaspina 2005).

Verschiedene Autoren befassten sich mit dieser Problematik und entwickelten deshalb neue Methoden, um objektive Kriterien für die Zuordnung von Hunden zu den verschiedenen Kopfformen zu erhalten: Evans (1993) und Brehm (1985) führten Messungen an präparierten Hundeschädeln durch und berechneten aus den Daten spezifische Schädelindizes.

Evans (1993) zählt Hunde mit einem Verhältnis zwischen Gesamtschädelbreite zu Gesamtschädellänge von 0.81 und mehr zu den brachycephalen Rassen. Brehm et al (1985) benutzten das Verhältnis von Hirnschädellänge zu Gesichtsschädellänge, wobei brachycephale Hunde einen Wert von über 1.60 aufweisen. Später wurden bei der Arbeit von Regodon et al (1993) zum ersten Mal Röntgenbilder von Schädeln zur Klassifizierung verwendet. Sie bestimmten anhand von Röntgenaufnahmen im laterolateralen Strahlengang den Winkel zwischen der Schädelbasis (Basis des Occiputs zum Sulcus chiasmatis) und dem Gesichtsschädel (entlang der Verlängerung des harten Gaumens). Brachycephale Hunde besitzen

einen Winkel zwischen 9-14°, bei meso- und dolichocephalen Hunden ist dieser Winkel grösser als 19°. Die Problematik war, dass die verschiedenen Vorgehensweisen nicht identische Resultate bezüglich der Einteilung in die verschiedenen Schädelformen lieferten. Die Methoden von Brehm et al. (1985) und Evans et al. (1993) ergaben, dass die als brachycephal eingestuften Rassen dafür bekannt sind, dass sie tatsächlich am brachycephalen Syndrom litten. Deutliche Abweichungen und keine sinnvolle Einteilung bezüglich der Klinik gegenüber den ersten beiden Methoden gab es bei den Resultaten von Regodon et al. (1993).

Balli (2004) führte den so genannten Schädel-Index (S) ein, bei dem ein radiologisch eindeutig identifizierbarer Messpunkt als Grenze zwischen Hirnschädel und Gesichtsschädel definiert wurde. Der Index wird aus der Gesichtsschädellänge (rostrale Begrenzung des Cavum cranii zur rostralen Grenze des Os incisivum) dividiert durch die Gehirnschädellänge (caudaler Rand des Os occipitale bis zur rostralen Begrenzung des Cavum cranii) berechnet. Der Grenzwert für die Brachycephalie wurde nach einer Umwidmung durch Koch (2009) bei 1.25 festgelegt. Diese Methodik eignet sich für Messungen an lebenden Hunden anhand von Röntgenbildern und führt zu identischen Resultaten wie die Methoden nach Brehm et al. (1985).

## **2.2 Die Entwicklung des Hundeschädels**

Der Hund war das erste Haustier des Menschen. Die Entwicklung des Haushundes begann vor etwa 20'000 Jahren. Man nimmt aber an, dass die Domestikation schon wesentlich früher angefangen hat. Ursprünglich waren die Haushunde dem Wolf sehr ähnlich und entwickelten sich bis ins 17. Jahrhundert nur langsam in wenige, verschiedene, grobe Typen wie beispielsweise Jagdhunde, Begleithunde oder Windhunde. Erst im 19. Jahrhundert begann die eigentliche Rassezucht und innert weniger Jahrzehnte entstanden weit über 200 Hunderrassen (nach Fischer (2007)).

Die heutigen Hunderassen werden hauptsächlich anhand ihrer äusseren Erscheinung definiert und in Rassestandards beschrieben. Damit unterliegen die Hunderassen einer gewissen Variabilität. Es existiert keine eigentliche Reinrassigkeit im genetischen Sinn mehr, sondern die Rassenmerkmale werden von Menschen bestimmt und können sich je nach aktuellem Trend auch fortlaufend verändern. Allerdings gibt es dadurch innerhalb der Rassen und auch innerhalb eines Wurfes beachtliche Unterschiede. Somit kann sich eine Hunderasse schon nach wenigen Generationen deutlich verändern. Noch offensichtlichere phänotypische Ver-



änderungen werden aber durch gezielte Einkreuzungen anderer Rassen erreicht (nach Räber in Lueps (1976)).

Ein eindrückliches Beispiel ist der Wandel des Bedlington-Terriers: Am Anfang des 20. Jahrhunderts war er ein kräftiges Tier mit einem markanten Stopp und rauhaarigem Fell. Durch das Einkreuzen, unter anderem vom Greyhound, erscheint er aber schon fünfzig Jahre später zartgliedrig, ramsnasig und lämmchenartig mit gekräuseltem Fell (Lueps 1976).



Abbildung 1: Bilder von Bedlington Terrier verschiedener Epochen (links ein Gemälde um 1900, rechts ein typischer moderner Vertreter dieser Rasse)

Ein weiteres bekanntes Beispiel für die Veränderung des gesamten Erscheinungsbildes, aber vor allem der Kopfform einer Rasse, ist der von Huber (1947) beschriebene Wandel beim St. Bernhardshund. Der ursprüngliche „Barry“, der 1814 starb, war kräftig und hatte ein kurzhaariges Fell sowie eine längliche Schnauze mit wenig ausgeprägtem Stopp. Im Laufe der Zeit wurde dieser Typ Hund durch die Einkreuzung von Neufundländern und Mastiffs zu einem langhaarigen, grossen, massigen Tier mit einem mächtigen Kopf und rundem Oberkopf, deutlich ausgeprägtem Stopp und konkavem Gesichtprofil. Beim ursprünglichen ‚Barry-Typus‘ war der Gehirnschädel lang, hatte eine deutlich ausgeprägte Scheitelcrista und eine relativ schmale Stirn. Ebenso war auch der Gesichtsschädel ziemlich lang und schmal und der Stopp schwach ausgeprägt. Ende des 19. Jahrhunderts wies der Schädel bereits eine leicht gewölbte Stirn mit schwach ausgeprägter Scheitelcrista auf. Der Nasenrücken war gerade und die Schnauze hoch.

Im Laufe des 20. Jahrhundert entwickelte sich die Kopfform des St. Bernhardshundes in eine Richtung, welche immer mehr derjenigen einer Dogge ähnelte. Bei dieser Schädelform ist die Crista hoch, die Stirn breit, in der Medianlinie eingesenkt und die Jochbogen deutlich ausgeweitet. Der Schädel erscheint kurz und stumpf, der Nasenrücken ist konkav und der Stopp damit noch ausgeprägter. Insgesamt wirkt der Kopf gross und massig. Um 1900 existierten

die drei deutlich voneinander unterscheidbaren Schädeltypen nebeneinander. Anhand der Schädelammlung der Albert-Heim-Stiftung des Naturhistorischen Museums der Burgergemeinde Bern wurde gezeigt, dass nach 1925 nur noch der Doggentyp übrig geblieben ist! Wie bewusst die anderen beiden Formen ausgemerzt worden sind, bleibt bis heute ungeklärt. Insgesamt hat sich der moderne St. Bernhardshund aber zu einer einheitlichen Hunderrasse etabliert.

Deutliche Schädelveränderungen wurden auch beim Deutschen Boxer, der Englischen und Französischen Bulldogge gesehen, die sich von normalschnauzigen zu kurzschnauzigen Hunden mit stark verkürztem Oberkiefer und einem Vorbiss entwickelt haben. Huber (1974) bewies anhand von Messungen an Schädeln aus der Hensel Sammlung im Musée Zoologique in Strasbourg und aus der Sammlung der Albert Heim-Stiftung im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern, dass der Gesichtsschädel (zusammengesetzt aus der Palatinumlänge und der Maxillarlänge) gegenüber der Hirnstammbasis verkürzt ist. Dabei wurde gezeigt, dass die beiden Anteile des Gesichtsschädels variabel sind, die Hirnstammbasis selbst aber konstant bleibt. Dies bedeutete genau genommen, dass die oben genannten Rassen eigentlich nicht brachycephal sind (Verkürzung der gesamten Hirnstammbasis), sondern eine Brachygnathie vorliegt.

Später befasste sich auch Nussbaumer (1982) mit dieser Thematik. Basierend auf der Idee von Huber führte er Messungen an Hundeschädeln durch, um die Variabilität der dorso-basalen Schädelknickungen bei Haushunden zu bestimmen. Er konnte zeigen, dass sich die Schädelform, und damit die Schädelknickung unter anderem beim Bullterrier, innerhalb von fünfzig Jahren massiv geändert hat. Einst hatte die Rasse eine ‚normale‘ Schädelform (orthokranial, was bedeutet, dass Hirn- und Gesichtsschädel gestreckt hintereinander liegen), welche sich aber nach wenigen Jahrzehnten in eine klinorhynche Schädelform umgewandelt hat (deutliche ventrale Knickung des Gesichtsschädels gegenüber der Hirnstammbasis). Entgegengesetzt dazu haben sich die brachycephalen Rassen durch die Verkürzung des Gesichtsschädels immer deutlicher airorhynch präsentiert (dorsale Aufbiegung des Gesichtsschädels).

### **2.3 Das brachycephale Syndrom**

Die Zugehörigkeit zu einer brachycephalen Rasse bedeutet nicht zwangsläufig eine Problematik der oberen Atemwege aufgrund des verkürzten Gesichtsschädels. Dennoch leiden etliche Vertreter der brachycephalen Rassen am brachycephalen Syndrom.

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung von Koch (2003) wiedergegeben:

Zur Symptomatik des brachycephalen Syndroms (BCS) gehören Atemnot, Stridor und verminderte Leistungs- und Stresstoleranz. In fortgeschrittenen Fällen kann es auch zur Zyanose bis hin zum Kollaps kommen (Aron and Crowe 1985). Ein wichtiger Faktor der Brachycephalie ist, dass die Weichteilgewebe vor allem im ventralen Atemgang nur sehr eingeschränkt Platz haben und dessen Lumen stark einengen, weil sie sich nicht entsprechend der Schädelverkürzung veränderten (Wykes 1991). Diese Hunde besitzen typischerweise kleine Nasenlöcher und einen stark verengten ventralen Nasengang durch die veränderte Gestalt der Conchen und die prominenten Plicae alares (Nasenflügelfalten), welche quasi eine zweite Pforte im Naseneingang bilden. Des Weiteren haben sie ein verlängertes Gaumensegel, vergrößerte Tonsillen, evertierte Laryngealtaschen und eine verengte Stimmritze. All dies kommt in unterschiedlicher Kombination und Ausprägung vor, führt aber insgesamt zu einer funktionellen Stenose der oberen Atemwege, was die Atmung stark beeinträchtigen kann. Aufgrund des erhöhten Widerstandes bei der Inspiration, muss der brachycephale Hund im Atemgang einen erhöhten Unterdruck aufbauen, damit eine genügende Sauerstoffversorgung gewährleistet wird. (Balli 2004). Sekundär führt dies zur einer Entzündung und Ödematisierung der laryngealen und pharyngealen Mukosa, sodass die Weichteile noch mehr ins Lumen der Atemwege gezogen werden (Ausstülpung der Laryngealtaschen, Verengung der Stimmritze). Mit der Zeit wird dieses Gewebe hyperplastisch, was die Symptomatik weiter verstärkt (Orsher 1993). So entsteht ein Teufelskreis woraus sogar ein Larynxkollaps resultieren kann. Diese Veränderungen können zusätzlich mit einer hypoplastischen Trachea kombiniert sein, welche vor allem bei der Englischen Bulldogge beschrieben ist. Weitere seltener auftretende Folgen des brachycephalen Syndroms sind der Trachealkollaps, Schluckstörungen, Otitis media, Hiatushernien und Magenblähungen durch die Aerophagie. In der Lunge können durch die dauerhaft gesteigerte Atemarbeit längerfristig Bronchiektasien entstehen (Montavon 2000).

Insgesamt scheint die Nase den Hauptteil des gesamten Atemwiderstandes auszumachen, denn experimentelle Messungen des Atemwiderstandes haben gezeigt, dass auf sie, je nach Luftflussrate, zwischen 69 und 83% entfallen und der Rest von Larynx, Trachea und Lunge beigetragen wird (Ohnishi and Ogura 1969). Cook (1964) betrachtet jedoch das verlängerte Gaumensegel als primäre Ursache. Er beschreibt es als kongenitalen Defekt, da Tiere schon kurz nach der Geburt entsprechende Symptome (inspiratorisches Schnarchen, Erstickungsanfälle, Husten, Dyspnoe) zeigen, welche sich im Laufe der Zeit verstärken. Das zu lange Gaumensegel kann bei der Inspiration hörbar flattern (Stertor) oder sich über der Epiglottis verfangen, was zu plötzlichen Erstickungsanfällen führt (Harvey 1982; Hendricks 1992). Schlussendlich ist bis heute nicht geklärt, ob das verlängerte Gaumensegel nun eine Primär- oder eine Sekundärursache darstellt.

Hunde mit BCS zeigen ein dauerhaftes oder leistungsabhängiges, pfeifendes bis rasselndes Atemgeräusch (inspiratorischer Stridor und Stertor). Während dem Schlaf ist es ein Schnarchgeräusch, weil die Weichteile im Rachenraum kollabieren, was manchmal zur Asphyxie führen kann. Deshalb leiden diese Hunde an akuten Dyspnoeepisoden. Sie zeigen eine gestreckte Kopf-Hals-Haltung, um das Einatmen zu erleichtern. Teilweise liegen die Hunde in Seitenlage, um das hinter der Epiglottis verfangene Gaumensegel wieder zu lösen, indem es zur Seite gleitet (Knecht 1979). Zur Regulation der Körpertemperatur beginnen die Hunde zu hecheln, damit Feuchtigkeit und Wärme durch das Maul abtransportiert werden können.

Eine Verdachtsdiagnose auf das Vorliegen eines BCS ergibt sich durch die oben beschriebene Symptomatik, und sie wird durch die klinische Untersuchung des Patienten erhärtet. Die engen Nasenlöcher lassen sich gut identifizieren, der obstruierte Nasengang, das verlängerte Gaumensegel sowie die evertierten Tonsillen bzw. Larynxtaschen sind nur unter Narkose einseh- und verifizierbar.

Im Notfall richtet sich die Therapie nach dem Schweregrad der Symptome. Wichtig ist, dass die Tiere in eine stressarme, kühle Umgebung gebracht und beruhigt werden. Manchmal reicht es, ihnen die Zunge aus dem Fang zu ziehen, damit die Atmung über das Maul stattfinden kann. Ansonsten verabreicht der Tierarzt / die Tierärztin dem Patienten Sauerstoff über einen Sauerstoffkäfig oder mittels nasaler Sonde, kühlt ihn mit Alkohol und versorgt ihn mit Infusionen. Um weiteren Stress für das Tier zu vermeiden, kann eine leichte Sedation

notwendig sein und die Gabe von Corticosteroiden hilft, dem Ödem der Weichteilgewebe entgegenzuwirken. Eventuell wird eine Narkose eingeleitet und der Hund intubiert. In schweren Fällen muss ein Luftröhrenschnitt mit dem Einsetzen eines Tracheotubus erfolgen (Aron and Crowe 1985).

Früher oder später müssen die Tiere einer chirurgischen Therapie unterzogen werden, um langfristig gute Resultate zu erzielen. Zuerst werden dabei üblicherweise die stenotischen Nasenlöcher korrigiert (Harvey 1982). Dies geschieht durch eine tiefe Teilexzision der Nasenflügel (Entfernung eines dreieckigen Keils: Epithel und die darunter liegende Plica alaris), damit ein grösserer Zugang in die Nasenhöhle entsteht. Es empfiehlt sich, diese Operation bereits bei fünf bis sieben Monate alten Welpen durchzuführen, um mögliche sekundäre Veränderungen zu reduzieren. Eine modifizierte und minimalinvasive Methode zur Erweiterung der Nasenlöcher ist die Laser-assoziierte Turbinektomie (LATE) nach Oechtering (2008). Zusätzlich werden bei dieser Methode auch die mittels Computertomographie bestimmten stenosierenden Anteile der Concha nasalis ventralis und Teile der Endoturbinaria entfernt. In der Regel wird auch das Gaumensegel durch eine Exzision oder mittels Lasertechnik auf die geeignete Länge (bis zur Spitze der Epiglottis) verkürzt. Des Weiteren werden die evertierten Larynxtaschen entfernt und bei Vorliegen eines Larynxkollapses eine permanente Tracheostomie durchgeführt (Harvey 1982; Harvey 1982; Harvey and O'Brien 1982; Aron and Crowe 1985).

### 3 Material und Methodik

#### 3.1 Patientengut

Im naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern stehen gemäss einer Liste vom Oktober 2009 rund 1900 Schädel bereit, bei welchen Messungen durchgeführt werden können. Auffallend ist die Überpräsenz einiger Rassen wie der Berner Sennenhund, der Deutsche Schäferhund. Ebenso gibt es mehr Schädel aus der jüngeren Vergangenheit und insgesamt relativ wenig bei den brachycephalen Rassen.

Für die folgenden Messungen wurden die Rassen Boxer, Französische Bulldogge, Englische Bulldogge, Mops und Pekingese als brachycephale Vertreter ausgewählt, während als Kontrollgruppen die beiden Rassen Berner Sennenhund und Deutscher Schäferhund eingeschlossen wurden (Tab. 1).

Damit bei der vorliegenden Studie aus dem letzten Jahrhundert etwa gleich viele brachycephale wie nicht-brachycephale Hunde vertreten sind, wurden alle brachycephalen Exemplare verwendet und bei den Berner Sennenhunden und den Deutschen Schäferhunden eine Selektion nach dem Zufallsprinzip durchgeführt.

Tabelle 1: Auswahl der Hundeschädel aus dem naturhistorischen Museum in Bern, die für die vorliegende Studie ausgewählt wurden

Rasse	Anzahl Schädel total	Anzahl ausgewählter Schädel	Erfassungsdatum im Museum: von- bis
Berner Sennenhund	102	43	1929-1994
Deutscher Schäferhund	72	45	1984-2001
Boxer	47	47	1904-1995
Französische Bulldogge	22	22	1933-1995
Englische Bulldogge	5	5	1956-1993
Mops	14	14	1942-2003
Pekingese	7	7	1939-1988
Total	269	183	1904-2003

#### 3.2 Radiographische Erfassung der Schädel

Zur Anfertigung der Röntgenbilder wurde das konventionelle Röntgengerät Unimax 300 (Monza, Italien) und die Röntgenfilme der Marke Tipox TA-RP mit der Grösse 24 x 30cm verwendet.

Von allen Schädeln wurden Röntgenbilder im dorsoventralen Strahlengang gemacht, wobei auf eine korrekte Positionierung geachtet wurde (Balli 2004). Das bedeutet, dass der harte

Gaumen parallel zum Röntgentisch gelagert werden musste. Dazu wurden die Schädel jeweils im caudalen Bereich mit unterschiedlich viel Plastikfolie unterlegt (Abb. 2). Die linke und rechte Schädelhälfte mussten kongruent erscheinen. Um Messfehler durch eine allfällige geometrische Unschärfe, verursacht durch einen zu grossen Objekt-Filmabstand zu vermeiden, wurde zusätzlich ein Massstab neben den Schädel gelegt. Die Bilder wurden anschliessend mit einem teilautomatisierten Gerät (Fuji Medical Film Processor RG2) entwickelt.



Abbildung 2: Radiographische Erfassung: Positionierung des Schädels (Boxer) auf dem Röntgentisch für die Aufnahme im dorsoventralen Strahlengang.

### 3.3 Messungen nach Balli (2004):

Auf dem Röntgenbild wurden folgende Strecken gemessen (Abb. 4 und 5):

- a) Gesichtsschädellänge (LF): Von der rostralen Begrenzung des Cavum cranii bis zur rostralen Begrenzung des Os incisivum.
- b) Hirnschädellänge (LC): Von der kaudalen Kontur des Os occipitale am Dorsalrand des Foramen magnum bis zur rostralen Begrenzung des Cavum cranii.
- c) Gesamtschädelbreite (WS): Die grösste Distanz zwischen der äusseren Begrenzung der beiden Ossa zygomaticae.

Um Messfehler zu vermeiden, wurden die Röntgenbilder von zwei Personen ausgemessen und danach aus den Mittelwerten der beiden Messungen die folgenden beiden Indizes berechnet:

- Schädel-Index (S):  $\text{Gesichtsschädellänge (LF)} / \text{Hirnschädellänge (LC)}$
- Längen-Breiten-Index (LW):  $\text{Gesamtschädellänge (LF + LC = LS)} / \text{Gesamtschädelbreite (WS)}$

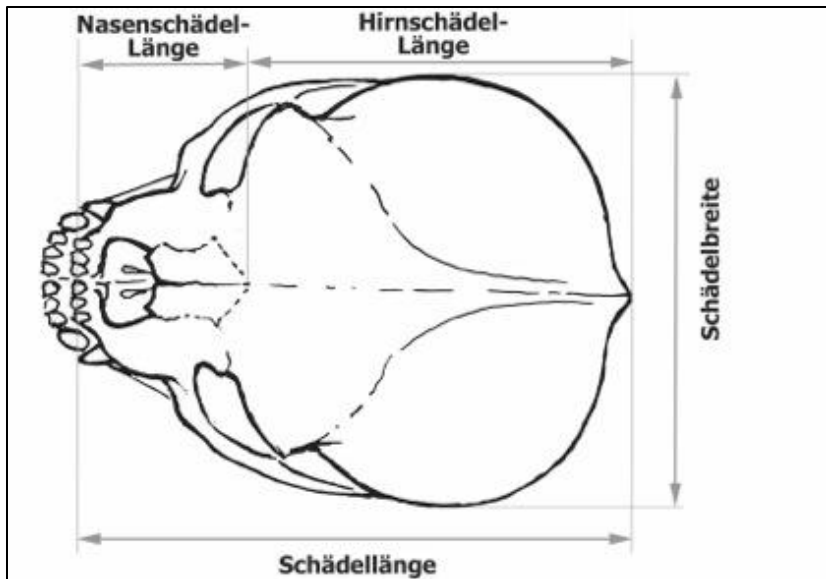


Abbildung 3: Messstrecken am Schädel zur Berechnung des S- und LW-Indexes

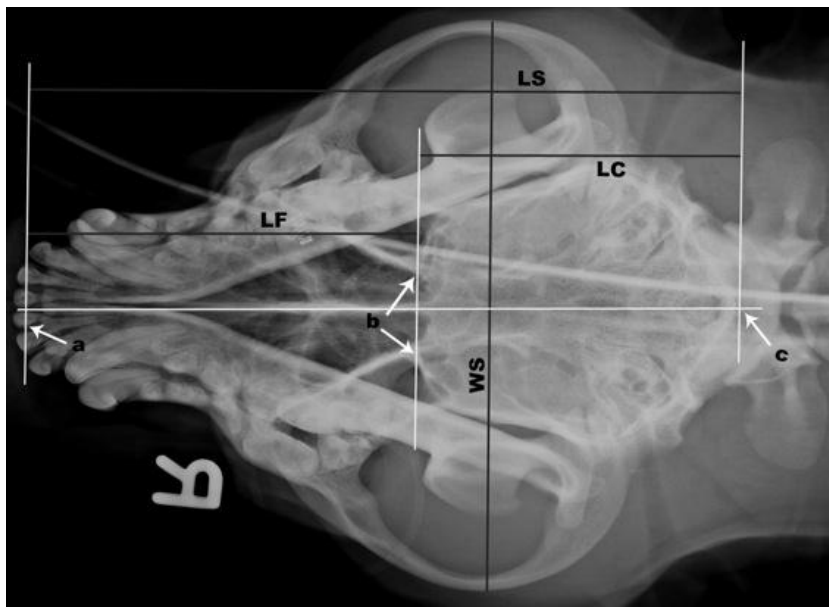


Abbildung 4: Messstrecken auf dem Röntgenbild: (LS = Gesamtschädel-Länge, LC = Hirnkapsel-Länge, LF = Gesichtsschädel-Länge, WS = Gesamtschädelbreite)



### **3.4 Statistik**

Alle Resultate wurden in ein Tabellenkalkulationsprogramm (Excel, Microsoft) übernommen und im Statistikprogramm R (2010) analysiert. Die Hypothese lautete, dass sowohl der S- als auch der LW-Index bei den brachycephalen Rassen (BCR) im Laufe der Zeit abnahmen. Zusätzlich wurden diese Veränderungen, wie auch jene der Berner Sennenhunde (BSH) mit dem Deutschen Schäferhund (DSH) verglichen.

Dabei wurde ein lineares Modell gewählt, um die Veränderungen über die Zeit zu berechnen. Um zu zeigen, ob es im Laufe der Zeit eine unterschiedliche, signifikante Entwicklung zwischen den BSH und den DSH sowie den BCR und den DSH gibt, wurde der Loglikelihood-Ratio-Test des Programms lmtest (Zeileis, 2002) angewendet.

Aufgrund des Stichprobenumfangs konnten die verschiedenen brachycephalen Rassen nicht einzeln untersucht werden. Deshalb wurden sie wegen ihrer gemeinsamen Eigenschaften als eine einheitliche Gruppe zusammengefasst. Die Zeitvariable in den Auswertungen bezieht sich auf das Erfassungsdatum im Museum. Aus statistischen Gründen wurden die Tiere erst ab 1925 einbezogen, weil bei den brachycephalen Vertretern zwischen 1906 und 1926 keine Exemplare vorhanden sind.

## 4 Resultate

### 4.1 S-Index

Der S-Index für die beiden Kontrollrassen Deutscher Schäferhund und Berner Sennenhund lag deutlich über dem Schwellenwert für die Brachycephalie, welcher bei 1.25 festgelegt wurde.

Bei den Deutschen Schäferhunden gab es keine signifikante Änderung der Kopfform im Laufe der letzten 100 Jahre. Der S-Index lag unverändert bei 1.7 ( $p=0.174$ ). Hingegen gab es bei den Berner Sennenhunden, der zweiten Kontrollrasse, eine signifikante Reduktion um 0.004 Einheiten pro Jahr von 1.8 auf 1.5 ( $p<0.0001$ ). Die Deutschen Schäferhunde und die Berner Sennenhunde unterschieden sich damit signifikant in der Entwicklung des S-Indexes über die Zeit ( $p<0.0001$ ).

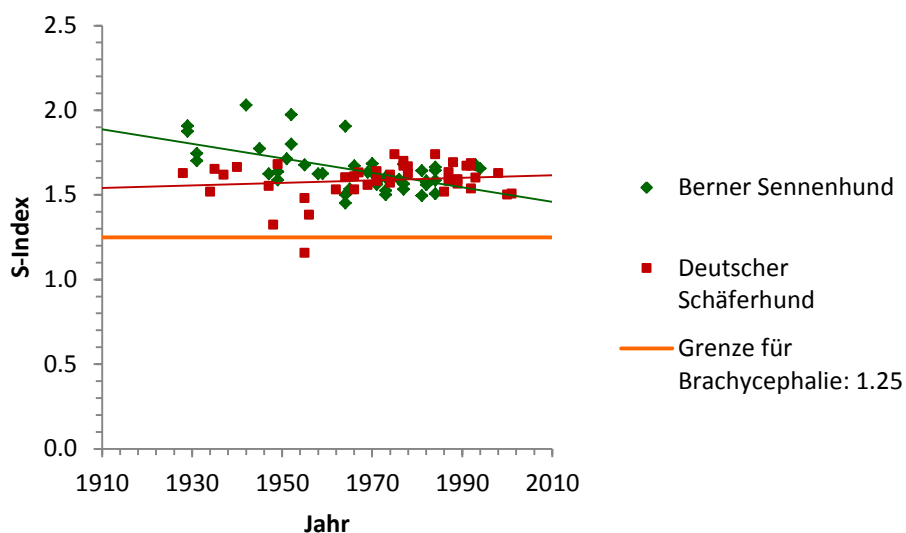


Abbildung 5: Veränderung des S-Indexes ausgewählter Hunderassen (DSH = Deutscher Schäferhund, BSH = Berner Sennenhund) im Verlaufe von nahezu 100 Jahren. Der Grenzwert für die Brachycephalie wurde bei  $S=1.25$  festgelegt (Balli 2004)

Tabelle 2: Änderung des S-Indexes über die Zeit beim Berner Sennenhund und beim Deutschen Schäferhund

	Geschätzte marginale Effekte pro Jahr	Standardfehler	T-Test P-Wert	Loglikelihood-Ratio-Test zwischen BSH und DSH P-Wert
BSH	-0.0043	0.0009	< 0.0001	< 0.0001
DSH	0.0012	0.0008	0.174	

Grau unterlegt (Resultate des linearen Modells): Test der Hypothese, dass es einen signifikanten Zeiteffekt gibt (Quote der Änderung über die Zeit).

Blau unterlegt (Resultate des Loglikelihood-Ratio-Tests): Test der Hypothese, dass verschiedene Rassen durch signifikant unterschiedliche Quotienten über die Zeit charakterisiert sind.

Insgesamt gab es bei den Boxern und den weiteren brachycephalen Rassen eine signifikante Abnahme des S-Indexes während dem letzten Jahrhundert ( $p < 0.0001$ ). Pro Jahr betrug diese Reduktion 0.006 Einheiten. Bei den Englischen Bulldoggen, Pekingesen und den Möpsen reichte die Anzahl der vorhandenen Schädel für eine statistische Auswertung der einzelnen Rassen nicht aus. Deshalb wurden die brachycephalen Rassen (einschliesslich dem Boxer) zusammengenommen. Sie unterschieden sich signifikant in der Entwicklung des S-Indexes über die Zeit im Vergleich zum Deutschen Schäferhund ( $p < 0.001$ ).

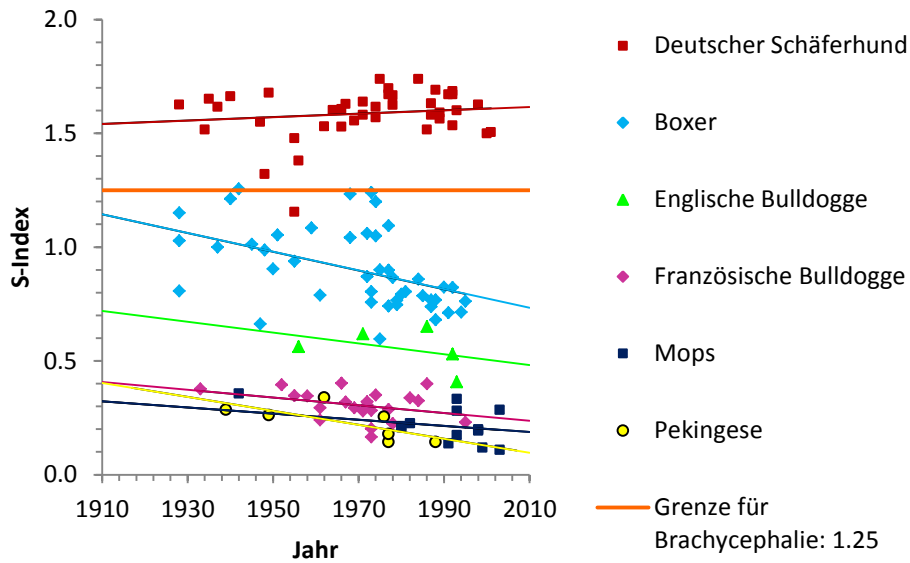


Abbildung 6: Veränderung des S-Indexes ausgewählter Hunderassen (BCR = Brachycephale Rassen, DSH = Deutscher Schäferhund) im Verlaufe von 100 Jahren. Der Grenzwert für die Brachycephalie wurde bei  $S=1.25$  festgelegt (Balli 2004)

Tabelle 3: Änderung des S-Indexes über die Zeit bei den brachycephalen Rassen und beim Deutschen Schäferhund

	Geschätzte marginale Effekte pro Jahr	Standardfehler	T-Test P-Wert	Loglikelihood-Ratio-Test zwischen BCR und DSH P-Wert
BCR	-0.0064	0.0016	< 0.0001	< 0.001
DSH	0.0012	0.0022	0.587	

Grau unterlegt (Resultate des linearen Modells): Test der Hypothese, dass es einen signifikanten Zeiteffekt gibt (Quote der Änderung über die Zeit).

Blau unterlegt (Resultate des Loglikelihood-Ratio-Tests): Test der Hypothese, dass verschiedene Rassen durch signifikant unterschiedliche Quotienten über die Zeit charakterisiert sind.

## 4.2 LW-Index

Bei beiden Kontrollrassen (Deutscher Schäferhund und Berner Sennenhund) blieb der LW-Index über die gesamte Zeitspanne konstant. Bei allen brachycephalen Vertretern gab es eine Reduktion des LW-Indexes, welche 0.002 Einheiten pro Jahr betrug.

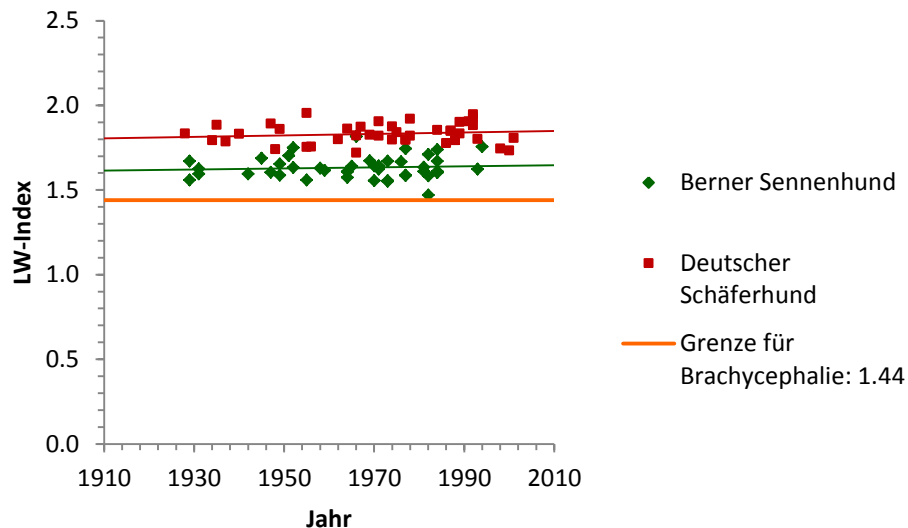


Abbildung 7: Veränderung des LW-Indexes bei ausgewählten Hunderassen (DSH = Deutscher Schäferhund, BSH = Berner Sennenhund) im Verlaufe von 100 Jahren. Der Grenzwert für die Brachycephalie wurde bei  $LW=1.44$  festgelegt (Brehm, Loeffler et al. 1985)

Tabelle 4: Änderung des LW-Indexes über die Zeit beim Berner Sennenhund und beim Deutschen Schäferhund

	Geschätzte marginale Effekte pro Jahr	Standardfehler	T-Test P-Wert	Loglikelihood-Ratio-Test zwischen BSH und DSH P-Wert
BSH	0.0003	0.0006	0.585	0.903
DSH	0.0002	0.0005	0.665	

Grau unterlegt (Resultate des linearen Modells): Test der Hypothese, dass es einen signifikanten Zeiteffekt gibt (Quote der Änderung über die Zeit).

Blau unterlegt (Resultate des Loglikelihood-Ratio-Tests): Test der Hypothese, dass verschiedene Rassen durch signifikant unterschiedliche Quotienten über die Zeit charakterisiert sind.

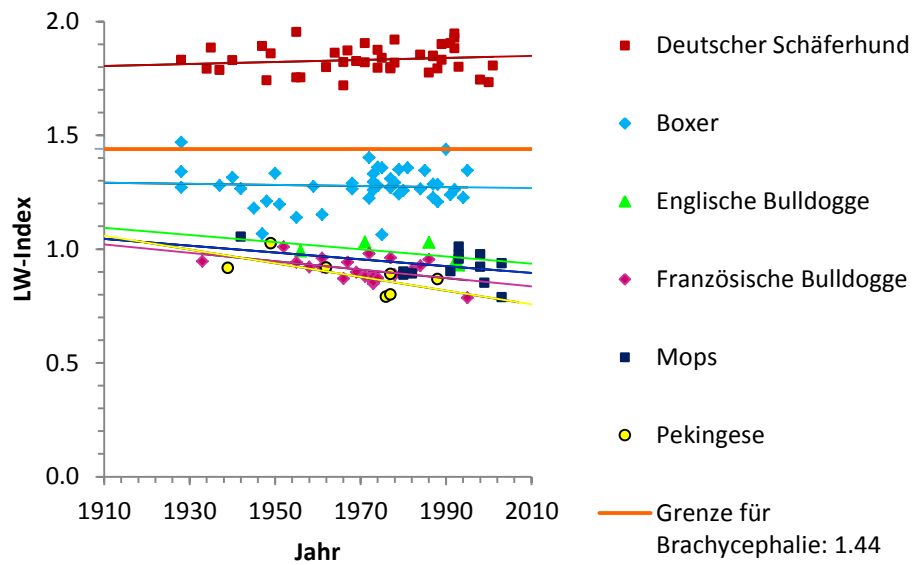


Abbildung 8: Veränderung des LW-Indexes bei ausgewählten Hunderasse (BCR = Brachycephale Rassen, DSH = Deutscher Schäferhund) im Verlaufe von 100 Jahren

Tabelle 5: Änderung des LW-Indexes über die Zeit bei den brachycephalen Rassen und beim Deutschen Schäferhund

	Geschätzte marginale Effekte pro Jahr	Standardfehler	T-Test P-Wert	Loglikelihood-Ratio-Test zwischen BCR und DSH P-Wert
BCR	-0.0022	0.0007	0.002	0.123
DSH	0.0004	0.0008	0.592	

Grau unterlegt (Resultate des linearen Modells): Test der Hypothese, dass es einen signifikanten Zeiteffekt gibt (Quote der Änderung über die Zeit).

Blau unterlegt (Resultate des Loglikelihood-Ratio-Tests): Test der Hypothese, dass verschiedene Rassen durch signifikant unterschiedliche Quotienten über die Zeit charakterisiert sind.

## 5 Diskussion

### 5.1 Methoden

Für die vorliegende Arbeit wurden die Hundeschädel aus der kynologischen Sammlung der Albert-Heim-Stiftung des naturhistorischen Museums der Burgergemeinde Bern zur Verfügung gestellt. Bei den Berner Sennenhunden und den Deutschen Schäferhunden gab es mehr als ausreichend viele Schädel, sodass nur eine bestimmte Anzahl in die Messungen einbezogen wurde. Die Auswahl der verwendeten Schädel erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Bei den brachycephalen Rassen war die Anzahl der Schädelexemplare unterschiedlich gross. Eine fast lückenlose Sammlung existierte beim Deutschen Boxer, währendem die Französischen Bulldoggen erst seit den 50er Jahren vermehrt vertreten sind. Bei den Rassen Mops, Englische Bulldogge und Pekingese gab es nur sehr wenig Material aus dem 20. Jahrhundert. Deshalb wurden alle vorhandenen Schädel in die Studie einbezogen und waren damit nicht dem Stichprobenprinzip unterworfen. Eingangs wurde beschrieben, dass für die statistische Auswertung die Tiere ab 1925 berücksichtigt wurden, weil es bei den brachycephalen Rassen zwischen 1906 und 1926 keine Schädel gab. Die Grundaussage bezüglich der signifikanten Abnahme der beiden Indizes bei den brachycephalen Rassen (inklusive den Boxern) und den Berner Sennenhunden gegenüber den Deutschen Schäferhunden ist die gleiche, wie wenn alle Tiere ab 1880 einbezogen worden wären. Die Reduktion des S-Indexes hätte dann 0.004 Einheiten pro Jahr betragen.

Weil in dieser Studie nur die Problematik in der Schweiz thematisiert werden sollte, wurden keine Schädelmessungen im Ausland durchgeführt, um damit die Studie auf eine breitere Datenbasis zu stellen. Mehrere Schädel stammten teilweise aus einer Zucht, da die Sammlung im naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern privaten Ursprungs ist. Deutlich traf dies vor allem auf die Französische Bulldogge zu, bei der der Züchtername ‚du Poutzon‘ mehrere Male vorkam. Dies könnte die Ergebnisse beeinflussen. Dagegen gab es bei den anderen brachycephalen Rassen aufgrund der Züchternamen keine Hinweise auf gleiche Zuchtlinien. Ob die Hunde trotzdem miteinander verwandt waren, kann nicht mit letzter Gewissheit ausgeschlossen werden.

Bei der Anfertigung der Röntgenbilder war es teilweise schwierig, die Hundeschädel korrekt zu positionieren. Es bedurfte einiger Übung, den harten Gaumen parallel zur Röntgenkassette auszurichten, da einige Exemplare nicht mehr vollständig intakt waren. Weil die Schä-

del kulturhistorisch sehr wertvoll sind, waren sie mit einer Plastikfolie eingepackt, um sie vor Zerstörung und Verlust von Knochenteilen zu schützen. Eigentlich wäre es bedeutend einfacher gewesen, nur den Oberschädel ohne Verpackung zu röntgen, doch dies wurde bewusst unterlassen, um eine Adaptation an die Praxis des tierärztlichen Röntgenvorgangs zu gewährleisten. Das Untersuchungsverfahren zur fortlaufenden Dokumentation der Schädelveränderungen soll künftig auch an lebenden Tieren durchgeführt werden können. Zudem gab es bei den Röntgenbildern Überlagerungen von Ober- und Unterkiefer, was zwei Messpunkte (rostrale Begrenzung des Os incisivum und die rostrale Begrenzung des Cavum cranii) zur Bestimmung der Gesichtsschädel- und Gehirnkapsellänge nicht immer eindeutig definieren liess. Deshalb wurden alle Messungen nochmals von einer zweiten Person durchgeführt und die Werte gemittelt. Bei stark divergierenden Werten wurden die Messungen gemeinsam wiederholt.

Die Schädel wurden nach der Methode von Balli (2004) geröntgt, vermessen und der S-Index sowie der LW-Index berechnet. Diese Technik wurde gewählt, weil die Messungen auch an lebenden Tieren durchführbar und damit vergleich- und aktualisierbar sein sollen. Die Berechnung der Indizes beruhte auf dem Verhältnis verschiedener Längen am Schädel, welche sich durch definierte Messpunkte auf den Röntgenbildern (siehe Methodik) eindeutig bestimmen liessen. Allerdings wurden schon in früheren Arbeiten Messmethoden an Hundeschädelpräparaten erarbeitet, welche auf anderen Fixpunkten basierten. Huber (1974) nahm die Hirnstambasis (Strecke zwischen Vorderrand des Foramen magnum und der medianen Naht zwischen Palatinum und Pterygoid) als Bezugsstrecke und damit ein physiologisches Mass, da diese die phylogenetisch älteste und konstanteste Struktur am Schädel ist und setzte sie mit der Summe aus der Maxillarlänge und der Palatinumlänge in ein Verhältnis. Aus seinen Messungen hat sich ergeben, dass die beiden Anteile der Gesichtsschädellänge gegenüber der Hirnstambasis variabel sind. Trotzdem konnte die Methodik nach Huber in der vorliegenden Arbeit nicht eingesetzt werden, da diese mediane Naht nur am Schädelpräparat selbst und nicht klinisch, das heisst auf dem Röntgenbild, erkennbar ist.



### 5.3 Resultate

In der vorliegenden Arbeit wurden Untersuchungen an Hundeschädeln von brachycephalen Hunderassen durchgeführt und die Ergebnisse mit den Werten der Deutschen Schäferhunde und den Berner Sennenhunden verglichen. Es sollte festgestellt werden, ob sich der S-Index der brachycephalen Rassen während dem letzten Jahrhundert gegenüber den Kontrollrassen verkleinert hat. Die eingangs formulierte Hypothese wurde durch die Messungen bestätigt: Der S- und der LW-Index haben sich bei der Kontrollrasse Deutscher Schäferhund über die gesamte Zeit nicht verändert. Beide Indizes lagen bei einem Mittelwert von 1.7. Beim Berner Sennenhund gab es jedoch eine signifikante Reduktion des S-Indexes gegenüber dem Deutschen Schäferhund und zwar gleich stark wie bei den brachycephalen Rassen. Der LW-Index hingegen blieb konstant. Damit verkürzte sich die Nase im Laufe der Zeit. Die Aussenform des Schädels blieb aber gleich. Das bedeutet, dass sich die knöchernen Strukturen im Innern des Schädels so angepasst haben, sodass das Gehirn nach wie vor genügend Platz im Gehirnschädel hat. Nach diesen überraschenden Ergebnissen musste der Berner Sennenhund deshalb als Kontrollrasse eliminiert werden.

Bei der Zusammenfassung aller brachycephalen Rassen zu einer Einheit wurde die signifikante Reduktion des S-Indexes um 0.006 Einheiten pro Jahr klar bestätigt. Am deutlichsten fassbar wurde dies auf der Übersichtsgraphik (Abb. 7) mit allen brachycephalen Rassen gegenüber dem Deutschen Schäferhund. Auch der LW-Index wurde im letzten Jahrhundert bei den brachycephalen Rassen kleiner, zwar nicht im gleichen Ausmass wie der S-Index, jedoch bestätigten die Resultate ebenfalls die Hypothese. Da der Stichprobenumfang bei den Pekingesen, den Englischen Bulldoggen und den Möpsen zu klein war, konnte bei ihnen mit Sicherheit kein statistisch signifikantes Ergebnis erwartet werden, wenn man sie einzeln analysiert hätte. Trotzdem gab es auf den graphischen Darstellungen die Tendenz zu kleineren S-Werten (Abb. 7).

Die Reduktion des S-Indexes beträgt pro Jahrzehnt 0.06 Einheiten, wobei diese Zeitspanne ungefähr drei Hundegenerationen entspricht. Damit wurde veranschaulicht, dass sich eine Hunderasse innerhalb kurzer Zeit messbar verändern kann, wie dies eingangs schon beim Bedlington Terrier beschrieben wurde. Aus der Annahme, dass sich die Reduktion des S-Indexes in Zukunft linear weiterentwickelt wie seit 1925, könnte man ein ‚Worst-Case-Szenario‘ aufbauen. Es kann berechnet werden, wie lange es noch dauert, bis die brachycephalen

Rassen gar ‚keine‘ Nasen mehr haben, was schlussendlich einem hypothetischen S-Index von Null entsprechen würde.

In der nachfolgenden tabellarischen Darstellung wurden dafür die Mittelwerte der S-Indizes von 1990 bis 2003 genommen und die Zeitdauer berechnet, bis der S-Wert=0 wäre. Eigentlich hätte der Mittelwert der letzten 10 Jahre miteinbezogen werden sollen, aber für den Zeitraum von 2000 bis 2010 lagen keine brachycephalen Schädelexemplare in der Sammlung vor, um die entsprechenden Messwerte ermitteln zu können. Zur Aktualisierung dieser Daten wäre es sinnvoll, in naher Zukunft weitere Werte zu generieren.

Tabelle 6: Zeitdauer bei fortlaufender Verkürzung des Gesichtsschädels bei brachycephalen Rassen und beim Berner Sennenhund bis S=0

Rasse	Mittelwert S-Index ab 1990	Anzahl Jahre bis S=0
Berner Sennenhund	1.6	372
Boxer	0.75	117
Englische Bulldogge	0.47	73
Französische Bulldogge	0.23	36
Mops	0.2	31
BCR insgesamt	0.4	62.5

Für die brachycephalen Rassen bedeutet dies, dass es nur noch 62.5 Jahre dauern würde, bis der S-Index auf null zurückgegangen wäre! Natürlich bleibt die Zucht ein dynamisches Geschehen, sodass ein linearer Verlauf, wie oben beschrieben, nicht erwartet werden kann. Ferner ist ein S-Index = 0 in der Realität nicht möglich. Es soll jedoch veranschaulicht werden, wie rasant sich die Schädelform ändern könnte, und auf welchem Weg sich gegenwärtig die Zucht befindet!

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob eine Verkürzung des Nasenschädels in dem aufgezeigten Masse bereits heute schwerwiegende Auswirkungen auf die Gesundheit der Hunde hat. Ein berechtigter Einwand könnte lauten, dass wir uns in dieser Studie nur auf den knöchernen Teil des Kopfes beschränkt haben, das brachycephale Syndrom aber in erster Linie auf eine Weichteilproblematik der oberen Atemwege zurückzuführen ist. Dennoch hat bereits Balli (2004) darauf hingewiesen, dass die Kurzköpfigkeit den auf die Anatomie der Nase zurückzuführenden Widerstand bei der Atmung beeinflusst, weil sie mit einer Verlagerung von Weichteilen in den Luftstrom verbunden ist. Deshalb nimmt auch die Anfälligkeit für das brachycephale Syndrom mit einem abnehmenden S-Index zu (Balli 2004). Da das BCS ein multifaktorielles Geschehen ist, gibt es beim S-Index bis jetzt noch keinen exakt definier-

ten und allgemein anerkannten Grenzwert für das Auftreten des brachycephalen Syndroms. Deswegen kann auch nicht eindeutig gesagt werden, ab welchem S-Wert mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit mit klinischen Konsequenzen zu rechnen ist. Die fortlaufenden Veränderungen der Kopfform bei brachycephalen Hunden sind visuell kaum wahrnehmbar. Vergleicht man aber Bildmaterial vom Anfang des 20. Jahrhunderts mit aktuellen Bildern, sind die Veränderungen deutlich und stützen die hier vorgelegten Messergebnisse (s. Abb. 10-14).

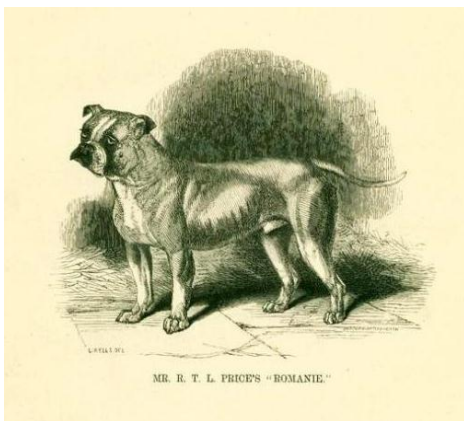


Abbildung 9: Bilder Englischer Bulldoggen verschiedener Epochen (links ein Gemälde von L. Wells 1867, rechts ein typischer moderner Vertreter dieser Rasse)



Abbildung 10: Bilder von Möpsen verschiedener Epochen (links ein Gemälde von 1927, rechts ein typischer moderner Vertreter dieser Rasse)



Abbildung 11: Schädel von Boxern unterschiedlicher Epochen (links Anfang 20. Jhd., rechts Ende 20. Jhd.), Seitenansicht

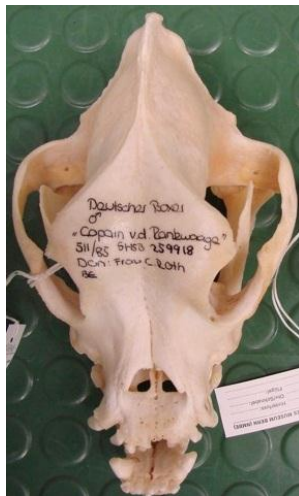


Abbildung 12: Schädel von Boxern unterschiedlicher Epochen (links Anfang 20. Jhd., rechts Ende 20. Jhd.), Ansicht von oben



Abbildung 13: Schädel von Möpsen unterschiedlicher Epochen (links Anfang 20. Jhd., rechts Ende 20. Jhd.), Seitenansicht

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Messungen bestätigen auch die Vermutung von Tierärzten/Tierärztinnen, dass das brachycephale Syndrom in der jüngsten Vergangenheit gehäufiger auftritt (Koch 2010). Ob dies allein der weiteren Verkürzung der Nase zuzuschreiben ist, kann noch nicht beantwortet werden, da es bis jetzt keine aktuelle Studie gibt, welche diese Annahme stützt.

Ein möglicher Grund für die höhere Prävalenz im Praxisalltag des BCS könnte sein, dass seit einigen Jahren die Problematik der Extremzucht vermehrt thematisiert wird, denn das Verlangen nach einer Tierschutzverordnung inklusive deren Vollzug wurde in Bereichen der Wissenschaft, der Politik und der Tierschutzbehörden immer grösser. Dadurch wird auch die Forschung auf diesem Spezialgebiet unterstützt. Zudem sind die Tierärzte/ Tierärztinnen inzwischen besser ausgebildet und sensibilisiert und erkennen die Problematik gezielter und rascher.

In diesem Zusammenhang stellt sich abschliessend die Frage, warum der S-Index im Laufe der Zeit so deutlich abgenommen hat. Es ist sicher berechtigt, zumindest einen Teil der Verantwortung der gegenwärtigen Zuchtbestrebungen - und damit den Züchtern - anzulasten. In persönlichen Telefongesprächen mit mehreren Zuchtverantwortlichen der betreffenden brachycephalen Rassen aus der Schweiz wird dieser Aspekt dementiert und betont, dass die in der Schweiz gezüchteten Hunde dem SKG-Standard (Schweizerische kynologische Gesellschaft) entsprechen würden und nur mit Hunden gezüchtet werden dürfe, die nicht an einer Atemwegproblematik leiden. Laut ihren Aussagen sei es auch so, dass in den schriftlich festgehaltenen Zuchtrichtlinien der SKG keine weitere Verkürzung der Nase angestrebt werde. Ein wichtiger Aspekt sei jedoch, dass die ursprünglichen Zuchtreglemente der jeweiligen Rassen nicht aus der Schweiz stammen (Französische Bulldogge aus Frankreich, Pekingese aus England usw.) und man sich in der Schweiz trotzdem an diese Richtlinien halten müsse. Natürlich sei es im Interesse der Schweizer Züchter, nur gesunde Hunde zu züchten und mit dem Verband und den Tierärzten zusammenzuarbeiten. Zusammengefasst steht in den Zuchtrichtlinien von brachycephalen Rassen aber lediglich und sehr unspezifisch, dass man offene Nasenlöcher wünsche, der Hund keine sichtbaren Atemwegsprobleme aufweisen soll und ein chronisches Schnarchen nicht toleriert werden würde. Damit unterliegen das Exterieur und die Gesundheit trotzdem einer subjektiven Beurteilung. So ist es nicht erstaunlich, dass auch Hunde aus ‚Schweizer Zuchten‘ am brachycephalen Syndrom leiden. Ausserdem

ist anhand der oben gezeigten Resultate und aufgrund des Bildmaterials die Verkürzung des Gesichtsschädels nachweisbar. Ob die Verkürzung des Gesichtsschädels bewusst angestrebt wurde, bleibt weiter unklar. Möglicherweise wurde im Laufe der Zeit dem Erscheinungsbild des Kopfes und damit den oberen Atemwegen zunehmend weniger Aufmerksamkeit geschenkt, weil sich bei den Rassen noch weitere Problematiken entwickelt haben, die durch eine optimale Zuchtauslese angegangen werden mussten. Als Beispiele werden hier die mediale Patellaluxation bei der Französischen Bulldogge (betrifft diverse Zwergrassen) (Hayes, Boudrieau et al. 1994) oder die Aorten- und Pulmonalstenose beim Boxer genannt (Hopfner, Glaus et al. 2010).

Zahlen aus Wurfstatistiken zwischen 1980 und 2010 (Wurfstatistik der Schweizerischen Kynologischen Gesellschaft SKG) zeigen, dass die Nachfrage nach brachycephalen Hunderassen in den letzten Jahrzehnten zugenommen hat. Der Spitzenreiter bei diesen Rasse-Vertretern ist die Französische Bulldogge. In der Schweiz gehören nach wie vor die Deutschen Schäferhunde, die Berner Sennenhunde und die Retriever zu den beliebtesten Hunderassen. Trotzdem ist bei ihnen die durchschnittliche Welpenzahl pro Jahrzehnt in den letzten 20 Jahren deutlich gesunken (Kaenel Kocher 2010).

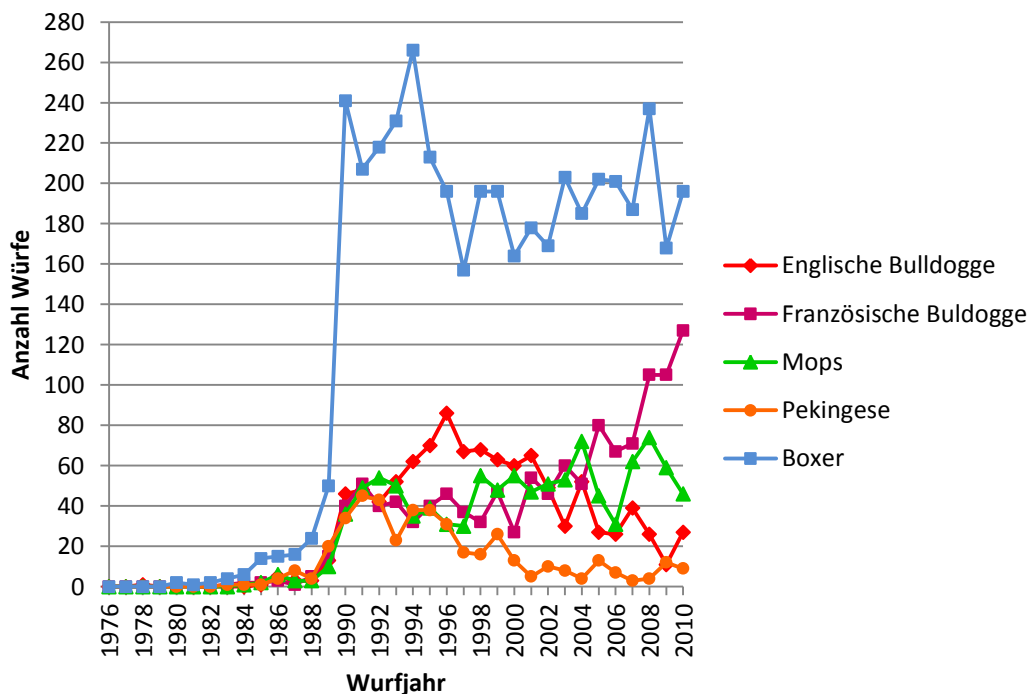


Abbildung 14: Wurfstatistik der SKG brachycephaler Rassen von 1980 bis 2010



Aufgrund der Popularität der brachycephalen Rassen werden inzwischen vermehrt Hunde aus dem Ausland in die Schweiz importiert. Bestätigt wird die Zunahme an importierten Hunden durch die Zahlen der ANIS (Animal Identity Service) bei den Rassen Mops, Französische Bulldogge und Englische Bulldogge (Obligatorische Einführung des Mikrochips im Jahr 2006). Viele dieser Tiere stammen aus Osteuropa, weil die Anschaffungskosten für Hunde aus dieser Region deutlich niedriger sind als für solche aus der Schweiz. Bei den Boxern und den Pekingesen ist dies jedoch nicht der Fall. Hunde dieser Rassen stammen vorwiegend aus der Schweiz.

Tabelle 7: Registration von Hunden brachycephaler Rassen aus dem In- und Ausland bei der ANIS-Datenbank von 2007 bis 2009

Rasse	Geburtsjahr	Total	Herkunft Schweiz	Herkunft Ausland
Mops	2007	475	241	234
	2008	613	227	386
	2009	591	254	337
	2010	713	405	308
Boxer	2007	402	294	108
	2008	329	244	85
	2009	337	245	92
	2010	399	306	93
Französische Bulldogge	2007	408	187	221
	2008	532	184	348
	2009	617	262	355
	2010	631	275	356
Englische Bulldogge	2007	99	26	73
	2008	122	60	62
	2009	150	59	91
	2010	155	48	107
Pekingese	2007	183	122	61
	2008	219	156	63
	2009	217	140	77
	2010	259	187	72
Deutscher Schäferhund	2007	1394	1111	283
	2008	1268	997	271
	2009	1181	941	240
	2010	961	741	220
Berner Sennenhund	2007	1408	1354	54
	2008	1380	1323	57
	2009	1389	1344	45
	2010	1175	1144	31

Die Schweizer Züchter sind offenbar empört darüber, dass diese Hunde nicht den Bestimmungen des internationalen Zuchtverbandes FCI entsprechen und ihre Zuchtbestrebungen durch ‚billig produzierte‘, importierte Hunde zunichte gemacht würden (persönliche Telefongespräche mit mehreren Zuchtverantwortlichen der betreffenden brachycephalen Rassen aus der Schweiz). Hier muss allerdings angefügt werden, dass die Reduktion des S-Indexes in der gesamten Zeit des letzten Jahrhunderts stattgefunden hat, während die Zunahme der importierten Hunde erst in den letzten Jahren, aufgrund der zunehmenden Popularität dieser Hunderassen, an Bedeutung gewonnen hat. Aufgrund der Tatsache, dass viele Hunde mit gesundheitlichen Problemen in die Schweiz importiert werden, ist es allerdings notwendig, auch diese Tiere nach den gleichen Prinzipien zu untersuchen. Es ist durchaus denkbar, dass die Reduktion des S-Indexes im Ausland noch viel ausgeprägter ist als in der Schweiz.

Kritisch muss trotz der eindeutigen Messresultate die Situation beim Boxer betrachtet werden. Da diese Rasse S-Index-Werte aufweist, die deutlich kleiner sind als 1.25, ist sie klar als brachycephal zu bezeichnen. In den letzten 100 Jahren ist beim Boxer der S-Wert von ca. 1.0 auf 0.70 gesunken. Trotzdem leidet diese Rasse offenbar nur selten am brachycephalen Syndrom (Koch 2010). Das lässt vermuten, dass grosse Hunderassen grundsätzlich weniger Probleme haben, weil die Platzverhältnisse im Atemgang besser sind: Es gibt weniger Turbulenzen im Luftstrom und der Widerstand bei der Inspiration ist damit kleiner. Es muss betont werden, dass die Form des Gesichtsschädels beim Boxer trotzdem nicht optimal ist. Betrachtet man im Vergleich dazu den Mops, so liegt bei ihm der Mittelwert des S-Indexes bei etwa 0.25. In Tierärztekreisen besteht der Eindruck, dass bei den Möpsen das brachycephale Syndrom gehäuft auftritt. Mit diesen Werten könnte beim S-Index mittels klinischer Studien nach und nach einen rassebezogener Schwellenwert für das brachycephale Syndrom ermittelt werden. Möglicherweise lässt sich daraus aber schliessen, dass als Kriterium für die Brachycephalie, aufgrund des multifaktoriellen Geschehens, nicht ausschliesslich der knöchernen Schädel berücksichtigt werden darf.

Ein weiterer Aspekt ist, dass sich sehr viele Leute für diese Hunderassen entscheiden, obwohl die Problematik des brachycephalen Syndroms deutlich zugenommen hat. Möglicherweise akzeptieren die Hundebesitzer die Einschränkungen, welche diese Rassen mit sich bringen, stillschweigend. Es reicht ihnen, wenn der Spaziergang nur 10 Minuten dauert, und der Hund nicht sportlich eingesetzt werden kann. Das dauerhafte Schnarchgeräusch wird



entweder ignoriert oder als süß empfunden. Das Hauptproblem ist allerdings die ungenügende Aufklärung und Information der Besitzer, noch bevor sie sich für einen Hund einer dieser Rassen entscheiden.

## 6 Schlussfolgerungen

In dieser Studie wurden Schädel von fünf brachycephale Rassen in der Schweiz im Verlaufe von nahezu 100 Jahren röntgenologisch untersucht. Aufgrund des kleinen Stichprobenumfangs bei einzelnen Rassen konnten nur Aussagen über die Veränderung des S-Indexes gemacht werden, indem die brachycephalen Rassen als eine Einheit zusammengefasst wurden. Darum ist es notwendig, noch mehr Daten zu sammeln und zu analysieren, weshalb in Folgeprojekten die gleiche Studie auch in verschiedenen anderen europäischen Ländern mit weiteren Schädelansammlungen durchgeführt werden könnte. Dadurch bekäme man Einblick in die tatsächliche Situation speziell in Osteuropa, wo laut Schweizer Hundezüchtern viele Hunde gezüchtet werden, die an Problemen der oberen Atemwege leiden.

Um die Prävalenz für das brachycephale Syndrom wieder zu senken, müssen in Zukunft bei allen brachycephalen Rassen wieder längere Nasen angestrebt werden. Obwohl das BCS beim Boxer selten vorkommt, sollte auch bei dieser Rasse Wert auf längere Gesichtsschädel gelegt werden, weil bei dieser Rasse die Reduktion des S-Indexes am deutlichsten war.

Ein Ansatz zur Bekämpfung des BCS wäre, den S-Index als Zuchtinstrument einzusetzen. Er wäre ein geeignetes Kriterium, obschon das BCS bekanntlich ein multifaktorielles Geschehen ist. Als objektives und radiologisch erfassbares Mass gibt er Aufschluss über den Brachycephaliegrad. Ziel ist deshalb, den S-Index, angepasst an die jeweilige Rasse, in den Zuchttrichtlinien zu verankern. Nur damit wäre es möglich, die gesamte thematisierte Problematik zielgerichtet anzugehen. Die Züchter wären gezwungen, die Forderung, Hunde ohne Atemwegsprobleme zu züchten, in Zukunft zu befolgen.

Um dies zu erreichen, muss die relative Nasenlänge zwingend in der Zuchtauswahl berücksichtigt werden. Nach dem gleichen Prinzip wie bei der HD-/ ED-Beurteilung beim Deutschen Schäferhund, müsste bei den brachycephalen Hunderassen ein allgemein gültiges Verfahren entwickelt werden, bei dem die Schweizerische Kynologische Gesellschaft, die ZüchterInnen und die TierärztInnen eng zusammenarbeiten. So könnte bei den adulten Tieren ein Röntgenbild des Schädels im dorsoventralen Strahlengang (Kapitel 3.2) angefertigt und der S-Index bestimmt werden. Dafür ist allerdings ein rasseabhängiges Mindestmass für den S-Wert notwendig. Am sinnvollsten wäre dies der Durchschnittswert des S-Indexes der letzten 10 Jahre. Grundsätzlich sollte nur mit Tieren gezüchtet werden, welche diese Anforderungen erfüllen. Aufgrund der Resultate in der vorliegenden Studie muss der S-Index aber sukzessive

angehoben werden. Natürlich ist diese Veränderung nur über grössere Zeiträume möglich, was bedeutet, dass der Richtwert für den S-Index in den Zuchtrichtlinien periodisch angepasst werden muss. Nur so kann verhindert werden, dass durch zu rasche und zu drastische Änderungen der Kopfform andere gesundheitliche Probleme entstehen.

Ein konkreter Ansatz wäre, den S-Index etwa alle 10 Jahre um einen noch zu definierenden und rasseabhängigen Wert zu steigern. Zum Beispiel müsste beim Mops, dessen S-Index-Mittelwert zwischen 1990 und 2003 0.20 Einheiten beträgt, realistischerweise innerhalb von 10 Jahren um 0.10 Einheiten erhöht werden. Entgegen dem Einwand der Züchter, dass der Phänotyp der Hunde nicht verändert werden darf, weil es so im Reglement beschrieben ist, würde man damit schlussendlich wieder den ursprünglichen Rasetyp vom Anfang des 20. Jahrhunderts anstreben!

Ein erstaunliches Ergebnis dieser Studie war mit Sicherheit die signifikante Verkleinerung des S-Indexes beim Berner Sennenhund. Nach wie vor liegt der S-Wert klar über dem Grenzwert für Brachycephalie und diese Rasse leidet auch nicht an Problemen der oberen Atemwege. Ein möglicher Grund mag sein, dass der Kopfform dieser Rasse bisher keine explizite Beachtung geschenkt wurde. Trotzdem ist es wichtig, in Zukunft Wert darauf zu legen, dass der S-Index nicht noch weiter verkleinert wird. Sofern sich das oben beschriebene Verfahren bei den brachycephalen Rassen bewährt, wäre es denkbar, dies auch auf den Berner Sennenhund analog anzuwenden.

## 7 Literaturverzeichnis

- Amis, T. C. and C. Kurpershoek (1986). "Pattern of breathing in brachycephalic dogs." Am J Vet Res **47**(10): 2200-2204.
- Aron, D. N. and D. T. Crowe (1985). "Upper airway obstruction. General principles and selected conditions in the dog and cat." Vet Clin North Am Small Anim Pract **15**(5): 891-917.
- Balli, A. (2004). Radiologische Methode zur Klassifizierung der Schädeltypen und Beurteilung des Brachycephaliegrades beim Hund. Vetsuisse Fakultät der Universität Zürich.
- Brehm, H., K. Loeffler, et al. (1985). "Schädelformen beim Hund." Zbl Vet Med C Anat Histol Embryol **14**: 324-331.
- Cook, W. R. (1964). "Observations on the upper respiratory tract of the dog and cat." J Small Anim Pract **5**: 309-329.
- Evans, H. E. (1993). The Skeleton. Millers' anatomy of the dog. H. E. Evans. Philadelphia, WB Saunders Company: 122-218.
- Fischer, M. (2007). Gene und Hundeanatomie. Unser Rassehund: 4-7.
- Harvey, C. E. (1982). "Upper airway obstruction surgery 1: Stenotic nares surgery in brachycephalic dogs." J Am Anim Hosp Assoc **18**: 535-537.
- Harvey, C. E. (1982). "Upper airway obstruction surgery 2: Soft palate resection in brachycephalic dogs." J Am Anim Hosp Assoc **18**: 538-544.
- Harvey, C. E. (1982). "Upper airway obstruction surgery 3: Everted laryngeal sacculle surgery in brachycephalic dogs." J Am Anim Hosp Assoc **18**: 545-547.
- Harvey, C. E. and J. A. O'Brien (1982). "Upper airway obstruction surgery 7: Tracheotomy in the dog and cat: Analysis of 89 episodes in 79 animals." J Am Anim Hosp Assoc **18**: 563-566.
- Hayes, A. G., R. J. Boudrieau, et al. (1994). "Frequency and distribution of medial and lateral patellar luxation in dogs: 124 cases (1982-1992)." J Am Vet Med Assoc **205**(5): 716-720.
- Hendricks, J. C. (1992). "Brachycephalic airway syndrome." Vet Clin North Am Small Anim Pract **22**(5): 1145-1153.
- Hopfner, R., T. Glaus, et al. (2010). "[Prevalence of heart murmurs, aortic and pulmonic stenosis in boxers presented for pre-breeding exams in Switzerland]." Schweiz Arch Tierheilkd **152**(7): 319-324.
- Huber, W. (1947). Die Veränderung der St. Bernhardsrasse in den vergangenen 140 Jahren. Schweizerischer Hundesport **63**: 389-394.
- Huber, W. (1974). "Biometrische Analyse der Brachycephalie beim Haushund." Ann. Biol. **13**: 135-141.
- Kaenel Kocher, U. (2010). Das grosse Ranking der Hunderassen. Hunde, Schweizerische kynologische Gesellschaft: 8-9.
- Knecht, C. D. (1979). "Upper airway obstruction in brachycephalic dogs." Comp Cont Educ Pract Vet **1**: 25-31.
- Koch, D. (2009). Das brachycephale Syndrom des Hundes. Vets 2009, Zürich.
- Koch, D. (2010). Häufigkeit des Brachycephalen Syndroms.
- Koch, D. A., S. Arnold, et al. (2003). "Brachycephalic syndrome in dogs." Comp Cont Educ Pract Vet **25**(1): 48-55.
- Lueps, P. (1976). Rassewandel beim Haushund. Sonderdruck aus "100 Jahre kynologische Forschung in der Schweiz". Bern: 57-67.

- Montavon, P. M. (2000). Le syndrome brachycephalique. Proceedings, 1ères recontres Franco-Suisse, Lausanne.
- Nussbaumer, M. (1982). Über die Variabilität der dorso-basalen Schädelkicken bei Haushunden. Zool. Anz., Jena. **209**: 1-32.
- Oechtering, G. e. a. (2008). Brachycephalic airway syndrome, Part 2: Laser-assisted turbiectomy (LATE) - a novel therapeutic approach. The North America Veterinary Conference, Orlando.
- Ohnishi, T. and J. H. Ogura (1969). "Partitioning of pulmonary resistance in the dog." Laryngoscope **79**: 1847-1878.
- Orsher, R. J. (1993). Brachycephalic airway disease. Disease Mechanisms in Small Animal Surgery. J. Bojrab. Philadelphia, London, Lea&Febiger: 369-370.
- Regodon, S., J. M. Vivo, et al. (1993). "Craniofacial angle in dolicho-, meso- and brachycephalic dogs: radiological determination and application." Anat Anz **175**(4): 361-363.
- Rosaspina, M. (2005). Vergleichende Untersuchungen am oberen Respirationstrakt bei Norwich Terriern, brachycephalen Hunden und mesocephalen Hunden. Vetsuisse Faculty University Zurich. Zurich, Zurich.
- Ruchti, M. (2009). Das Obere Luftweg-Syndrom beim Norwich Terrier. Vetsuisse Fakultät, Universität Bern. Bern, Bern.
- Wykes, P. M. (1991). "Brachycephalic airway obstructive syndrome." Probl Vet Med **3**(2): 188-197.

## 8 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen herzlichst bedanken, die durch ihre Unterstützung zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. P. M. Montavon für die Übernahme des Referates.

Herrn Prof. Dr. A. Boos für die Übernahme des Korreferates und die raschen Korrekturen.

Herrn Dr. med. vet. Diplomate ECVS Daniel Koch für die Überlassung des interessanten Themas, für die wissenschaftliche Leitung des Projektes und die kompetente, fachliche und tatkräftige Unterstützung.

Herrn Dr. M. Nussbaumer, Kurator im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern für die Bereitstellung der Schädelpräparate, sowie für das wertvolle und informative persönliche Gespräch.

der Albert-Heim-Stiftung für die Finanzierung des Projektes.

Frau Dr. med. vet. S. Hartnack für die Hilfe für den statistischen Teil der Arbeit und die Berechnungen.

den Zuchtverantwortlichen brachycephaler Hunderassen für die Telefongespräche.

der Tierpraxis Godenzi für das Ermöglichen des Projektes neben der Arbeit als Assistentin.

Herrn Dr. med. vet. F. P. Fahrni für die Bereitstellung des Röntgengerätes in der Kleintierpraxis in Bern.

Herrn M. Haab für die Erstellung der Abbildung.

## **Curriculum Vitae**

Name: Nathalie Sturzenegger

Geburtsdatum: 1.3.1985

Geburtsort: Schaffhausen SH

Nationalität: Schweizerin

Heimatort: Reute AR

1991-1997 Primarschule Siblingen SH

1997-2000 Sekundarschule Neunkirch SH

2000-2004 Kantonsschule Schaffhausen

2004 Mittelschulabschluss Maturität Typ N

2004-2009 Studium der Veterinärmedizin an der  
Universität Zürich, Schweiz

2009 Abschlussprüfung an der Universität Zürich, Schweiz

Ab November 2009 Assistentztierärztin in der Tierpraxis Godenzi, Schaffhausen

## Anhang

### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bilder von Bedlington Terrier verschiedener Epochen (links ein Gemälde um 1900, rechts ein typischer moderner Vertreter dieser Rasse).....	9
<a href="http://thmg.photobucket.com/albums/v485/Pietoro/Dog%20Breed%20Historical%20Pictures/th_1900Bedlington.jpg">http://thmg.photobucket.com/albums/v485/Pietoro/Dog%20Breed%20Historical%20Pictures/th_1900Bedlington.jpg</a>	
<a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/45/Diego_13_juin_026.JPG/300px-Diego_13_juin_026.JPG">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/45/Diego_13_juin_026.JPG/300px-Diego_13_juin_026.JPG</a>	
Abbildung 2 Radiographische Erfassung: Positionierung des Schädels auf dem Röntgentisch für die Aufnahme im dorso-ventralen Strahlengang. ....	15
Abbildung 3 Messstrecken am Schädel zur Berechnung des S- und LW-Indexes.....	16
Abbildung 4 Messstrecken auf dem Röntgenbild: (LS = Gesamtschädellänge, LC = Hirnkapsellänge, LF = Gesichtsschädellänge, WS = Gesamtschädelbreite) .....	16
Abbildung 5 Veränderung des S-Indexes ausgewählter Hunderassen (DSH = Deutscher Schäferhund, BSH = Berner Sennenhund) im Verlaufe von nahezu 100 Jahren. Der Grenzwert für die Brachycephalie wurde bei $S=1.25$ festgelegt (Balli 2004) .....	18
Abbildung 6 Veränderung des S-Indexes ausgewählter Hunderassen (BCR = Brachycephale Rassen, DSH = Deutscher Schäferhund) im Verlaufe von 100 Jahren. Der Grenzwert für die Brachycephalie wurde bei $S=1.25$ festgelegt (Balli 2004) .....	20
Abbildung 7 Veränderung des LW-Indexes bei ausgewählten Hunderassen (DSH = Deutscher Schäferhund, BSH = Berner Sennenhund) im Verlaufe von 100 Jahren. Der Grenzwert für die Brachycephalie wurde bei $LW=1.44$ festgelegt (Brehm, Loeffler et al. 1985) .....	21
Abbildung 8 Veränderung des LW-Indexes bei ausgewählten Hunderasse (BCR = Brachycephale Rassen, DSH = Deutscher Schäferhund) im Verlaufe von 100 Jahren.....	22
Abbildung 9 Bilder Englischer Bulldoggen verschiedener Epochen (links ein Gemälde von L. Wells 1867, rechts ein typischer moderner Vertreter dieser Rasse).....	27
<a href="http://www.chesty-bulldog.de/images/history/romanie.jpg">http://www.chesty-bulldog.de/images/history/romanie.jpg</a>	
<a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Racib%C3%B3rz_2007_082.jpg">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Racib%C3%B3rz_2007_082.jpg</a>	
Abbildung 10 Bilder von Möpsen verschiedener Epochen (links ein Gemälde von 1927, rechts ein typischer moderner Vertreter dieser Rasse).....	27
<a href="http://www.hunde-anka.de/images/qualzucht_mops_1900.jpg">http://www.hunde-anka.de/images/qualzucht_mops_1900.jpg</a>	



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d6/Mops->

[Pug\\_Felix\\_vom\\_M%C3%A4gdebrunnen.jpg/300px-Mops-](#)

[Pug\\_Felix\\_vom\\_M%C3%A4gdebrunnen.jpg](#)

Abbildung 11 Schädel von Boxern unterschiedlicher Epochen (links Anfang 20. Jhd., rechts Ende 20. Jhd.), Seitenansicht .....	28
Abbildung 12 Schädel von Boxern unterschiedlicher Epochen (links Anfang 20. Jhd., rechts Ende 20. Jhd.), Ansicht von oben .....	28
Abbildung 13 Schädel von Möpsen unterschiedlicher Epochen (links Anfang 20. Jhd., rechts Ende 20. Jhd.), Seitenansicht .....	28
Abbildung 14 Wurfstatistik der SKG brachycephaler Rassen von 1980 bis 2010 .....	30

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 2: Auswahl der Hundeschädel aus dem naturhistorischen Museum in Bern, die für die vorliegende Studie ausgewählt wurden

Tabelle 2: Änderung des S-Indexes über die Zeit beim Berner Sennenhund und beim Deutschen Schäferhund

Tabelle 3: Änderung des S-Indexes über die Zeit bei den brachycephalen Rassen und beim Deutschen Schäferhund

Tabelle 4: Änderung des LW-Indexes über die Zeit beim Berner Sennenhund und beim Deutschen Schäferhund

Tabelle 5: Änderung des LW-Indexes über die Zeit bei den brachycephalen Rassen und beim Deutschen Schäferhund

Tabelle 6: Zeitdauer bei fortlaufender Verkürzung des Gesichtsschädels bei brachycephalen Rassen und beim Berner Sennenhund bis  $S=0$

Tabelle 7: Registration von Hunden brachycephaler Rassen aus dem In- und Ausland bei der ANIS-Datenbank von 2007 bis 2009