

MASARYK  
UNIVERSITY  
CONTRIBUTIONS  
TO GENETICS

# G. J. Mendel

Cesty ke genomu zakladatele genetiky

Begründer der Genetik – die Wege zu seinem Genom

Ways to the genome of the founder of genetics

EVA DROZDOVÁ, MICHAEL DOUBEK, ŠÁRKA POSPÍŠILOVÁ (ÉDS.)



MUNI  
PRESS



MASARYK  
UNIVERSITY  
CONTRIBUTIONS  
TO GENETICS  
VOL. 1

SCIENTIA  
EST  
POTENTIA

MUNI | MENDEL  
200



Franz Anton von Kuenburg  
1829

Alois Zeuker pinx.  
1829

EVA DROZDOVÁ – MICHAEL DOUBEK – ŠÁRKA POSPÍŠILOVÁ (EDS.)

# Gregor Johann Mendel

Cesty ke genomu zakladatele genetiky

Begründer der Genetik – die Wege zu seinem Genom

Ways to the genome of the founder of genetics

EVA DROZDOVÁ, DANA FIALOVÁ,  
FILIP PARDY, MICHAEL DOUBEK,  
BLANKA KŘÍŽOVÁ, MAREK PEŠKA,  
ANTONÍN ZŮBEK, KRISTÝNA BRZOBOHATÁ,  
JAN EMIL BIERNAT, ŠÁRKA POSPÍŠILOVÁ

MASARYK UNIVERSITY PRESS  
BRNO 2022

Nakladatel děkuje za podporu vydání knihy společnostem:

Der Verleger bedankt sich für die Unterstützung

der Publikation bei den Gesellschaften:

The publisher thanks the following companies

for supporting the publication of the book:

**AstraZeneca Czech Republic s.r.o.**,

zlatý partner vydání

Goldener Partner der Publikation

Gold Partner of the publication



**AbbVie s.r.o.**,

bronzový partner vydání

Bronzener Partner der Publikation

Bronze Partner of the publication



Knihu recenzovali / Rezessenten / Reviewers

Prof. RNDr. Jiřína Relichová, CSc., Masaryk University, Brno

Doc. RNDr. Radoslav Beňuš, Ph.D., Comenius University, Bratislava

Mgr. Lenka Jarošová, Ph.D., Silesian Museum, Opava

Frontispis / Frontispiz / Frontispiece

Portrét G. J. Mendela, olejomalba od Aloise Zenkera z roku 1884.

Gregor Johann Mendel, ein Ölgemälde von Alois Zenker,  
Entstehungsjahr 1884.

Portrait of G. J. Mendel, oil painting by Alois Zenker, 1884.

© 2022 Masaryk University

© 2022 Edited by Eva Drozdová, Michael Doubek, Šárka Pospíšilová

© 2022 Texts by Eva Drozdová, Dana Fialová, Filip Pardy, Michael Doubek,  
Blanka Křížová, Marek Peška, Antonín Zůbek, Kristýna Brzobohatá,  
Jan Emil Biernat, Šárka Pospíšilová

© 2022 Foreword by Jiří Dušek

© 2022 Translated by Magdalena Havlová, Benjamin Jeremiah Vail,  
Karel Svačina

© 2022 Photos by Archiv LBMA, Eva Drozdová, Michaela Dvořáková,  
Dana Fialová, Eva Chocholová, KIVA, Blanka Křížová, Kateřina  
Novotná, Filip Pardy, Šárka Pospíšilová, Ondřej Požár, Libor Teply

© 2022 Layout by Jakub Konvica

ISBN 978-80-280-0081-3 (online ; pdf)

ISBN 978-80-280-0080-6 (paperback)

<https://doi.org/10.5817/CZ.MUNI.M280-0081-2022>

# Obsah Inhalt Table of Contents

- 8 Dárek vědců vědci (Předmluva)  
Die Wissenschaft dem Wissenschaftler  
(Zur Einleitung)  
The gift of scientists to the scientist (Foreword)  
Jiří Dušek
- 11 Pozvání na výzkumné cesty  
Die Wege der Forschung betreten – eine Einladung  
Invitation to the exploratory research ways  
Šárka Pospíšilová, Jan Emil Biernat
- 27 **Cesta první:** Gregor Johann Mendel –  
muž řady talentů, profesí i poslání  
**Erster Weg:** Gregor Johann Mendel – ein  
Mann vieler Talente, Berufe und Berufungen  
**First way:** Gregor Johann Mendel – A man  
of many talents, professions and vocations  
Blanka Křížová
- 54 **Cesta druhá:** Výzkum osobních předmětů  
G. J. Mendela – zdroj hledání DNA  
**Zweiter Weg:** G. J. Mendels persönliche Utensilien –  
DNA-Quelle dringend gesucht  
**Second way:** Examining the personal possessions  
of G. J. Mendel – the quest for DNA  
Dana Fialová, Filip Pardy, Kristýna Brzobohatá

- 71 **Cesta třetí:** Archeologický výzkum augustiniánské hrobky  
**Dritter Weg:** Archäologen in der Augustinergruft  
**Third way:** Archaeological research on the Augustinian tomb  
Marek Peška, Antonín Zůbek
- 89 **Cesta čtvrtá:** Exhumace ostatků G. J. Mendela  
**Vierter Weg:** Die Exhumierung  
**Fourth way:** Exhumation of the remains of G. J. Mendel  
Eva Drozdová, Dana Fialová
- 105 **Cesta pátá:** Výzkum kosterních pozůstatků G. J. Mendela  
**Fünfter Weg:** Das Skelett  
**Fifth way:** Examination of the skeletal remains of G. J. Mendel  
Eva Drozdová
- 126 **Cesta šestá:** Identifikace tělesných ostatků G. J. Mendela  
**Sechster Weg:** Identifizierung der leiblichen Überreste von G. J. Mendel  
**Sixth way:** Identification of the bodily remains of G. J. Mendel  
Dana Fialová, Filip Pardy, Eva Drozdová, Marek Peška, Antonín Zůbek
- 145 **Cesta sedmá, vrcholná:** Genom, původ a zdravotní stav G. J. Mendela  
**Siebenter Weg – der Weg zum Gipfel:** Genom, Herkunft und Gesundheitszustand von G. J. Mendel  
**Seventh way, to the summit:** The genome, the origin and the state of health of G. J. Mendel  
Filip Pardy, Dana Fialová, Michael Doubek
- 167 **Cesta poslední:** Znovuuložení ostatků do augustiniánské hrobky  
**Der letzte Weg:** Gregor Johann Mendels zweites Begräbnis  
**Last way:** Returning the remains to the Augustinian tomb  
Eva Drozdová, Šárka Pospíšilová, Jan Emil Biernat
- 177 Poděkování  
Danksagung  
Acknowledgements
- 183 Literatura  
Literatur  
References
- 185 Seznam zdrojů obrázků  
Bildquellennachweis  
Photo credits
- 186 Medailonky autorů  
Die Autoren  
About the authors
- 192 Pozvání do Mendelova muzea Masarykovy univerzity a augustiniánského opatství  
Besuchen Sie das Mendel-Museum der Masaryk-Universität und der Altbrünner Augustinerabtei  
Invitation to the Mendel Museum of Masaryk University and the Augustinian Abbey

## Předmluva – Dárek vědců vědci

Je nesporné, že Gregor Johann Mendel patří mezi nejvýznamnější vědecké osobnosti 19. století. Je však také třeba přiznat, že většina běžných lidí jej spojuje s genetikou, aniž by chápala jeho objevy, to v lepším případě, nebo jen s hráškem a světle zelenou barvou, to v horším případě. Aby se tento stav změnil, rád jsem se počátkem roku 2020 zúčastnil úvodních diskusí o podobě oslav kulatého výročí narození tohoto učence. • Tehdy, nad šálkem kávy v augustiniánském opatství, v rozhovoru s paní prorektorkou Šárkou Pospíšilovou padl můj dotaz, zda byl genetickému rozboru někdy podroben sám zakladatel genetiky. Vždyť dnes si můžete u odborných i privátních institucí nechat prozkoumat vlastní DNA, ze které se dozvítě něco o svém původu nebo zdravotním zatížení. Tak proč se nepodívat Mendelovi na jeho jedinečnou sestavu deoxyribonukleové kyseliny? • Jak se ukázalo, Gregor Johann Mendel pohledům archeogenetiků do té doby unikal. Avšak stejně jako semínko zasazené slovutným badatelem vyrostlo po nějaké době v košatý strom genetiky, také zprvu bláznivá myšlenka na pietní průzkum jeho ostatků začala „žít vlastním životem“, až se nakonec stala realitou. Výsledek tohoto příběhu pak shrnuje tato kniha. • Mne osobně coby astronoma navíc těší ještě jedna věc. Jedním z podkladů pro zkoumání DNA zakladatele genetiky byl jeho vlas nalezený v jedné z jeho nejoblíbenějších knížek: *Populäre Astronomie* od Josepha Johanna von Littrow. • Zatímco 20. století bylo stoletím fyziky, 21. století bude stoletím biologie... a genetiky obzvlášt. Ne filmové dokumenty, ne pojmenované ulice, ne odhalené pamětní desky... ale věda ve své nejryzejší podobě je skutečnou poctou výjimečné osobnosti. • Gregor Johann Mendel by byl z tohoto díla nadšený. Jsem si tím jistý.

### Jiří Dušek

ředitel Hvězdárny a planetária Brno  
člen Senátu Parlamentu České republiky

## Zur Einleitung – Die Wissenschaft dem Wissenschaftler

Es steht außer Zweifel, dass Gregor Johann Mendel zu den bedeutendsten Wissenschaftspersönlichkeiten zählt. Man muss allerdings zugeben, dass ihn die meisten Menschen mit Genetik verbinden, ohne seine Entdeckungen zu verstehen, dies im besseren Fall, oder nur mit Erbsen und grüner Farbe assoziieren, was die schlechtere Variante ist. Damit sich dieser Zustand ändert, habe ich Anfang des Jahres 2020 gern an den einleitenden Diskussionen über die Gestaltung der Feierlichkeiten zum runden Geburtstag dieses Gelehrten teilgenommen. • Damals, bei einer Tasse Kaffee in der Augustinerabtei, im Gespräch mit Frau Prorektorin Šárka Pospíšilová, fiel meine Frage, ob der Begründer der Genetik auch selbst jemals einer genetischen Analyse unterzogen wurde. Wir können doch heutzutage bei sowohl akademisch-fachlichen als auch privaten Institutionen unsere DNA untersuchen lassen und dabei etliches über unsere Herkunft und eventuelle gesundheitliche Vorbelastungen erfahren. Warum sollten wir uns nicht auch die einzigartige Zusammensetzung von Mendels Desoxyribonukleinsäure ansehen? • Wie sich nun zeigte, hatte sich Gregor Johann Mendel bis dahin den forschenden Blicken der Archäogenetiker entzogen. Doch ebenso, wie der vom berühmten Forscher eingepflanzte Same nach einiger Zeit zum weitverzweigten Baum der Genetik erwuchs, begann auch der anfangs verrückte Gedanke einer pietätsvollen Untersuchung seiner Überreste „ein eigenes Leben zu führen“, bis er schließlich Wirklichkeit geworden ist. Das Ergebnis dieses Geschehens fasst das vorliegende Buch zusammen. • Mich als Astronomen erfreut überdies noch Eines. Eine der identitätsbestimmenden DNA-Proben des Begründer der Genetik, sein Haar, wurde in einem seiner Lieblingsbücher, der *Populären Astronomie* von Joseph Johann von Littrow gefunden. • Während das 20. Jahrhundert ein Jahrhundert der Physik war, wird das 21. Jahrhundert ein Jahrhundert der Biologie... und insbesondere der Genetik

sein. Nicht etwa Filmdokumente, Straßenbenennungen, enthüllte Gedenktafeln, sondern Wissenschaft in ihrer reinsten Gestalt ist eine wirkliche Ehrung einer herausragenden Persönlichkeit. • Gregor Johann Mendel wäre von diesem Unterfangen und seinem Resultat begeistert. Dessen bin ich mir sicher.

#### **Foreword – The gift of scientists to the scientist**

It is indisputable that Gregor Johann Mendel was among the most significant scientific personalities of the 19th century. However, it is also necessary to note that in the best case the majority of ordinary people today associate him with genetics without understanding his discoveries, or in the worst case simply with peas and the colour green. To change this state of affairs I gladly participated at the beginning of 2020 in the initial discussions about the upcoming anniversary of the scholar's birth. • Over a cup of coffee with Vice Rector Šárka Pospíšilová, I asked whether the founder of genetics had ever been subject to genetic testing? Nowadays, ordinary people can have their DNA examined by professional private institutions and learn about their origins or health issues. So, why not examine Mendel's own unique composition of deoxyribonucleic acid? • As it turned out, Gregor Johann Mendel had hitherto evaded the hands of the archaeogeneticists. But as the seed planted by the famous researcher grew over time into the spreading tree of genetics, so too did the foolish idea of examining his remains take on "a life of its own" until it became a reality. The results of this story are presented in this book. • I am particularly pleased as an astronomer by one fact. One of the bases for researching the DNA of the founder of genetics was hair found in one of his favourite books: *Populäre Astronomie* by Joseph Johann von Littrow. • While the 20th century was the century of physics, the 21st century will be a century of biology... and especially genetics. The real tribute to an extraordinary personality lies not in film documentaries, street names, or commemorative plaques...but in science in its most pure form. • Gregor Johann Mendel would have been enthusiastic about this endeavour. I am certain of it.

#### **Jiří Dušek**

Direktor des Planetariums und der Sternwarte in Brünn  
Senat-Abgeordneter des Parlaments der Tschechischen  
Republik

#### **Jiří Dušek**

Director of Brno Observatory and Planetarium  
Member of Senate of the Parliament of the Czech Republic



<sup>13</sup> Pozvání na výzkumné cesty

<sup>17</sup> Die Wege der Forschung betreten – eine Einladung

<sup>23</sup> Invitation to the exploratory research ways



# Pozvání na výzkumné cesty

Není mnoho vědců, kterým se podařilo položit základy celému vědnímu oboru. A už vůbec není mnoho těch, kterým by se takový úspěch podařil v naší zemi. O to více bychom si měli vážit Gregora Johanna Mendela, považovaného za zakladatele genetiky, který po většinu svého života působil v augustiniánském klášteře na Starém Brně a na základě své experimentální práce zformuloval zákony dědičnosti, dnes na celém světě nazývané jeho jménem. Mendel však byl mnohem univerzálnějším vědcem, zasahujícím do řady různých oborů. Kromě provádění tisíců náročných experimentů sledujících dědičnost jednotlivých znaků u hrachu se Mendel věnoval také meteorologii, včelařství či šlechtitelství, ale také působil jako kněz, opat Starobrněnského kláštera, nebo dokonce ředitel banky. Takový široký záběr už si u současných vědců stěží umíme představit. • Mendelův život také ukazuje, jak velkou roli pro životní směřování mohou hrát náhody nebo nezištná podpora okolí, ať už ze strany učitelů a profesorů, nebo vlastní rodiny. Pro Gregora Johanna Mendela měl zásadní význam i jeho životní mentor a ochránce, opat Napp. Mendelův životní příběh nám též přináší poučení o tom, že některé dílčí životní neúspěchy, jako byl například jeho opakováný neúspěch u učitelských zkoušek, mohou otevřít zcela nové možnosti, které svým významem nakonec mnohonásobně překonají původní záměr. Pokud by se totiž Mendel stal učitelem, nepochybň by přispěl ke kvalitnímu vzdělání mnoha žáků, nicméně stěží by měl čas a energii na provádění rozsáhlých vědeckých experimentů či studium matematiky, fyziky a kombinatoriky, které mu umožnily zcela nový pohled na šlechtění rostlin a exaktní formulaci získaných výsledků. • Mendel tedy pro nás může být velkou

inspirací nejen svojí rozsáhlou vědeckou prací, ale také životním příběhem, ukazujícím, že silná vůle, pracovitost a odhodlání ve spojení s laskavostí a vstřícností mohou napomoci k překonání nástrah a k uskutečnění velkých cílů, být plně doceněných až o řadu let později. • V současné době, kdy uplynulo 200 let od Mendelova narození, si stále více uvědomujeme, jak důležité poznatky se mu podařilo jeho experimenty s téměř 30 tisíci rostlinami hrachu a následnými pečlivými výpočty získat. A rovněž víme, že zákony dědičnosti, které formuloval, neplatí jen pro rostliny, nýbrž také pro další organismy – živočichy a člověka. V genetice člověka už byly popsány tisíce onemocnění způsobených změnou v jednom genu (tzv. monogenní onemocnění), které se z generace na generaci dědí podle Mendelových zákonů. Těmito nemocemi trpí přibližně 5 % populace, tedy každý dvacátý. A celá genetika, jejíž základy Mendel položil, se stále více uplatňuje v mnoha dalších oborech i v našich životech. Vždyť o metodách používaných pro studium genetické informace, jako je například „PCR“ (polymerázová řetězová reakce) nebo sekvenování za účelem hledání mutací v DNA či RNA, dnes slyšel téměř každý, například v souvislosti s detekcí koronavirů. • Ale vraťme se zpět k osobnosti geniálního vědce a duchovního Gregora Johanna Mendela. Bohužel nebyl doceněn za svého života, ovšem je dostatečně doceňován nyní? Je známý podobně jako Darwin či Einstein, se kterými se významem svého díla může srovnávat? Obáváme se, že zatím nelze na tyto otázky odpovědět jednoznačně pozitivně. A právě z těchto důvodů jsme se rozhodli iniciovat projekt, který by přinesl nové informace o jeho osobnosti, ale také přilákal pozornost celého světa k jeho dílu, ke genetice i k vědě jako takové. • Takovým projektem se stal výzkum augustiniánské hrobky na Ústředním hřbitově v Brně, ve které se podle předpokladů měly nacházet i Mendelovy ostatky, které by mohly být vědecky prozkoumány jak z hlediska antropologického, tak genetického. Nicméně ani po pátrání v historických pramenech, ani po četných debatách



ECO FECISTI NOS AD TE ET INQUETUM EST COR NOSTRUM D

s pamětníky z řádu sv. Augustina na Starém Brně či brněnských genetických pracovišť se nepodařilo s jistotou zjistit, zda se v hrobce Mendelovy ostatky skutečně nacházejí. Mendel byl totiž pohřben na zcela nově založený hřbitov (založen v listopadu 1883) a augustiniánská hrobka byla vybudována až více než rok po jeho smrti, v roce 1885. Započalo tedy té měř detektivní pátrání s cílem Mendelovy ostatky nalézt a identifikovat, a v případě úspěchu je dále prozkoumat vše- mi dostupnými metodami včetně metod genetických. Druhou, paralelní cestou bylo pátrání po Mendelových osobních věcech v augustiniánském opatství, které též mohlo přinést nejenom nové informace o Mendelově životě, ale také vzorky jeho biologického materiálu, tedy například stopy jeho DNA.

- Je třeba přiznat, že tento plán se zpočátku jevil jako velmi obtížný, až nerealizovatelný. Avšak inspirováni Mendelovou houzevnatostí a vytrvalostí jsme se pustili do příprav, začali shánět potřebná povolení, aby vše probíhalo podle pravidel a v souladu s legislativou i etikou vědecké práce, a postupně sestavili jednotlivé vědecké týmy různých odborností, které se do projektu postupně zapojovaly. A odborníků, kteří přispěli ke zdaru projektu, nebylo málo. Řada z nich je spoluau- torysté této publikace, další jsou uvedeni v závěrečném poděkování. Projekt by ovšem vůbec nebylo možné realizo- vat bez souhlasu představitelů města Brna a také bez přímého zapojení členů augustiniánského opatství na Starém Brně i souhlasu nejvyšších představitelů řádu sv. Augustina. • A právě současní starobrněští augustiniáni, pečující o od- kaz Gregora Johanna Mendela, se zamysleli nad významem celého projektu, který společně s Masarykovou univerzitou iniciovali. Dovolím si zde citovat zamýšlení otce Jana Emila Biernata o výzkumu hrobky, spojeném s exhumací a násled- ným pohřbem jeho dříve zesnulých bratrů augustiniánů. • „Mnozí se ptají po smyslu exhumace. Když církev ukazuje na své významné osobnosti, bývá exhumace spojována přede- vším s blahořečením a svatořečením. Církev důkladně zkou- má všechna svědectví o životě vybraných kandidátů, včetně

jejich ostatků. Nenechává nic zahalené jakýmkoli tajem- stvím. Hrob a ostatky zemřelého člověka mohou poskytnout důležité informace. • Náš spolubratr opat Gregor Johann Mendel sice není v procesu blahořečení, ale jako zakladatel vědního oboru genetiky patří do panteonu významných věd- ců, a tak informace o jeho osobě poutají zájem nejen vědecké veřejnosti. Považujeme tedy za vhodné odhalovat všechna fakta o jeho životě. Exhumace jeho ostatků nám poskytla nové, důležité poznatky týkající se jeho osoby. Skrze kód DNA se nám otevří další stránka knihy jeho života. Odbor- níci vynaložili velké úsilí, aby za použití nejnovějších vědec- kých metod z genetického kódu vyčetli co nejvíce faktů, které doplní jeho životopis, a tak se stopa jeho života stane čitelnější. • Velkým překvapením po otevření Mendelova hrobu byl nález ostatků pátého muže, přestože podle ná- hrobního kamene měly být v jeho hrobě ostatky pouze čtyř členů augustiniánského řádu. Ptali jsme se, kdo je tento ne- známý muž. Při hledání odpovědi jsme našli v archivu Ústředního hřbitova v Brně informaci, že toto páté tělo patří opatovi Cyrilu Františku Nappovi, jednomu z nejvýznam- nějších opatů brněnských augustiniánů, předchůdci a men- torovi Gregora Johanna Mendela. Opat Napp byl původně pohřben na Starobrněnském hřbitově při ulici Vojtově, který byl zrušen krátce před Mendelovou smrtí, a v roce 1928 byly jeho ostatky přeloženy do hrobky k Mendelovi. Napp hrál v Mendelově životě velmi významnou roli. Přijal ho do kláš- tera, podporoval ho v práci a studiu, vždy mu věřil, i když ostatní nechápali význam jeho šlechtitelských výzkumů. Otcovský ho podpíral v obdobích nezdarů a také ukazoval na velikost jeho osobnosti, čímž přispěl i ke zvolení Mendela svým nástupcem na postu opata. Napp a Mendel tedy spolu šli životem a nyní se ukázalo, že se setkali i ve společné hrobce. Toto zjištění je tedy kromě nalezení a výzkumu ostatků G. J. Mendela dalším významným objevem, který jsme v po- čátku výzkumu nečekali! Projekt tímto přinesl nové světlo do augustiniánské historie, a možná nás čekají i další

Baileya & Dasy

pag. 570

- Gaura robusta-nivalis* 263 Somm. blühp.  
302 *Gilia* sp. (nivea)  
311 *Gilia* sp. (nivea)  
320 *Gilia* sp. (nivea)  
324 *Gilia* sp. (nivea)  
348 *Gilia* sp. (nivea)  
353 *Gilia* sp. (nivea)  
359 *Gilia* sp. (nivea)  
360 *Gilia* sp. (nivea)  
361 *Gilia* sp. (nivea)  
362 *Gilia* sp. (nivea)  
363 *Gilia* sp. (nivea)  
364 *Gilia* sp. (nivea)  
365 *Gilia* sp. (nivea)  
366 *Gilia* sp. (nivea)  
367 *Gilia* sp. (nivea)  
368 *Gilia* sp. (nivea)  
369 *Gilia* sp. (nivea)  
370 *Gilia* sp. (nivea)  
371 *Gilia* sp. (nivea)  
372 *Gilia* sp. (nivea)  
373 *Gilia* sp. (nivea)  
374 *Gilia* sp. (nivea)  
375 *Gilia* sp. (nivea)  
376 *Gilia* sp. (nivea)  
377 *Gilia* sp. (nivea)  
378 *Gilia* sp. (nivea)  
379 *Gilia* sp. (nivea)  
380 *Gilia* sp. (nivea)  
381 *Gilia* sp. (nivea)  
382 *Gilia* sp. (nivea)  
383 *Gilia* sp. (nivea)  
384 *Gilia* sp. (nivea)  
385 *Gilia* sp. (nivea)  
386 *Gilia* sp. (nivea)  
387 *Gilia* sp. (nivea)  
388 *Gilia* sp. (nivea)  
389 *Gilia* sp. (nivea)  
390 *Gilia* sp. (nivea)  
391 *Gilia* sp. (nivea)  
392 *Gilia* sp. (nivea)  
393 *Gilia* sp. (nivea)  
394 *Gilia* sp. (nivea)  
395 *Gilia* sp. (nivea)

*Gaura lindheimeri*  
ABcDEe  
ABcdEe

*Gaura lindheimeri*

individ. offic. var. *lindheimeri* Eust.  
interior sp. sp. *lindheimeri*  
var. sp. sp. *lindheimeri*  
var. sp. sp. *lindheimeri*  
*Gilia* sp. sp. *lindheimeri*  
*Gilia* sp. sp. *lindheimeri*  
*Gilia* sp. sp. *lindheimeri*  
*Gilia* sp. sp. *lindheimeri*

*Gilia* sp.

- a. am. blühp. blühp.  
b. blühp. blühp. blühp.  
c. blühp. blühp. blühp.  
d. blühp. blühp.  
e. blühp. blühp.  
f. blühp. blühp.  
g. farb. blühp. blühp.

pag. 587 *Gilia* sp.

Hoffmann *Gaura* 3421  
Mirabilis 1  
Platnesia 363



překvapení.“ • Výzkum tedy přinesl spoustu nových poznatků nejenom o Gregoru Johannu Mendelovi, ale i dalších členech augustiniánského řádu, včetně nalezení místa posledního odpočinku opata Cyrila Františka Nappa. A proto se domníváme, že i samotný Mendel by byl z výsledku nadšený. Jako vědec by byl nepochybně rád, že se i mnoho let po své smrti mohl jako „klíčová osoba“ zapojit do výzkumného projektu, navíc za využití nejmodernějších genetických technologií. Byl by také nepochybně velmi hrdý na to, kam se rozvinula genetika – věda, jejíž základy před více než 150 lety v Brně položil. • Pokud i Vás zajímá, jak se celý výzkum odehrál a co všechno se o Gregoru Johannu Mendelovi podařilo zjistit, zveme Vás k přečtení naší publikace, doplněné mnoha fotografiemi.

## Die Wege der Forschung betreten – eine Einladung

Es gibt nicht viele Wissenschaftler, denen es gelungen ist, die Fundamente einer ganzen Wissenschaftsdisziplin zu legen. Und es sind schon überhaupt nicht viele, denen solch ein Erfolg in unserem Land beschieden war. Um so mehr Achtung sollten wir Gregor Johann Mendel, der als der Begründer der Genetik angesehen wird, entgegenbringen. Die meiste Zeit seines Lebens war das Altbrünner Augustinerkloster sein Wirkungsort, dort formulierte er, von langwieriger experimenteller Arbeit ausgehend, jene Regeln der Vererbung, die heute weltweit unter seinem Namen bekannt sind. Mendel war allerdings ein recht universaler Wissenschaftler, der in zahlreichen Fächern seine Spuren hinterließ. Neben der Durchführung unzähliger Experimente, mit denen er die Erblichkeit der einzelnen Merkmale bei den

Erbsenpflanzen zu ergründen trachtete, wandte er sich auch der Meteorologie, der Bienenzucht oder Veredelung von Obstsorten zu. Außerdem war er Priester, Abt des Altbrünner Klosters und zeitweise sogar Bankdirektor. Solch ein breites Tätigkeitsfeld kann man sich bei den Wissenschaftlern unserer Zeit kaum vorstellen. Mendels Weg demonstriert auch eindringlich, Welch eine große Rolle können im Hinblick auf die Ausrichtung des Lebens Zufälle oder aber die selbstlose Unterstützung, sei es von Seiten der Lehrer und Professoren oder der eigenen Familie, spielen. Für Gregor Johann Mendel war von grundlegender Wichtigkeit auch sein Mentor und Beschützer, der Abt Franz Napp. Die Lebensgeschichte des künftigen Vaters der Genetik belehrt uns außerdem darüber, dass einige partiellen Misserfolge im Leben, wie es in seinem Falle beispielsweise das wiederholte Scheitern beim Lehrerexamen gewesen war, ganz neue Möglichkeiten öffnen können, die in ihrer Bedeutung am Ende über die ursprüngliche Intention weit hinausgelangen. Wäre Mendel nämlich Lehrer geworden, so hätte er zweifellos seinen Beitrag zur gediegenen Ausbildung zahlreicher Schüler geleistet, doch andererseits hätte er wohl kaum Zeit und Energie zur Durchführung unzähliger Experimente oder fürs Studium von Mathematik, Physik und Kombinatorik, das ihm eine gänzlich neue Perspektive bezüglich der Pflanzenzucht sowie der exakten Formulierung der gewonnenen Resultate vermittelte, erübrigen können. • So kann uns Mendel eine große Inspiration sein, nicht nur mit seiner weitreichenden und mannigfaltigen wissenschaftlichen Tätigkeit, sondern auch mir seiner Lebensgeschichte, welche zeigt, dass starker Wille, Fleiß und Entschlossenheit, verbunden mit Freundlichkeit und Hilfsbereitschaft zur Überwindung von Hindernissen und Erreichung hoher Ziele beitragen können, selbst wenn Letzteres erst viele Jahre später hinlänglich gewürdigt wird. • Heute, wo 200 Jahre seit Mendels Geburt verstrichen sind, wird uns immer mehr bewusst, Welch wichtige Erkenntnisse er kraft seiner



Experimente mit mehr als 30 000 Erbsenpflanzen und den darauffolgenden sorgsamen Berechnungen zu erlangen vermochte. Und wir wissen auch, dass die von ihm formulierten Vererbungsregeln nicht nur für Pflanzen, sondern auch für weitere Organismen – Tiere und Menschen – gültig sind. In der Menschengenetik wurden bereits tausende von Krankheiten beschrieben, deren Ursache die Veränderung in einem einzigen Gen ist (sogenannte monogene Erkrankungen) und die nach den Mendelschen Regeln in der Generationsfolge weitergereicht werden. An diesen Krankheiten leiden etwa 5% der gesamten Population, das heißt jeder zwanzigste Mensch. Und die ganze Genetik, welche von Mendel ins Leben gerufen wurde, macht sich immer mehr geltend in vielen weiteren Fächern sowie im Leben von uns allen. Schließlich hat von Methoden, die zum Studium der genetischen Information verwendet werden, wie beispielsweise „PCR“ (Polymerase-Kettenreaktion) oder das Sequenzieren zum Zwecke der Suche nach DNA oder RNA – Mutationen, gerade heute nahezu jeder gehört, zumeist wohl im Zusammenhang mit der Detektion von Corona-Viren. • Doch zurück zu der Persönlichkeit des genialen Wissenschaftlers und Geistlichen Gregor Johann Mendel. Er wurde zu seinen Zeiten nicht genug geschätzt, doch wird ihm heute eine entsprechende Würdigung zuteil? Ist er etwa bekannt, ähnlich wie Darwin oder Einstein, mit denen er sich hinsichtlich der Bedeutung seines Werkes messen kann? Wir fürchten, dass diese Fragen bis jetzt nicht eindeutig positiv beantwortet werden können. Und genau aus diesen Gründen haben wir uns entschlossen, ein Projekt zu initiieren, das neue Informationen über seine Person zutage fördern, aber auch die weltweite Aufmerksamkeit auf seine Arbeit, auf die Genetik, auf die Wissenschaft als solche lenken würde. • Im Zentrum des Projekts stand die Erforschung der Augustinergruft auf dem Brünner Zentralfriedhof, in der sich, wie angenommen wurde, auch Mendels Überreste, die es sowohl anthropologisch als auch genetisch zu untersuchen galt, befinden

sollten. Doch es ist selbst nach intensiver Recherche in historischen Quellen und zahlreichen Gesprächen mit kundigen Angehörigen des Augustinerordens nicht gelungen, mit Sicherheit festzustellen, ob dort Mendels Überreste tatsächlich begraben sind. Mendel wurde nämlich auf dem ganz neu angelegten Friedhof (gegründet im November 1883) beigesetzt, während die Augustinergruft mehr als ein Jahr nach seinem Tode, 1885, errichtet wurde. So begann eine nahezu detektivische Fahndung mit dem Ziel des Auffindens und Identifizierens von Mendels Überresten, die im Falle, dass die Suche erfolgreich wird, mit allen zugänglichen Verfahren einschließlich der genetischen Methoden untersucht werden sollten. Der zweite, parallele Weg war die Sichtung von Mendels persönlichen Gegenständen in der Augustinerabtei, die nicht nur neue Informationen über das Leben von Mendel, sondern auch Proben seines biologischen Materials, das heißt beispielsweise die Spuren seiner DNA ergeben konnte. • Es muss zugegeben werden, dass dieser Plan anfänglich äußerst schwierig, wenn nicht gar unrealisierbar zu sein schien. Doch wir haben uns, von Mendels Zähigkeit und Ausdauer inspiriert, sofort in die Vorbereitungen gestürzt und begannen mit der Besorgung der notwendigen Genehmigungen, damit alles in Übereinstimmung mit der Legislative und Ethik der wissenschaftlichen Arbeit verläuft, es wurden einzelne Wissenschaftlerteams verschiedener Fachrichtungen, die nach und nach in das Projekt eingestiegen sind, zusammengestellt. Und es gab nicht wenig Fachleute, die zum Gelingen des Vorhabens beigetragen haben. Etliche von Ihnen sind Mitautoren der vorliegenden Publikation, weitere werden in der abschließenden Danksagung erwähnt. Er wäre jedoch gar nicht möglich, das Projekt ohne die Zustimmung der Repräsentanten der Stadt Brünn, ohne direkte Einbindung der Angehörigen der dortigen Augustinerabtei und Einwilligung der höchsten Vertreter des Augustinerordens zu realisieren. Und gerade die heutigen Altbrünner Augustinermönche, welche das Vermächtnis von



Gregor Johann Mendel bewahren, haben über die Bedeutung des ganzen Projekts, das sie zusammen mit der Masaryk-Universität initiiert haben, nachgedacht. Ich erlaube mir, hier eine Betrachtung von Pater Jan Emil Biernat über die mit Exhumierung und anschließender Neubeisetzung seiner früher verstorbenen Augustinerbrüder verbundene Erforschung der Gruft zu zitieren. • „Es wird vielfach nach dem Sinn der Exhumation gefragt. Wenn die Kirche auf ihre bedeutenden Persönlichkeiten hinweist, wird die Exhumierung vornehmlich an Selig- und Heiligsprechung geknüpft. Die Kirche untersucht sorgfältig sämtliche Zeugnisse über das Leben der ausgewählten Kandidaten, einschließlich ihrer leiblichen Überreste. Sie lässt nicht zu, dass etwas auch nur im Geringsten geheimnisumwoben bleibt. Das Grab und die Überreste eines verstorbenen Menschen können wichtige Auskunft geben. • Unser Mitbruder Gregor Johann Mendel befindet sich zwar nicht im Prozess der Seligsprechung, doch immerhin gehört er als Begründer der Genetik in das Pantheon bedeutender Wissenschaftler, und so fesseln Informationen über seine Person nicht allein das Interesse der wissenschaftlichen Kreise, sondern auch der breiteren Öffentlichkeit. Wir halten es daher für durchaus angebracht, alle Fakten über sein Leben aufzudecken. Die Aushebung seiner Überreste gewährte uns neue, wichtige Erkenntnisse bezüglich seiner Person. Mit dem DNA-Code öffnet sich für uns eine weitere Seite im Buch seines Lebens. Die Fachleute scheutnen keine Mühe, um dem genetischen Code unter Verwendung neuester wissenschaftlicher Methoden möglichst viele Fakten, die seinen Lebenslauf ergänzen, zu entlocken, so dass seine Daseinsspur lesbarer wird. • Eine große Überraschung war nach der Öffnung von Mendels Grab die Findung der Überreste eines fünften Mannes, während die Grabtafel lediglich vier Namen von Mitgliedern des Augustinerordens trug. Wir fragten, wer nun dieser Unbekannte sein mag. Bei der Suche nach einer Antwort fanden wir im Archiv des Brünner Zentralfriedhofs eine Information, dass

dieser fünfte Leichnam dem Abt Cyrill Franz Napp gehört, einem der bedeutendsten Äbte der Brünner Augustiner, dem Vorgänger und Mentor von Gregor Johann Mendel. Der Abt Napp wurde ursprünglich auf dem Altbrünner Friedhof an der Vojtastraße, den man kurz vor Mendels Tod außer Betrieb gesetzt und später abgeschafft hatte, beigesetzt, im Jahre 1928 wurden dann seine Überreste in die Gruft zu Mendel überführt. Napp spielte eine äußerst wichtige Rolle in Mendels Leben. Er hatte ihn in den Orden aufgenommen, bei Arbeit und Studium gefördert, stets an ihn geglaubt, auch da, wo andere seine Pflanzenzuchtforschungen nicht verstanden haben. Väterlich gab er ihm Unterstützung in den Zeiten der Fehlschläge und wies auf die Größe seiner Persönlichkeit hin, wodurch er auch Mendels Wahl zu seinem Nachfolger als Abt mitbeeinflusst hatte. Napp und Mendel gingen also gemeinsam durch das Leben und nun hat sich gezeigt, dass sie sich auch im gemeinsamen Grab wiederbegegnen sollten. Diese Tatsache war also neben der Findung und Erforschung der Überreste von G. J. Mendel eine weitere bedeutende Entdeckung, die wir zu Beginn der Forschungen gar nicht vermutet haben! Das Projekt brachte somit ein neues Licht in die Augustinergeschichte und vielleicht erwarten uns noch weitere Überraschungen.“ • Die Erforschung bescherte uns eine Menge neuen Wissens nicht nur über Gregor Johann Mendel, sondern auch über weitere Mitglieder des Augustinerordens, einschließlich der Findung der letzten Ruhestätte vom Abt Cyrill Franz Napp. Und deshalb glauben wir, dass auch Mendel selbst von dem Ergebnis begeistert wäre. Als Wissenschaftler wäre er zweifellos froh, dass er sich selbst viele Jahre nach seinem Tod als „Zentralperson“ einem Forschungsprojekt anschließen konnte, dies sogar unter Verwendung der modernsten genetischen Technologien. Und er wäre gewiss sehr stolz darauf, wie weit sich die Genetik, jene Wissenschaft, deren Fundamente er vor mehr als 150 Jahren gelegt hatte, entwickelt hat. • Falls es Sie interessiert, wie die ganze Untersuchung



S. JOSEPHUS

verließ und was alles dabei über Gregor Johann Mendel zu erfahren war, laden wir Sie zur Lektüre unserer mit vielen einzigartigen, den Verlauf des Forschungsprojekts dokumentierenden Fotoaufnahmen ausgestatteten Publikation ein.

## Invitation to the exploratory research ways

There are not many scientists who have managed to lay the foundations for an entire scientific field. And there are certainly not many who have achieved such a feat in this country. Therefore great respect is due Gregor Johann Mendel, considered the founder of genetics, who worked for most of his life in the Augustinian monastery at Old Brno and, on the basis of his experimental work, formulated the laws of heredity that are now called by his name throughout the world. However, Mendel was a much more interdisciplinary scientist, involved in many different fields. In addition to conducting thousands of challenging experiments investigating the inheritance of individual traits in peas, Mendel was also interested in meteorology, beekeeping and breeding. In addition, he also served as a priest, abbot of the St. Thomas Monastery, and even as a bank director. We can hardly imagine such a wide range of activities among contemporary scientists. • Mendel's life also shows how crucial chance and the selfless support of others, in his case, teachers and professors and his own family, can be in determining one's life course. The influence of his mentor and benefactor, Abbot Napp, was also of fundamental

importance. Mendel's life story also teaches us that some of life's apparent setbacks, such as Mendel's repeated failure of his teacher's exams, can open up entirely new possibilities that ultimately surpass the original intention many times over. If Mendel had become a teacher, he would undoubtedly have contributed to high-quality education for many pupils, but he would hardly have had the time and energy to carry out extensive scientific experiments or to study mathematics, physics and combinatorics, which enabled him to take a completely new view of plant breeding and accurately formulate his results. • Mendel can therefore be a great inspiration to us not only through his extensive scientific work, but also through his life story, showing that strong will, diligence and determination, combined with kindness and helpfulness, can help to overcome pitfalls and achieve great goals, even if they are not fully appreciated until many years later. • Now, 200 years after Mendel's birth, we are becoming increasingly aware of the important insights he was able to gain through his experiments with nearly 30,000 pea plants and subsequent careful calculations. And we also know that the laws of heredity he formulated apply not only to plants, but also to other organisms – animals and humans. Human genetics has already described thousands of diseases caused by a mutation in a single gene (so-called monogenic diseases), which are inherited from generation to generation according to Mendelian laws. Approximately five percent of the population, or one in 20, suffers from such diseases. And the whole field of genetics, whose foundations Mendel laid, is increasingly being applied in many other fields and in our lives. After all, almost everyone has now heard of methods used to study genetic information, such as "PCR" (polymerase chain reaction) and sequencing to look for mutations in DNA or RNA, for example in relation to the detection of coronaviruses. • But let us return to the personality of the brilliant scientist and priest Gregor Johann Mendel.



Unfortunately he was not appreciated during his lifetime, but the question is whether he is appreciated enough now? Is he known as well as Darwin or Einstein, with whom he can be compared in the importance of his work? We are afraid that these questions cannot yet be answered unequivocally in the affirmative. For this reason we decided to initiate a project that would bring new information about his personality, but also attract the attention of the whole world to his work, to genetics and to science as such. • The research of the Augustinian tomb at the Central Cemetery in Brno, which was supposed to contain Mendel's remains that could be scientifically examined both anthropologically and genetically, became such a project. However, even after searching historical sources and numerous discussions with senior members of the Order of St. Augustine in Old Brno and Brno genetic institutes, we could still not establish with certainty whether Mendel's remains were actually located in the tomb. Mendel was in fact buried in a cemetery that was completely new at the time (founded in November 1883), and the Augustinian tomb was not built until more than a year after his death, in 1885. A detective-like search was therefore launched to find and identify Mendel's remains and, if successful, to further investigate them by all available methods, including genetic analysis. The second, parallel route was to search for Mendel's personal belongings in the Augustinian abbey, which could also yield not only new information about Mendel's life, but also samples of his biological material, for example traces of his DNA. • It must be admitted that this plan initially seemed very difficult, even impossible to implement. However, inspired by Mendel's tenacity and perseverance, we set about making preparations, started to get the necessary permits to ensure that everything was done according to the rules and in accordance with the legislation and ethics of scientific work, and gradually assembled the individual scientific teams of different expertise that eventually joined the

project. And the experts who contributed to the success of the project were not few. Many of them are co-authors of this publication, and others are listed in the Acknowledgements. However, the project would not have been possible at all without the permission of the Brno municipal authorities and without the direct involvement of the members of the Augustinian Abbey in Old Brno as well as the consent of the highest representatives of the Order of St. Augustine. • And it was the contemporary Augustinians of Old Brno, caring for the legacy of Gregor Johann Mendel, who reflected on the significance of the whole project, which they had initiated together with Masaryk University. Let me quote here the reflections of Father Jan Emil Biernat on the research on the tomb, connected with the exhumation and subsequent reburial of his deceased Augustinian brothers. • "Many are asking about the purpose of the exhumation. When the Church points to its eminent personalities, exhumation tends to be associated primarily with beatification and canonisation. The Church thoroughly examines all testimonies about the lives of the selected candidates, including their remains. It leaves nothing shrouded in any mystery. The grave and remains of a deceased person can provide important information. • Our fellow brother Abbot Gregor Johann Mendel is not in the process of beatification, but as the founder of the science of genetics he belongs to the pantheon of eminent scientists, and so information about his person attracts the interest of the scientific community. We therefore consider it appropriate to reveal all the facts about his life. The exhumation of his remains has provided us with important new knowledge concerning his person. Through the DNA code, another page in the book of his life is being opened up. Experts have gone to great lengths, using the latest scientific methods, to extract as many facts as possible from the genetic code to complete his biography, so that his life path becomes more legible. • A great surprise after the

opening of Mendel's grave was the discovery of the remains of a fifth man, even though according to the tombstone there were supposed to be the remains of only four members of the Augustinian Order in his grave. We asked who this unknown man was. In our search for an answer, we found information in the archives of the Central Cemetery in Brno that this fifth body was that of Abbot Cyril František Napp, one of the most important abbots of the Augustinians in Brno, the predecessor and mentor of Gregor Johann Mendel. Abbot Napp was originally buried in the Old Brno Cemetery on Vojtova Street, which was closed shortly before Mendel's death, and in 1928 his remains were transferred to Mendel's tomb. Napp played a very important role in Mendel's life. He accepted him into the monastery, supported him in his work and studies, and always believed in him, even when others did not understand the importance of his research into breeding. He supported him as a father in times of setback and also pointed out the greatness of his personality, which contributed to Mendel's election as abbot. Napp and Mendel therefore went through their lives together, and now it turned out that they met in a common tomb. This discovery is, therefore, in addition to the discovery of and research on the remains of G. J. Mendel, another significant finding that we did not expect at the beginning of our research! In this way, the project has shed new light on Augustinian history, and there may be more surprises to come". • The research has therefore revealed a great deal of new information not only about Gregor Johann Mendel, but also about other members of the Augustinian Order, including the final resting place of Abbot Cyril František Napp. And so we believe that Mendel himself would have been delighted with these results. As a scientist, he would undoubtedly have been happy to be involved as a "key person" in a research project, even many years after his death, moreover using the latest genetic technologies. He would also undoubtedly have been

very proud of the development of genetics, a science whose foundations he laid in Brno more than 150 years ago. • If you are interested in how the research was conducted and what was discovered about Gregor Johann Mendel, we invite you to read our publication, which is accompanied by many photographs.

Kapitolu doprovodily fotografie z prostředí, kde žil a tvořil Gregor Johann Mendel, augustiniánské opatství a bazilika Nanebevzetí Panny Marie na Starém Brně.

Das Kapitel begleiten Fotoaufnahmen jener Orte, wo Gregor Johann Mendel gelebt und gewirkt hatte, der Augustinerabte und der Altbrünner Basilika Mariä Himmelfahrt.

This chapter was accompanied by photographs from the environment where Gregor Johann Mendel lived and worked: the Augustinian Abbey and the Basilica of the Assumption of Our Lady in Old Brno.

Cesta první:

<sup>28</sup> Gregor Johann Mendel – muž řady talentů,  
profesí i poslání

Erster Weg:

<sup>33</sup> Gregor Johann Mendel – ein Mann vieler Talente,  
Berufe und Berufungen

First way:

<sup>46</sup> Gregor Johann Mendel – A man of many talents,  
professions and vocations

# Gregor Johann Mendel – muž řady talentů, profesí i poslání

## Z dětství skromného génia

Johann se narodil 20. července 1822 ve slezských Hyncicích do rodiny německy mluvících drobných zemědělců Antona a Rosiny Mendelových. Měl starší a mladší sestru (další dvě sestry zemřely v raném dětském věku). • Chlapec byl od malíčka velmi zvídavý. Mnoho podnětů mu přinášel otcův ovocný sad a včelín. Už učitel na základní škole zaznamenal jeho neobvyklý zájem o vzdělávání. Od téhoto chvíle Mendelův život plynul odlišně od předurčení jeho rodiny...

## Cesta za vzděláním

Na doporučení učitele Makitty a faráře Schreibera přešel Mendel z vesnické školy do piaristické školy v Lipníku nad Bečvou. Od 12 let pokračoval na gymnáziu v Opavě. Kvůli velké neúrodě a otcově úrazu v lese nemohli rodiče syna plně podporovat, proto si přivydělával doučováním slabších spolužáků z majetnějších rodin. Johann se zájmem absolvoval kurz pro soukromé učitele, který ho opravňoval k soukromé výuce. • Na podzim roku 1840 ho jako studenta přijal Filosofický ústav v Olomouci, kde přišel více do kontaktu s čeština a musel se ji naučit. Finance od rodičů ani za doučování mu však nestačily, ze stresu onemocněl a rok pobýval v rodném domě. Dostudoval zásluhou sestry Terezie, která se vzdala části svého věna. • V roce 1843 byl Johann Mendel doporučen jako nejvhodnější student opatu C. F. Nappovi do augustiniánského rádu v klášteře na Starém Brně. Zde přijal řeholní jméno Gregor (Řehoř), které se na základě tradice píše před křestním jménem. Podepisoval se i jako Gregor Mendel.

## Brněnské působiště

V letech 1845–1848 Mendel studoval Teologický ústav v Brně. Zajímal se i o zemědělství, ovocnářství a vinařství. Roku 1847 byl vysvěcen na kněze. Velkým přínosem se stala jeho výdejnská univerzitní studia fyziky, matematiky a přírodních věd v letech 1851–1853. • Přechodně vyučoval ve Znojmě a v letech 1854–1868 na c. k. státní vyšší reálce v Brně. Ačkoli byl uznávaný a oblíbený učitel, nepodařilo se mu složit učitelské univerzitní zkoušky. To mu však nebránilo ve vytrvalém samostudiu a otevřenosti vůči novým informacím. • Roku 1868 se stal opatem augustiniánů a postupně velmi ceněnou církevní osobností. Důstojnost opatského působení mu přinášela významné pozice. V roce 1881 byl například jmenován do funkce ředitele Hypoteční banky, což se také pojilo s lepším příjmem. • Kromě toho se Mendel stal členem Meteorologické společnosti, Pomologické společnosti, c. k. Moravsko-slezské společnosti pro zvelebení orby, přírodoznařství a vlastivědy, Přírodovědeckého spolku v Brně či Zoologicko-botanické společnosti.

## Počátky nové vědy

Poznatky získané ve Vídni mimořádně ovlivnily Mendelovu budoucí vědeckou práci. S přispěním věhlasného fyzika Ch. Dopplera prohloubil své matematické znalosti a ovládl základy matematické analýzy, pozdější pevné součásti jeho vlastní vědecké metody. • Pokusná zahrádka před refektářem, vyhřívaný skleník a oranžerie v zahradě opatství podnítily v polovině 19. století Mendelovy dlouhodobé experimenty s hrachem. Krížil i další druhy rostlin, spolupracoval s přestiteli a rád jim předával nabýté zkušenosti. • V průběhu svých pokusů vědec vypěstoval asi 27 000 rostlin hrachu. Výsledky publikoval roku 1866 ve své klíčové práci *Pokusy s rostlinnými hybridy (Versuche über Pflanzen-Hybriden)*. Z devítiletého bádání vzešly tři zákony; tehdy nepochopené – dnes světoznámé jako Mendelovy. • Poté co byl Mendel

jmenován opatem augustiniánů, neměl už na experimenty mnoho času. O to více se věnoval včelaření a meteorologii. V zahradě opatství si nechal postavit včelín i s malou pracovnou a třikrát denně prováděl meteorologická měření, která pečlivě zapisoval. • Vážně nemocný Gregor Johann Mendel zemřel 6. ledna 1884 a byl pohřben na Ústředním hřbitově v Brně. Rekviem v kostele s největší pravděpodobností dirigoval Leoš Janáček. Tím ovšem Mendelův životní a vědecký příběh neskončil – stále pokračuje a neprestává oslňovat.

### Oficiální uznání až po smrti

Mendel jako první odkryl, že se nedědí znaky, ale vlohy (geny). Jeho geniální myšlenka spočívá v párovém založení znaků. • Legendární přírodovědec vysvětlil vznik genotypových a fenotypových štěpných poměrů jako důsledek párového založení znaků. Důkladně statisticky zpracovával pozorované jevy a srovnával je s předpokládanými výsledky. • Mendel stojí i za základní metodikou studia dědičnosti, dodnes využívanou při křížení rostlin a živočichů. Bohužel v roce 1865 své výsledky prezentoval jen za minimálního ohlasu. Přestože jeho práce byla rozeslána zhruba 130 vědcům či institucím v Evropě i v zámoří, zůstala nepochopena a bez větší odezvy. • Oficiálního uznání se mu dostalo až posmrtně roku 1900. Za znovuobjevením Mendelovy práce, která položila základ genetiky, stáli Carl Correns, Hugo de Vries a Erich von Tschermak. Nezávisle na sobě dospěli k podobným závěrům jako Mendel. Když ale zjistili, že je Mendel asi o 40 let předběhl, čestně mu prvenství přiznali a formulované zákony po něm pojmenovali. • Ani 200 let od narození skromného génia neprestává fascinovat síla jeho ducha a nezměrné úsilí posunout hranice našich znalostí. Vydejme se objevovat nové obzory podobně, jako to ve své době činil Gregor Johann Mendel!

### Mendel genetik

Gregor Johann Mendel je především zvučným jménem v novodobé genetice. Zavedl matematické hodnocení a symboly, díky nimž mohl systematicky plánovat experimenty, lépe hodnotit získaná data a vyvozovat obecné závěry, což bylo v tehdejší době převratné. • Dle Mendela se vlohy (dnes bychom řekli geny) získávají od obou rodičů – nejen od jednoho, jak mnozí předpokládali. To, že nezískáváme od rodičů samotné znaky, které by se jen zprůměrovaly, ale dědíme pro ně vlohy, odporovalo tehdy uznávané teorii „směšovací dědičnosti“ (blending inheritance). • Badatel zjistil, že dědičné jednotky (geny) musí být hmotné a na potomstvo se přenášeřej pohlavními buňkami. Kromě hrachu setého křížil i další druhy rostlin a získával nové variety. • Předběhl svou dobu, když zformuloval tři pravidla, později známá jako Mendelovy zákony dědičnosti. Roku 1866 vydal světoznámou publikaci o principech dědičnosti *Pokusy s rostlinnými hybridy (Versuche über Pflanzen-Hybriden)*. I když se mu nedostalo patřičné pozornosti, věděl, že jeho čas přijde... • Mendel si přesně uvědomoval, která vědecká téma jsou pro společnost klíčová, a chtěl přispět k jejich rozvoji. Nezajímala ho sláva, tituly či uznání. Vědu dělal výhradně pro vědu, s mimořádnou systematicností, pílí, ale i pokorou, která mu v bádání umožnila dojít až k samotné podstatě. • O rozšíření dobrého jména Mendela coby zakladatele genetiky se postarali až jeho znovuobjevitelé na počátku 20. století. Zásluhu má zejména britský biolog William Bateson, který jako první použil termín genetika pro označení vědy zkoumající dědičnost. Dnes tato dynamická vědecká disciplína ovlivňuje naše životy více než kdy jindy.

### Mendel opat

Vstup do kláštera znamenal pro Mendela nové možnosti vzdělávání a vědecké práce. Absolvoval studia ve Vídni, která byla klíčová pro pozdější pokusy s hrachem setým a dalšími



1

Mendelův rodný dům v Hyncicích. (Foto z počátku 20. a 21. století.)

Mendels Geburtshaus in Hyncice (Heinzendorf). Eine Aufnahmen vom Beginn des 20. und 21. Jahrhunderts.

The Mendel family home in Hyncice. (Photos from the beginning of the 20th and 21st centuries.)

2

Mendelovy sestry, vpravo starší Veronika, vlevo mladší Terezie. Uprostřed Leopold Schindler, Tereziin manžel.

Mendels Schwestern, rechts die ältere Veronika, links die jüngere Theresia. In der Mitte Theresias Ehemann Leopold Schindler.

Mendel's sisters, on the right the older Veronika, on the left the younger Terezie. In the middle is Leopold Schindler, husband of Terezie.

rostlinami. V rámci matematiky a fyziky se naučil statisticky vyhodnocovat, plánovat experimenty a celkově ovládl metodiku vědecké práce. • Mendelovu společenskou roli značně podpořilo jeho zvolení opatem v roce 1868. Do funkce nastoupil po zesnulém opatu Nappovi a stal se velmi ceněnou církevní osobností. Zásluhy opata Mendela o všeobecný rozkvět společnosti ocenil roku 1872 i samotný císař, který mu udělil komturský kříž Řádu Františka Josefa. • Ačkoli při opatských povinnostech musela jeho badatelská činnost ustoupit, své záliby nezanechával. Klášterní zahrada mu poskytovala dostatek prostoru pro včelaření, meteorologii a pěstování ovocných stromů, takže mohl své koníčky vhodně propojovat. • Mnoho sil stál opata Mendela boj proti zvyšujícímu se daňovému zatížení klášterů v 70. letech 19. století. Pracoval také na pozici ředitele Hypoteční banky a dalších. I přes významné postavení, jehož dosáhl, však zůstal vždy skromným člověkem, který štědře podporoval svou širší rodinu i sociálně slabší studenty.

### Mendel meteorolog

Dvě třetiny Mendelovy práce se zabývají meteorologií, která pro něj byla vzrušující cestou k předpovídání počasí a možnosti pomoci zemědělcům při plánování polních prací. Samotný Mendel se zřejmě považoval více za fyzika než za biologa. Zachovala se i řada jeho přístrojů. • K meteorologii badatele bezesporu přivedlo studium fyziky, ale i jeho spjatost s přírodou a rolnický původ. Každodenním meteorologickým měřením se začal věnovat po příchodu do brněnského augustiniánského kláštera, konkrétně v nemocnici u svaté Anny. • Díky Mendelovi má Brno (po pražském Klementinu) druhou nejdelší řadu meteorologických záznamů v českých zemích. Jsou svědomitě vypracované podle tehdejších předpisů a navíc opatřené detailními poznámkami, které dokládají badatelův smysl pro řád. • Unikátem je Mendelův popis tornáda (první na světě), které postihlo část Brna 13. října 1870. Nazval ho „zlomyslným povětroněm“

a celý úkaz jako „hřmotné drama“. Vědcův přesný popis tornáda zahrnuje množství detailů včetně specifikace škod. • Mendel jako hluboce věřící člověk pokorně doplňoval boží rád svým bádáním. Na poctu jeho meteorologické činnosti po něm výzkumníci z Masarykovy univerzity pojmenovali polární stanici, kterou vybudovali v letech 2004–2006 v Antarktidě.

### Mendel zemědělec

Rodina i první učitel v Mendelovi probudili vztah k přírodě a zemědělství, zejména k včelařství a ovocnářství. Ideální prostředí pro bádání pak poskytlo Brno, jemuž se díky šlechtění ovcí, vyspělému průmyslu a vědě říkalo rakouský či moravský Manchester. • V roce 1870 byl Mendel zvolen členem výboru Moravsko-slezské společnosti pro zvelebení orby. Výrazně se angažoval v Hospodářské společnosti. Pravidelně cestoval po Moravě, zejména po augustiniánských statcích. Nejdelší cestu podnikl roku 1862 do Londýna na velkou hospodářskou výstavu. • Výhodou Mendelových zemědělských studií bylo jejich okamžité uvádění do praxe. Vždy se snažil vylepšovat zemědělské poměry na Moravě. Úctu získalo například jeho zušlechtování ovocných stromů. Byl také prvním, kdo vědecky vyšlechtil chutnější odrůdu hrachu, která si tuto vlastnost udržovala i v dalších generacích.

### Mendel včelař

Základy včelaření Gregoru Johannovi odkryl už jeho otec Anton v Hynčicích. Ideální podmínky pro tuto obrovskou zálibu mu následně poskytla zahrada opatství, odborný rámcem pak od roku 1870 Včelařský spolek moravský. Dodnes se zachoval Mendelem navržený včelín. • Mendel se pokoušel o kontrolované křížení včel s úsilím získat lepší vlastnosti včelstev. Nebyl v něm však úspěšný, protože ho limitovala tehdejší neznalost přesného způsobu reprodukce včel. Popsal ale různé způsoby zimování včelstev a zjednodušení úlů.

Mendelův křestní list, vystavený farářem Janem Schreiberem 12. září 1834 za účelem Mendelových studií v Opavě. Schreiber dodržoval tehdejší císařská nařízení a u křtěnců uváděl datum narození místo data křtu; potvrzuje zde údaj z farní matriky o narození Johanna Mendela dne 20. července 1822. Tak se stalo, že Mendelův křestní list (Taufschein) je vlastně jeho rodný list. Mendel však tuto změnu nerespektoval a jako datum svého narození uváděl 22. července 1822. Narozeniny slavil vždy na svátek Marie z Magdaleny 22. července. Proto se v souvislosti s Mendelovým datem narození setkáváme se dvěma údaji.

Mendels Taufschein, ausgestellt vom Pfarrer Johann Schreiber am 12. September 1834 zum Zwecke von Mendels Aufnahme zum Studium in Opava (Troppau). Schreiber hielt sich an die damaligen kaiserlichen Verfügungen und setzte bei den Getauften das Geburtsdatum an die Stelle des Taufdatums; er bestätigt somit die Angabe der Pfarrmatrik über Johann Mendels Geburt am 20. Juli 1822. So kam es, dass Mendels Taufschein eigentlich seine Geburtsurkunde ist. Mendel allerdings respektierte diese Änderung nicht und gab als sein Geburtsdatum stets den 22. Juli 1822 an. Seinen Geburtstag feierte er jedes Mal am Maria von Magdalena -Fest, dem 22. Juli. Daher begegnen wir im Zusammenhang mit Mendels Geburtsdatum zwei verschiedenen Angaben.

Mendel's baptismal certificate issued by Father Jan Schreiber on 12 September 1834 for the purpose of Mendel's studies in Opava. Schreiber complied with the imperial regulations of the time by giving the date of birth instead of the date of baptism; he confirms here the date of birth of Johann Mendel from the parish register on 20 July 1822. It so happens that Mendel's baptismal certificate (Taufschein) is actually his birth certificate. However, Mendel did not heed this change and gave his date of birth as 22 July 1822. He always celebrated his birthday on the feast of Saint Mary Magdalene on 22 July. Therefore, we encounter two dates in connection with Mendel's date of birth.

## Taufschein

Johann Mendel geboren am 20. Juli 1822  
in der Kapelle zu Maria Magdalena zu Opava  
wurde am 22. Juli 1822 in der Kirche  
zum heiligen Petrus und Paulus zu Opava  
getauft. Der Taufpater war der Pfarrer  
Johann Schreiber aus Opava. Der Taufpaten  
war der Herr Leopold Klemens von Klemens  
und der Taufmutter war die Ehefrau des  
Pfarrers Schreiber, Anna Maria Schreiber.  
Der Taufname war Johann Nepomuk.  
Die Taufe wurde am 12. September 1834  
in der Kirche zum heiligen Petrus und Paulus  
zu Opava gegeben.



J. Schreiber  
Opava.

## **Mendel pomolog**

Mendel má zásluhy i v oblasti pomologie – popisu a studiu odrůd ovoce. Až do konce svého života zušlechtoval ovocné stromy, přičemž usiloval o zdokonalení produkčních a chutových vlastností kombinováním vybraných znaků rodičovských forem. • Byl aktivním pořadatelem výstav ovoce, vypisoval ceny za vyšlechtění nových odrůd a sám také nové odrůdy prezentoval. Zásluhou studia nejnovější ovocnářské literatury a svých znalostí dědičnosti znaků, s nimiž mohl manipulovat, čněl nad tehdejšími zahradníky.

## **Mendel astronom**

Gregor Johann Mendel zanechal svou stopu i v astronomii, v rámci níž zkoumal třeba vliv slunečních skvrn na lokální klima. • Po Mendelovi byly pojmenovány krátery na Měsíci a Marsu, ale především jedna planetka Sluneční soustavy, jejíž velikost shodou okolností odpovídá rozloze města Brna. V Mendelově muzeu v Brně jsou dochovány knihy o vesmíru, z nichž čerpal podklady pro svá astronomická pozorování.

# **Gregor Johann Mendel – ein Mann vieler Talente, Berufe und Berufungen**

## **Aus der Kindheit des bescheidenen Genies**

Johann wurde am 20. Juli 1822 im schlesischen Heinzendorf (heute Hynčice, CZ) in einer deutschsprachigen Familie geboren. Seine Eltern, Anton und Rosina Mendel, waren Kleinbauern. Er hatte eine ältere und eine jüngere Schwester (zwei weitere Schwestern starben kurz nach der Geburt).

• Der Knabe war von klein auf äußerst wissensdurstig. Viele Anregungen boten ihm der väterliche Obstgarten und Bienenhaus. Bereits in der Volksschule verzeichnete der Lehrer sein ungewöhnliches Interesse an der Bildung. Von diesen Augenblicken an wich Mendels Lebensbahn von der Vorbestimmung seiner Familie ab.

## **Der Weg zur Bildung**

Auf eine Empfehlung vom Lehrer Makitta und Pfarrer Schreiber hin wechselte Mendel von der Dorfschule auf die Piaristenschule in Lipník nad Bečvou (Leipnik). Mit 12 Jahren wurde er Gymnasiast in Opava (Troppau). Wegen großer Missernte und der Verletzung des Vaters bei einem Unfall im Wald konnten die Eltern ihren Sohn nicht voll unterstützen, deshalb verdiente er nebenbei Geld mit Nachhilfeunterricht schwächerer Mitschüler aus begüterten Familien. Mit Interesse hat Johann einen Kurs für Privatlehrer, der ihn zu dieser Tätigkeit berechtigte, absolviert. Im Herbst 1840 wurde er zum Studium am Philosophischen Institut in Olomouc (Olmütz) aufgenommen. Dort kam er in Kontakt mit der tschechischen Sprache, die er erlernen musste. Die Geldmittel von den Eltern



4

Opat Cyril František Napp, který přijímal  
Mendela do augustiniánského řádu 1843.

Der Abt Cyrill Franz Napp, der Mendel 1843  
in den Augustinerorden aufnahm.

Abbot Cyril František Napp, who received  
Mendel into the Augustinian Order in 1843.

5

Pohled na opatství od spodního náhonu  
řeky Svatky.

Blick auf die Abtei vom unteren Kanal  
des Flusses Svatka.

View of the Abbey from the lower  
embankment of the Svatka River.

6

Institut experimentální fyziky ve Vídni, kde  
Mendel studoval u Ch. Dopplera.

Das Institut für Experimentalphysik in Wien,  
wo Mendel bei Chr. Doppler studierte.

Institute of Experimental Physics in Vienna,  
where Mendel studied under C. Doppler.





7

Barokní sál augustiniánské knihovny kláštera  
na Starém Brně.

Der Barocksaal der Augustinerbibliothek  
im Altbrünner Kloster.

Baroque hall of the Augustinian library  
of the monastery in Old Brno.

Mendelovo vysvědčení z teologie  
(*Lecturis salutem*).

Mendels Theologiezeugnis  
(*Lecturis salutem*).

Mendel's certificate in theology  
(*Lecturis salutem*).

Presentibus hinc litteris testor, *Prof. D. Gregorijum Mendel*, filium  
*Heinendorfianus*, Prostytorum regum, Ord. Dominicar. d. Augusti  
ni, in Castro Regio ac Episcopali instituto theologico Brunensi prescriptum studiorum theo-  
logicorum cursum absoluisse, et in examinibus publicis in sequentes classes relatum esse, et quidem

Ex studiis ordinariis	Praelectiones excepit	In profectu meruit classem	Mores exhibuit legibus instituti
<b>Anno 1845</b>			
Ex historia ecclesiastica . . . . .		primo, eminens	
— archaeologia biblica . . . . .	diligentissime	primo, eminens	ad punctionem conformes.
— lingua hebreica . . . . .		primo, eminens	
— exegesi V. F. . . . .		primo, eminens	
— introductione in libros V. F. . . . .		primo, eminens	
<b>Anno 1846</b>			
Ex iure ecclesiastico . . . . .		primo, eminens	
— hermeneutica biblica . . . . .	diligentissime	primo, eminens	
— lingua greca . . . . .		primo, eminens	ad punctionem conformes.
— exegesi N. F. . . . .		primo, eminens	
— introductione in libros N. F. . . . .		primo, eminens	
<b>Anno 1846 Nomuccii</b>			
— pedagogica . . . . .	diligentissime	primo, eminens	
<b>Anno 1847</b>			
Ex theologia dogmatica . . . . .	diligentissime	primo, eminens	ad punctionem conformes.
— — moralis . . . . .		primo, eminens	
<b>Anno 1848</b>			
Ex theologia pastorali . . . . .	diligentissime	primo, eminens	ad punctionem conformes.
— catechetica . . . . .		primo, eminens	
— methodica schol. pop. . . . .		primo, eminens	
Ex studiis extraordinariis,			
<b>Anno 1846 et 1847</b>			
Ex lingua chaldaica . . . . .	diligentissime	primo, eminens	ad punctionem conformes.
— — syriaca . . . . .		primo, eminens	
— — arabica . . . . .		primo, eminens	
<b>Anno 1848</b>			
Ex economia rurali <i>litteris</i> <i>W. Lin.</i>	diligentissime	primo, eminens	ad punctionem conformes.
primo, eminens			

In quorum fidem has ci manu mea subscriptas et institui theologici sigillo manicas dedi.

Brunae die *20<sup>mo</sup>* mensis *Junie* anni 1848.

*François de Polignac*  
*Conservator Opere*

Výpis z Mendelova vysokoškolského záznamu  
o studiu ve Vídni.

Auszug aus Mendels Hochschuleintrag über  
das Studium in Wien.

Transcript from Mendel's university record  
of studies in Vienna.



Semester vom Oktober 1851 bis April 1852  
an der Universität zu Wien zugebracht.  
von dem außerordentlichen Studirenden George Mendel

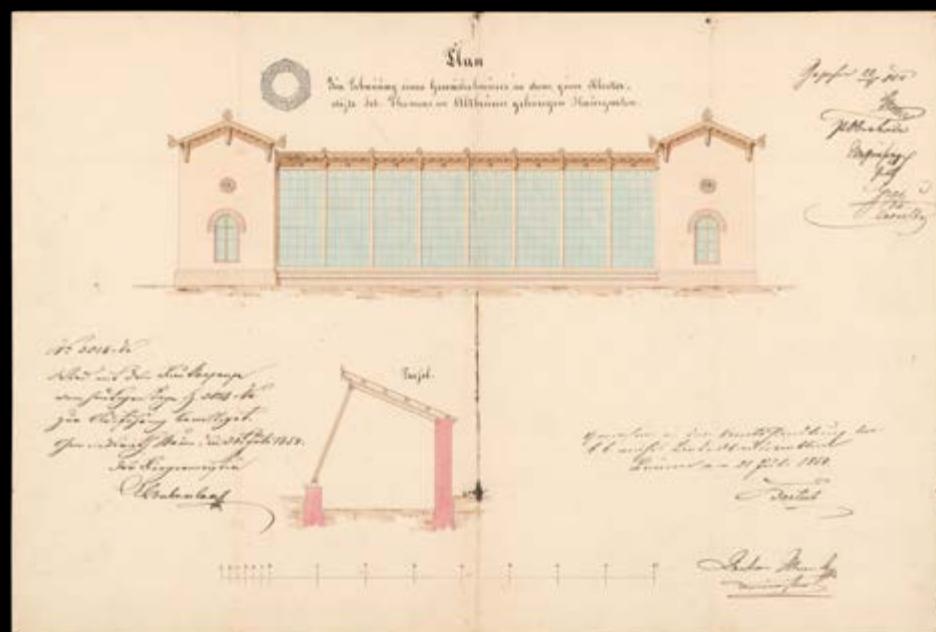
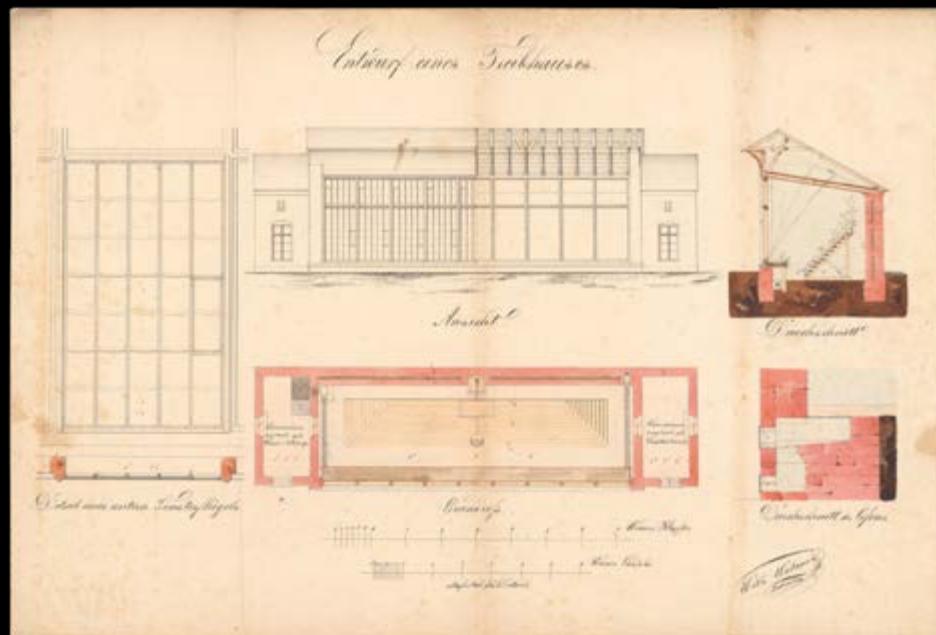


Semester vom April 1852 bis Juli 1852  
an der Universität zu Wien zugedrängt.  
von dem außerordentlichen Studirenden Gregor Mendel

Bezeichnung der Vorlesung und Name des Lehrers	Sitz der wissenschaftlichen Gesellschaft der Vorlesung	Belehrung der Gelehrten über die geistige Welt und Belehrung der Studenten	Belehrung bei Refe- renz über die politische Welt und Belehrung der Studenten	Wissende Name der Welt im Jahr seit 1840	Belehrung der Gelehrten über das geistige Ergebnis, das die Welt bringt	Belehrung bei Proseminaren für die Schule	Anmerkung.
Botanisch-physikalische und physikalisch-chemische Vorlesungen Prof. Ritter	10	{	Physik	7	Physik	Doppelk.	
Qualitative zoologische Vorlesung Prof. Ritter	3	{	Kunst	Physiologie	Kunst		
Zoologische Physiologie Prof. Ritter	2	{	Kunst	Physiologie	Kunst		
Morphologie und Physiologie der sogenannten Pflanzen Prof. Fenzl	5	{	Physiologie	Physiologie	Fenzl	Fenzl	
Vorlesungen über Untergründen und Ueberreichen der Pflanzen Prof. Fenzl	6	Physiologie	Kunst	Physiologie	Fenzl	Fenzl	Exkursion durch

10

Plány skleníku z pol. 50. let 19. stol.

Pläne zu einem Treibhaus, Mitte  
der 50er Jahre des 19. Jahrhunderts.Plans of the greenhouse from  
the mid-1850s.

haben ebenso wenig ausgereicht, wie die Einnahmen aus dem Nachhilfeunterricht, so war Johann infolge von Stress erkrankt und verblieb ein Jahr lang im Elternhaus. Sein Studium konnte er dank seiner Schwester Theresia, die auf einen Teil ihrer Mitgift verzichtete, abschließen. • 1843 wurde Mendel als der am meisten geeignete Student C. F. Napp, dem Abt des Altbrünner Augustinerklosters empfohlen. Dort nahm er den Ordensnamen Gregor, der traditionsgemäß vor den Taufnamen geschrieben wird, an. Er pflegte sich auch als „Gregor Mendel“ zu unterzeichnen.

### **Die Brünner Wirkungsstätte**

In den Jahren 1845–1848 studierte Mendel an der Bischöflichen theologischen Lehranstalt in Brünn. Sein Interesse galt außerdem auch der Landwirtschaft, sowie dem Obst- und Weinbau. 1847 empfing er die Priesterweihe. Als äußerst förderlich zeigten sich seine Studien der Physik, Mathematik und Naturwissenschaften an der Wiener Universität im Zeitraum 1851–1853. Vorübergehend unterrichtete er in Znaim und dann von 1854 bis 1868 an der k. k. Staatlichen Oberrealschule in Brünn. Obwohl er ein anerkannter und beliebter Lehrer war, ist es ihm nicht gelungen, die Universitätsprüfung für das Lehramt abzulegen. Das hinderte ihn jedoch nicht am fortwährenden Selbststudium und Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Erkenntnissen. 1868 wählte man ihn zum Augustinerabt und er wurde nach und nach zu einer sehr geschätzten kirchlichen Persönlichkeit. Die Würde seines Wirkens als Abt brachte ihm weitere bedeutende Positionen ein. 1881 wurde er beispielsweise zum Direktor der Hypothekenbank ernannt, was auch mit besseren Einnahmen verbunden war. • Mendel wurde außerdem Mitglied der Meteorologischen Gesellschaft, der Pomologischen Gesellschaft, der k. k. Mährisch-Schlesischen Gesellschaft zur Hebung des Ackerbaus, Natur- und Heimatkunde, des Naturwissenschaftlichen Vereins in Brünn oder der Zoologisch-botanischen Gesellschaft.

### **Die Anfänge einer neuen Wissenschaft**

Die in Wien erlangten Kenntnisse beeinflussten Mendels künftige wissenschaftliche Arbeit im außerordentlichen Maße. Unter dem Einfluss des berühmten Physikers Chr. Doppler konnte er seine mathematische Erudition vertiefen und sich die Grundlagen der mathematischen Analyse, die später zum festen Bestandteil seiner eigenen wissenschaftlichen Methode werden sollte, aneignen. Der kleine Versuchsgarten vor dem Refektorium, der beheizte Treibhaus sowie die Orangerie im Garten der Abtei regten um die Mitte des 19. Jahrhunderts Mendels langwährende Experimente mit den Erbsenpflanzen an. Er kreuzte auch andere Pflanzenarten, arbeitete mit Pflanzenzüchtern zusammen und teilte mit ihnen gern die gesammelten Erfahrungen. • Im Laufe seiner Versuche mag er an die 27 000 Erbsenpflanzen angebaut haben. Die Ergebnisse publizierte er 1866 in seiner zentralen Arbeit *Versuche über Pflanzen-Hybriden*. Aus der insgesamt neunjährigen Forschung resultierten drei Regeln, damals unverstanden, heute als Mendelsche Regeln weltbekannt. • Nachdem Mendel zum Augustiner-Abt erkoren wurde, blieb ihm für Experimente nicht mehr viel Zeit übrig. Umso mehr widmete er sich der Bienenzucht und der Meteorologie. Im Klostergarten ließ er sich ein Bienenhaus mit einem kleinen Arbeitsraum bauen und außerdem führte er täglich meteorologische Messungen, die er sorgfältig verzeichnete, durch. Der schwer erkrankte Gregor Mendel verstarb am 6. Januar 1884 und wurde auf dem Brünner Zentralfriedhof beigesetzt. Das Requiem in der Kirche dirigierte höchstwahrscheinlich Leoš Janáček. Mendels Lebens- und Wissenschaftsgeschichte war damit allerdings nicht zu Ende – sie setzt sich ständig fort und hört nicht auf, uns zu beeindrucken.



11

Zahrádka, kde Mendel pěstoval pokusné rostliny  
(foto z počátku 20. století).

Jener kleine Garten, wo Mendel seine Versuchspflanzen züchtete  
(Aufnahme vom Anfang des 20. Jahrhunderts).

The garden where Mendel grew experimental plants  
(photo from the beginning of the 20th century).

12

Mikroskop s trojnožkou, který Mendel používal ke svým pokusům.

Der von Mendel zu seinen Versuchen verwendete Mikroskop mit Dreifuss.

Microscope with tripod, which Mendel used for his experiments.

13

Budova německé vyšší reálky, kde sídlil Přírodovědecký spolek a kde Mendel v roce 1865 přednášel o svých pokusech s hrachem setým.

Das Gebäude der deutschen Oberrealschule, wo der Naturwissenschaftliche Verein seinen Sitz hatte und wo Mendel 1865 Vorträge über seine Versuche mit den Erbsenpflanzen hielt.

The building of the German High School, which housed the Natural History Society and where Mendel lectured in 1865 on his experiments with pea plants.



## **Offizielle Anerkennung erst nach dem Tode**

Mendel hatte als erster entdeckt, dass nicht Merkmale, sondern Anlagen vererbt werden. Sein genialer Gedanke erfassste die Tatsache, dass die Merkmale paarig angelegt sind. • Der legendäre Naturwissenschaftler erklärte die Entstehung von Genotyp- und Phänotyp-Spaltungsverhältnissen als Folge der paarigen Anlage der Merkmale. Er pflegte die beobachteten Phänomene sorgsam statistisch zu bearbeiten und mit den hypothetisch vorausgesetzten Ergebnissen zu vergleichen. • Mendel steht auch hinter der grundlegenden Methodik des Vererbungsforschung, auf die noch heute bei der Kreuzung von Pflanzen und Tieren zurückgegriffen wird. Leider fand die Präsentation seiner Ergebnisse im Jahre 1865 nur minimales Echo. Wenngleich seine Arbeit ungefähr 130 Wissenschaftlern in Europa und Übersee zugeschickt wurde, blieb sie unverstanden und ohne größeren Widerhall. • Offizielle Anerkennung wurde ihm erst posthum im Jahre 1900 zuteil. Hinter der Wiederentdeckung von Mendels Werk, das die Fundamente der Genetik gelegt hatte, standen Carl Correns, Hugo de Vries und Erich von Tschermak. Unabhängig voneinander kamen sie zu ähnlichen Resultaten wie Mendel. Als sie jedoch feststellten, dass ihnen Mendel um etwa 40 Jahre voraus war, erkannten sie ihm ehrlicherweise sein Primat zu und benannten die formulierten Regeln nach ihm. • Selbst 200 Jahre nach der Geburt des bescheidenen Genies hört seine Geistesstärke sowie das kaum zu bemessende Streben, die Grenzen unseres Wissens zu erweitern, nicht auf zu faszinieren. Brechen wir auf, neue Horizonte zu entdecken, so, wie es zu seiner Zeit Gregor Johann Mendel getan hatte!

## **Mendel als Genetiker**

Gregor Johann Mendel ist vor allem ein klangvoller Name im Kontext der neuzeitlichen Genetik. Er hatte mathematische Auswertungsmethoden und Symbole eingeführt, dank denen er systematisch Experimente planen, die gewonnenen Daten besser verarbeiten und allgemeine Schlüsse zu ziehen vermochte, was in der damaligen Zeit bahnbrechend war. Laut Mendel werden Erbanlagen (heute würden wir Gene sagen) von beiden Elternteilen gewonnen – nicht nur von einem, wie vielfach angenommen wurde. Die Feststellung, dass wir von Eltern nicht die Merkmale selbst, welche sich lediglich verdurchschnittlichen würden, mitbekommen, sondern die Anlagen zu ihnen erben, widersprach der damals anerkannten Theorie der „Mischerbigkeit“ (Blending Inheritance). • Mendel erkannte, dass die Erbinheiten (Gene) stofflich sein müssen und dass sie mittels Geschlechtszellen auf die Nachkommen übertragen werden. Neben der Erbse (*pisum sativum*) kreuzte er auch andere Pflanzenarten und bekam so neue Varietäten. Er war seiner Zeit weit voraus, als er drei Regeln formulierte, die später als „Mendelsche Regeln der Vererbung“ bekannt geworden sind. 1866 veröffentlichte er seine heute weltberühmte Arbeit *Versuche über Pflanzen-Hybriden*. Auch wenn entsprechende Aufmerksamkeit damals ausblieb, wusste er, dass seine Zeit kommen wird... • Mendel war sich ganz genau dessen bewusst, welche wissenschaftlichen Themen für die Gesellschaft Schlüsselbedeutung haben und war bestrebt, zur diesbezüglichen Weiterentwicklung beizutragen. Ruhm, Titel und Anerkennung interessierten ihn wenig. Er betrieb Wissenschaft einzig und allein der Wissenschaft wegen, mir außerordentlicher Systematik, Fleiß, aber auch Demut, die es ihm ermöglichte, als Forscher zum Wesentlichen vorzustoßen. • Um die Verbreitung von Mendels Ruf als Begründer der Genetik machten sich erst seine Wiederentdecker am Anfang des 20. Jahrhunderts verdient. Hervorzuheben ist insbesondere der britische Biologe

William Bateson, der als erster den Begriff Genetik zur Bezeichnung einer mit Erforschung der Vererbungsprozesse befassten Wissenschaft verwendete. Heutzutage beeinflusst diese dynamische Wissenschaftsdisziplin unser aller Leben mehr als je zuvor...

### **Mendel als Abt**

Der Eintritt ins Kloster bedeutete für Mendel neue Möglichkeiten der Bildung und der wissenschaftlichen Arbeit. In Wien hatte er Studien absolviert, die für seine späteren Versuche mit Erbsen und weiteren Pflanzen von entscheidender Bedeutung waren. Im Rahmen von Mathematik und Physik hatte er sich mit den Möglichkeiten der statistischen Auswertung und der Planung von Experimenten vertraut gemacht und insgesamt die Methodik der wissenschaftlichen Arbeit bewältigt. • Mendels Rolle in der Gesellschaft wurde im beträchtlichen Maße durch seine Wahl zum Abt im Jahre 1868 bestärkt. Er trat das Amt nach dem verstorbenen Abt Napp an und wurde zu einer hochgeschätzten kirchlichen Persönlichkeit. Die Verdienste des Abtes Mendel um den allseitigen gesellschaftlichen Aufschwung würdigte im Jahre 1872 sogar der Kaiser selbst, indem er ihm das Komturkreuz des Franz-Joseph-Ordens verlieh. • Auch wenn die Forschertätigkeit angesichts der Verpflichtungen des Abtes zurücktreten musste, vernachlässigte Mendel seine favorisierten Beschäftigungen nicht. Der Klostergarten bot ihm genug Raum für die Imkerei sowie für die Meteorologie und den Anbau von Obstbäumen, so dass er seine Vorlieben sinnvoll verbinden konnte. Viel Kraft kostete den Abt Mendel der Kampf gegen die steigende Steuerbelastung der Klöster in den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts. Auch hatte er zeitweilig den Direktorenposten in der Hypothekenbank und weitere Ämter inne. Trotz der bedeutenden Stellung, in die er aufsteigen konnte, ist er stets ein bescheidener Mensch geblieben, der großzügig seine breitere Familie ebenso, wie sozial schwächere Studenten unterstützte.

### **Mendel als Meteorologe**

Gregor Johann Mendels Werk befasst sich zu zwei Dritteln mit Meteorologie, die für ihn ein aufregender Weg zu Wettervorhersagen und Möglichkeiten, den Landwirten bei der Planung ihrer Arbeiten auf den Feldern behilflich zu sein, war. Mendel selbst hielt sich offenbar eher für einen Physiker, als für einen Biologen. Es hat sich eine ganze Reihe seiner Geräte erhalten. Zur Meteorologie brachte ihn zweifelsohne sein Physikstudium, doch ebenso auch seine Naturverbundenheit und bäuerliche Herkunft. Alltäglichen meteorologischen Messungen begann er sich nach dem Eintritt in das Brünner Augustinerkloster, konkret im St. Anna-Krankenhaus, zuzuwenden. • Dank Mendel verfügt Brünn über die (nach dem Prager Clementinum) zweitlängste Reihe der meteorologischen Aufzeichnungen in den böhmischen Ländern. Sie sind sorgfältig nach den damaligen Vorschriften erarbeitet und außerdem mit ausführlichen Anmerkungen, die den Ordnungssinn des Forschers dokumentieren, versehen. • Ein Unikat stellt Mendels (weltweit erste) Beschreibung eines Tornados, von dem Brünn am 13. Oktober 1870 heimgesucht wurde. Er nannte ihn einen „bösertigen Meteor“ und bezeichnete das ganze Phänomen als „Höllenspektakel“ und „infernalische Symphonie“. Der ausführliche Bericht des Wissenschaftlers über den Tornado umfasst eine Fülle von Details einschließlich der Auflistung von Schäden. • Als tiefgläubiger Mensch sah sich Mendel demutsvoll mit seinen Forschungen in Gottes Fügung einbezogen. In Würdigung von Mendels Meteorologentätigkeit haben die tschechischen Forscher von der Brünner Masaryk-Universität ihrer in den Jahren 2004–2006 in der Antarktis errichteten Polarstation seinen Namen gegeben.

## **Mendel als Landwirt**

Sowohl die Familie, als auch sein erster Lehrer erweckten in Mendel ein lebendiges Interesse für Natur und Landwirtschaft, insbesondere dann für Bienenzüchtung und Obstbau. Brünn, das wegen der dortigen Züchtung von Schafen, sowie der hochentwickelten Industrie und Wissenschaft das österreichische, beziehungsweise mährische Manchester genannt wurde, bot indes für seine Forschungen den idealen Hintergrund. 1870 wurde Mendel zum Komiteemitglied der Mährisch-Schlesischen Gesellschaft zur Hebung des Ackerbaus gewählt. Er engagierte sich eifrig in der Wirtschaftlichen Gesellschaft. Regelmäßig bereiste er Mähren und besuchte vornehmlich augustinische Ordensgüter. Seine längste Reise unternahm er 1862 nach London zu der dortigen Großen Wirtschaftsausstellung (Weltausstellung). • Ein Vorzug von Mendels landwirtschaftlichen Studien war ihre sofortige praktische Umsetzung. Er war stets bemüht, die ackerbaulichen Verhältnisse in Mähren zu verbessern. Viel Achtung erwarben sich beispielsweise seine Veredelungen von Obstbäumen. Er war auch der Erste, der auf wissenschaftlichem Wege eine schmackhaftere Erbsensorte, die auch in den weiteren Generationen ihre optimierten Eigenschaften beibehielt, entwickeln konnte.

## **Mendel als Bienenzüchter**

Die Grundlagen der Imkerei erklärte Gregor Johann bereits sein Vater Anton. Ideale Bedingungen für diese leidenschaftliche Vorliebe gewährte ihm in der Folgezeit der Abteigarten, den fachlichen Rahmen steuerte dann ab 1870 der Mährische Imkerbund (Včelařský spolek moravský) bei. Ein von Mendel entworfenes Bienenhaus hat sich bis heute erhalten. • Mendel unternahm Versuche mit kontrollierter Bienenkreuzung im Bestreben, bessere Eigenschaften der Bienenvölker zu erlangen. Er war dabei nicht erfolgreich, da

ihm die damalige Unkenntnis der genauen Art und Weise der Bienenreproduktion Grenzen setzte. Allerdings beschrieb er verschiedene Arten der Überwinterung von Bienenvölkern und Möglichkeiten, Bienenhäuser einfacher zu gestalten.

## **Mendel als Pomologe**

Mendel hat beträchtliche Verdienste auch auf dem Gebiet der Pomologie – der Beschreibung und Erkundung von Obstsorten. Bis an sein Lebensende veredelte er Obstbäume, wobei er eine Vervollkommenung von Produktions- und Geschmackseigenschaften mittels Kombination ausgewählter Merkmale elterlicher Formen anstrehte. • Er war aktiver Veranstalter von Obstausstellungen, schieb Preise für Züchtung neuer Sorten aus und hat auch selbst diesbezügliche Resultate präsentiert. Dank dem Studium der neuesten pomologischen Literatur und seiner eigenen Kenntnis der Erblichkeit von Merkmalen, mit denen er manipulieren konnte, überragte er die Gärtnner seiner Zeit.

## **Mendel als Astronom**

Gregor Johann Mendel hinterließ seine Spur auch in der Astronomie, in deren Rahmen er beispielsweise den Einfluss der Sonnenflecken auf das lokale Klima untersuchte. • Mendels Namen tragen heute Krater auf dem Mond und Mars, vor allem aber ein im Sonnensystem befindlicher Kleinplanet, dessen Grösse zufälligerweise der Fläche der Stadt Brünn entspricht. • Im Brünner-Mendel-Museum werden heute Bücher über den Kosmos, aus denen er Anregungen und Hinweise zu seinen astrologischen Beobachtungen schöpfte, aufbewahrt.



a



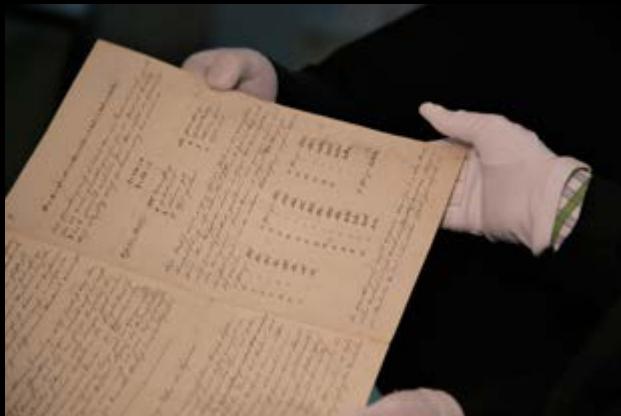
b

14

Pomník se sochou Mendela od Theodora Charlemonta z roku 1910 (a). Socha v životní velikosti byla nejprve umístěna na tzv. Klášterním náměstí, později přejmenovaném na Mendlovo náměstí. Po druhé světové válce byla socha přemístěna do ústraní v areálu opatství. Dnes se nachází v klášterní zahradě pod okny Mendelova pokoje (b).

Denkmal mit Mendel-Statue von Theodor Charlemont aus dem Jahre 1910 (a). Die lebensgroße Statue wurde zuerst auf dem sog. Klosterplatz, später zu Mendelplatz umbenannt, aufgestellt. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde sie beiseitegeschafft und hat im Areal der Abtei Platz gefunden. Heute befindet sie sich im Klostergarten unter den Fenstern von Mendels Zimmer (b).

A monument with a statue of Mendel by Theodor Charlemont from 1910 (a). The life-size statue was first placed in the so-called Monastery Square, later renamed Mendel Square. After the Second World War, the statue was moved to a secluded spot on the grounds of the Abbey. Today it is located in the monastery garden under the windows of Mendel's room (b).



15

Rukopis Mendelovy stěžejní práce *Versuche über Pflanzen-Hybriden* (Pokusy s rostlinnými hybridy), která vyšla tiskem v roce 1866.

Das Manuscript von Mendels bekanntester Arbeit *Versuche über Pflanzen-Hybriden*, die 1866 im Druck erschien.

The manuscript of Mendel's seminal work *Versuche über Pflanzen-Hybriden* (Experiments on Plant Hybrids), published in 1866.



16

Mendelův opatský kříž.

Mendels Abt-Kreuz.

Mendel's pectoral cross from his time as Abbot.



17

Hvězda komtura Řádu Františka Josefa, kterou  
Mendel obdržel roku 1872 za své zásluhy pro  
společnost. Nosil ji při slavnostních událostech na  
náhrdelní stuze.

Der Komturstern des Franz-Joseph-Ordens,  
den Mendel 1872 für seine Verdienste um die  
Gesellschaft erhielt. Er trug es bei feierlichen  
Anlässen am Halsband.

Insignia of the rank of Commander in the Order of  
Franz Joseph, which Mendel received in 1872 for his  
services to society. He wore it on a necklace ribbon  
on ceremonial occasions.

# Gregor Johann Mendel – A man of many talents, professions and vocations

## From the childhood of a humble genius

Johann was born on 20 July 1822 in Hynčice, Silesia, into the family of German-speaking small farmers Anton and Rosina Mendel. He had an older and a younger sister (two of this other sisters died early in childhood). • From an early age, the boy was very curious. He found many stimuli in his father's orchard and apiary. Already at elementary school, his teacher noticed his unusual interest in learning. From this time, his life took a course different from that which one might expect from his family background...

## The path to education

On recommendation of his teacher Makitta and the parish priest, Father Schreiber, Mendel transferred from the village school to the Piarist school in Lipník nad Bečvou. From 12 years of age, he continued at the gymnasium in Opava. Due to the very poor harvest and his father's accident in the forest, his parents could not fully support their son's studies, and therefore he earned extra money by tutoring his less successful classmates from wealthier families. Out of personal interest, Johann took a course for private tutors, which entitled him to teach privately. In autumn 1840, the Department of Philosophy in Olomouc accepted him as a student. There he came into closer contact with the Czech language, and had to learn it. Funds from his parents and his tutoring were insufficient; he fell ill due to the stress, and spent a year at

home. He completed his studies thanks to his sister Tereza, who gave up a part of her dowry. In 1843, Johann Mendel was recommended to Abbot C. F. Napp as the most suitable student for the Augustinian Order at the St. Thomas monastery in Brno. Here, he accepted his religious name Gregor (Řehoř in Czech), which, according to tradition, is written before one's first name. He also used the signature Gregor Mendel.

## Mendel's time in Brno

Between 1845 and 1848, Mendel studied at the Department of Theology in Brno. He was interested in agriculture, fruit-growing, and viticulture. In 1847 he was ordained a priest. His university studies in physics, mathematics, and natural sciences in Vienna in 1851–1853 were a great contribution to his knowledge. He temporarily taught in Znojmo, and between 1854 and 1868 at the imperial-royal state secondary school (realschule) in Brno. Although he was a respected and popular teacher, he did not manage to pass the teacher's university exams. This, however, did not prevent him from persistent self-study, and openness towards new information. In 1868 he became the Augustinians' abbot, and gradually he became a highly esteemed church figure. The dignity of the abbot's office brought him important positions. For instance, in 1881 he was appointed the director of the Mortgage Bank of Moravia (Hypoteční banka), which also brought him a better income. Mendel also became a member of the Meteorological Society, the Pomological Society, the Imperial-Royal Moravian-Silesian Society for the Improvement of Ploughing, Natural Science and Homeland Studies, the Natural Scientific Association in Brno, and the Zoological-Botanical Society.

## The origins of the new science

The knowledge gained in Vienna greatly influenced Mendel's future scientific work. With the contribution of the famous physicist Christian Doppler, Mendel deepened

his knowledge of mathematics, and mastered the basics of mathematical analysis, which was to become a fixture of his own scientific method. An experimental garden, a heated greenhouse, and an orangery in the abbey garden made Mendel's long-term experiments with pea plants possible in the middle of the 19th century. He also crossbred other plant species, collaborated with breeders, and was happy to share his newly acquired experiences with them. • During his experiments, the scientist cultivated about 27,000 pea plants. He published his results in 1866 in his seminal work *Experiments on Plant Hybrids* (*Versuche über Pflanzen-Hybriden*). Nine years of research yielded three laws; misunderstood at that time – but today known world-wide as Mendel's laws of inheritance. • After being appointed as the Augustinian abbot, Mendel did not have much time for experiments. He devoted more time to beekeeping and meteorology. He had an apiary including a small study built in the abbey garden, and three times a day he carried out meteorological measurements, meticulously recording them. Gregor Mendel, seriously ill, died on 6 January 1884, and he was buried at Brno Central Cemetery. The music at the Requiem Mass was most likely conducted by Leoš Janáček. However, Mendel's life and scientific story did not end here – it lives on, and continues to fascinate and inspire.

### Official recognition after death

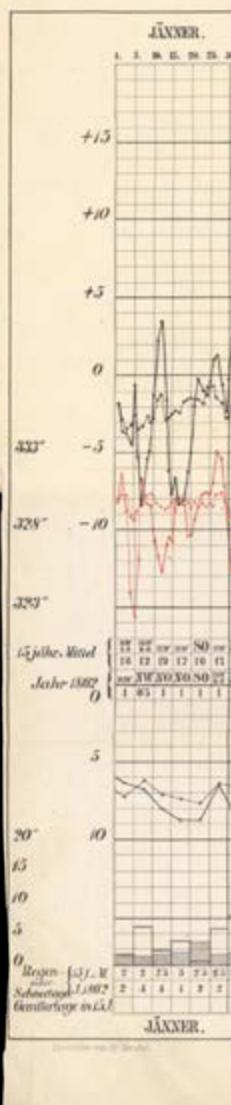
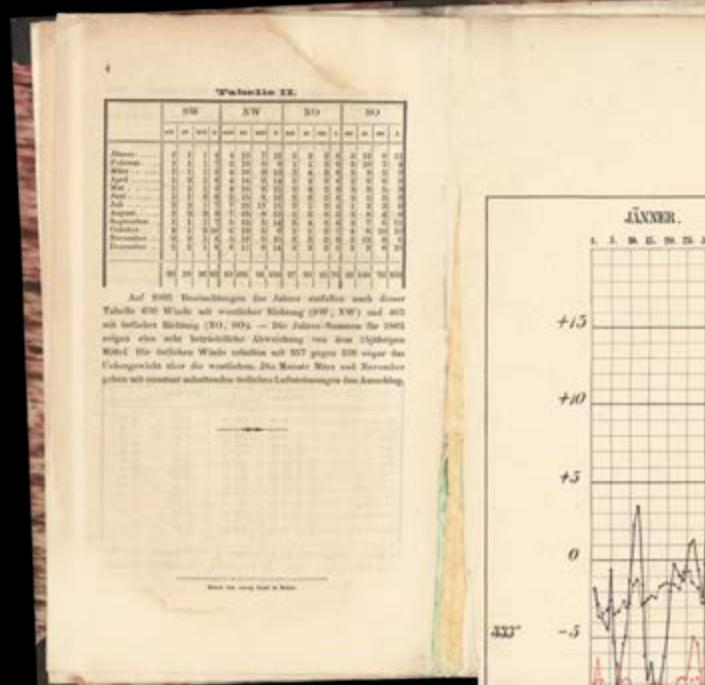
Mendel was the first to discover that genetic endowments (genes), not traits, are inherited. His ingenious idea consists in the observation that traits are pair-based. • The legendary natural scientist explained the origin of genotype and phenotype splitting conditions as a result of the pair-based foundation of traits. With great care, he statistically processed the observed phenomena, and compared them to the assumed outcomes. • Mendel is also behind the basic methodology of the study of heredity, which is still used in the crossbreeding of plants and animals. Unfortunately, his

presentation of his results in 1865 received only a minimal response. Although his work was sent to about 130 scientists and institutions in Europe as well as overseas, it remained misunderstood and largely unanswered. • Mendel's work received official recognition only posthumously, in 1900. The rediscovery of Mendel's work, which laid the foundation of genetics, was made by Carl Correns, Hugo de Vries, and Erich von Tschermak. Independently of each other, they reached similar results as Mendel. However, when they found out that Mendel had preceded them by about 40 years, they honestly acknowledged his pioneering achievement, and named the newly formulated laws after him. • Even 200 years after the birth of the humble genius, the power of his spirit and his immense effort to push the boundaries of our knowledge continues to fascinate us. Let us set out to discover new horizons, just as Gregor Johann Mendel did in his time!

### Mendel the geneticist

Gregor Johann Mendel is primarily a renowned name in contemporary genetics. He introduced mathematical assessment and symbols, which allowed him to systematically plan experiments, better evaluate the data, and draw general conclusions, which was revolutionary in his time.

• According to Mendel, endowments (today we would say genes) are received from both parents – not only from one, as many expected. The fact that we do not simply receive individual traits from our parents, which would only be averaged, but that we inherit endowments that manifest as particular features, was in contradiction to the theory of blending inheritance, which was widely accepted at that time. • The researcher found that hereditary units (genes) must be material, and they transfer to the offspring through gametes. Apart from pea plants, he also crossbred other plant species to obtain new varieties. He was ahead of his time when he formulated three principles, later

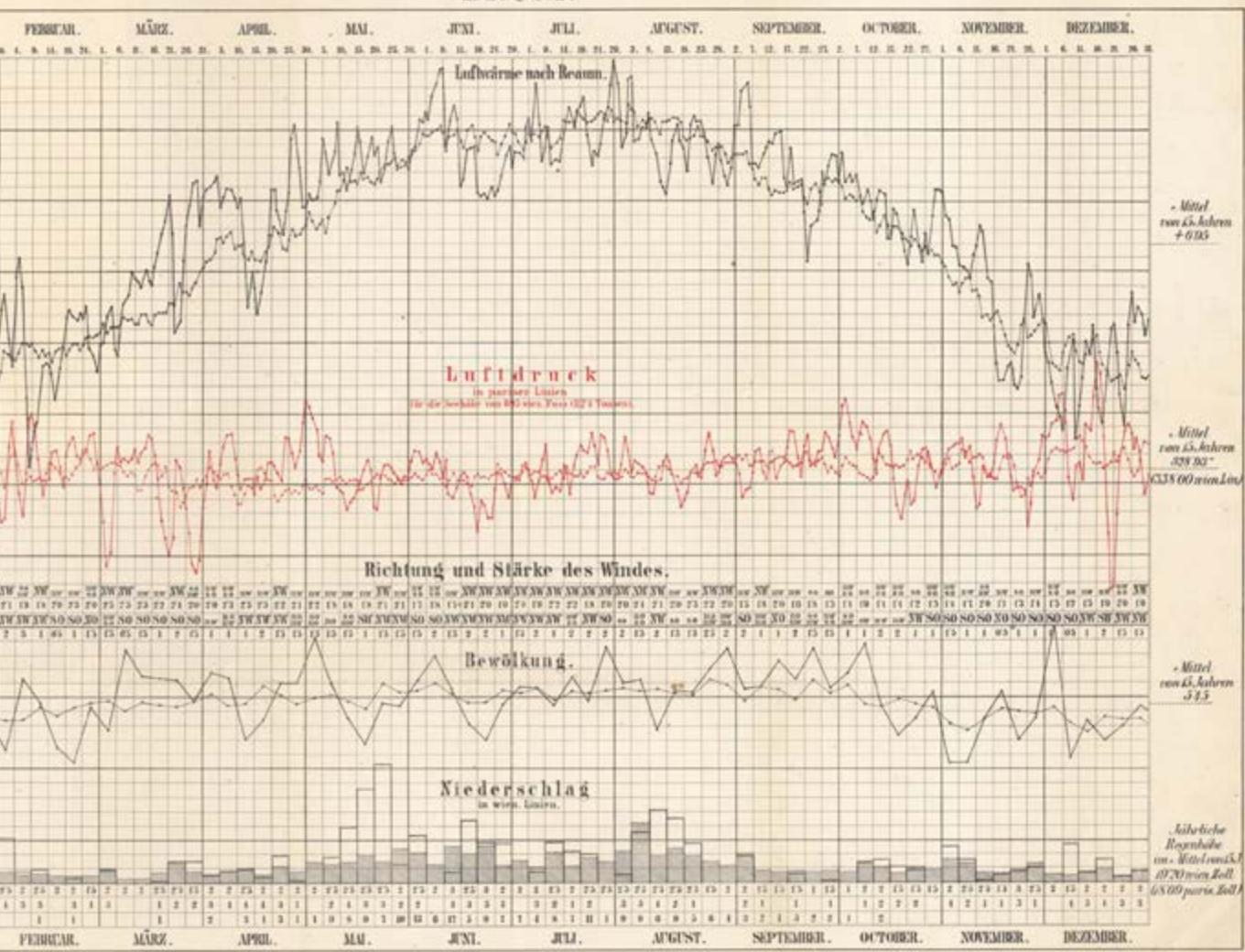


Soustředěné pozorování a shromažďování meteorologických údajů a následné vyhodnocování naměřených odchylek tvoří základ Mendelovy vlastní badatelské metody.

Konzentrierte Beobachtung und Sammlung meteorologischer Daten mit anschliessender Auswertung der gemessenen Abweichungen bilden die Grundlage von Mendels eigener Forschungsmethode.

Systematic observation and collection of meteorological data and subsequent evaluation of measured deviations formed the basis of Mendel's own research method.

GRAPHISCHE TABELLARISCHE ÜBERSICHT  
der meteorologischen Verhältnisse  
von  
BRÜNN



known as Mendel's laws of inheritance. In 1866 he published a world-famous publication on the principles of inheritance called *Experiments on Plant Hybrids* (*Versuche über Pflanzen-Hybriden*). Although the work did not immediately receive due attention, he knew that his time would come...

- Mendel realised exactly which scientific topics were crucial for society, and he wanted to contribute to developing knowledge of them. He was not interested in fame, titles, or public recognition. He did science exclusively for science, in an extraordinarily systematic way, with great diligence, but also humility, which allowed him to reach the very essence in his research.
- Mendel's good reputation as the founder of genetics became widespread only due to those who rediscovered his work at the beginning of the 20th century. The British biologist William Bateson, who was the first to use the term "genetics" to refer to the science of heredity, deserves particular credit. Today, this dynamic scientific discipline influences our lives more than ever...

### Mendel the abbot

Entering the monastery meant new opportunities for Mendel's education and scientific work. He graduated from his studies in Vienna, which had a decisive influence on his later experiments on pea plants and other plant species. In his study of mathematics and physics, he learned how to make statistical inferences, how to plan experiments, and in general he mastered the methodology of scientific work very well.

- Mendel's societal role was greatly supported by his appointment as abbot in 1868. He assumed the position after the deceased Abbot Napp, and became a highly respected church figure. Abbot Mendel's contributions to the overall flourishing of society were appreciated in 1872 by the emperor, who awarded him the Commander's Cross of the Order of Franz Joseph.
- Although his research activities had to yield to his duties as abbot, he did not neglect his pastimes, which were often investigative. The monastery garden provided

him with enough space for beekeeping, meteorology, and growing fruit trees, and so he was able to combine his hobbies. Abbot Mendel made a great effort to fight the increasing taxation of monasteries in the 1870s. He also worked as the director of the Mortgage Bank of Moravia (Hypoteční banka), and took on other responsibilities. Despite the important position that he achieved in the community, he always remained a modest man who generously supported his family as well as his socially disadvantaged students.

### Mendel the meteorologist

Two-thirds of Mendel's work was concerned with meteorology, which represented an exciting way for him to try to predict the weather, and the possibility of helping farmers plan their work in the fields. Mendel apparently considered himself to be more of a physicist than a biologist. Many of his measuring devices have been preserved. What drew him to meteorology was undoubtedly his study of physics, but also his close relationship to nature, and his peasant background. He started making his daily meteorological measurements after entering the Augustinian monastery, specifically at the local Saint Anne's Hospital.

- Thanks to Mendel, Brno has the second longest record of meteorological measurements in the Czech lands (after Prague's Clementinum). They were meticulously kept according to the regulations of the time, and in addition, they contain detailed notes, which demonstrate the researcher's sense of order.
- A unique feature is Mendel's written description of a tornado (the first in the world), which hit a part of Brno on 13 October 1870. He called it a "vicious wind", and described the whole event as a "thunderous drama". The scientist's exact description of the tornado includes a number of details, including the specification of damages.
- As a profoundly faithful man, Mendel humbly catalogued the divine order with his research. In honour of his meteorological activities, Czech researchers from Masaryk University gave his name to an Antarctic research

station, which was constructed between 2004 and 2006. It is called the Mendel Polar Station.

### **Mendel the farmer**

His family background as well as his first teacher aroused in Mendel an interest in nature and farming, in particular bee-keeping and fruit growing. Brno provided the ideal environment for research, as it was called the Austrian or Moravian Manchester, due to its sheep breeding and advanced industry and science. In 1870 Mendel was elected a member of the Moravian-Silesian Society for the Improvement of Agriculture. He was significantly involved in the Commerce Society (Hospodářská společnost). He regularly travelled across Moravia, in particular visiting Augustinian farms. His most distant travel was to visit the 1862 International Exhibition in London. • The advantage of Mendel's agricultural studies was their immediate practical application. He always tried to improve the agricultural conditions in Moravia. For instance, he was respected for his cultivation of fruit trees. He was also the first to scientifically cultivate a better tasting variety of pea which retained this property in subsequent generations.

### **Mendel the beekeeper**

The fundamentals of beekeeping were revealed to the young Johann Mendel by his father Anton in Hynčice. The abbey garden provided ideal conditions for this great hobby, while the technical framework was facilitated from 1870 by the Moravian Beekeeping Association. An apiary designed by Mendel has been preserved to this day. • Mendel was attempting a controlled cross-breeding of bees in order to gain better properties for his bee colonies. However, he was not successful in this effort due to his lack of knowledge of the precise way bees reproduce. Still, he described various ways of wintering bee colonies, and of simplifying apiaries.

### **Mendel the pomologist**

Mendel also has merits in the field of pomology – the description and study of fruit varieties. To the end of his life, he cultivated fruit trees, trying to improve the production and flavour characteristics by combining selected traits of the parent forms. • He was active in organising fruit exhibitions, he set up competitions for cultivating new varieties, and also presented new varieties himself. Thanks to his study of the latest pomological literature and his knowledge of the inheritance of the traits which he could manipulate, he stood out among other gardeners of the time.

### **Mendel the astronomer**

Gregor Johann Mendel also left his mark in astronomy, for instance by his study of the effects of sun spots on local climate. • Craters on the moon and on Mars were named after Mendel, but above all, also one minor planet in our solar system, which is by coincidence about the same size as the area of Brno. • The Mendel Museum keeps books about the universe which Mendel used to inform his astronomical observations.

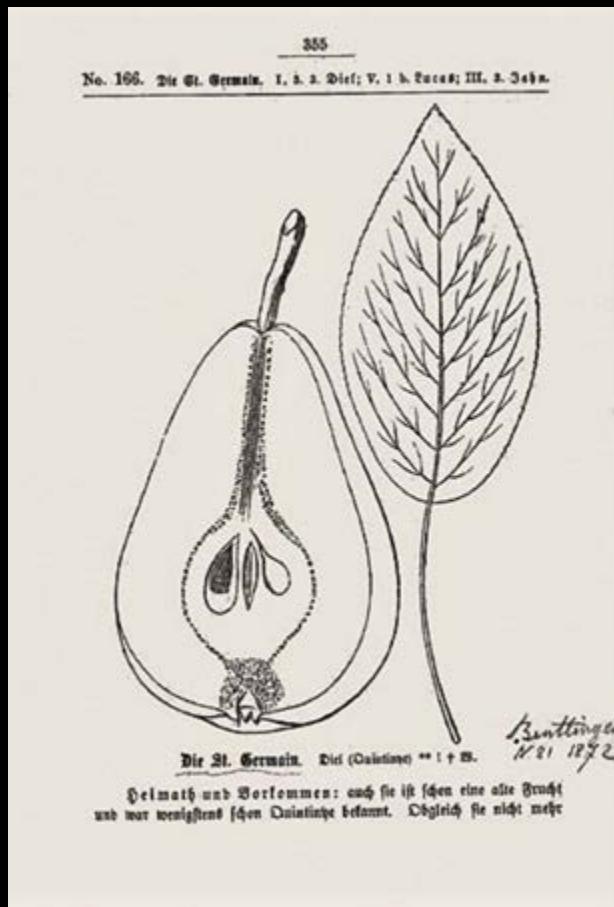


19

Plechová meteorologická budka, která sloužila Mendelovi k měření teploty.  
Uvnitř jsou dva původní teploměry s tehdy používanou Réaumurovou  
stupnicí, vyrobené u vídeňské firmy Kappeller.

Ein blechernes Wetterhäuschen, das Mendel zu Temperaturmessungen verwendete. Im Inneren befinden sich zwei ursprüngliche, von der Wiener Firma Kappeller hergestellte Thermometer mit der damals üblichen Réaumur-Skala.

The metal meteorological cylinder that Mendel used to measure the temperature. Inside there are two original thermometers bearing the Réaumur scale used at that time, made by the Viennese company Kappeller.



20

List z oblíbené Mendelovy knihy o odrůdách jabloní a hrušní  
*Illustriertes Handbuch der Obstkunde – Band II Birnen.*

Ein Blatt aus Mendels Lieblingsbuch über Apfel- und Birnensorten  
*Illustriertes Handbuch der Obstkunde – Band II Birnen.*

A page from Mendel's favourite book on apple and pear varieties,  
*Illustriertes Handbuch der Obstkunde – Band II Birnen.*



21

Mendelovo sadařské náčiní, se kterým ošetřoval ovocné stromy v opatství.

Mendels Obstgärtnergerätschaften, mit denen er die Obstbäume in der Abtei behandelte.

Mendel's orchard tools, with which he tended the fruit trees in the abbey.

22

Mendelův včelín (foto z roku 2021).

Mendels Bienenhaus (Aufnahme aus dem Jahre 2021).

Mendel's apiary (photo from 2021).



23

Mosazný hvězdářský dalekohled. Mendel jej využíval k pozorování skvrn na Slunci.

Mendels Astronomie-Fernrohr aus Messing, das er zum Beobachten von Sonnenflecken benutzte.

Brass astronomical telescope. Mendel used it to observe sunspots.

Cesta druhá:

<sup>55</sup> Výzkum osobních předmětů G. J. Mendela –  
zdroj hledání DNA

Zweiter Weg:

<sup>59</sup> G. J. Mendels persönliche Utensilien –  
DNA-Quelle dringend gesucht

Second way:

<sup>67</sup> Examining the personal possessions  
of G. J. Mendel: The quest for DNA

DANA FIALOVÁ

FILIP PARDY

KRISTÝNA BRZOBOHATÁ

# Výzkum osobních předmětů G. J. Mendela – zdroj hledání DNA

Od počátku plánování projektu studia genomu Gregora Johanna Mendela bylo zřejmé, že pokud budou v hrobce nalezeny Mendelovy ostatky, bez srovnávacího genetického materiálu nebude možné je jednoznačně identifikovat. Do augustiniánské hrobky na Ústředním hřbitově v Brně, kde je Gregor Johann Mendel pohřben, se pohřbívá již více než 150 let a rakve jsou do hrobu ukládány více méně anonymně a bez systému. Jednoznačnou identifikaci ostatků Gregora Johanna Mendela bylo možné provést pouze geneticky. Jedinou možností, jak získat biologický materiál, který by posloužil jako zdroj DNA pro potvrzení Mendelovy totožnosti, bylo prozkoumání předmětů, které Gregoru Johannu Mendelovi patřily. Tyto předměty jsou ve vlastnictví Opatství Staré Brno a jsou vystavovány v Muzeu starobrněnského opatství a v Mendelově muzeu Masarykovy univerzity. Díky vstřícnosti zástupců řádu sv. Augustina z Opatství Staré Brno a vedení Mendelova muzea bylo možné Mendelovy osobní věci prozkoumat a ohledat, zda z nich i v dnešní době lze získat Mendelův biologický materiál.

## Příprava na odběry

Práce v obou institucích probíhaly za přísných protikontaminačních opatření, která jsou pro odběry i další výzkum genetické informace z historického materiálu standardní.

- Bylo nutné zamezit, aby DNA recentního člověka kontaminovala vzorky odebrané z historických předmětů. Proto všichni pracovníci, kteří se na výzkumu podíleli, pracovali v ochranných kombinézách, respirátorech a rukavicích.

Pracovní plocha byla neustále dezinfikována tak, aby se na ní nenacházel žádný biologický materiál. Celý terénní výzkum byl fotograficky dokumentován. Vlastní odběr DNA z jednotlivých předmětů probíhal pomocí jednorázových odběrových pomůcek v „DNA free“ kvalitě. • Na předmětech, které jsou připisovány Gregoru Johannu Mendelovi, byly vyhledávány dva typy vzorků. Prvními byly trichologické vzorky (vlasy, vousy, ochlupení), které jsou v těchto případech nejdůležitější zdrojem starobylé DNA (aDNA, z angl. *ancient DNA*). Tyto vzorky se nacházejí nejčastěji v knihách nebo předmětech denní potřeby. Druhým typem vzorků byly stěry z povrchu Mendelových předmětů, na nichž mohly ulpět buňky díky kontaktu s jeho kůží. Ve forenzních vědách je tento typ vzorků nazýván „touch DNA“ (z angl. *touch = dotek*), alternativně také „trace DNA“ (z angl. *trace = stopa*) nebo „transfer DNA“ (z angl. *transfer = přenesená*).

## Ohledání osobních předmětů

První terénní výzkum předmětů Gregora Johanna Mendela se uskutečnil 21. 10. 2020 v Muzeu starobrněnského opatství. K výzkumu byly zpřístupněny předměty, které prokazatelně patřily zakladateli genetiky. Byly to: červený ubrus, sada stříbrných příborů, kříž s drobnou schránkou a zahradnické náčiní. Posledním předmětem byla dřevěná krabička se stolní hrou, o níž je známo, že ji Mendel hrával, obsahovala sadu karet a kostěných žetonů. • Před vlastním odběrem vzorků byly předměty důkladně prozkoumány a byla vybrána místa, odkud by bylo vhodné vzorky odebrat, a rovněž zvolena technika odběru. • Ubrus se ukázal jako zajímavý, potenciální zdroj biologického materiálu Gregora Johanna Mendela. Nacházely se na něm červené skvrny, které se zdály být od krve, ale také mohly vzniknout ukápnutím červeného vína. Testem na průkaz krve (Erba Lachema HemoPHAN), který se běžně používá při forenzním ohledání místa činu, bylo ovšem vyloučeno, že by se o krev jednalo. • Nadějným zdrojem vzorků byla i jídelní sada, příbor v pouzdře, které



24

Provizorní odběrová místnost v Mendelově muzeu Masarykovy univerzity. H. Svobodová (vlevo) a F. Pardy (vpravo) v ochranných kombinézách, rukavicích a rouškách s připravenou očištěnou pracovní plochou.

Der provisorische Entnahmeraum im Mendel-Museum der Masaryk-Universität. H. Svobodová (links) und F. Pardy (rechts), in Schutzoveralls, mit Handschuhen, Respiratoren und vorbereiteter gereinigter Arbeitsfläche.

Temporary room for taking samples in the Mendel Museum of Masaryk University. H. Svobodová (left) and F. Pardy (right) in protective suits, gloves, and face masks with the work surface clean and ready.



25

Mendelův červený ubrus se sadou stříbrných příborů, uložený v Muzeu starobrněnského opatství v Brně.

Mendels rote Tischdecke mit silberner Besteckgarnitur, aufbewahrt im Museum der Altbrünner Abtei.

Mendel's red tablecloth with a set of silverware, in the collection of the Museum of the St. Thomas Abbey.

se opat dotýkal pravidelně při každém denním jídle. Příbor uložený v dřevěné kazetě byl však velmi dobře vyleštěný, bez otisků prstů.

### Odběry biologického materiálu

Druhý terénní výzkum se uskutečnil ve dnech 10. 12. 2020 a 7. 1. 2021 v Mendelově muzeu Masarykovy univerzity. Expozice byla tou dobou v rekonstrukci, a vystavované osobní věci Gregora Johanna Mendela proto byly přístupné. V muzeu jsou vystavovány knihy, dopisy a listiny z Mendelova vlastnictví, které již na první pohled ukazovaly, že je držel v ruce nebo jimi často listoval. Na povrchu zmíněných knih a listin se nacházely zřetelné otisky prstů. Knihy byly pečlivě prozkoumány lupou, stránku po stránce. • Jako první byla ohledána kniha *O původu druhů* od Charlese Darwina (německý překlad z roku 1863). Na okrajích stránek se nacházely poznámky psané Mendelovým rukopisem, v textu byly podtrhány pasáže, které ho zaujaly. • Dále byly prozkoumány tabulky, do nichž si Mendel zaznamenával svá meteorologická pozorování, včetně popisu známého, prvně popsaného tornáda v českých zemích z 13. října 1870. • Z dalších artefaktů byly k odběru vzorků k dispozici také Mendelovy brýle, skla do brýlí, dva mikroskopy, pomůcky pro mikroskopování či tabatérka. • Jako poslední exponát, který nám mimo domluvený seznam přinesla kurátorka muzea (Mgr. Zdenka Broušková), byla zkoumána kniha, jejíž název by se dal do češtiny přeložit jako *Populární astronomie* od J. J. Littrowa (Littrow J. J. 1825. *Populäre Astronomie*. Wien: Heubner Verlag). Omšelé a ohmatané listy vypovídaly mnohé o tom, že ji Gregor Johann Mendel hojně používal. • Na zkoumaných předmětech byly provedeny povrchové stěry. V knihách byly důkladně prohlíženy jak okraje stránek, kvůli případným otiskům prstů, tak prostor mezi stránkami u hřbetu knihy, kde lze nalézt pozůstatek textilního vlákna nebo lidského vlasu. Průzkum knihy také potvrdil známý fakt, že Mendel byl vásnivý kuřák. Listy knih byly

plné drobků tabáku. Občas se na stránce objevil hnědý otisk prstu. • Celkem se podařilo odebrat 27 vzorků pravděpodobně trichologického původu – 16 z knihy *Populární astronomie* a 11 z knihy *O původu druhů* – a 41 povrchových stěrů z předmětů.

### Laboratorní zpracování vzorků

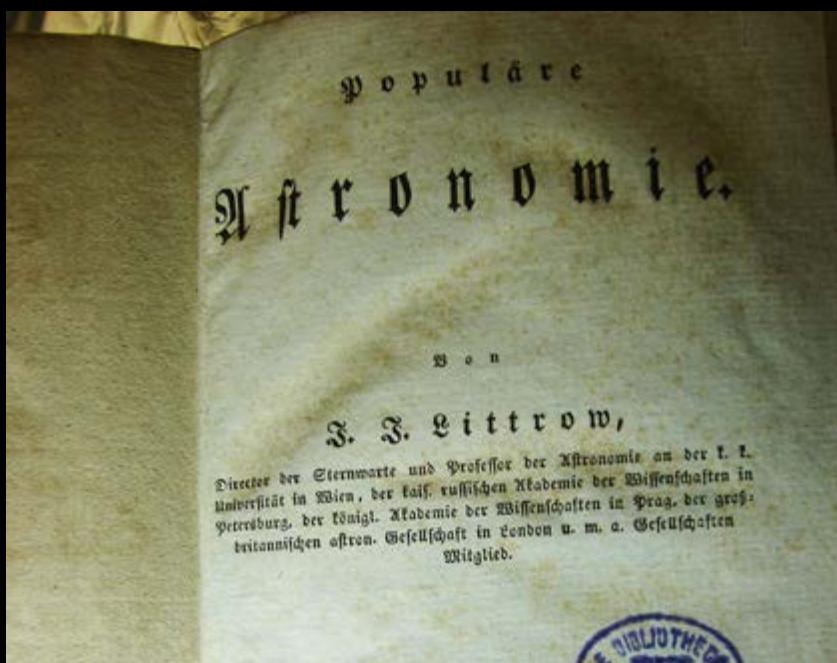
Po skončení terénní části výzkumu byly vzorky převezeny do Laboratoře biologické a molekulární antropologie v kampusu Masarykovy univerzity v Brně-Bohunicích (Ústavu experimentální biologie PřF MU) a do CEITEC MU tamtéž. Režim analýz DNA z historických nálezů je velmi přísný. Důvodem je, že v 90. letech byly zveřejněny výsledky analýzy DNA z dinosaurů, ovšem záhy se ukázalo, že se jednalo o kontaminaci, a celý obor byl silně zdiskreditován. Na přelomu milénia pak nejdůležitější představitelé tohoto zaměření genetiky zformulovali závazná protikontaminační opatření pro práci s aDNA (Cooper a Poinar, 2000; Shapiro et al., 2019). Pro každou část analýzy je nutné mít separátní laboratoř s předsíňkou, UV zářivkami, uzavřenou cirkulací vzduchu, laminárními boxy a fungovat v režimu bezprašného prostředí. Veškerý spotřební materiál byl v „DNA free“ kvalitě, pracovní plochy byly pravidelně uklízeny a jejich povrch ošetřován prostředky ničícími DNA. Při manipulaci se vzorky v laboratoři se pracuje vždy pouze s jedním vzorkem. Každý, kdo přišel do styku se vzorky, byl podroben analýze své vlastní DNA, byl u něj určen haplotyp mitochondriální DNA (mtDNA) pro vyloučení možné kontaminace. • Vzhledem k časové i finanční náročnosti genetických analýz bylo nutné vytipovat vzorky, kde je nejvyšší pravděpodobnost zachování Mendelovy DNA. U trichologického materiálu tento úkol splnila mikroskopická analýza. Po zvětšení v mikroskopu byly vzorky roztrídit na chlupy, vlasy, vousy a vzorky jiného než lidského původu, které byly z analýz vyloučeny. • U lidských trichologických vzorků následovalo rozlišení, zda je přítomen vlasový kořínek, či nikoliv. Přítomnost kořínku výrazně zvyšovala šanci

Mendelovy oblíbené knihy, které byly ohledávány pro sběr biologického materiálu. Německý výtisk knihy Ch. Darwina *O původu druhů* (*Die Entstehung der Arten*, z roku 1863) (a), výtisk knihy von J. J. Littrowa *Populární astronomie* (*Populäre Astronomie*, z roku 1825) (b).

Beliebte Bücher von Gregor Johann Mendel, die zwecks Sammlung des biologischen Materials abgesucht wurden. Ein deutschsprachiges Exemplar des Buches *Die Entstehung der Arten* (Ausgabe 1843) von Charles Darwin (a), ein Exemplar des Buches *Populäre Astronomie* von J. J. Littrow (1825) (b).

Mendel's favourite books, which were inspected for the sampling of biological material. A German translation of Charles Darwin's *On the Origin of Species* (in German, *Die Entstehung der Arten*, from 1863) (a), and *Popular Astronomy* by J. J. Littrow (in German, *Populäre Astronomie*, from 1825) (b).

a



b

na úspěch. Během mikroskopování byly odebrané vzorky biologického materiálu velmi detailně zdokumentovány, to vše za stálého dodržování protikontaminačních opatření. • Pro další genetickou analýzu bylo vtipováno celkem 14 vzorků lidských vlasů, vousů a chlupů. Většina z nich byla silně poškozená a bez kořínek, avšak u tří vzorků z knihy *O původu druhů* se kořínek zachoval. • Jiná situace nastala u stérů z osobních předmětů, kde není možné žádnou metodou predikovat, zda je naděje na zachování DNA. Proto byly tyto vzorky analyzovány všechny. • DNA vystavená vnějším vlivům po delší dobu bývá silně poškozená. Molekula dvoušroubovice se působením vody a oxidace rozláme na krátké úseky a obsažený genetický kód může být pozměněný tak, že vypadá jako zmutovaný. Bylo tedy nutné postupovat delikátně, protože všechny analýzy jsou destruktivní, nevratné a k dispozici byl materiál pouze pro jeden pokus. Plánované postupy pro izolaci DNA z Mendelových trichologických vzorků bylo nutné nejprve otestovat, případně nově vytvořit. Toto bylo možné provést na podobném biologickém materiálu, kterého však byl dostatek, a to na vlasech ze 17. století z hrobky rodiny Dietrichsteinů v Mikulově (Drozdová, 2006). Na těchto starších vzorcích vlasů byl v Laboratoři biologické a molekulární antropologie navržen a optimalizován speciální funkční protokol. • Pro izolaci DNA ze stérů byly využity postupy standardně používané k analýze obdobného typu vzorků ve forenzních laboratořích Policie České republiky (ve spolupráci s kpt. Hanou Svobodovou z PČR).

### Výsledky genetických analýz z Mendelových osobních předmětů

Z Mendelových vlasů byla izolována mtDNA (DNA z mitochondrií, malých buněčných organel, která se obecně lépe zachovává a je i ve vlasech bez kořínek). Mutace v mitochondriální DNA jsou velmi dobře celosvětově zmapovány a jsou typické pro určité populace, proto jsou vhodným nástrojem pro studium etnogeografického původu po mateřské linii. Po

izolaci genetického materiálu byl polymerázovou řetězovou reakcí (PCR) namnožen specifický úsek mitochondriální DNA. V případě, že k namnožení došlo, znamenalo to, že ve vzorku byla DNA přítomna, pokud ne, bylo jasné, že se nedochovala nebo byla příliš poškozená. Z vlasů jsme získali DNA u 6 vzorků z celkových 14 a ze stérů u 14 vzorků z 41. Vzhledem k náročnosti zkoumaného materiálu lze tento výsledek považovat za velmi úspěšný. • Výzkum osobních věcí Gregora Johanna Mendela měl v celém projektu klíčovou úlohu. Jelikož nebylo známo, kde přesně byl v hrobce augustiniánů pohřben, bylo nutné jeho domnělé ostatky identifikovat porovnáním s DNA z nezávislého zdroje, tedy z jeho předmětů. Genetické analýzy potvrdily shodu mezi vzorkem vlasu z Mendelovy oblíbené knihy a kosterními pozůstatky z hrobky. Pozitivní identifikace ostatků Gregora Johanna Mendela umožnila dále pokračovat v projektu a přečíst celý jeho genom.

## G. J. Mendels persönliche Utensilien – DNA-Quelle dringend gesucht

Schon seit dem Beginn der Planung des Studiums von Gregor Johann Mendels Genom durfte klar sein, dass in der Gruft die Überreste von Mendel aufgefunden werden, ihre eindeutige Identifizierung ohne genetisches Vergleichsmaterial nicht möglich sein wird. In die Augustinergruft auf dem Brünner Zentralfriedhof, wo Gregor Johann Mendel beigesetzt wurde, begräbt man seit mehr als 150 Jahren, wobei die Särge mehr oder minder anonym und ohne System ins Grab gelegt wurden. Eine eindeutige Identifizierung der Überreste von Gregor Johann Mendel ließe sich lediglich genetisch

durchführen. Die einzige Möglichkeit, biologisches Material, das als DNA -Quelle zur Bestätigung von Mendels Identität verwendbar wäre, zu gewinnen, war eine Untersuchung von Gegenständen, die einst Gregor Johann Mendel gehörten. Dieser Artefakte befinden sich im Besitz der Altbrünner Augustinerabtei und werden in deren Museum sowie im Mendel-Museum der Masaryk-Universität ausgestellt. Dank dem Entgegenkommen der Vertreter des Augustinerordens von der Altbrünner Abtei und der Leitung des Mendel-Museums war es möglich, Mendels persönliche Gegenstände zu untersuchen und zu ermitteln, ob man aus ihnen auch noch in der heutigen Zeit biologisches Material von Gregor Johann Mendel gewinnen kann.

### **Die Entnahmeverbereitung**

Die Arbeiten in beiden Institutionen verliefen unter strengen Maßnahmen zum Schutz vor Kontamination, welche sowohl für die Entnahmen, als auch für die weitere Erforschung der genetischen Information aus historischem Material standardgemäß sind. • Es war unbedingt zu verhindern, dass die DNA eines rezenten Menschen die aus den historischen Gegenständen entnommenen Proben kontaminiert. Daher trugen alle an der Erforschung beteiligten Mitarbeiter Schutzoverall, Respiratoren und Handschuhe. Die Arbeitsfläche wurde fortwährend desinfiziert, damit sich auf ihr kein biologisches Material befände. Die ganze Terrain- Untersuchung wurde fotografisch dokumentiert. Die eigentliche DNA-Entnahme von den einzelnen Gegenständen verlief unter Verwendung von Einweg -Entnahmehilfsmitteln in „DNA-Free“ Qualität. • Die Gregor Johann Mendel zugeschriebenen Gegenstände wurden nach zwei Typen von Proben abgesucht. Zu dem ersten gehören trichologische Proben (Haare, Barthaare, sonstige Behaarung), welche in diesem Falle die wichtigste Quelle der alten DNA (aDNA, aus dem englischen *ancient DNA*) sind. Diese Proben sind am häufigsten in Büchern

oder an Gegenständen persönlichen Gebrauchs zu finden. Der zweite Probentyp waren Oberflächenabstriche von Mendels Utensilien, auf denen beim Kontakt mit seiner Haut Zellen haften geblieben sein konnten. In den forensischen Wissenschaften wird dieser Typ von Proben „touch DNA“ (aus dem englischen *touch* = Berührung), alternativ auch „trace DNA“ (aus dem engl. *trace* = Spur), beziehungsweise „transfer DNA“ (aus dem engl. *transfer* = Übertragung, übertragen) genannt.

### **Die Untersuchung der persönlichen Gegenstände**

Die erste Terrain-Untersuchung der Gegenstände aus dem Besitz von Gregor Johann Mendel wurde am 21. 10. 2020 im Museum der Altbrünner Augustinerabtei vorgenommen. Den Forschern wurden Gegenstände zur Verfügung gestellt, die nachweislich dem Begründer der Genetik gehörten und von ihm benutzt wurden. Es handelte sich um eine rote Tischdecke, eine silberne Besteckgarnitur, ein Kreuz mir einem kleinen Schrein und Gärtnerwerkzeug. Der letzte Artefakt war eine hölzerne Schachtel mit einem Tischspiel, von dem bekannt ist, dass es Mendel zu spielen pflegte, sie enthielt einen Satz Karten und Hornspielmarken. • Vor der eigentlichen Probenentnahme wurden die Gegenstände gründlich untersucht, für die Entnahme günstige Stellen verzeichnet und eine Entscheidung hinsichtlich der Entnahmetechnik getroffen. • Die Tischdecke zeigte sich als eine interessante, potenziell ergiebige Quelle des biologischen Materials von Gregor Johann Mendel. Es befanden sich darauf rote Flecken, die den Anschein von Blut erweckten, allerdings auch von Rotweintropfen stammen konnten. Ein Test zum Blutnachweis (Erba Lachema HemoPHAN), der üblicherweise bei forensischer Tatortbeschaufung verwendet wird, schloss allerdings Blut eindeutig aus. • Eine hoffnungserweckende Quelle war auch Mendels Speisezubehör, eine Besteckgarnitur mit Etui, die der Abt regelmäßig bei jedem Tagesmahl berührte. Das in einer

hölzernen Kassette aufbewahrte Besteck war jedoch sehr gut poliert, ohne Fingerabdrücke.

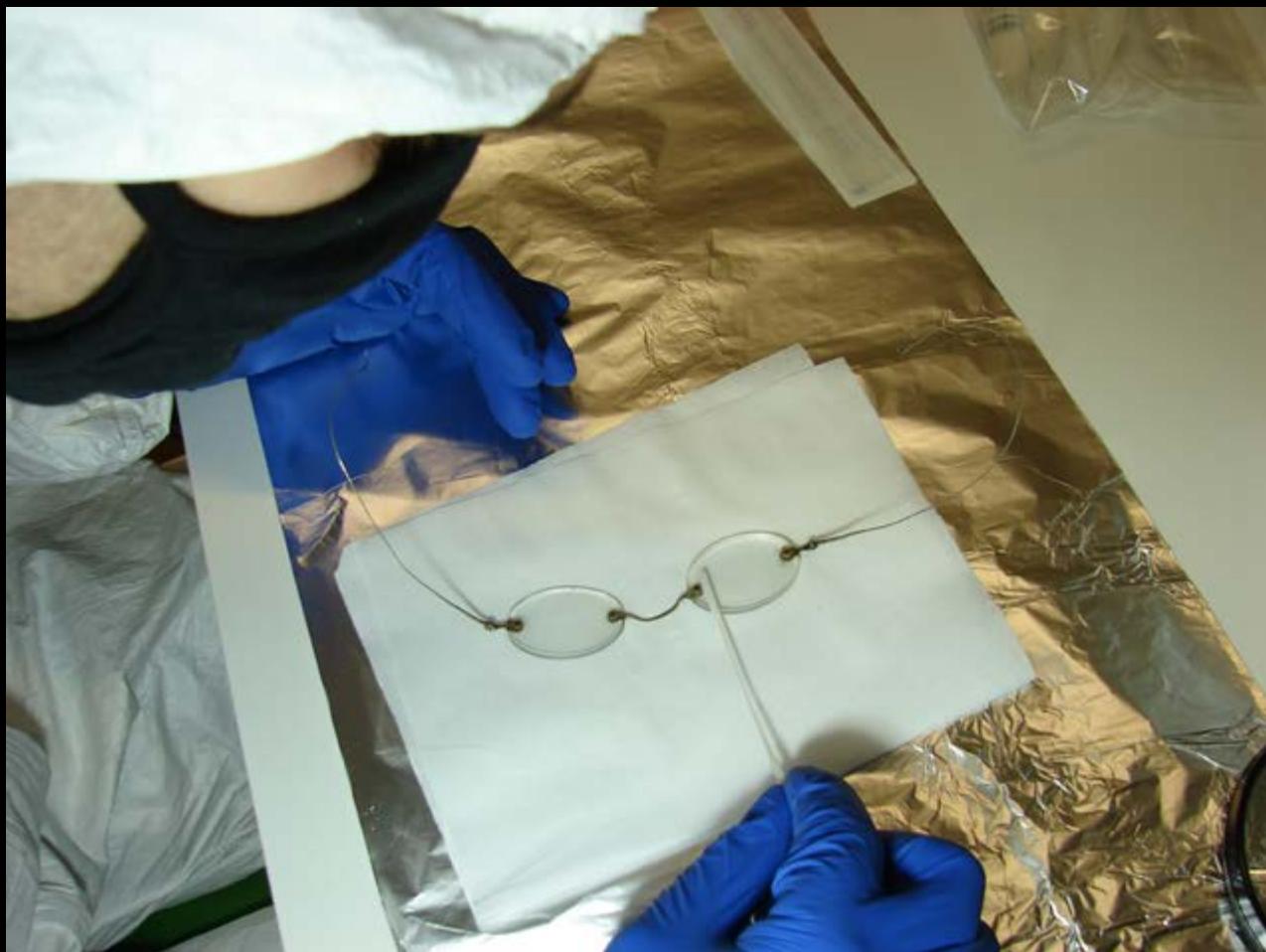
### **Die Entnahmen des biologischen Materials**

Die zweite Terrain- Untersuchung ist in den Tagen 10.12.2020 und 7.1.2021 im Mendel - Museum der Masaryk-Universität verlaufen. Die Exposition befand sich zu jener Zeit in einer Rekonstruktion und die in ihr befindlichen persönlichen Utensilien von Gregor Johann Mendel waren daher zugänglich. Im Museum werden Bücher, Briefe und Urkunden aus Mendels Besitz ausgestellt, die schon auf den ersten Blick keinen Zweifel aufkommen lassen, dass er sie in der Hand hielt, oder oftmals in ihnen geblättert hatte. Auf der Oberfläche der erwähnten Bücher und Urkunden befanden sich deutliche Fingerabdrücke. Die Bücher wurden sorgfältig mit einem Vergrößerungsglas untersucht, Seite für Seite. Als erstes wurde das Buch „Über die Entstehung der Arten“ von Charles Darwin (deutsche Übersetzung von 1863) durchgesehen. An den Rändern befanden sich von Mendels Hand geschriebene Notizen, im Text wurden Passagen unterstrichen, die sein Interesse erweckten. • Im Folgenden wurden Tabellen untersucht, in die Mendel seine meteorologischen Beobachtungen einschließlich des Berichtes über den bekannten, erstmalig beschriebenen Tornado in den böhmischen Ländern vom 13. Oktober 1870 eintrug. Von den weiteren Utensilien standen auch Mendels Brille, Brillengläser, zwei Mikroskope, Hilfsmittel zum Mikroskopieren oder eine Tabatiere für die Probenentnahme zur Verfügung. • Als letztes Exponat, das uns die Kuratorin des Museums Frau Zdenka Broušková zusätzlich zu der festgelegten Auswahl sichten ließ, wurde das Buch „Populäre Astronomie“ von J. J. Litrow (Wien: Heubner-Verlag 1825) untersucht. Die abgenutzten, abgegriffenen Blätter sagen einiges darüber aus, wie häufig es Mendel gebrauchte. • An den betreffenden Gegenständen wurden nun Oberflächenabstriche vorgenommen. In den Büchern besah

man aufs Gründlichste sowohl die Seitenränder wegen eventueller Fingerabdrücke, als auch den Raum zwischen den Seiten beim Buchrücken, wo sich Reste von Textilfasern oder Menschenhaaren finden lassen. Die Untersuchung des Buches bestätigte auch die bekannte Tatsache, dass Mendel ein passionierter Raucher gewesen war. Die Blätter im Buch waren voller Tabakkrümel. Hier und da war auf der Seite ein brauner Fingerabdruck zu sehen. Stellenweise wurden auf den Seiten braune Fingerabdrücke gesichtet. • Insgesamt gelang es, 27 Proben wahrscheinlich trichologischer Herkunft zu entnehmen – 16 aus dem Buch „Populäre Astronomie“ und 11 aus dem Buch „Über die Entstehung der Arten“ – sowie 41 Oberflächenabstriche von den Gegenständen.

### **Die Untersuchung der Proben im Labor**

Nach der Beendigung der Terrain – Untersuchungsphase wurden die Proben in das Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie (des Instituts für Experimentalbiologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der MU) im Campus der Masaryk-Universität im Brünner Stadtteil Bohunice und ins CEITEC MU dortselbst überstellt. Das Regime der DNA-Analysen aus historischen Funden ist äußerst streng. Der Grund dafür ist, dass in den 90er Jahren Ergebnisse einer DNA-Analyse von Dinosauriern veröffentlicht wurden, doch es hat sich bald gezeigt, dass es zu einer Kontaminierung gekommen war, wodurch der ganze Fachbereich erheblich diskreditiert wurde. Auf der Jahrtausendwende haben dann die wichtigsten Vertreter dieser Richtung in der Genetik verbindliche Kontaminierungsschutzmaßnahmen für die Arbeit mit aDNA (Cooper und Poinar, 2000; Shapiro et al., 2019) festgelegt. Für jeden Teil der Analyse muss ein separates Labor mit Vorraum, UV-Leuchtstofflampen, geschlossener Luftzirkulation und Laminarboxen verfügbar sein, das im Regime staubfreier Umgebung funktioniert. Sämtliches Gebrauchsmaterial war in „DNA-Free“ Qualität, die Arbeitsflächen wurden regelmäßig gesäubert und ihre



a

27

Odběr stěrů z Mendelových předmětů: brýle (a), tabatérky (b), mikroskopu (c), podložních sklíček pro mikroskopování (d).

Die Entnahme der Abstriche von Mendels Utensilien: Brille (a), Tabatiere (b), Mikroskop (c), Glasunterlagen zum Mikroskopieren (d).

Taking swabs from Mendel's belongings: glasses (a), cigarette case (b), microscope (c), and microscope slides (d).



b



c



d



a



b



c



d

28

Mikroskopická analýza sloužící k vyloučení vzorků, které nejsou lidského původu. Zelené vlákno (a), modré vlákno (b), tabák (c), moucha (d).

Die zum Ausschließen von Proben, die nicht menschlicher Herkunft sind, vorgenommene mikroskopische Analyse. Grüne Faser (a), blaue Faser (b), Tabak (c), Fliege (d).

Microscopic analysis to excluded samples of non-human origin.  
Green fibre (a), blue fibre (b), tobacco (c), and a fly (d).

Oberflächenschichten mit DNA-vernichtenden Mitteln behandelt. Jeder, der mit den Proben in Kontakt kam, musste sich einer Analyse seiner eigenen DNA unterziehen, es wurde bei ihm der Haplotyp der mitochondrialen DNA (mtDNA) bestimmt, um eine mögliche Kontamination auszuschließen. • In Anbetracht der sowohl zeitlichen als auch finanziellen Aufwendigkeit der genetischen Analysen war es nötig, jene Proben, bei denen die höchste Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins von Mendels DNA bestand, zu ermitteln. Im Falle des trichologischen Materials wurde diese Aufgabe mit Hilfe mikroskopischer Analyse erfüllt. Für die Vergrößerung im Mikroskop wurden die Proben in Körperbehaarung, Kopfbehaarung, Barthaare und Proben anderer als menschlicher Herkunft, die für die Analyse nicht in Betracht kamen, eingeteilt. • Bei den menschlichen trichologischen Proben erfolgte dann die Unterscheidung danach, ob eine Haarwurzel erhalten ist oder nicht. Das Bestehen der Wurzel steigerte die Erfolgsschancen erheblich. Während des Mikroskopierens wurden die entnommenen Proben des biologischen Materials höchst ausführlich dokumentiert, all dies unter strengster Einhaltung der Kontaminationsschutzmaßnahmen. • Für die weitere genetische Analyse wurden insgesamt 14 Proben von menschlichem Haar, Barthaaren und Körperbehaarung bereitgestellt. Die meisten von ihnen waren stark beschädigt und ohne Wurzeln, bei drei Proben aus dem Buch *Über die Entstehung der Arten* war jedoch die Wurzel vorhanden. • Eine andere Situation bestand bei den Abstrichen von den Gegenständen persönlichen Gebrauchs, wo es keine Methode zur Prädiktion dessen, ob eine Hoffnung auf DNA-Erhaltung bestünde, gibt. Deshalb wurden sämtliche Proben analysiert. • Eine den äußeren Einflüssen langfristig ausgesetzte DNA ist häufig stark beschädigt. Die Doppelhelix-Moleküle zerbricht durch die Einwirkung von Wasser und Oxidation in kleinere Abschnitte und der darin erhaltene genetische Code kann derart verändert sein, dass er den Anschein einer Mutation macht. Es war daher angeraten, extrem umsichtig vorzugehen, da

sämtliche Analysen destruktiv und irreversibel sind, wobei das Material lediglich zu einem einzigen Versuch ausreichte. Die anvisierten Verfahren zur Isolierung der DNA aus Mendels trichologischen Proben mussten zuerst getestet, beziehungsweise neu geschaffen werden. Dies ermöglichte ein ähnliches biologisches Material, das immerhin reichlich vorhanden war, und zwar an den in der Dietrichsteiner-Gruft zu Mikulov (Nikolsburg) gewonnenen Haaren aus dem 17. Jahrhundert (Drozdová, 2006). Anhand dieser älteren Haarproben wurde im Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie ein spezielles Funktionsprotokoll entworfen und optimiert. • Zur Isolierung der DNA aus den Abstrichen wurden Verfahren genutzt, die in den forensischen Laboratorien der Polizei standardgemäß zur Analyse ähnlicher Typen von Proben verwendet werden (in Zusammenarbeit mit Kapitänin Hana Svobodová von der Polizei der Tschechischen Republik).

### **Ergebnisse der genetischen Analysen aus Mendels persönlichen Gegenständen**

Aus Mendels Haaren wurde mtDNA (DNA aus Mitochondrien, kleinen Zellenorganellen, die im Allgemeinen besser erhalten bleibt und sogar in Haaren ohne Wurzel auffindbar ist) isoliert. Die Mutationen in der mitochondrialen DNA sind weltweit sehr gut beschrieben und typisch für die jeweiligen Populationen, daher bilden sie ein geeignetes Instrument zum Studium der ethnografischen Herkunft entlang der mütterlichen Linie. Zur Isolierung des genetischen Materials wurde mittels Polymerase – Kettenreaktion (PCR) ein spezifischer Abschnitt der mitochondrialen DNA vervielfältigt. Wurde diese Reproduktion vollzogen, so bedeutete es, dass in der betreffenden Probe DNA enthalten ist, falls nicht, so durfte klar sein, dass sie sich nicht erhalten hatte, beziehungsweise viel zu beschädigt war. Bei den Haaren wurde bei 6 aus insgesamt 14 Proben DNA gewonnen, bei den Abstrichen ließ sie sich bei 14 Proben aus der Gesamtzahl 41 nachweisen.



29

Mikroskopická dokumentace a roztríďení odebraných vzorků v prostorách Laboratoře biologické a molekulární antropologie při dodržení protikontaminačních opatření.

Mikroskopische Dokumentation und Sortierung der entnommenen Proben in den Räumen des Laboratoriums für biologische und molekulare Anthropologie, Naturwissenschaftliche Fakultät der Brünner Masaryk-Universität, unter Einhaltung strenger Kontaminationsschutzmaßnahmen.

Microscope documentation and the classification of samples in the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology, observing the anti-contamination precautions.

30

Obrázky z mikroskopu tří vlasů s kořínkem (a, b, c) pocházejících z Mendelovy oblíbené knihy *O původu druhů* Ch. Darwina.

Mikroskopische Bilder dreier in Mendels beliebtem Buch *Die Entstehung der Arten* von Charles Darwin vorgefundener Haare mit Wurzel (a, b, c).

Microscope images of three hairs with roots (a, b, c), found in Mendel's favourite book *On the Origin of Species* by Charles Darwin.



a

b



c

In Anbetracht dessen, wie anspruchsvoll das untersuchte Material war, kann man dieses Resultat als sehr erfolgreich betrachten. • Der Untersuchung der persönlichen Utensilien von Gregor Johann Mendel kam im gesamten Projekt eine Schlüsselrolle zu. Da es nicht bekannt war, wann genau Mendel in der Augustinergruft beigesetzt wurde, mussten seine vermutlichen Überreste durch Vergleich mit der DNA aus einer anderweitigen, unabhängigen Quelle, das heißt aus den einst in seinem Besitz befindlichen Gegenständen identifiziert werden. Die genetischen Analysen haben eine Übereinstimmung zwischen der Haarprobe aus Mendels beliebten Buch und den Skelettüberresten aus der Gruft bestätigt. Die positive Identifizierung der Überreste von Gregor Johann Mendel machte es möglich, das Projekt fortzusetzen und das ganze Genom dieser Persönlichkeit zu lesen.

## Examining the personal possessions of G. J. Mendel – the quest for DNA

From the very first stages of planning the project to study the genome of Gregor Johann Mendel, it was clear that if Mendel's remains were found in the tomb, it would not be possible to unequivocally identify them without a reference genetic material. The Augustinian tomb at the Brno Central Cemetery, where Gregor Johann Mendel is buried, has been used for more than 150 years, and the coffins are placed there more or less anonymously, and not in any order. The unequivocal identification of Gregor Johann Mendel's remains could

be carried out only genetically. The only way to obtain biological material which could serve as a source of DNA for the confirmation of Mendel's identity was to research objects which belonged to him. These objects are in the possession of the Old Brno Abbey, where they are exhibited at the Abbey's Museum as well as the Mendel Museum of Masaryk University. Owing to the helpfulness of the representatives of the Augustinian Order from St. Thomas's Abbey as well as the Mendel Museum, it was possible to inspect and analyse Mendel's personal belongings to see if it was possible, even today, to extract a sample of Mendel's biological material from them.

### The preparation for sampling

The research work at the Abbey and the Museum was carried out following strict anti-contamination precautions, the standard procedure for taking samples and researching genetic information obtained from ancient materials. This is necessary to prevent the DNA from living people contaminating the samples taken from antique artefacts. That is why all the researchers working with the samples used personal protective equipment, respirators, and gloves. The work surface was constantly being disinfected to eliminate any confounding biological material. The field research was fully documented photographically. The actual DNA sampling from the individual objects was carried out using single-use sampling tools of "DNA free" quality. • Two types of samples were searched for on the objects attributed to Gregor Johann Mendel. The first type was trichological (head, facial, and body hair), which is the most important source of ancient DNA (aDNA). These samples can most often be found in books or on objects of everyday use. The second type of sample was obtained by swabbing the surfaces of Mendel's objects, where cells might be found due to the objects' contact with his skin. In forensic sciences, this type of sample is called "touch DNA", or alternatively "trace DNA" or "transfer DNA".

## The examination of personal objects

The first part of the field research of Gregor Johann Mendel's objects took place on 21 October 2020 in the Museum of the St. Thomas Abbey. Objects which verifiably belonged to the founder of genetics were made available for research. These included: a red tablecloth, a set of silverware, a cross with a small case, and gardening tools. The final object was a wooden box containing a board game, which was known to have been played by Mendel, and which included a set of cards and pieces made of bone. • Prior to the sampling, the objects were thoroughly examined in order to choose suitable spots for taking samples, as well as the appropriate sampling technique. • The tablecloth appeared to be interesting, and a potential source of biological material of Gregor Johann Mendel. It contained red stains which seemed to be blood stains, but they could also have been drops of red wine. However, a blood test (Erba Lachema HemoPHAN), commonly used in forensic research of crime scenes, ruled out the possibility that it was blood. • The silverware, cutlery in a case, which the abbot touched regularly at every meal, was also a promising source of genetic material. However, the cutlery, placed in a wooden box, was very well polished, with no fingerprints.

## The sampling of biological material

The second part of the field research took place on 10 December 2020 and 7 January 2021 in the Mendel Museum of Masaryk University. The exposition was under renovation at the time, and therefore the objects which are a part of the permanent exhibit were available. The museum displays books, letters and documents from Mendel's estate, which at first glance showed signs that he held them in his hands or browsed through them often. Fingerprints were clearly visible on the surfaces of these books and documents. The books were thoroughly examined, page by page, with a magnifying

glass. • First, the book *On the Origin of Species* by Charles Darwin (a German translation from 1863) was examined. The page margins included notes written in Mendel's handwriting, and passages which had caught his attention were underlined. • The next object of research was the written records of Mendel's meteorological measurements, tables including a description of the first recorded tornado in the Czech lands from 13 October 1870. • Other artefacts available for sampling included Mendel's glasses and replacement lenses, two microscopes, tools for microscope use, and a cigarette case. • The last object, which was brought forward by the curator of the museum (Mgr. Zdenka Broušková), and which was not included in the original list of items, was a book titled *Popular Astronomy* (J. J. Littrow, 1825, *Populäre Astronomie*. Vienna: Heubner Verlag). Its faded and well worn pages revealed that Gregor Johann Mendel used this book often. • Surface swabs were made on the objects. Page margins in the books were examined thoroughly for possible fingerprints; the inside margins between pages can also contain traces of textile cloth or human hair. The book examination also confirmed the well-known fact that Mendel was a heavy smoker. The book pages were full of tiny bits of tobacco. Some pages showed brown fingerprints. • In sum, 27 samples of likely trichological origin were taken – 16 from the *Popular Astronomy* book, and 11 from *On the Origin of Species* – and 41 surface swabs from various objects.

## Laboratory processing of samples

After the field research was concluded, the samples were transported to the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology located on the Masaryk University campus in Brno-Bohunice (in the Department of Experimental Biology of the Faculty of Science) and to CEITEC MU, located on the campus as well. The regime for analysis of DNA from ancient biological material is very strict. The reason is that in the 1990s, results of analysis of dinosaur DNA were published,

but soon it turned out that the samples had been contaminated, and the whole field of research was discredited. At the turn of the millennium, the most prominent representatives of this field of genetics formulated binding anti-contamination precautions for working with aDNA (Cooper and Poinar, 2000; Shapiro et al., 2019). Each step of the analysis requires a separate laboratory with a small vestibule, UV lamps, closed air circulation, laminar flow cabinets, and a dust-free environment. As for all such research, in this study all consumables were of "DNA free" quality, and the work surfaces were regularly cleaned and treated with DNA-destroying agents. The manipulation of the samples in the laboratory was conducted only one sample at a time. Everyone who came into contact with the samples was subject to a DNA analysis, and their mitochondrial DNA (mtDNA) haplotype was identified to rule out any possible contamination. • Due to the time and financial demands of genetic analysis it was necessary to pick samples with the highest probability of having preserved Mendel's DNA. In trichological material this was done by microscopic analysis. Following microscopic magnification, the samples were sorted into body, head, and facial hair, and samples of non-human origin, which were excluded from further analysis. • The human trichological samples were then inspected to determine whether they contained a root or not. The presence of a root significantly increases the chances of success. The biological samples were documented in great detail during the microscope analysis, while maintaining the anti-contamination precautions. • Fourteen samples of head, facial, and body hair were selected for further genetic analysis. Most of them were severely damaged and without a root, but three samples from the book *On the Origin of Species* featured a preserved root. • A different procedure was followed in the analysis of swabs from personal objects, where there is no method to predict whether there is a chance of DNA preservation. That is why all of these samples were analysed. • DNA which is exposed

to external influences for extended periods of time tends to be severely damaged. By the action of water and oxidation, the double helix molecule breaks up into short sections and the genetic code can be altered so that it looks as if it has mutated. It was therefore necessary to proceed carefully, because all analyses are destructive and irreversible, and there was sufficient material only for one experiment. The planned procedures for the isolation of DNA from Mendel's trichological samples had to be tested first, or they would have to be created anew. This could be done using biological material which was similar and in abundance – 17th century hair from the Dietrichstein family tomb in Mikulov (Drozdová, 2006). These older hair samples were used to design and optimise a specific protocol, which proved to work well, in the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology. • The isolation of DNA from the swabs was done using procedures which are common for the analysis of a similar kind of samples in the forensic laboratories of the Police of the Czech Republic, in cooperation with Captain Hana Svobodová of the Police of the Czech Republic.

### **The results of genetic analyses of Mendel's personal items**

The mtDNA (DNA from mitochondria, small cellular organelles, which is in general easier to preserve, and is present even in hair without roots) was isolated from Mendel's hair. Mutations in mitochondrial DNA are well mapped worldwide, and they are typical for specific populations. That is why they are a suitable tool for studying ethnogeographic origin along the maternal line. After the isolation of genetic material, a specific section of mitochondrial DNA was amplified using a polymerase chain reaction (PCR). A successful amplification would mean that DNA was present in the sample, while an unsuccessful amplification shows that it was not preserved, or was too damaged to draw conclusions. We obtained DNA from six out of the total of 14 hair

samples, and in 14 out of the total of 41 swab samples. In light of the complexity of the material, this result can be considered very successful. • The analysis of Gregor Johann Mendel's personal items played a key role in the project. Since it was not known where exactly Mendel was buried in the Augustinian tomb, it was necessary to identify his presumed remains by comparing the DNA with that from an independent source, in this case his personal belongings. Genetic analyses confirmed a correspondence between the sample of a hair from Mendel's favourite book and skeletal remains from the tomb. The positive identification of Gregor Johann Mendel's remains paved the way for proceeding with the project and reading his entire genome.

Cesta třetí:

<sup>73</sup> Archeologický výzkum augustiniánské hrobky

Dritter Weg:

<sup>76</sup> Archäologen in der Augustinergruft

Third way:

<sup>83</sup> Archaeological research on the Augustinian tomb



31

Pohled na augustiniánskou hrobku na  
Ústředním hřbitově v Brně.

Ansicht der Augustinergruft auf dem Brünner  
Zentralfriedhof.

A view of the Augustinian tomb at the Brno  
Central Cemetery.



32

Archeologický výzkum v rámci hrobky.

Archäologische Forschung im Gruftraum.

Archaeological research within the tomb.

# Archeologický výzkum augustiniánské hrobky

Archeologický výzkum při vyzvednutí ostatků Gregora Johanna Mendela provedl tým sestavený z archeologů společnosti Archaia Brno ve spolupráci s pracovníky Ústavu archeologie a muzeologie Filozofické fakulty Masarykovy univerzity. Vzájemná spolupráce obou institucí se osvědčila již při několika předchozích projektech. Vyzvedávání lidských kosterních ostatků se od vzniku brněnského pracoviště společnosti Archaia stalo pro jeho zaměstnance takřka každodenní praxí. Za čtvrtstoletí své existence uskutečnila vyzvednutí ostatků tisíců pohřbených jedinců při rozličných příležitostech, většinou v rámci záchranných archeologických výzkumů v Brně prováděných v souvislosti s rozmanitou stavební činností, která narušila pravěká a raně středověká pohřebiště nebo vrcholně středověké či novověké hřbitovy. Zkoumána byla v uplynulých desetiletích také specifická pohřební místa, například kostnice, krypty kostelů a masové hroby (Holub et al., 2006; Merta & Sedláčková, 2013; Zůbek, 2013, 2018; Živný, 2010). Výzkum při vyzvedávání ostatků Gregora Johanna Mendela byl však výjimečný ve dvou směrech. Oproti ostatním jmenovaným akcím se uskutečnil v areálu funkčního hřbitova a jeho předmětem se staly ostatky známé osoby, ve srovnání se zástupy bezjmenných zemřelých z většiny dosud zkoumaných hrobů. V tomto ohledu nešlo v rámci České republiky o výjimečnou akci, neboť za pomoci archeologie byly v nedávné době vyzvednuty i ostatky dvou významných osobností, Tychona de Brahe a faráře Josefa Toufara (Kacki et al., 2018; Havrda, 2015).

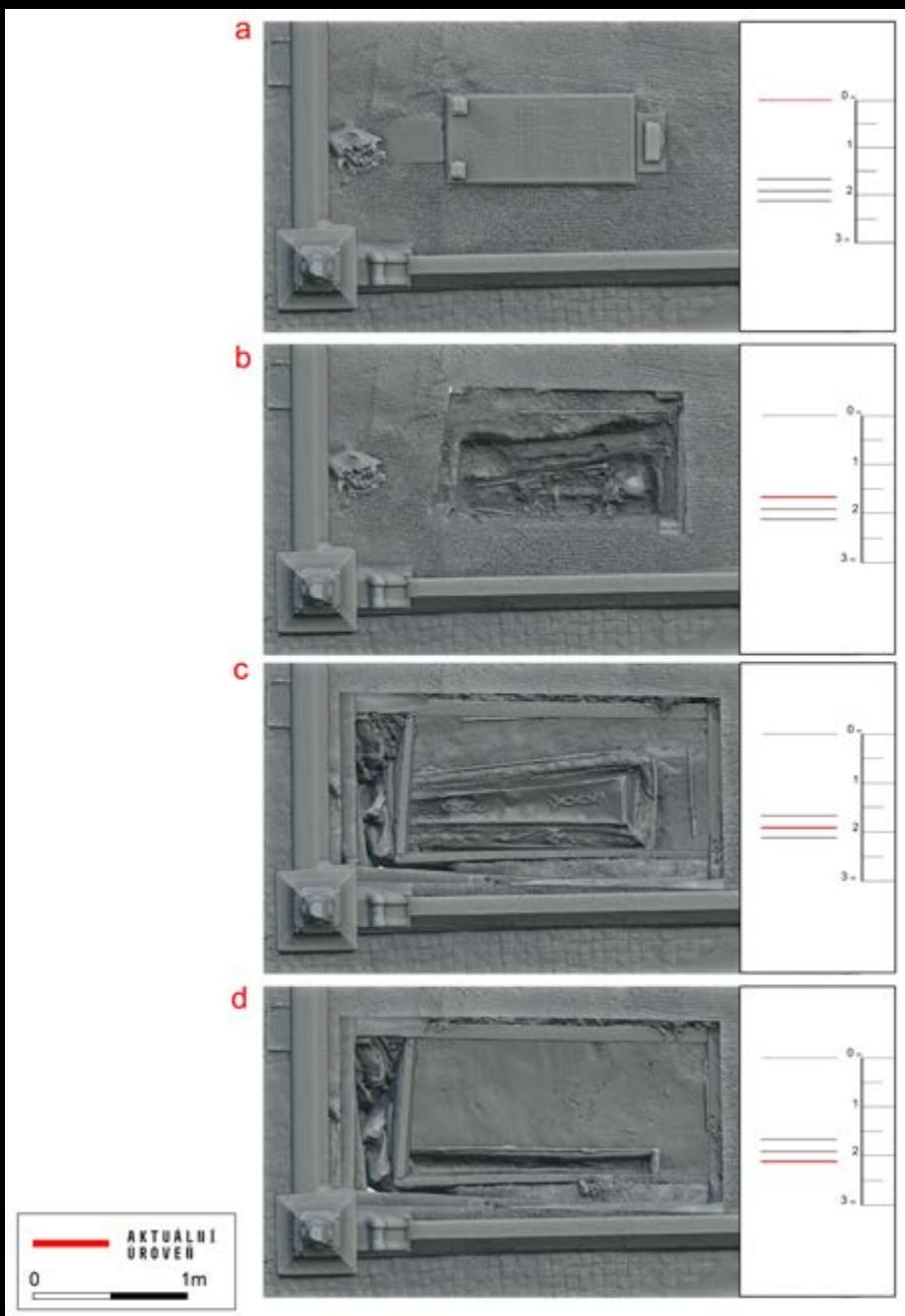
## Výzkum hrobky

Důvodů pro zapojení archeologických metod do projektu bylo několik. Vzhledem k tomu, že augustiniánská hrobka byla před několika lety rekonstruována, byly zde specifické požadavky památkářů na práce v jejím prostoru. Na základě nápisu na náhrobku bylo také známo, že v hrobové jámě jsou uloženy ostatky celkem čtyř osob, z nichž byl Gregor Johann Mendel pohřben jako první, a to ještě před výstavbou hrobky. Existovalo zde tedy riziko, že právě jeho ostatky mohly být narušeny mladšími pohřby. Z tohoto pohledu byla důležitá přesná identifikace jednotlivých pohřbených, podepřená podrobnou fotografickou, geodetickou a písemnou dokumentací. Před zahájením výzkumu jsme si nemohli být jistí ani stupněm dochování a ztotožněním odebraných vzorků DNA při prokazování Mendelovy totožnosti. V neposlední řadě byly archeologické metody důležité při odkrývání pohřební výbavy a její konzervaci. • Díky nabytým zkušenostem, zavedené metodice a prověřeným postupům proběhla terénní část výzkumu po archeologické stránce bez problémů. Komplikace nastaly pouze v technické rovině prací, kvůli které byla doba výzkumu prodloužena z plánovaných čtyř až pěti dnů na dlouhé dva týdny (14. až 28. června 2021). Původní časový odhad vycházel z předpokladu řádného uložení jednotlivých pohřbů nad sebou, tak jak je to dosud uvedeno na náhrobku. Svou roli hrálo i přání účastníků projektu realizovat terénní práce co nejrychleji a s minimálním zásahem do augustiniánské hrobky, postavené v roce 1885, tedy téměř dva roky po smrti Gregora Johanna Mendela. Skutečná situace v uložení pohřbených jedinců si však v průběhu prací vyžádala zvětšení půdorysu realizovaného výkopu a postupné zajištování jeho statiky a okolních konstrukcí augustiniánské hrobky. Musel být upraven postup prací navrhovaný v projektu o provedení podpůrných a pomocných stavebně restaurátorských prací při archeologickém odkryvu hrobového místa. Nejnáročnější bylo vyjmutí

Dokumentace jednotlivých pohřbů pracovníky 3D laboratoře Ústavu archeologie a muzeologie FF MU: náhrobník G. J. Mendela (a); pohřeb Ambrosia Drábka (č. 800) (b); pohřeb č. 802 v kovové rakvi (c); pohřeb G. J. Mendela v kovové rakvi (č. 804) (d).

Dokumentation der einzelnen Bestattungen durch die Mitarbeiter des 3D Labors des Instituts für Archäologie und Museologie der Philosophischen Fakultät der Brünner Masaryk-Universität: Das Grabmal von G. J. Mendel (a); Die Bestattung von Ambrosius Drábek (Nr. 800) (b); Bestattung Nr. 802 im Metallsarg (c); G. J. Mendels Bestattung im Metallsarg (Nr. 804) (d).

Documentation of individual burials by staff of the 3D laboratory at the Department of Archaeology and Museology, Faculty of Arts, Masaryk University: G. J. Mendel's tombstone (a); the burial of Ambrosius Drábek (No. 800) (b); burial No. 802 in a metal coffin (c); the burial of G. J. Mendel in a metal coffin (No. 804) (d).



nejstaršího a nejhlouběji uloženého pohřbu, jehož kovová rakev se z většinové části nacházela pod základovým zdivem mladší hrobky v úrovni 2,5 m pod současným terénem.

### Exkavace ostatků

Vlastní exkavace sestávala ze dvou základních částí, postupného snižování hrobových zásypů a odkrývání jednotlivých pohřbů. Vyjmutí kosterních ostatků probíhalo vždy ve vzájemné spolupráci s týmem z Laboratoře biologické a molekulární antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, který se soustředil na odběr částí skeletu vybraných pro získání příslušných vzorků na DNA analýzu a zajišťoval ho. Kosterní ostatky prvních dvou jedinců byly odebrány přímo v prostoru hrobové jámy, další pohřby, které byly uloženy v kovových rakvích, byly s nimi vyjmuty a převezeny do uzavřených a příhodně temperovaných prostor márnice v areálu Ústředního hřbitova. Výzkum vlastních pohřbů se tam uskutečnil v bezprostřední návaznosti. Veškerý antropologický materiál byl zajištěn týmem z Přírodovědecké fakulty a převezen na jeho specializované pracoviště za účelem provedení požadovaných analýz. • Ze zkoumaného prostoru byly vyzvednuty kosterní ostatky pěti nebožtíků. Podle archeologické metodiky byly označeny číslicemi 800, 801, 802, 803 a 804. První byl odhalen pohřeb 800, původně uložený v dřevěné rakvi, která v hrobě podlehla rozkladu. Pod ním se nacházely neanatomicky uložené ostatky pohřbu 801. Ležely na víku kovové rakve. V ní byly pohřbeny ostatky jedince 802 a jako přídatný pohřeb byly uvnitř umístěny jednotlivé kosti pohřbu 803. Bezprostředně pod rakví byla odkryta další kovová rakev s pohřbem 804. Šlo o nejstarší pohřeb, žádné další ostatky se v hrobové jámě nenacházely. • Počet vyzvednutých jedinců je ve výrazném rozporu s údaji, které uvádí příslušná náhrobní deska. Na ní jsou totiž zapsáni pouze čtyři bratři augustiniáni: G. J. Mendel († 1884), A. J. Slovák († 1906), G. Jokl († 1929), A. Drábek († 1945). Pomineme-li „kacířskou“ myšlenku, že

deska nenáleží k příslušnému hrobu, mělo by dojít ke ztožnění uvedených osob s vyzvednutými pohřby a určení totožnosti přídatného jedince, který není na náhrobnku zapsán. Příspěvek archeologického výzkumu je v tomto směru minimální. Hlavní slovo při řešení otázky by mohla v budoucnu přinést podrobná archivní rešerše, konfrontovaná s výsledky antropologické analýzy a DNA kosterních ostatků.

- Nezpochybnitelné indicie získala archeologie především pro určení totožnosti nejstaršího pohřbu, 804. Již uložení do kovové rakve svědčilo pro pohřeb význačného představitele rádu. Pohřeb se navíc nacházel částečně pod základem augustiniánské hrobky, která měla být instalována v roce 1885, tedy až po smrti Gregora Johanna Mendela. Součástí výstelky rakve byl navíc fragment dobové tiskoviny z října 1883. Vzhledem k funkci a předpokládaným zvyklostem lze počítat s tím, že tiskovina pochází z krátkého období před pohřbením příslušné osoby. Ostatky Gregora Johanna Mendela tedy byly celkem spolehlivě identifikovány ještě před analýzou DNA.
- S jistotou lze určit i Ambrosia Drábka, který byl pochován ve společném hrobě jako poslední v roce 1945 a nalezi mu nejvíce uložené ostatky, označené jako 800. U zbylých tří pohřbených při nesouladu terénní situace s údaji na náhrobnku nenabízí archeologie jednoznačnou možnost ztožnění s konkrétními osobami. V tomto ohledu může pomoci pouze antropologický posudek či DNA. Lze ještě podotknout, že situace s přídatným jedincem v první kovové rakvi je značně neobvyklá.
- Dřevěná rakev nejmladšího pohřbu, 800, podlehla v hrobové jámě rozkladu. K její přesné podobě se tudíž nelze vyjádřit, určit bude možné pouze druh užitého dřeva. V dřevěné rakvi byl původně uložen i jedinec, kterého jsme označili 801, jeho pohřební schránka však byla při následném pohřívání z hrobu vyjmuta. Podoba dalších dvou, v tomto případě kovových rakví odpovídá závěru 19. a počátku 20. století. Mladší kovová rakev pohřbu 802 měla zdobnější charakter, oproti tomu styl rakve Gregora Johanna Mendela (804) byl výrazně strohý. Přesný rozbor

užitého materiálu nebyl dosud proveden. Běžně užívanými byly především slitiny cínu nebo zinku. Podle dobových zvyklostí byly rakve vybaveny výstelkou z organických materiálů, pod hlavou pohřbeného označeného 802 byl identifikován polštář.

### Mobiliář z rakví

Přítomný mobiliář představovaly takřka výhradně předměty z pohřební výbavy pochovaných augustiniánských bratří. Zachovaly se části textilního oděvu a kožené obuv. V lepším stavu byla pohřební roucha v kovových rakvích, zejména pohřbu 802. Pohřby v dřevěných rakvích obsahovaly jen nepatrné zbytky textilií a kožené pásky. Zemřelí byli vybaveni také předměty osobní zbožnosti – především křížky a růženci. Kříže byly dřevěné s kovovou plastikou Krista nebo celokovové ze slitin mědi. Nepřímou indicií pro identifikaci pohřbu 804 jakožto ostatků Gregora Johanna Mendela byla absence pektoralního kříže, který býval obvykle zesnulým ponechán. Mendelův pektorál je dodnes uložen v muzeu na Starém Brně. Pektoralní kříže s uloženými ostatky svatých byly nošeny zavěšené na prsou. V římskokatolické církvi ho původně nosil jen papež, později také další významní preláti (kardinálové, arcibiskupové, biskupové a opati). V tomto ohledu je kříž nalezený u pohřbu 802 určitým vodítkem k poznání totožnosti zemřelého. Společně s rouchem poukazují na význačného představitele rádu. • Přestože se nakonec podařilo Gregora Johanna Mendela identifikovat i za pomoci analýzy DNA, zanechala archeologická metoda budoucím generacím přinejmenším kvalitní dokumentaci celého hrobu a sadu předmětů z pohřební výbavy, které budou součástí expozice Mendelova muzea v opatství augustiniánů na Starém Brně.

## Archäologen in der Augustinergruft

Die archäologische Untersuchung anlässlich der Aushebung von Gregor Johann Mendels Überresten wurde von einem aus den Archäologen der Gesellschaft Archaia Brno gemeinsam mit den Forschern des Instituts für Archäologie und Museologie der Philosophischen Fakultät der Masaryk-Universität bestehendem Team vorgenommen. Die wechselseitige Zusammenarbeit beider Institutionen hatte sich bereits bei einigen früheren Projekten bewährt. Die Aushebung menschlicher Skeletttüberreste wurde seit der Entstehung der Brünner Arbeitsstätte der Gesellschaft Archaia für deren Mitarbeiter zu fast täglicher Praxis. Während des Vierteljahrhunderts ihrer Existenz realisierte sie die Bergung der Überreste tausender begrabener Personen bei verschiedensten Gelegenheiten, zumeist im Rahmen rettungsorientierter archäologischer Forschungen in der Stadt, die im Zusammenhang mit diversen Bautätigkeiten, welche Begräbnisstätten aus Urzeit und frühem Mittelalter sowie hochmittelalterliche und neuzeitliche Friedhöfe beeinträchtigt hatten, durchgeführt wurden. Erforscht wurden in den letzten Jahrzehnten auch spezifische Bestattungsorte, beispielsweise Beinhäuser, Kirchenkrypten und Massengräber (Holub et al., 2006; Merta & Sedláčková, 2013; Zábek, 2013, 2018; Živný 2010). Die im Zusammenhang mit der Bergung von Gregor Johann Mendels Überresten verlaufende Forschung war allerdings in zweierlei Hinsicht eine Ausnahme. Im Unterschied zu den soeben erwähnten Aktionen verlief sie im Areal eines Friedhofs, der aktuell seine Funktionen erfüllt, und der Untersuchungsgegenstand waren Überreste einer bekannten Person im Gegensatz zu den Scharen von namenlosen Verstorbenen aus den meisten

bisher erforschten Gräbern. Im Rahmen der Tschechischen Republik handelte es sich diesbezüglich allerdings um keine Ausnahme, mit Hilfe der Archäologie wurden vor einigen Jahren die Überreste zweier bedeutender Persönlichkeiten, des Astronomen Tycho der Brahe und des vom kommunistischen Regime verfolgten und letztendlich auch getöteten Pfarrers Josef Toufar (Kacki et al., 2018; Havrda, 2015).

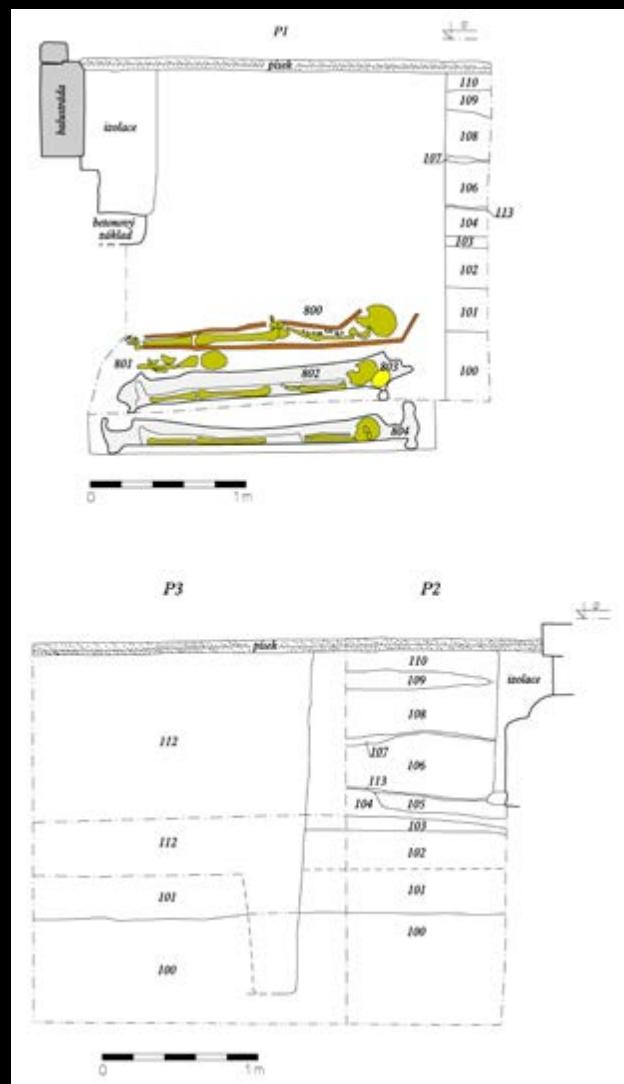
### **Die Untersuchung der Gruft**

Für die Einbindung archäologischer Methoden in das Projekt gab es mehrere Gründe. In Anbetracht dessen, dass die Augustinergruft vor einigen Jahren rekonstruiert wurde, lagen spezifische Forderungen der Denkmalschützer hinsichtlich der Arbeiten in deren Raum vor. Aus der Grabanschrift geht auch hervor, dass in der betreffenden Bestattungsgrube die Überreste von vier Personen begraben sind und dass dort Gregor Johann Mendel als erster beigesetzt wurde, dies sogar noch vor der Errichtung der Gruft. Unter diesen Voraussetzungen war gerade die genaue, auf eine ausführliche fotografische, geodätische und schriftliche Dokumentation gestützte Identifizierung der einzelnen Bestatteten äußerst wichtig. Vor dem Beginn der Forschungen konnten wir uns nicht einmal hinsichtlich des Erhaltungszustands und der Valenz der entnommenen DNA-Proben zum Nachweis von Mendels Identität sicher sein. Und nicht zuletzt waren archäologische Methoden äußerst hilfreich bei der Freilegung der Begräbnisausstattung und deren Konservierung hilfreich. • Dank den erlangten Erfahrungen, der beherrschten Methodik und den bewährten Verfahrensweisen verlief die Terrainphase der Forschungen in archäologischer Hinsicht problemlos. Komplikationen sind lediglich auf der technischen Ebene der Arbeiten aufgetreten, so dass die Untersuchungszeit von den geplanten vier bis fünf Tagen auf lange zwei Wochen (vom 14. bis 28. Juni 2021) verlängert werden musste. Die ursprüngliche Zeiteinteilung war von der Annahme einer

geordneten Lagerung der einzelnen Begräbnisse übereinander ausgegangen, so, wie es bis jetzt auf dem Grabstein geschrieben steht. Eine gewisse Rolle spielte auch der Wunsch der Projektbeteiligter, die Terrainarbeiten so schnell wie möglich und mit einem minimalen Eingriff in die 1885, also fast zwei Jahre nach Gregor Johann Mendels Tod erbaute Augustinergruft durchzuführen. Die tatsächliche Situation in Bezug auf die Lokalisierung der begrabenen Personen erforderte im Laufe der Arbeiten eine Vergrößerung des Durchmessers der realisierten Ausgrabung und die schrittweise Sicherung sowohl ihrer Statik, als auch der umliegenden Konstruktionen der Augustinergruft. Das im Projekt vorgeschlagene Verfahren zur Realisierung der Stützmaßnahmen und baulich- restaurativer Hilfsarbeiten bei der archäologischen Freilegung der Grabstätte musste abgeändert werden. Am schwierigsten war die Bergung der ältesten und am tiefsten lokalisierten Beisetzung, deren Metallsarg sich großenteils unter dem Fundamentmauerwerk der jüngeren Gruft in einer Tiefe von 2,5 m unter dem gegenwärtigen Terrain befand.

### **Die Exkavation der Überreste**

Die eigentliche Exkavation bestand aus zwei Grundetappen, einer schrittweisen Abtragung der Grabzuschüttungen und der Freilegung der einzelnen Bestattungen. Die Aushebung der Skelettüberreste erfolgte stets in enger Zusammenarbeit mir dem Team des Laboratoriums für biologische und molekulare Anthropologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität, das auf die Entnahme der für eine DNA-Analyse erforderlichen Proben und deren Sicherung fokussiert war. Die Skelettüberreste der ersten beiden Personen wurden direkt im Grubenraum entnommen, die weiteren Bestatteten, die sich in Metallsärgen befanden, wurden mit ihnen ausgehoben und in die geschlossenen, günstig temperierten Räume der Leichenhalle im Areal des Zentralfriedhofs überführt. Die Untersuchung

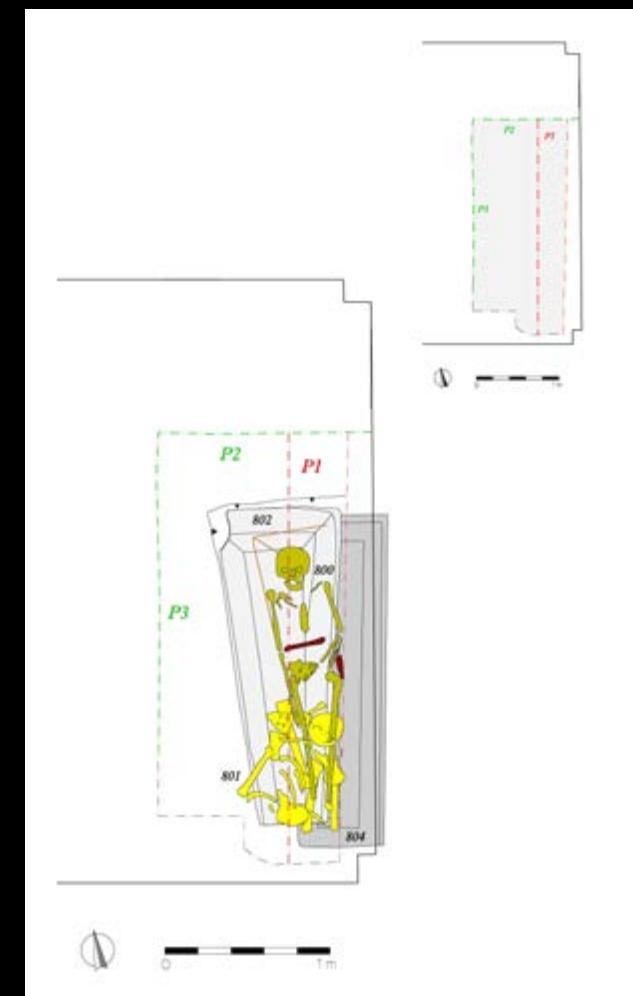


34

Situace jednotlivých pohřbů v řezu hrobové jámy.

Situierung der einzelnen Bestattungen im Schnitt der Grube.

The layout of individual burials in the cross-section of the grave.



35

Situace jednotlivých pohřbů zakreslená na sebe.

Situierung der einzelnen Bestattungen, übereinander gezeichnet.

The layout of the individual burials on top of each other.



36

Preparace pohřbu č. 800, Ambrosia Drábka.

Präparierung der Bestattung Nr. 800, Ambrosius Drábek.

The preparation of burial No. 800, Ambrosius Drábek.

37

Dokumentace hrobové výbavy Ambrosia Drábka (č. 800).

Das Dokumentieren der Grabausrüstung von Ambrosius Drábek (Nr. 800).

The documentation of Ambrosius Drábek's grave equipment (No. 800).

38

Vypreparované kosterní ostatky Ambrosia Drábka (č. 800).

Die exhumierten Skeletüberreste von Ambrosius Drábek (Nr. 800).

Exhumed skeletal remains of Ambrosius Drábek (No. 800).





39

Preparace dislokovaných kostí pohřbu č. 801, uloženého na kovové rakvi č. 802.

Präparation der auf dem Metallsarg Nr. 802 gelagerten dislozierten Knochen der Bestattung Nr. 801.

The preparation of the dislocated bones of burial No. 801, placed on top of metal coffin No. 802.

der eigentlichen Bestattungen erfolgte in unmittelbarem Anschluss daran. Das sämtliche anthropologische Material wurde vom Team der Naturwissenschaftlichen Fakultät der MU sichergestellt und zwecks Durchführung entsprechender Analysen in dessen spezialisierte Forschungsstätte gebracht. • Aus dem untersuchten Raum wurden die Überreste von fünf Verstorbenen geborgen und gemäß der archäologischen Methodik mit den Nummern 800, 801, 802, 803 und 804 gekennzeichnet. Als erste wurde die Beisetzung 800, ursprünglich mit einem hölzernen Sarg, der im Grab der Zersetzung anheimfiel, versehen, freigelegt. Darunter befanden sich nichtanatomisch gelagerte Überreste der Beisetzung 801. Sie lagen auf dem Deckel eines Metallsarges, in dem die Überreste der Person 802 enthalten waren. Zusätzlich befanden sich darin einzelne Knochen der Bestattung 803. Unmittelbar darunter wurde ein weiterer Metallsarg mit der Bestattung 804 entdeckt. Es war das älteste Begräbnis, in der Grube wurden keine weiteren Überreste vorgefunden. • Die Anzahl der exhumierten Toten widerspricht auf fallend den Angaben auf der dazugehörigen Grabtafel. Dort werden nämlich nur vier Augustinerbrüder verzeichnet: G. J. Mendel († 1884), A. J. Slovák († 1906), G. Jokl († 1929) und A. Drábek († 1945). Wenn wir von dem „ketzerischen“ Gedanken absehen, dass die Tafel möglicherweise nicht zum betreffenden Grab gehört, so sollte eine Identifizierung der dort genannten Personen mit den ausgehobenen Bestattungen samt Identitätsbestimmung der zusätzlichen Person, deren Name die Grabtafel nicht verzeichnet, erfolgen. Der Beitrag der archäologischen Forschung ist diesbezüglich minimal. Das Hauptwort könnte in Zukunft eine mit Ergebnissen der anthropologischen Untersuchung und der DNA-Analyse von Skelettüberresten konfrontierte Archivrecherche sprechen. • Unbezweifelbare Indizien gewann die Archäologie vornehmlich für die Bestimmung der ältesten Bestattung mit der Nummer 804. Schon die Beisetzung in einem metallenen Sarg sprach für einen

bedeutenden Vertreter des Ordens. Der Begräbnisort lag außerdem zum Teil unter dem Fundament der Augustinergruft, die im Jahre 1885, also erst nach dem Tod von Gregor Johann Mendel, errichtet werden sollte. Zur Auskleidung des Sarges gehörte übrigens auch das Fragment einer Zeitung aus dem Jahre 1883. In Anbetracht der Funktion und der miterwogenen Zeitgepflogenheiten kann angenommen werden, dass dieser Fund aus einer Zeit kurz vor der Bestattung der betreffenden Person stammt. Somit konnten die Überreste von Gregor Johann Mendel noch vor der DNA-Analyse recht zuverlässig identifiziert werden. • Mit Sicherheit lässt sich auch die Identität von Ambrosius Drábek, der im Jahre 1945 als letzter im gemeinsamen Grab beigesetzt wurde und dem die am höchsten lagernden, mit der Nummer 800 bezeichneten Überreste gehören, bestimmen. Bei den restlichen drei Begrabenen bietet die Archäologie angesichts der Nichtübereinstimmung der Terrainsituation mit den Angaben auf dem Grabmal keine eindeutige Möglichkeit ihrer Identifizierung mit konkreten Personen. Hier kann lediglich eine anthropologische Untersuchung oder DNA weiterhelfen. Es ist lediglich anzumerken, dass die Situation mit den beigefügten Überresten einer weiteren Person im ersten Metallsarg höchst ungewöhnlich ist. • Der hölzerne Sarg der letzten Bestattung, 800, ist in der Grube vermodert. Zu dessen genauem Aussehen kann man sich daher nicht äußern, es wird sich lediglich die verwendete Holzart bestimmen lassen. In einem hölzernen Sarg wurde auch jene Person, die wir mit der Nummer 801 bezeichnet haben, ins Grab gelegt, ihr Bestattungsschrein wurde jedoch bei den nachfolgenden Beisetzungen aus dem Grab entfernt. Die Gestaltung der beiden anderen, in diesen Fällen metallenen Särge entspricht dem Ausgang des 19. und Beginn des 20. Jahrhunderts. Der jüngere Metallsarg der Bestattung 802 war geschmückter, der Stil von Gregor Johann Mendels Sarg (804) war hingegen ausgesprochen schlicht. Eine genaue Analyse des verwendeten Materials wurde bisher nicht durchgeführt. Es wurden



40

Odběr dislokovaných kostí pohřbu č. 801, uloženého na kovové rakvi č. 802.

Entnahme der auf dem Metallsarg Nr. 802 gelagerten dislozierten Knochen der Bestattung Nr. 801.

The collection of the dislocated bones of burial No. 801, placed on top of metal coffin No. 802.



41

Odběr vzorků antropology.

Probenentnahme durch Anthropologen.

Anthropologists taking samples.

üblicherweise insbesondere Zinn- oder Zinklegierungen verwendet. Gemäß den Zeitgepflogenheiten wurden die Särge mit organischen Stoffen ausgekleidet, unter dem Kopf des mit der Nummer 802 gekennzeichneten Begrabenen konnte ein Kissen identifiziert werden.

### **Die innere Ausstattung der Särge**

Die inneren Funde waren ausschließlich Gegenstände aus der Begräbnisausstattung der beigesetzten Augustinerbrüder. Es haben sich Teile von Bekleidungstextilien und Lederschuhen erhalten. Im besseren Zustand waren die Bestattungsgewänder in den Metallsärgen, vornehmlich beim Begräbnis 802. Die Beisetzungen in hölzernen Särgen enthielten nur geringe Reste von Textilien sowie Ledergurte. Den Verstorbenen wurden auch Gegenstände persönlicher Frömmigkeit, insbesondere Kreuze und Rosenkränze beigegeben. Die Kreuze waren aus Holz, mit einer metallenen Christus-Plastik, oder aber ganz aus Metall, das heißt Kupferlegierungen. Ein indirektes Indiz zur Identifizierung des Begräbnisses 804 als der Überreste von Gregor Johann Mendel war das Fehlen des Pektoralkreuzes, das gewöhnlicherweise den Verstorbenen belassen wurde. Mendels Pektorale wird heute im Altbrünner Museum aufbewahrt. Pektoralkreuze mit Heiligenreliquien wurden an einer Kordel oder Kette gehängt auf der Brust getragen. In der römisch-katholischen Kirche gebührte das Pektorale ursprünglich nur dem Papst, später dann auch weiteren bedeutenden Prälaten (Kardinälen, Erzbischöfen, Bischöfen und Äbten). Daher ist das bei der Bestattung 802 vorgefundene Kreuz ein gewisser Hinweis zur Identitätsbestimmung des Verstorbenen. Gemeinsam mit der Gewandung lässt es auf einen bedeutenden Vertreter des Ordens schließen. • Selbst wenn es letztendlich gelang, Gregor Johann Mendel mittels DNA-Analyse zu identifizieren, hinterließ auch die Untersuchung mit archäologischen Methoden den nachfolgenden Generationen zumindest eine wertvolle Dokumentation der gesamten Grabstätte sowie eine

Kollektion von Gegenständen der Begräbnisausstattung, die künftig Bestandteil der Exposition des Mendel-Museums in der Altbrünner Augustinerabtei sein werden.

## **Archaeological research on the Augustinian tomb**

The archaeological research during the exhumation of the remains of Gregor Johann Mendel was carried out by a team of archaeologists from Archaia Brno in cooperation with the Department of Archaeology and Museology of the Faculty of Arts of Masaryk University. The two institutions had cooperated on several previous projects. The exhumation of human skeletal remains has become an almost daily practice for Archaia's employees since the establishment of the company's Brno office. Over the quarter of a century of its existence, it has recovered the remains of thousands of buried individuals on many occasions, mostly as part of rescue archaeological excavations in Brno carried out in connection with various construction activities that disrupted prehistoric and early medieval burial sites or high medieval or modern cemeteries. Specific burial sites such as ossuaries, church crypts and mass graves have also been investigated in recent decades (Holub et al., 2006; Merta & Sedláčková, 2013; Žubek, 2013, 2018; Živný, 2010). However, the research in retrieving the remains of Gregor Johann Mendel was exceptional in two ways. Unlike these other activities, this project took place on the grounds of a functioning cemetery and its subject was the remains of a known person, compared to the prior exhumations from the graves of multitudes of nameless deceased. In this respect, the project was not

unprecedented in the Czech Republic, as the remains of two important personalities, Tycho de Brahe and the priest Josef Toufar, were recently disinterred with the help of archaeological methods (Kacki et al., 2018; Havrda, 2015).

### **Research on the tomb**

There were several reasons for incorporating archaeological methods into the project. Because the Augustinian tomb had been reconstructed several years before, there were specific requirements by the authorities related to conservation for any work around it. Based on the inscription on the tombstone, it was known that the tomb vault contained the remains of a total of four people, of whom Gregor Johann Mendel was the first to be buried, which had been put in place before the construction of the tomb. There was therefore a risk that his remains in particular may have been damaged or disturbed by the more recent burials. From this point of view, accurate identification of the individual burials, supported by detailed photographic, geodetic and written documentation, was important. Before the research began, we could not be sure of the degree of preservation and the possibility of using DNA samples to prove Mendel's identity. Last but not least, archaeological methods were important in the physical unearthing and preservation of the funeral equipment, such as garments and devotional items. • Thanks to previous experience, established methodology and proven procedures, the archaeological dimension of the fieldwork was carried out without any problems. The only complications occurred in the technical aspect of the work, which resulted in the extension of the research period from the planned four to five days to a long two weeks (14–28 June 2021). The original time estimate was based on the assumption of proper placement of the individual coffins on top of each other, as indicated on the tombstone. Another factor was the desire of the project participants to carry out the fieldwork as quickly as possible and with minimal interference to the Augustinian

tomb, which was built in 1885, almost two years after the death of Gregor Johann Mendel. However, the actual conditions of the buried coffins made it necessary to enlarge the area of the excavation during the course of the work and to gradually secure the statics and the integrity of the structures surrounding the Augustinian tomb. It was necessary to modify the project's proposed work procedure to carry out supporting and auxiliary construction and restoration work during the archaeological excavation of the grave site. The most challenging task was the retrieval of the oldest and deepest coffin, which was for the most part located beneath the foundation wall of the newer tomb at a depth of 2.5 metres below the present ground level.

### **Excavation of the remains**

The excavation itself consisted of two principal phases, the gradual removal of grave backfills and the uncovering of individual bodies. The removal of the skeletal remains was always carried out in cooperation with a team from the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology of the Faculty of Science of Masaryk University, which focused on and carried out the removal of skeletal parts to obtain relevant samples for DNA analysis. The skeletal remains of the first two individuals were removed directly from the grave, while the other bodies, which were contained in metal coffins, were removed with them and transported to an enclosed and climate controlled mortuary area within the grounds of the Central Cemetery. Research on the recovered remains took place there immediately afterwards. All the anthropological material was assembled by a team from the Faculty of Science and transported to a specialised work space to carry out the necessary analyses. • The skeletal remains of five deceased persons were recovered from the investigated area. Following archaeological procedures, they were marked with the numbers 800, 801, 802, 803 and 804. Burial 800 was the first to be uncovered, originally placed in a wooden

coffin that had succumbed to decomposition in the grave. Below this burial there were the remains of burial 801, lying in a non-anatomically correct position. They were situated on the lid of a metal coffin. The remains of individual 802 were buried within this coffin and, as in addition, the bones of individual 803 were placed within as well. Immediately beneath this coffin, another metal coffin containing burial 804 was uncovered. This was the earliest burial, and no other remains were found in the grave. • The number of individuals recovered contrasts starkly with the information on the corresponding gravestone. Only four Augustinian brothers are listed on the tombstone: G. J. Mendel († 1884), A. J. Slovák († 1906), G. Jokl († 1929), and A. Drábek († 1945). Setting aside the “heretical” notion that the plaque might not belong to the grave in question, we should be able to identify the listed persons among the recovered remains and determine the identity of the additional individual whose name is not inscribed on the tombstone. The contribution of archaeological methods is minimal in this respect. Detailed archival research, triangulated with the results of anthropological analysis and DNA analysis of the skeletal remains, would contribute most to solving the question in the future. • The archaeological work obtained invaluable clues, especially for determining the identity of the earliest burial, number 804. The placement of the body in a metal coffin itself indicated the burial of a prominent member of the Order. Moreover, the burial was located partially under the foundation of the Augustinian tomb, which was installed in 1885, i.e. after the death of Gregor Johann Mendel. In addition, the coffin lining included a fragment of a period publication from October 1883. Given the function of the paper and presumed customs of the time, it can be assumed that the periodical dates from a short period before the burial of the person in question. The remains of Gregor Johann Mendel were therefore quite reliably identified even before the DNA analysis. • Ambrosius Drábek, who was the last one buried in the common grave

in 1945, can also be identified with certainty. His remains, marked 800, were located at the uppermost level. For the other three bodies, archaeological analysis cannot offer a positive identification of specific persons, given the inconsistency of the field conditions, specifically the data on the tombstone. In this respect, only an anthropological examination or DNA analysis can help. It may be further noted that the situation with the additional individual in the first metal coffin is highly unusual. • The wooden coffin of the most recent burial, number 800, succumbed to decomposition in the grave. It is therefore impossible to comment on its exact form; it is only possible to determine the type of wood used. The wooden coffin originally also contained the individual we have identified as 801, but his coffin was removed from the grave during subsequent burials. The appearance of the other two coffins, made of metal, is consistent with coffins from the late 19th and early 20th centuries. The later metal coffin of burial number 802 is more ornate, while the style of the coffin of Gregor Johann Mendel (804) was markedly austere. A detailed analysis of the material used has not yet been made. Tin or zinc alloys were commonly used at the time. According to contemporary practice, the coffins were lined with organic materials, and a cushion was lying under the head of the coffin marked 802.

### Contents of the coffins

The contents were almost exclusively objects from the funerary equipment of the buried Augustinian brothers. Parts of textile clothing and leather shoes were preserved. In the metal coffins, especially in that of number 802, the burial clothes were in better condition. The wooden coffins contained only scant remnants of textiles and leather bands. The deceased were also provided with items of personal devotion – especially crosses and rosaries. The crosses were wooden with a metal sculpture of Christ, or fully metal made of copper alloys. An indirect indication for the identification of



42

Vypreparovaná kovová rakev pohřbu č. 802.

Der präparierte Metallsarg der Bestattung Nr. 802.

Prepared metal coffin of burial No. 802.

44

Detail kovové rakve G. J. Mendela, stlačené vahou hlíny pod základem hrobky.

Detail des durch das Gewicht der Erde unter das Fundament der Gruft eingedrückten Metallsarges von G. J. Mendel.

A close-up of G. J. Mendel's metal coffin, compressed by the weight of the dirt under the tomb's foundation.

43

Kovová rakev G. J. Mendela, zasahující do profilu pod základem hrobky.

G. Mendels Metallsarg, in das Profil unter dem Fundament der Gruft vordringend.

Metal coffin of G. J. Mendel, extending under the tomb's foundation.

45

Preparace rakve G. J. Mendela.

Präparierung des Sarges von G. J. Mendel.

The preparation of G. J. Mendel's coffin.

46

Pektorální kříž z kovové rakve hrobu č. 802.

Das Pectoralkreuz aus dem Metallsarg der Bestattung Nr. 802.

The pectoral cross from the metal coffin of grave No. 802.



number 804 as the remains of Gregor Johann Mendel was the absence of a pectoral cross, which was usually left with the deceased. Mendel's pectorale is still preserved in the museum in Old Brno. The pectoral crosses with relics of the saints were worn on the chest. In the Roman Catholic Church, such a cross was originally worn only by the Pope, but later also by other important prelates (cardinals, archbishops, bishops and abbots). In this respect, the cross found in number 802 is a certain clue to the identity of the deceased. Together with the vestments, they point to a distinguished representative of the Order. • Despite the fact that Gregor Johann Mendel was eventually identified with the help of DNA analysis, this archaeological analysis has left for future generations high-quality documentation of the entire grave and a set of objects from the burial equipment, which will be added to the exhibition of the Mendel Museum in the Augustinian Abbey in Old Brno.

Cesta čtvrtá:

<sup>91</sup> Exhumace ostatků G. J. Mendela

Vierter Weg:

<sup>94</sup> Die Exhumierung

Fourth way:

<sup>99</sup> Exhumation of the remains of G. J. Mendel



47

Odběry vzorků DNA výzkumníkům před budovou márnice na Ústředním hřbitově v Brně, kde probíhaly exhumace.

DNA-Probenentnahmen vor dem Gebäude der Leichenhalle auf dem Brünner Zentralfriedhof, wo die Exhumierungen verliefen.

Taking DNA samples in front of the morgue building at the Brno Central Cemetery, where the exhumations took place.

48

Pohled na vyzvednutou rakvu G. J. Mendela, umístěnou v márnici na Ústředním hřbitově v Brně.

Blick auf den ausgehobenen, in der Leichenhalle des Zentralfriedhofs in Brno aufgestellten Sarg von G. J. Mendel.

A view of the coffin of G. J. Mendel, placed in the Brno Central Cemetery morgue.

49

Kovová rakva G. J. Mendela s rozměry.

Der metallene Sarg G. J. Mendels mit Maßangaben.

Metal coffin of Gregor Johann Mendel including its dimensions.



# Exhumace ostatků G. J. Mendela

Bezprostředně poté, co archeologové vyzvedli rakev s ostatky Gregora Johanna Mendela z hrobové jámy v hrobce řádu sv. Augustina na Ústředním hřbitově v Brně, byla rakev převezena do místní márnice. Zde dále probíhaly všechny práce spojené s terénním antropologickým výzkumem: s odběrem vzorků pro genetickou analýzu, s vyzvednutím těla z rakve a s vyzvednutím a uložením všech předmětů, které se v rakvi spolu s tělesnými ostatky nacházely.

## Ostatky G. J. Mendela

Ostatky opata Mendela byly pohřbeny v kovové rakvi o délce 1 960 mm, šířce u hlavy 690 mm. Šířku v oblasti nohou bylo nutno odhadnout, činila přibližně 520 mm, protože rakev byla v tomto místě poškozená. Víko rakve bylo celé zpuchřelé, v oblasti nohou byla část ulomená. Dalo se snadno z rakve odstranit bez použití nástrojů. Kvůli poškození rakve bylo uvnitř velké množství hlíny, která byla patrná na oděvu zemřelého a viditelná okolo celého těla. Veškerý obsah rakve byl nasáklý vodou. • Po odkrytí víka se naskytl pohled na jeho tělo, které bylo v rakvi uloženo na zádech s rukama a nohami nataženýma podél těla. Hlava byla mírně skloněna k levému spánku. Polohu kostry v rakvi zakrýval pohřební oděv, proto ji nebylo možné *in situ* vyfotografovat a je zachycena jen na ručně načrtnutém plánu. Tělo bylo oblečeno v typickém oděvu příslušníků řádu sv. Augustina. Jednalo se o kutnu a plášt, na ramenou se nacházely zbytky kožešiny. Na nohou měl zemřelý punčochy a nízké boty s podrážkou dlouhou 27 cm. V rakvi se nenašly opatské insignie ani další milodary.

## Odběry vzorků pro genetickou analýzu

Otevření rakve, následné ohledání kosterních pozůstatků a odběr vzorků pro genetickou analýzu se konaly za přísně protikontaminačních opatření, aby bylo zabráněno kontaminaci kosterních pozůstatků DNA současného člověka, především DNA výzkumníků, kteří se na výzkumu podíleli. Dokud nebyly odebrány vzorky pro genetickou analýzu, nesměl k rakvi nikdo bez ochranného oděvu, rukavic a návleků na boty. Všechny součásti ochranných oděvů i používané nástroje byly předem sterilizovány UV zářením. Další spolupracovníci, fotografové a novináři byli k rakvi vpuštěni až po odběru vzorků pro genetickou analýzu. I pak museli všichni pracovat v pracovním oděvu, rukavicích, ochranné roušce a s pokryvem hlavy. Všem lidem, kteří při výzkumu přišli do styku s kosterními pozůstatky, byla vyšetřena DNA. Šlo o vyloučení kontaminace genetické informace Gregora Johanna Mendela DNA badatelů. Jakmile byl odběr vzorků pro analýzu DNA kompletní (jednalo se především o odebrání lebky se zuby a dlouhých kostí paží), byly všechny vzorky ihned uloženy do přenosné chladničky.

## Preparace ostatků

Následovala preparace kosterních pozůstatků opata Mendela z rakve. Při odebírání lebky byla objevena v horní čelisti celková zubní protéza. Následným rozborem prostřednictvím elektronového mikroskopu s EDX sondou bylo zjištěno složení hmoty, ze které byla protéza zhotovena. Jednalo se o vulkanizovaný kaučuk – patro protézy, porcelánové zuby a platinové drátky, připojující jednotlivé zuby k patru. • Preparace postkraniálního skeletu z rakve byla složitější než vyzvednutí lebky. Bylo nutné skloubit opatrnu preparaci křehkých kostí s odebráním oděvu z rakve tak, aby kosti byly vyzvednuty v co nejcelistvějším stavu. Zároveň musel být brán ohled na zpuchřelý pohřební oděv, který nesměl být preparací kostí poškozen ještě více, než už byl z důvodu setrvání v hrobě. Prakticky preparace kostí postkraniálního skeletu probíhala



50

Obhlídka vyzvednuté rakve těsně před zvednutím víka.

Beschauung des Sarges unmittelbar vor der Hebung des Sargdeckels.

Inspection of the coffin just before taking off the lid.

51

Po odstranění víka se ukázalo, že rakev je naplněná hlínou a tělo je na svém místě.

Nach der Deckelentfernung zeigte sich, dass der Sarg voller Erde und der Leichnam an seinem Platz ist.

After removing the lid, it turned out that the coffin was full of dirt and that the body was in place.

52

Celkový pohled do otevřené rakve G. J. Mendela před začátkem prací na vyzvednutí ostatků.

Gesamtanblick des offenen Sarges von G. J. Mendel vor dem Beginn der Arbeiten an der Herausnahme der Überreste.

A general view of the open coffin of Gregor Johann Mendel before removing the remains.



tak, že byly pinzetou opatrně rozhrnovány a nadzvedávány zbytky oděvu a z nich vyprošťovány jednotlivé kosti. Postup byl takový, že jako první byly vyzvednuty kosti rukou, které ležely na povrchu oděvu. Poté došlo k vyproštění kostí paží a nohou, které byly lehce přístupné a bylo možné je snadno vypreparovat. Následovalo vyzvednutí kostí pletence lopatkového a obratlů z volné části páteře. Vyzvednuté kosti byly ihned ukládány do vysterilizovaných krabic určených ke skladování skeletů. Nejsložitější bylo vyzvednutí kostí pletence pánevního, protože tato oblast byla nejvíce zasažena hniliobou. Mendel měl patrně za života v břišní a pánevní oblasti silnou vrstvu tukové tkáně. Uložením v hluboké hrobové jámě bez přístupu vzduchu a ve vodním prostředí došlo ke zmýdelnění části této tukové tkáně. Zmýdelněná tuková tkáň se nacházela konkrétně v oblasti dutiny břišní a pánevní, dále v oblasti obou kyčelních kloubů. Pro následnou analýzu byly odebrány vzorky z oblasti kosti křížové a břišní dutiny. Ve vzorcích z oblasti břicha byly zaznamenány také zbytky ochlupení trupu (terminálního ochlupení). Rozkladné procesy, které v souvislosti s mumifikací tukové tkáně probíhaly, zasáhly i tkáň kostní, kterou výrazně poškodily. Z toho důvodu byly pánevní kosti velmi křehké a drotily se na dotyk, kosti stydík se odlomily. Preparace obou kostí pánevních byla nejsložitější částí vyzvedávání kosterních pozůstatků z rakve. • Po vyzvednutí kosterních pozůstatků z rakve následovala preparace kůstek chodidel z obou zachovalých bot. V botách byly zachovány nejen kůstky skeletu nohou, ale také zbytky dvou nehtů z prstů nohy.

### **Vyzvednutí oděvu**

Další fází práce bylo vyzvednutí zbytků oděvu z rakve. Pohřební oděvy bývají silně poškozené hniliobou, prachem a tekutinami vzniklými rozkladem těla. Látka je většinou tvrdá a při neopatrném zacházení se může lámat. Mendelův oděv vykazoval všechny uvedené vlastnosti. Při jeho vyzvednutí byl použit následující postup: oděv byl napřed zhruba očištěn od hlíny, byly odebrány vzorky srsti z kožešiny, kterou měl opat-

přehozenou přes ramena. Poté byl oděv opatrně vyzvednut několika pracovníky tak, aby zůstal v plochém stavu a nedošlo k jeho zlomení. Následně byl uložen v márnici, kde byly zajištěny příhodné podmínky (chlad a tma) a čekal na restaurování.

### **Zkoumání dna rakve a nález novin**

Konečnou fází zkoumání obsahu rakve bylo prohledání dna rakve. Při tom byly z rakve vybrány dva kbelíky hlíny. Polstrovaní rakve se jako celek nezachovalo, ale na dně rakve se nacházely zbytky jeho výplně. Pod ním byly již kovové stěny rakve. Velké překvapení způsobil objev novin, které patrně původně pokrývaly celé dno rakve. Ukázalo se, že přibližně v jeho středu se noviny zachovaly velmi dobře, že jsou čitelné a je možné z části přečíst německy psaný text článku (jednalo se o článek s ekonomickou tematikou), je čitelné datum vydání (October 1883) a číslo vydání (Nr. 6885). Tento nález významným způsobem přispěl k datování a identifikaci rakve a kosterních pozůstatků v ní pohřbených. Průzkumem dna rakve skončila terénní část exhumace ostatků Gregora Johanna Mendela.

### **Převoz ostatků k laboratornímu výzkumu**

Vyzvednuté kosterní pozůstatky, zamražené vzorky kostní a zubní tkáně pro analýzu DNA, nehty a zbytky měkkých tkání byly, ještě v den vyzvednutí, převezeny k dalšímu odbornému zpracování do Laboratoře biologické a molekulární antropologie Oddělení genetiky a molekulární biologie Ústavu experimentální biologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, která se nachází v kampusu MU v Brně-Bohunicích. Kosterní pozůstatky a měkké tkáně byly uloženy v depozitáři kosterního materiálu a postupně byly připravovány k dalšímu laboratornímu zpracování. Vzorky odebrané pro analýzu DNA byly zamraženy a později dále studovány ve speciální laboratoři určené pouze pro práci se vzorky genetické informace historických populací. Nálezy novin, oděvů, obuvi i samotné rakve jsou v současnosti buď restaurovány, nebo čekají na restaurování.

# Die Exhumierung

Unmittelbar nachdem die Archäologen den Sarg mit Gregor Johann Mendels Überresten aus dem Grab in der Gruft des Augustinerordens auf dem Brünner Zentralfriedhof gehoben hatten, wurde er in die dortige Leichenhalle überführt. Dort verliefen dann sämtliche Arbeiten, die mit der anthropologischen Terrain-Forschung verbunden waren: mit der Entnahme der Proben für die genetische Analyse, mit dem Herausnehmen des Körpers aus dem Sarg, sowie mit der Bergung und Aufbewahrung aller Gegenstände, die sich zusammen mit den leiblichen Überresten im Sarg befanden.

## Der Sarg und die Überreste

Die Überreste des Abtes Mendel wurden in einem metallenen Sarg mit einer Länge von 1960 mm, Breite (beim Kopf) 690 mm, begraben. Die Breite im Fußbereich musste schätzungsweise bestimmt werden (520 mm), da der Sarg an dieser Stelle beschädigt war. Der Sargdeckel war gänzlich vermorscht, bei den Füßen war ein Teil abgebrochen. Er konnte leicht, ohne Werkzeuganwendung entfernt werden. Die Sargbeschädigung war der Grund dafür, dass sich darin eine große Menge Erde, die sowohl auf der Bekleidung des Toten als auch überall um den Leichnam herum zu sehen war, angesammelt hatte. Der ganze Inhalt des Sarges war mit Wasser vollgesogen. Nach der Entfernung des Deckels bot sich ein Blick auf den Körper des Toten, der auf dem Rücken liegend, mit gestreckten Beinen und Armen am Körper entlang eingesartet wurde. Der Kopf war leicht zur linken Schläfe hin geneigt. Die Lage des Skeletts im Sarg deckte die Begräbnisgewandung zu, deshalb konnte sie nicht *in situ* fotografiert werden und wurde lediglich von der Hand skizziert. Der Leichnam war mit typischem Gewand der Angehörigen des Augustinerordens bekleidet.

Es handelte sich um Kutte und Mantel, auf den Schultern haben sich Reste von Pelz erhalten. Auf den Füßen hatte der Verstorbene Strümpfe und niedrige Schuhe mit einer 27 Zentimeter langen Sohle. Im Sarg waren weder die Abtinsignien, noch andere Beigaben zu finden.

## Die Probenentnahme für die genetische Analyse

Die Sargöffnung, die darauffolgende Untersuchung der Skelettüberreste und die Probenentnahme für die genetische Analyse fanden unter strengen Kontaminationsschutzmaßnahmen statt, um die Kontaminierung der Skelettüberreste mit der DNA gegenwärtig lebender Menschen, vornehmlich der an der Untersuchung beteiligter Forscher, zu verhindern. Solange die Proben für die genetische Analyse nicht entnommen wurden, durfte niemand ohne Schutzbekleidung, Handschuhe und Überschuhe an den Sarg herantreten. Sämtliche Teile der Schutzbekleidung sowie die verwendeten Instrumente wurden im Voraus mit UV-Strahlen sterilisiert. Weitere Mitarbeiter, Fotografen und Journalisten bekamen erst nach der Probenentnahme Zutritt zum Sarg. Auch dann mussten aber alle Schutzbekleidung, Handschuhe, Mund- und Nasenschutz sowie Kopfbedeckung tragen. Es wurde DNA all jener Menschen untersucht, die im Erforschungsverlauf mit den Skelettüberresten in Kontakt kamen, eine Kontamination der genetischen Information von Gregor Johann Mendel mit der DNA der anwesenden Forscher sollte ausgeschlossen werden. Sobald die Probenentnahme für die DNA-Analyse komplett war (es handelte sich vornehmlich um die Entnahme des Schädel mit Zähnen und der langen Armknochen), wurden alle Proben in einem transportablen Kühlschrank gelagert.

## Die Präparation der Überreste

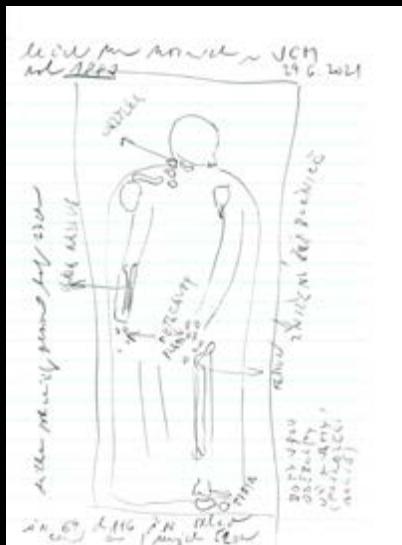
Es folgte die Präparation der aus dem Sarg entnommenen Skelettüberreste des Abtes Mendel. Bei der Abtrennung des Schädel wurde im Oberkiefer eine ganzheitliche

Zahnprothese entdeckt. Bei der anschließenden Analyse unter Verwendung eines Elektronenmikroskops mit EDX-Sonde konnte die Zusammensetzung des Stoffes, aus dem die Prothese verfertigt wurde, ermittelt werden. Es handelte sich um vulkanisierten Kautschuk – den Gaumen der Prothese, Porzellanzähne und Platindrähtchen, mit denen die einzelnen Zähne am Gaumen befestigt waren. • Die Präparation des postkranialen Skeletts aus dem Sarg war schwieriger als im Falle des Schädels. Es war angeraten, die vorsichtige Entfernung der zerbrechlichen Knochen mit der Entnahme der Kleidung aus dem Sarg so zu verknüpfen, dass die Knochen in möglichst ganzheitlichem Zustand entnommen werden konnten. Gleichzeitig bestand die Notwendigkeit, auf das vermoderte Bestattungsgewand, das durch die Präparation der Knochen nicht noch mehr beschädigt werden sollte, als es bisher schon wegen des Verbleibs im Grabe der Fall war, Rücksicht zu nehmen. Die Präparation der Knochen des postkranialen Skeletts verlief praktisch so, dass die Kleidungsreste mit einer Pinzette vorsichtig auseinandergezogen und angehoben wurden, um einzelne Knochen aus ihnen zu lösen. Das Verfahren war so, dass zuerst die Handknochen, welche auf der Oberfläche der Kleidung lagen, herausgenommen wurden. Es erfolgte die Freilegung von Arm- und Beinknochen, die gut zugänglich waren und sich leicht herauspräparieren ließen. Der nächste Schritt war die Entnahme des Schulterblattgeflechts und der Wirbel aus dem gelösten Teil des Rückgrats. Die gewonnenen Knochen wurden sofort in sterilisierte, zur Aufbewahrung von Skelettresten bestimmte Boxen gelegt. Am schwierigsten zeigte sich die Entnahme des Beckenknochengeflechts, da dieser Bereich am stärksten von Zersetzung betroffen war. Mendel hatte zu seinen Lebzeiten offenbar in der Bauch- und Beckengegend eine starke Fettgewebebeschicht. Durch die Lagerung in tiefer Grube ohne Luftzutritt und in stark wasserhaltiger Umgebung kam es zur teilweisen Verseifung dieses Fettgewebes. Das verseifte Fettgewebe

befand sich konkret im Bauch- und Beckenraum, weiter dann im Bereich der beiden Hüftgelenke. Für die anschließende Analyse wurden Proben vom Kreuzbein und aus der Bauchhöhle entnommen. In den Proben aus dem Bauchraum wurden auch Reste von Körperbehaarung verzeichnet. Die im Zusammenhang mit der Mumifizierung des Fettgewebes verlaufenen Zersetzungssprozesse haben auch das Knochengewebe angegriffen und erheblich beschädigt. Aus diesem Grund waren die Beckenknochen äußerst mürbe und zerfielen bei der Berührung, die Schambeine brachen ab. Die Präparation der beiden Beckenknochen war der schwierigste Teil der Bergung der Skelettüberreste aus dem Sarg. • Nach diesem Vorgang erfolgte die Präparation der kleinen Fußknochen aus den beiden erhaltenen Schuhen. In den Schuhen wurden nicht nur Fußskelettkleinknochen, sondern auch Reste zweier Zehnägel vorgefunden.

## **Die Aushebung der Bekleidung**

Die nächste Phase war das Herausholen der Bekleidungsreste aus dem Sarg. Die Bestattungsgewänder sind häufig stark beschädigt durch Fäulnis, Staub und die bei der Zersetzung des Körpers sich bildenden Flüssigkeiten. Der Stoff ist zumeist hart und kann bei unvorsichtiger Behandlung brechen. Mendels Bekleidung wies exakt all diese Eigenschaften auf. Aus diesem Grunde kam folgendes Verfahren in Anwendung: die Kleidung wurde zuerst grob von der Erde gereinigt, es wurden Proben von dem Pelz, das dem Abt um die Schultern lag, entnommen. Dann wurde das Gewand von den Mitarbeitern vorsichtig herausgeholt, damit es flach bleibt und so das Zerbrechen verhindert wird. Daraufhin wurde es in der Leichenhalle, wo günstige Bedingungen für seine Aufbewahrung (Kühle und Dunkelheit) gewährleistet waren, deponiert und wartete, um restauriert zu werden.



53

Plánek uložení těla G. J. Mendela v rakvi.

Lagenskizze des Leichnams von Johann Gregor Mendel im Sarg.

A plan of the placement of Gregor Johann Mendel's body in the coffin.

55

Boty G. J. Mendela.

G. J. Mendels Schuhe.

The shoes of G. J. Mendel.



54

Pozůstatky Mendelova pohřebního oděvu po vyzvednutí z rakve.

Überreste des Bestattungsgewandes von G. J. Mendel nach der Herausnahme aus dem Sarg.

The remnants of Gregor Johann Mendel's funeral clothing after being removed from the coffin.

56

Pracovníci a studenti Laboratoře biologické a molekulární antropologie při exhumaci ostatků G. J. Mendela z rakve (odběr kosti stehenní).

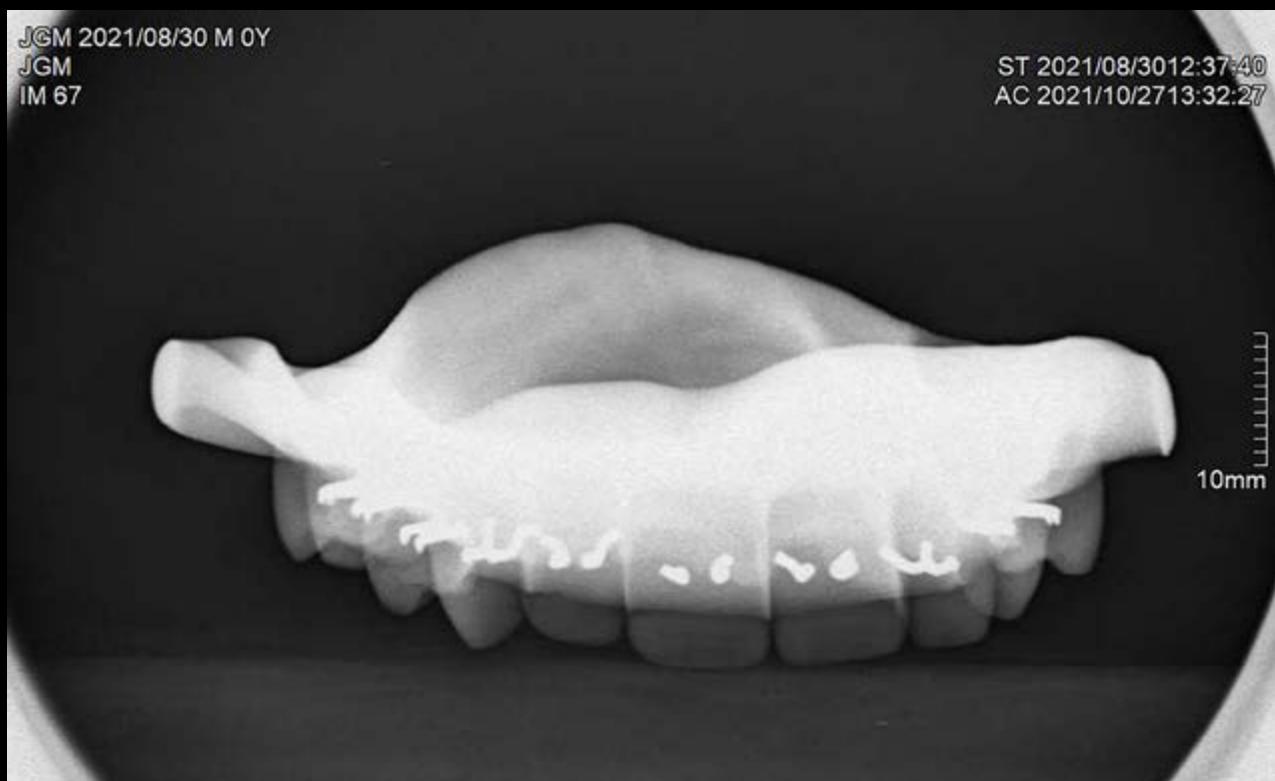
Mitarbeiter und Studenten des Laboratoriums für biologische und molekulare Anthropologie während der Entfernung von G. J. Mendels Überresten aus dem Sarg (Entnahme des Oberschenkelknochens).

Employees and students of the Biological and Molecular Anthropology Laboratory during the exhumation of the remains of G. J. Mendel (extracting the femur).



JGM 2021/08/30 M OY  
JGM  
IM 67

ST 2021/08/30 12:37:40  
AC 2021/10/27 13:32:27



57

Rentgenový snímek zubní protézy G. J. Mendela s dobře patrnými platinovými drátky, spojujícími zuby s patrem.

Das Röntgenbild von G. J. Mendel's Zahnprothese mit deutlich erkennbaren Platindrähtchen, welche die Zähne mit dem Gaumen verbanden.

An X-ray of G. J. Mendel's dentures with visible platinum wires connecting teeth to the palate.



58

Lebka G. J. Mendela v rakvi, detail.

Der Schädel von G. J. Mendel im Sarg, Detailaufnahme.

A detail of the skull of G. J. Mendel in the coffin.

## **Die Untersuchung des Sargbodens und der Zeitungsfund**

In der Endphase der Untersuchung des Sarginhalts wurde der Sargboden abgesucht. Dabei wurden zwei Eimer Erde aus dem Sarg herausgeholt. Die Sargpolsterung hat sich als Ganzes nicht erhalten, doch auf dem Sargboden befanden sich Reste der Auskleidung. Darunter waren nur noch metallene Sargwände. Eine große Überraschung brachte das Vorfinden von Zeitungen, die wahrscheinlich ursprünglich den ganzen Sargboden bedeckten. Es zeigte sich, dass die Zeitungen etwa in dessen Mitte sehr gut erhalten blieben, dass sie lesbar sind, es war möglich, den deutschsprachigen Text eines Artikels (mit ökonomischer Thematik), ebenso das Erscheinungsdatum (Oktober 1883) und die Ausgabenummer (Nr. 6885) zu entziffern. Dieser Fund trug wesentlich zur Datierung und Identifizierung des Sarges und der darin bestatteten Skeletttüberreste bei. Mit der Sargbodenuntersuchung wurde die Terrainphase der Exhumierung von Gregor Johann Mendels Überresten abgeschlossen.

## **Die Überführung der Überreste zu laboratorischer Untersuchung**

Die ausgehobenen Skeletttüberreste, eingefrorene Knochen- und Zahngewebeproben für die DNA-Analyse, Nägel sowie Reste von Weichteilen, wurden noch am Tag der Entnahme zu einer weiteren Expertenbearbeitung in das Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie der Abteilung für Genetik und Molekularbiologie des Instituts für experimentelle Biologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität, das sich im Campus der MU im Brünner Stadtteil Bohunice befindet, transportiert. Die Skeletttüberreste und Weichteile wurden im Depositorium des Skelettmaterials gelagert und schrittweise zu einer weiteren Laboruntersuchung vorbereitet. Die zwecks DNA-Analyse entnommenen Proben wurden eingefroren

und später dann in einem speziellen, ausschließlich zur Arbeit mit den Proben genetischer Information historischer Populationen bestimmtem Laboratorium weiter erforscht.

# **Exhumation of the remains of G. J. Mendel**

Immediately after the archaeologists lifted the coffin with the remains of Gregor Johann Mendel from the grave in the tomb of the Augustinian Order at the Brno Central Cemetery, the coffin was transported to the local morgue. It was here where all the tasks related to the field anthropological research were carried out: the taking of samples for genetic analysis, the removal of the body from the coffin, and the removal and safe storage of all the artefacts which were present in the coffin along with the bodily remains.

## **The remains of G. J. Mendel**

The remains of Abbot Mendel were laid in a metal coffin 1960 mm long, and 690 mm wide at the head. The width at the toes had to be estimated due to the fact that the coffin was damaged in this area. The width in this part was estimated at around 520 mm. The whole lid of the coffin was blemished, and a part of it at the toes was broken away. The top came off the coffin easily, without the need to use any tools. Due to the damage of the coffin there was a good deal of earth inside, which could be seen on the clothes of the deceased as well as around the whole body. All of the contents of the coffin were soaked with water. • After removing the lid one could see Mendel's body, which was placed in the coffin on its back, with arms and legs stretched along the sides of the body. The head was slightly tilted to the left.



59

Preparace kostí postkranialního skeletu z pohřebního oděvu (obratle krční páteře a sternum, na druhém obrázku preparace pravé kosti vřetenní).

Das Herauspräparieren der postkranialen Skelettknochen aus dem Bestattungsgewand (Wirbel der Halswirbelsäule, das Sternum, auf dem zweiten Bild die Präparation vom Radius des rechten Armes).

The extraction of the bones of the postcranial skeleton from the funeral clothes (vertebrae of the cervical spine and sternum; in the second picture, the preparation of the right radial bone).

60

Ukládání vyzvednutých kosterních pozůstatků do antropologických boxů sterilizovaných UV zářením.

Die Einlagerung der ausgehobenen Skeletttüberreste in mit UV-Strahlen sterilisierte anthropologische Boxen.

The deposition of the skeletal remains into boxes sterilised by UV radiation.

The position of the skeleton in the coffin was covered by the funeral garb; that is why it was not possible to photograph it *in situ*, and it is depicted only in a hand-sketched drawing. The body was dressed in the typical habit of members of the Augustinian Order. The clothing included a cowl and cloak, and there were remains of fur on the shoulders. The deceased was wearing stockings on his legs, and low shoes on his feet, with 27 cm-long soles. No abbatial insignia or other valuables were found in the coffin.

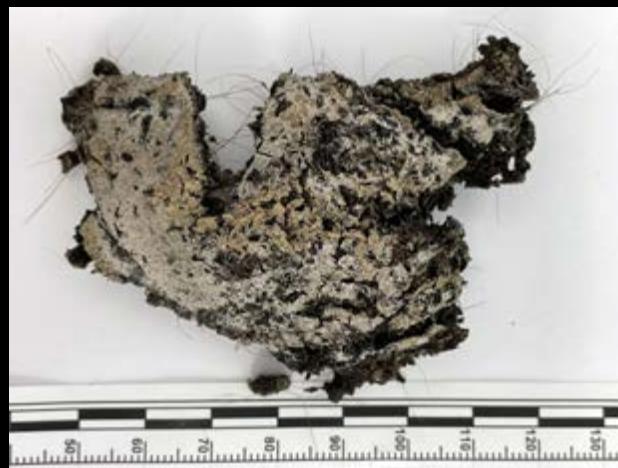
### Taking samples for genetic analysis

The opening of the coffin, the examination of skeletal remains, and the taking of samples for genetic analysis took place under strict anti-contamination measures, in order to prevent the DNA of the skeletal remains from being contaminated by the DNA of contemporary humans, particularly the scientists taking part in the research. Until samples were taken for genetic analysis, no one could approach the coffin without protective clothing, gloves, and shoe covers. All pieces of protective clothing and tools were sterilised by UV radiation prior to use. Other collaborators, photographers and journalists could approach the coffin only after samples for the genetic analysis were taken. Even then, everyone had to work in personal protective equipment, with gloves, face masks, and hair cover. Every person who came in contact with the skeletal remains during the research was subject to DNA analysis, in order to rule out contamination of Gregor Johann Mendel's DNA by the researchers. Once the DNA sampling was complete (concerning primarily the removal of the skull with teeth and long arm bones), all the samples were immediately stored in a portable refrigerator.

### Examination of the remains

What followed was the examination of the skeletal remains of Abbot Mendel from the coffin. When taking out the skull, the researchers discovered a total denture in the maxilla. The

subsequent inspection using an electron microscope with an EDX probe showed the material composition of the denture. It was made from vulcanised rubber – and consisted of the bottom of the denture, porcelain teeth, and platinum wires, which connected the individual teeth to the palate. • The examination of the postcranial skeleton was more difficult than removing the skull. It was necessary to combine a careful treatment of the fragile bones with the removal of clothing from the coffin so that the bones could be extracted in the most intact condition. At the same time, care had to be taken of the decaying funeral clothing. Further damage to the clothing during the process of bone removal had to be avoided. In practice, the removal of the bones of the postcranial skeleton was carried out by carefully lifting and moving aside the remains of clothing using a pair of tweezers, and then extracting the individual bones. The procedure was such that the bones of the hands lying on the surface of the clothing were taken out first. Then the arm and leg bones, which were easily accessible, were removed. Then the researchers took out the bones of the shoulder girdle and vertebrae from the loose part of the spine. The extracted bones were immediately deposited into sterilised boxes used for storing skeletons. The most difficult task was to extract the bones of the pelvic girdle, because this area was most affected by decomposition. Apparently, during his lifetime Mendel had a thick layer of adipose tissue in his abdomen and pelvis. When placed in a deep grave with no air access and in an aqueous environment, part of this adipose tissue was saponified. The saponified adipose tissue was found specifically in the abdomino-pelvic cavity, and around the two hip joints. Samples from around the sacrum and the abdominal cavity were taken for further analysis. The samples from the abdomen also included remnants of body hair (terminal hair). The decomposition processes that took place in connection with the mummification of the adipose tissue also affected the bone tissue, which was thus significantly damaged. For this reason, the pelvic bones were very fragile



61

Část zmýdelněné tukové tkáně nalezené v oblasti kosti křížové s patrnými zbytky terminálního ochlupení.

Ein Teil des im Kreuzbeinbereich vorgefundenen versieften Fettgewebes mit deutlich sichtbaren Behaarungsresten.

A part of the saponified adipose tissue found in the area of the sacrum with apparent remnants of terminal hair.

62

Preparace pánevních kostí G. J. Mendela.

Präparation der Beckenknochen von G. J. Mendel.

The removal of G. J. Mendel's pelvic bones.

63

Nehet z prstů nohou G. J. Mendela.

G. J. Mendels Fussnagel.

G. J. Mendel's toenail.



64

Vyzvedávání pohřebního oděvu G. J. Mendela z rakve.  
Entnahme des Bestattungsgewandes von G. J. Mendel aus dem Sarg.  
Taking the funeral clothes of G. J. Mendel out of the coffin.



65

Pohled do rakve G. J. Mendela po vyzvednutí jeho kostry  
a pohřebního oděvu.  
Blick in den Sarg von G. J. Mendel nach der Entfernung seines  
Skeletts und Bestattungsgewandes.  
A view into the coffin of G. J. Mendel after his skeleton and  
funeral clothes were removed.

66

Zachovalé noviny na dně rakve G. J. Mendela.  
Die auf dem Boden des Sarges von G. J. Mendel erhalten  
gebliebenen Zeitungen.  
The preserved newspaper at the bottom of G. J. Mendel's coffin.

67

Detail novin nalepených na dně rakve pod tělem se zřetelně viditelným  
datem a číslem vydání.  
Detailaufnahme der auf den Sargboden unter dem Leichnam  
geklebter Zeitung mit deutlich sichtbarem Erscheinungsdatum und  
Ausgabennummer.  
A detail of the newspaper glued to the bottom of the coffin under the body,  
with date of publication and issue number clearly visible.

and crumbled when touched, whereas the pubic bones broke off. The preparation of both pelvic bones was the most complicated aspect of taking the skeletal remains out of the coffin. • After the skeletal remains were removed from the coffin, the foot bones were removed from both of the preserved shoes. Preserved in the shoes were not only the bones of the foot, but also the remains of two toenails.

### **Transferring the clothes**

The next phase consisted in removing the remnants of the clothing from the coffin. Funeral clothing is usually severely damaged by decay, dust, and liquids originating during body decomposition. The cloth is usually hard, and it can break when not handled carefully. Mendel's clothes had all these attributes. The following procedure was used to remove the clothes: first, the dirt was cleaned off, and samples of the fur that the Abbot was wearing around his shoulders were taken. Then the clothing was carefully lifted up by several workers, so as to remain flat, and it did not break. Finally, it was deposited in the morgue, where suitable conditions (cold and darkness) were assured, and where it could await restoration.

### **The examination of the bottom of the coffin and the discovery of a newspaper**

The final stage of examining the contents of the coffin consisted in the inspection of the bottom of the coffin. Two buckets of earth were removed in this process. The upholstery of the coffin as a whole was not preserved, but parts of the filling were found at the bottom of the coffin. Beneath it were the metal walls of the coffin. A big surprise was the discovery of a newspaper, which seemed to cover the whole bottom of the coffin. It turned out that approximately the middle of the newspaper was very well preserved and legible. It was possible to read part of a German article (on economic matters), the date of publication (October 1883), and the issue

number (Nr. 6885). This discovery significantly contributed to the dating and identification of the coffin and the skeletal remains it contained. With the examination of the bottom of the coffin, the field work of the exhumation of Gregor Johann Mendel's remains was completed.

### **Transferring the remains for laboratory analysis**

The skeletal remains, frozen samples of bone and dental tissue for the DNA analysis, toenails and remains of soft tissue were on the very day of their collection transported for further expert analysis at the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology of the Department of Experimental Biology of the Faculty of Science, Masaryk University, which is located on the MU campus in Brno-Bohunice. The skeletal remains and soft tissue samples were placed in the skeletal material depository, and one by one they were prepared for further laboratory processing. Samples taken for the DNA analysis were frozen and later studied in a special laboratory which only works with samples of genetic information from historical sources. The newspaper, clothes and shoes found in the coffin, as well as the coffin itself, are currently being restored, or are awaiting restoration.

Cesta pátá:

<sup>107</sup> Výzkum kosterních pozůstatků G. J. Mendela

Fünfter Weg:

<sup>113</sup> Das Skelett

Fifth way:

<sup>119</sup> Examination of the skeletal remains of G. J. Mendel



68

Kosterní pozůstatky G. J. Mendela.

Die Skelettaberreste von G. J. Mendel.

Skeletal remains of G. J. Mendel.

# Výzkum kosterních pozůstatků G. J. Mendela

Kosterní pozůstatky nalezené v rakvi Gregora Johanna Mendela byly po vyzvednutí převezeny do Laboratoře biologické a molekulární antropologie Oddělení genetiky a molekulární biologie Ústavu experimentální biologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity k antropologickému zpracování. Po krátké aklimatizaci v depozitáři kosterního materiálu byl zhodnocen stav zachovalosti kostní tkáně a byla zahájena antropologická analýza. Jednotlivé kosti byly nejprve očištěny. Protože byly v dobrém stavu zachovalosti (většina kostí, kromě kostí pánevních a kostí holenních, byla v celku), nebyla nutná jejich složitá rekonstrukce. Nyní byly kosterní pozůstatky připraveny k vlastnímu antropologickému zkoumání.

- Kosti byly dobře zachované, nejlépe byla zachovaná lebka a horní část postkraniálního skeletu. Od pánevních kostí ke kostře chodidel se stav zachovalosti zhoršoval, kosti byly křehké a drolily se na dotek. Na povrchu všech kostí se nacházely zbytky mumifikované kůže. Barva kostí byla hnědá, s ještě tmavšími hnědými skvrnami, které tvořily zmíněné zbytky mumifikované kůže.
- Podíváme-li se na Mendelovu kostru celkově, lze ji zhodnotit jako středně robustní, se silně vyvinutými svalovými úpony, bez výrazných patologických změn, nesoucí jednoznačně mužské znaky (jak v rovině morfoskopické, tak v rovině morfometrické), vykazující mírné opotřebení odpovídající člověku ve vyšším středním věku.

## Lebka

Lebka byla výborně zachována, bez postmortálních deformací. Jediné poškození tvořily praskliny na pravé straně mozkovny v oblasti spojení temenní a spánkové kosti.

- 

Podle rozměrů lebky a na jejich základě vypočítaných indexů (Knussmann, 1988) měl Mendel lebku širokou (164 mm), středně dlouhou (186 mm) a středně vysokou (131 mm). Podle délkošírkového indexu (88,1 jedn.) byla jeho lebka hyperbrachykranní, tedy celkový tvar hlavy měl krátký a široký. Obličeji měl nízký (114 mm), středně široký (140 mm), s relativně úzkým čelem vzhledem k šířce mozkovny (65,2 jedn.), s málo vystupující čelistí (ortognátní 87,9 jedn.), nízkými a širokými očnicemi (73,3 jedn.) a relativně širokým nosním otvorem (55,6 jedn.). Tento tvar hlavy převažuje i v současné populaci. Ze antropologická charakteristika tvaru lebky odpovídá skutečné morfologii hlavy opata Mendela, si lze ověřit na dobové fotografii. Morfologie hlavy je na fotografii velmi dobře patrná. Je vidět výrazně brachycefální hlava s gracilním obličejem s drobnými čelistmi a širokým čelem.

- Tvaru hlavy odpovídala i naměřená kapacita mozkovny, která byla relativně vysoká, činila  $1\ 580\ cm^3$ . Jedná se o nadprůměrně vysokou mozkovou kapacitu ve srovnání s průměrnou mozkovou kapacitou dnešních mužů ( $1\ 350\ cm^3$ ) (např. Čihák, 2004). Variační šíře normální mozkové kapacity člověka se však pohybuje mezi  $1\ 000$  a  $2\ 200\ cm^3$  (Mielke et al., 2008) a z tohoto pohledu se Mendelova mozková kapacita pohybovala přibližně ve středu této variační šíře. Zde je nutné podotknout, že korelace mezi velikostí mozku a mentálními schopnostmi nebyla u moderního člověka prokázána (Mielke et al., 2008). Proto nelze dávat do souvislosti velkou mozkovnu Gregora Johanna Mendela a jeho geniální myšlení a nápady.
- Rentgenové snímky lebky ukázaly rozsáhlé dutiny v čelní kosti i v horní čelisti. Jedná se o nemetrický znak, který se dědí v rodinách. Na čelní kosti se nacházela částečně zachovalá sutura metopica (pozůstatek čelního švu z dětství) v délce přibližně  $1\text{--}1,5\ cm$  nad kořenem nosu. Na druhé straně lebky, na šupině kosti týlní, se nacházela výrazně hákovitá protuberantia occipitalis externa, jeden z mužských pohlavních znaků, svědčící o výrazném rozvoji svalstva v této oblasti. Jiné anatomické variety se na

69

Zbytky mumifikované kůže na kostech G. J. Mendela:  
lопатка z levé strany (a); лыковая kost z levé strany (b).

Reste der mumifizierten Haut auf G. J. Mendels Knochen:  
das Schulterblatt von linker Seite (a); das Wadenbein von linker Seite (b).

Remnants of mummified skin on G. J. Mendel's bones:  
scapula from the left side (a); fibula from the left side (b).



a



b

lebce nenacházely. • Při studiu mozkovny byl uvnitř lebky v okolí velkého týlního otvoru objeven zbytek mozkové tkáně. Další zajímavostí jsou zbytky vlasového pokryvu, které se nacházely v horní části kosti týlní. Vlasy byly však tak drobné a krátké, že je nebylo možné podrobit dalšímu studiu, protože se při dotyku rozpadaly.

### Chrup

Zuby byly, vzhledem k Mendelovu vyššímu věku, ve špatném stavu. Většina z nich vypadala intravitálně. V horní čelisti měl celkovou zubní protézu, která držela za stoličky na obou stranách. Jednalo se o druhou stoličku ( $M^2$  dx. - 17) z pravé strany a první stoličku z levé strany ( $M^1$  sin. - 26). Oba zuby nesly rozsáhlé krčkové kazy. Stolička na pravé straně protézy měla navíc dva kazy uprostřed okluzální plochy korunky, které již vytvořily prohlubně ve sklovině (menší kaz byl velikosti sezamového semínka, větší kaz byl velikosti zrnka rýže). Třetí kaz se nacházel na mesiální straně korunky. Tento kaz zatím nevytvořil otvor v zubní sklovině, pouze vytvořil hnědou skvrnu na povrchu korunky (hnědou barvu způsobují metabolity bakterií) (Hillson, 1996). Stoličky držely v alveolech pouze za hrotů kořenů a dnes nedrzí v čelisti, proto nelze protézu znova nasadit na čelist tak, jak ji Mendel nosil za života. Na protéze je zajímavé, že na pravé straně zubního oblouku se nachází tři premoláry, tedy jeden je vytvořen v místě, kde by měla být první stolička. • Alveolární hřeben horní čelisti je atrofovaný, jsou zde stopy po zánětech, zejména v oblasti zadních zubů. V dolní čelisti je situace podobná. Alveolární hřeben je v podstatě celý atrofovaný, zuby se zde nachází jen dva, špičák ( $C$  dx. - 43) na pravé straně a druhý řezák na straně levé ( $I_2$  sin. - 32). V oblasti alveolárního hřebene můžeme pozorovat také změny související se zánětlivými procesy. Zachovalé zuby nenesou stopy po zubním kazu, nachází se na nich však vrstva zubního kamene. Rovněž ústup parodontu je značný, zuby jsou uchyceny v jamkách pouze za hrotů kořenů.

### Postkraniální skelet

Z postkraniálního skeletu jsou zachovány všechny kosti. Kosti horní poloviny těla jsou neporušené. Zachovala se i jazylka, která je křehká a jejíž přítomnost svědčí o dobré zachovalosti kostní tkáně. Kosti od pasu dolů (od kostí pánevních po kostru chodidel) jsou zachovány mnohem hůře, jsou křehké, poškozené hnilobou, obroušené, polámané a při dotyku se drolí. • Mendelův postkraniální skelet můžeme charakterizovat jako středně robustní konstituce se silně vyvinutými svalovými úpony. • U prvních žeber jsou připojeny osifikované žeberní chrupavky. Na většině epifýz dlouhých kostí i na tělech obratlů se nacházejí osteofity. Nejsilněji jsou vyvinuty právě na tělech obratlů, především hrudního a bederního oddílu páteře. Přítomnost osteofytů je u muže starého 62 let obvyklá. Kost křížová má *spinu bifidu* – otevřený sakrální kanál – na dorzální straně v úrovni prvních tří křížových obratlů. Otevřený kanál kosti křížové může u živého člověka vést k vyhřeznutí mísňích obalů. Další anomálie se na kostech postkraniálního skeletu neobjevují, všechny ostatní kosti mají obvyklý tvar a velikost.

### Určení základních antropologických parametrů (pohlaví, věku a výšky postavy)

Pro výzkum kosterních pozůstatků naležících příslušníkům historických populací je nezbytné určit pohlaví a věk a také odhadnout výšku postavy, a to i v případě, že známe identitu zkoumané osoby. V případě určení pohlaví se můžeme setkat se směsicí mužských a ženských znaků nebo s gracilní kostrou muže či naopak robustní kostrou ženy. Při určování dožitého věku zjištujeme tzv. kostní věk, který nemusí odpovídat kalendářnímu věku zkoumaného člověka. Je totiž ovlivněn zdravotním stavem a způsobem života dotedněho. Toto jsou parametry, které o zkoumaném člověku hodně vypovídají, a nelze je tedy opomenout.

d  
c a b  
e



70

Lebka G. J. Mendela v jednotlivých normách  
(pohledech): norma frontalis (a); norma lateralis  
dextra (b); norma lateralis sinistra (c); norma  
verticalis (d); norma basilaris (e).

Der Schädel von G. J. Mendel in den einzelnen  
Normen (Ansichtsweisen).

The skull of G. J. Mendel from different views.

## Určení pohlaví

Pohlaví bylo určeno morfoskopickými i metrickými metodami (Murail et al., 2005; Černý & Komenda, 1988; Acsádi & Nemeskéri, 1970). Morfologie pánve a lebky ukazovala jednoznačně mužské (maskulinní) znaky. U metrických metod byl ve výsledku diskriminačních rovnic patrný mírný hypomaskulinní trend, který je dán gracilitou Mendelova postkraniálního skeletu. Celkově bylo pohlaví u všech posuzovaných kostí skeletu určeno antropologickými metodami jako mužské. Pohlaví určené antropologicky bylo následně potvrzeno i genetickou analýzou, která jednoznačně prokázala přítomnost genu SRY, který se nachází na krátkém raménku chromozomu Y (Cunha et al., 2000).

## Určení biologického věku

Gregor Johann Mendel zemřel 6. 1. 1884 v necelých 62 letech. Biologický věk u něj byl určován dvěma metodami. Jednak kombinovanou metodou podle Nemeskériho ve Sjøvoldově úpravě (Sjøvold, 1975) a jednak podle obliterace vnějších lebečních švů (Rösing, 1977 in Knussmann, 1988). • Podle kombinované metody byl biologický věk určen na 65 let a podle srůstu lebečních švů byl stanoven do intervalu 55–64 let. Mendelův biologický věk je tedy mírně vyšší, přibližně o 3 roky, než jeho věk kalendářní. Tato situace není neobvyklá. Biologický věk je ovlivněn zdravotním stavem i způsobem života člověka. Z výsledků je jasné, že kosterní pozůstatky patřily člověku ve věkové kategorii senilis (více než 60 let). Do této věkové kategorie spadá i kalendářní věk Gregora Johanna Mendela. Mendel se nedožil vysokého věku, v jeho době se lidé dožívali více než 70 let. Příkladem mohou být jeho bratři z řádu sv. Augustina, např. jeho mentor opat Cyril František Napp (1792–1867), který se dožil 75 let, nebo podpřevor Gregor Jokl (1852–1929), který se dožil 77 let.

## Odhad výšky postavy

Výška postavy Gregora Johanna Mendela byla vypočítána z délky dlouhých kostí skeletu. Nejzachovalejší byly kosti pažní a stehenní. Výška postavy byla odhadnuta na základě jejich největší délky (Knussmann, 1988; Sjøvold, 1990). Podle výsledků regresních rovnic měřil Mendel přibližně 168 cm (odhad výšky postavy podle délky pravé kosti pažní činil 167,8 cm, podle délky levé kosti stehenní pak 168,0 cm). Z pohledu současné mužské populace se jedná o postavu spíše s podprůměrnou výškou. Poslední celostátní výzkum dětí a mládeže uvádí průměrnou výšku dnešních mužů 178,75 cm. Data pro dospělé muže z období Mendelova života nemáme, ale máme výsledky měření z roku 1895 (Vignerová et al., 2006). V této době byla průměrná výška postavy dospělého muže 168,4 cm. Protože opat Mendel (1822–1884) žil dříve (je třeba brát v potaz dobu, kdy mohl dosáhnout maximální geneticky zakódované výšky postavy, což bylo u mužů v 19. století někdy po 20. roce života, tedy přibližně kolem roku 1850), musíme při hodnocení výšky jeho postavy počítat s působením sekulárního trendu (přírůstek výšky postavy u mužů činí přibližně 1 cm za 10 let) a odečít od průměrné výšky postavy mužů z roku 1895 alespoň 2–3 cm. Tedy průměrná výška postavy mužů mohla v době života Gregora Johanna Mendela činit 165,4–166,4 cm. Lze tedy uvažovat, že Mendel měl ve své době výšku postavy průměrnou, či dokonce mírně nadprůměrnou. Tuto skutečnost si lze vizuálně ověřit na skupinové fotografii brněnských augustiniánů, na němž stojící postava Gregora Johanna Mendela (fotografie jej zachycuje v poměrně mladém věku) je spíše vyšší než okolo stojící bratři, i když není nejvyšší ze všech.



71

Skupinová fotografie brněnských augustiniánů. Stojící, držící fuchsii je G. J. Mendel. Z obrázku si lze udělat představu o tvaru hlavy Gregora Johanna Mendela.

Gruppenfotoaufnahme der Brünner Augustiner. G. J. Mendel stehend, mit einer Fuchsie in der Hand. Aus dem Bild kann man sich eine Vorstellung über Mendels Kopfform machen.

Group photograph of the Brno Augustinians. G. J. Mendel is seen standing and holding a fuchsia. One can get an idea of the shape of G. J. Mendel's head from the image.

# Das Skelett

Die im Sarg vorgefundenen Skelettüberreste von Gregor Johann Mendel wurden nach der Aushebung in das Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie der Abteilung Genetik und molekulare Biologie des Instituts für Experimentalbiologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität zur anthropologischen Untersuchung überführt. Nach einer kurzen Akklimatisierung im Depositorium für Skelettmaterial wurde der Erhaltungszustand des Knochengewebes eruiert und eine anthropologische Analyse eingeleitet. Zuerst wurden die einzelnen Knochen gereinigt. Da sie gut erhalten waren (die meisten Knochen mit Ausnahme der Beckenknochen und Schienbeine, blieben ganz), konnte eine diesbezügliche schwierige Rekonstruktion entfallen. Nun waren die Skelettüberreste zur weiteren anthropologischen Untersuchung vorbereitet.

- Von den insgesamt gut erhaltenen Gebeinen befanden sich im besten Zustand der Schädel und der obere Teil des postkranialen Skeletts. Von den Beckenknochen zum Fußskelett hin verschlechterte sich der Erhaltungszustand, die Knochen waren brüchig und zerfielen bei der Berührung. Auf der Knochenoberfläche befanden sich Reste von mumifizierter Haut. Die Farbe der Knochen war braun, mit noch dunkleren braunen Flecken, welche die erwähnten Reste der mumifizierten Haut bildeten.
- Wenn wir Mendels Skelett als Ganzes betrachten, so kann ihm mittlere Robustheit bescheinigt werden, es weist stark entwickelte Muskelansätze auf, ist ohne erhebliche pathologische Veränderungen, trägt eindeutig männliche Merkmale (sowohl in morphoskopischer als auch in morphometrischer Hinsicht), zeigt leichtere, einem Menschen im fortgeschrittenen mittleren Alter entsprechende Abnutzungerscheinungen.

## Der Schädel

Der Erhaltungszustand des Schädels zeigte sich als vorzüglich, ohne postmortale Deformationen. Die einzige Beschädigung waren Risse auf der rechten Seite des Hirnschädelns, im Bereich der Verbindung von Scheitel- und Schläfenbein. Laut der ermittelten Maße und aufgrund von ihnen berechneten Indexen (Knussmann, 1988) hatte Mendel einen breiten (164 mm) Schädel von mittlerer Länge (186 mm) und mittlerer Höhe (131 mm). Nach dem Höhe-Breite-Index (88,1 Einh.) war sein Schädel hyperbrachykranisch, was insgesamt eine kurze und breite Kopfform bedeutet. Das Gesicht war niedrig (114 mm), mittelbreit (140 mm), mit einer im Verhältnis zum Hirnschädel relativ schmalen Stirn (65,2 Einh.), einem wenig hervortretendem Kiefer (orthognatisch 87,9 Einh.), niedrigen und breiten Augenhöhlen (73,3 Einh.) sowie relativ breiter Nasenöffnung (55,6 Einh.). Diese Kopfform überwiegt auch in der heutigen Population. Dass die anthropologische Charakteristik der Schädelausformung tatsächlich der Morphologie des Kopfes von Abt Mendel entspricht, bestätigt der Blick auf eine zeitgenössische Fotografie. Die Morphologie des Kopfes ist auf der Fotoaufnahme sehr gut ersichtlich. Zu beobachten ist ein deutlich brachycephaler Kopf mit einem grazilen Gesicht, zierlichen Kiefern und breiter Stirn. Der Kopfform entsprach auch die gemessene Hirnschädelkapazität, die recht hoch ( $1\ 580\ cm^3$ ) war. Es handelte sich um eine überdurchschnittlich hohe Gehirnkapazität im Vergleich mit durchschnittlicher Gehirnkapazität heutiger Männer ( $1\ 350\ cm^3$ ) (z.B. Čihák, 2004). Die Variationsbreite der normalen menschlichen Hirnkapazität bewegt sich allerdings zwischen 1 000 und 2 000  $cm^3$  (Mielke et al., 2008), in dieser Hinsicht befanden sich Mendels Werte ungefähr in der Mitte dieser Skala. Hier muss bemerkt werden, dass eine Korrelation zwischen Hirngröße und mentalen Fähigkeiten beim modernen Menschen nicht nachgewiesen

werden konnte (Mielke et. al., 2008). Daher lässt der große Hirnschädel von Gregor Johann Mendel keinerlei Rückschlüsse auf seine Genialität und Einfallsreichtum zu. Die Röntgenaufnahmen des Schädels zeigten beträchtliche Hohlräume sowohl im Stirnknochen, als auch im Unterkiefer. Es handelt sich um ein nichtmetrisches Merkmal, das in den Familien vererbt wird. Auf dem Stirnknochen befand sich teilweise erhaltene *sutura metopica* (ein Relikt der Stirnnaht aus der Kindheit) in einer Länge von ungefähr 1-1,5 cm oberhalb der Nasenwurzel. Auf der anderen Schädelseite, der Hinterhauptschuppe, wurde eine deutlich markante hakenförmige protuberantia occipitalis externa gesichtet, eines der männlichen Geschlechtsmerkmale, das von stark entwickelter Muskulatur in diesem Bereich zeugt. Andere anatomische Varietäten konnten am Schädel nicht festgestellt werden. • Während der Untersuchung des Hirnschädels wurde innerhalb des Schädels, in der Nähe des großen Hinterhauptlochs (*foramen occipitale magnum*) ein Rest des Hirngewebes vorgefunden Ein weiterer interessanter Fund waren Reste der Haardecke im oberen Teil des Hinterhauptknochens. Die Haare waren allerdings winzig und kurz, außerdem zerfielen sie bei Berührung und ließen somit keine weitere Untersuchung zu.

### **Das Gebiss**

Die Zähne waren, Mendels Alter entsprechend, im schlechten Zustand. Die meisten von ihnen sind intravital hin ausgefallen. Am oberen Kiefer hatte er eine ganzheitliche Zahnprothese, die an den Backenzähnen zu beiden Seiten befestigt war. Konkret handelte es sich um den zweiten Backenzahn ( $M^2$  dx. - 17) von rechts und den ersten Backenzahn von links ( $M^1$  sin. - 26). Beide Zähne wiesen ausgedehnte Halskaries auf. Der Backenzahn auf der rechten Seite der Prothese hatte außerdem zwei Karies inmitten der Okklusionsfläche der Krone, die bereits Vertiefungen im Zahnschmelz gebildet hatten (die kleinere Karies war wie

ein Sesamkorn groß, die andere erreichte die Maße eines Reiskorns). Eine dritte Karies befand sich auf der mesialen Seite der Krone. Sie hat noch keine Öffnung im Zahnschmelz, lediglich einen braunen Fleck auf der Kronenoberfläche verursacht (die braune Farbe ist das Werk von Bakterienmetaboliten) (Hilson, 1996). Die Backenzähne hielten in den Alveolen nur dank den Wurzelspitzen und stecken heute nicht mehr fest im Kiefer, daher lässt sich die Prothese nicht mehr so aufsetzen, wie sie Mendel zu Lebzeiten trug. Interessant an der Prothese ist, dass sich auf der rechten Seite des Zahnbogens drei Prämolaren befinden, das heißt, dass einer von ihnen die Stelle des ersten Backenzahns einnimmt. • Der Alveolarkamm des Oberkiefers ist atrophiert, es gibt Spuren von Entzündungen, vornehmlich im Bereich der hinteren Zähne. Die Situation im Unterkiefer ist ähnlich. Der Alveolarkamm ist im Grunde zur Gänze atrophiert, es gibt dort nur zwei Zähne, den zweiten Eckzahn ( $C$  dx. - 43) auf der rechten und den zweiten Vorderzahn auf der linken Seite ( $I_2$  sin. - 32). Im Bereich des Alveolarkamms lassen sich ebenfalls mit Entzündungsprozessen zusammenhängende Veränderungen beobachten. Die erhaltenen Zähne tragen Spuren von Karies, sind jedoch von einer Schicht Zahnstein umgeben. Auch die Parodontal-Rückentwicklung ist beträchtlich, die Zähne halten in den Zahnlöchern lediglich kraft der Wurzelspitzen.

### **Das postkraniale Skelett**

Vom postkranialen Skelett sind sämtliche Knochen erhalten. Die Knochen der oberen Körperhälfte sind unbeschädigt. Sogar das Zungenbein ist vorhanden, es ist zerbrechlich, doch seine Präsenz zeugt von einem guten Erhaltungszustand des Knochengewebes. Von der Gürtellinie abwärts (von den Beckenknochen bis hin zum Fußskelett) sind die Knochen viel schlechter erhalten, sie sind mürbe, von Fäulnis beschädigt, abgerieben, gebrochen, daher zerfallen sie bei der Berührung. • Mendels postkraiales Skelett

lässt sich als eine Konstitution von mittlerer Robustheit mit stark entwickelten Muskelansätzen charakterisieren.

- An die ersten Rippen schließen ossifizierte Rippenknorpel an. Auf den meisten Langknochenepiphysen befinden sich Osteophyten. Am stärksten entwickelt sind sie gerade an den Wirbelkörpern, hauptsächlich jenen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Das Vorkommen von Osteophyten ist bei einem 62 Jahre alten Mann nichts Ungewöhnliches. Am Kreuzbein wurde eine *spina bifida* – ein offener Sakralkanal – auf der Dorsalseite in der Höhe der ersten drei Kreuzwirbel entdeckt. Der offene Kreuzbeinkanal kann beim lebenden Menschen zu einem Vorfall der Rückenmarkshäute führen. Andere Anomalien lassen sich an den Knochen des postkranialen Skeletts nicht feststellen, alle sonstigen Knochen sind von üblicher Form und Grösse.

### **Bestimmung der grundlegenden anthropologischen Parameter (Geschlecht, Alter, Körpergröße)**

Für die Erforschung der Skelettüberreste von Angehörigen historischer Populationen ist es unumgänglich, Geschlecht, Alter und schätzungsweise auch die Körpergröße zu bestimmen, dies selbst im Falle, wo die Identität der untersuchten Person bekannt ist. Bei der Geschlechtsbestimmung können wir einer Mischung von männlichen und weiblichen Merkmalen, beziehungsweise einem grazilen Männer- oder robusten Frauenskelett begegnen. Zur Erkundung des erreichten Lebensalters wird beispielsweise das sog. Knochenalter festgestellt, das dem Kalenderalter des betreffenden Menschen nicht unbedingt entsprechen muss. Es wird nämlich durch dessen Gesundheitszustand und Lebensweise beeinflusst. Dies sind Parameter, die Vieles über den Menschen, dessen Überreste erforscht werden, aussagen, daher können wir sie nicht außer Acht lassen.

### **Die Geschlechtsbestimmung**

Das Geschlecht wurde mit Hilfe sowohl morphoskopischer als auch metrischer Methoden (Murail et. al., 2005; Černý und Komenda, 1988; Aesádi und Nemeskéri, 1970) bestimmt. Die Becken – und Schädelmorphologie zeigte eindeutig männliche (maskuline) Merkmale. Wurden metrische Methoden angewandt, so war im Ergebnis der Diskriminationsgleichungen ein leichter hypomaskuliner Trend, der durch die Grazilität von Mendels Skelett gegeben ist, deutlich. Insgesamt wurde das Geschlecht bei sämtlichen beurteilten Knochen mittels anthropologischer Methoden als männlich identifiziert. Das anthropologisch bestimmte Geschlecht wurde anschließend auch durch die genetische Analyse, welche eindeutig die Anwesenheit des SRY-Gens auf dem kurzen Arm des Y-Chromosoms nachgewiesen hatte (Cunha et al., 2000), bestätigt.

### **Die Bestimmung des biologischen Alters**

Gregor Johann Mendel verstarb am 6. 1. 1884 im Alter von 62 Jahren. Sein biologisches Alter wurde anhand zweier Methoden bestimmt. Zum einen durch die kombinierte Nemeskéri-Methode in der Version von Sjøvold (Sjøvold, 1975), zum anderen nach der Obliteration der äußeren Schädelnähte (Rösing, 1977 in Knussmann, 1988). • Bei der Anwendung der kombinierten Methode wurde das biologische Alter auf 65 Jahre festgelegt, nach dem Verschließen der Schädelnähte beurteilt ergab sich ein Intervall zwischen 55 und 64 Jahren. Mendels biologisches Alter war daher um etwa 3 Jahre höher, als das Kalenderalter. Solch eine Situation ist keineswegs ungewöhnlich. Das biologische Alter wird durch den Gesundheitszustand sowie durch die Lebensweise des Menschen beeinflusst. Aus den Ergebnissen geht klar hervor, dass die Skelettüberreste einem Menschen der Alterskategorie senilis (über 60 Jahre) gehörten. In diese Kategorie fällt auch das Kalenderalter von Gregor Johann



72

Pozůstatek čelního švu – tzv. *sutura metopica* (detail čelní kosti v oblasti antropometrického bodu glabella).

Überbleibsel der Stirnnaht – sog. *sutura metopica* (Detail des Stirnbeins im Bereich des anthropometrischen Glabella-Punktes).

The remnant of a frontal suture – the *sutura metopica* (detail of the frontal bone in the area of the glabella anthropometric point).

73

Rozsáhlé dutiny v čelní kosti na RTG snímku lebky G. J. Mendela v norma frontalis.

Auffallende Hohlräume im Stirnbein auf dem RTG-Bild von G. J. Mendels Schädel, Vorderansicht (norma frontalis).

Large cavities in the frontal bone in an X-ray image of G. J. Mendel's skull in norma frontalis.



74

Zubní protéza G. J. Mendela se stoličkami, jejichž prostřednictvím držela v čelisti.

G. J. Mendels Zahnprothese mit Backenzähnen, dank denen sie im Kiefer befestigt war.

G. J. Mendel's dentures, with the molars that held it in place.

75

Zbytky mozkové tkáně objevené v okolí velkého týlního otvoru v lebce G. J. Mendela.

Die in der Umgebung des großen Hinterhauptlochs im G. J. Mendels Schädel entdeckten Reste des Hirngewebes.

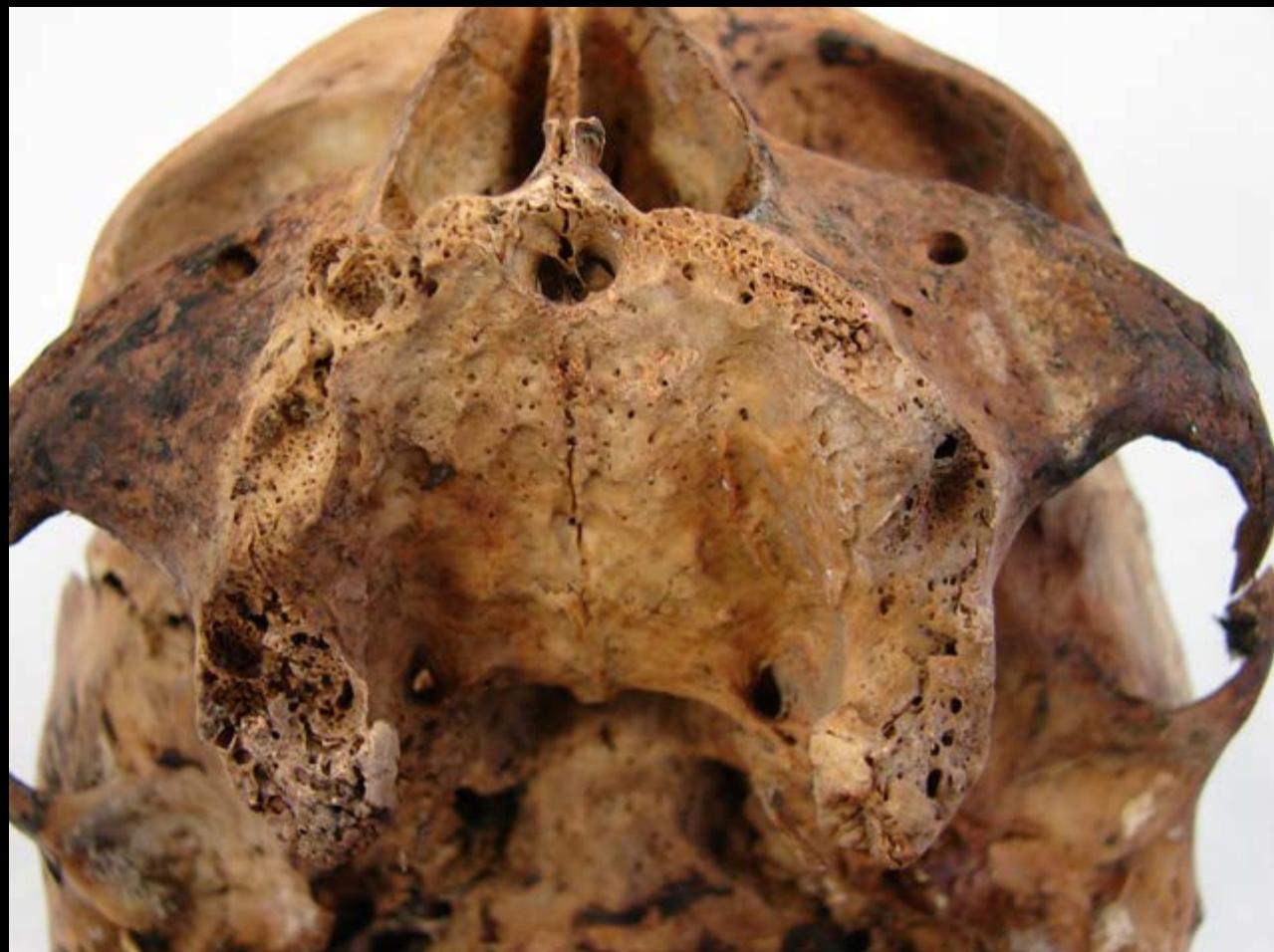
The remains of brain tissue discovered around the foramen magnum of G. J. Mendel's skull.

76

Detail stoliček upevňujících zubní protézu G. J. Mendela v ústech.

Detail der die Zahnprothese von G. J. Mendel im Mund fixierenden Backenzähne.

Detail of the molars which held G. J. Mendel's dentures in his mouth.



77

Pohled na okluzální stranu horní čelisti G. J. Mendela.

Blick auf die okklusale Seite des Oberkiefers von G. J. Mendel.

A view of the occlusal side of G. J. Mendel's maxilla.

Mendel. Mendel wurde nicht hochbetagt, zu seiner Zeit haben Menschen nicht selten das siebzigste Lebensjahr überschritten. Als Beispiel darf man seine Brüder aus dem Augustinerorden nennen, etwa seinen Mentor, den Abt Cyrill Franz Napp (1792–1867) der das Alter von 75 Jahren erreicht hatte, oder den Unterprior Gregor Jokl (1852–1929), der 77 Jahre alt geworden war.

### **Die schätzungsweise Bestimmung der Körpergröße**

Die Körpergröße von Gregor Johann Mendel wurde anhand der Maße der langen Skelettknochen berechnet. Am besten erhalten waren die Arm- und Oberschenkelknochen. Die Körperhöhe wurde aufgrund ihrer äußersten Länge geschätzt (Knusmann, 1988, Sjøvold, 1990). Nach den Ergebnissen der Regressionsgleichungen war Mendel ungefähr 168 Zentimeter groß (Schätzung der Körperhöhe nach der Länge des rechten Armknochens ergab 167,8 cm, nach der Länge des linken Oberschenkelknochens 168,0 cm). Gemessen an der gegenwärtigen männlichen Population handelt es sich um eine Figur von eher unterdurchschnittlicher Größe. Die letzte landesweite Untersuchung von Kindern und Jugendlichen gibt die durchschnittliche Körperhöhe der heutigen Männer mit 178,75 cm an. Über die entsprechenden Daten zu erwachsenen Männern aus Mendels Zeit verfügen wir nicht, wir haben allerdings die Ergebnisse einer Messung aus dem Jahre 1895 (Vignerová et. al., 2006). Zu dieser Zeit erreichte die durchschnittliche Körpergröße eines erwachsenen Mannes 168,4 cm. Da der Abt Mendel (1822–1884) früher gelebt hatte (man muss von jenem Zeitpunkt ausgehen, wo er die maximale genetisch einkodierte Körperhöhe erreichen konnte, was bei Männern des 19. Jahrhunderts irgendwann nach dem 20. Lebensjahr gewesen war, das heißt bei ihm etwa um das Jahr 1850), muss bei der Beurteilung seiner Körperhöhe mit der Einwirkung des Sekulärtrends (der Körperhöhenzuwachs bei Männern macht etwa 1 cm in 10 Jahren aus) gerechnet werden, daher

sind von der Durchschnittsgröße des männlichen Körpers im Jahre 1895 wenigstens 2–3 Zentimeter abzuziehen. Die durchschnittliche Körpergröße bei Männern konnte so zu Gregor Johann Mendels Lebzeiten 165,4–166,4 cm betragen haben. Daraus folgt die Feststellung, dass Mendel zu seiner Zeit eine durchschnittliche, oder sogar leicht überdurchschnittliche Körpergröße aufwies. Diese Tatsache bestätigt visuell eine Gruppenfotoaufnahme der Brünner Augustiner, wo der stehende Gregor Johann Mendel (der auf dem Foto im relativ jungen Alter abgebildet ist) eher größer ist, als die umstehenden Brüder, auch wenn er sie nicht alle überragt.

## **Examination of the skeletal remains of G. J. Mendel**

After being removed from the coffin, the skeletal remains of Gregor Johann Mendel were transported for further anthropological analysis to the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology of the Section of Genetics and Molecular Biology at the Department of Experimental Biology of the Faculty of Science, Masaryk University. After a brief acclimatisation in the skeletal material depository, the state of the bone tissue was evaluated, and the anthropological analysis commenced. First, the individual bones were cleaned. Because they were in good condition, no complicated reconstruction was necessary. Most of the bones, except for the pelvic bones and the tibiae, were intact. At this stage, the skeletal remains were ready for anthropological study. • The bones were well preserved. The best preserved were the skull and the upper part of the postcranial skeleton. From the pelvic bones to the feet, the conditions worsened, the



78

Detail chrupu dolní čelisti G. J. Mendela.

Detail des Unterkiefergebisses von G. J. Mendel.

Detail of G. J. Mendel's lower jaw teeth.



79

Jazylka G. J. Mendela.

G. J. Mendels Zungenbein.

G. J. Mendel's hyoid bone.

bones were fragile and crumbled upon touching. Remnants of mummified skin were found on the surface of all the bones. The bones were of brown colour with spots in darker brown, which were the mummified skin remnants. • If we take a look at Mendel's skeleton as a whole, we can say that it is moderately robust, with strongly developed muscular attachments, without significant pathological alterations, and bearing clearly male features (at the morphoscopic as well as the morphometric level), showing slight wear corresponding to a person of older middle age.

### The Skull

The skull was excellently preserved, with no post-mortem deformations. The only damage was cracks on the right side of the neurocranium in the area where the parietal bone and the temporal bone join. According to the dimensions of the skull and following the indexes calculated from them (Knussmann, 1988), Mendel's skull was wide (164 mm), moderately long (186 mm), and moderately high (131 mm). According to the cephalic index (88.1 units), his skull was hyperbrachycranial, i.e. the overall shape of his head was short and wide. His face was low (114 mm), moderately wide (140 mm), with a comparatively narrow forehead compared to the width of the neurocranium (65.2 units), with a slightly protruding jaw (orthognathic 87.9 units), low and wide orbital cavities (73.3 units), and a comparatively wide nasal aperture (55.6 units). This shape of head is predominant among the present-day population. The fact that the anthropological characteristics of the skull's shape corresponds to the real morphology of Abbot Mendel's head can be confirmed in the period photograph. The morphology of the head is very clearly apparent in the photograph. One can see a distinctly brachycephalic head, with a gracile face with a delicate jaw and wide forehead. • The shape of the head corresponded also to the measured volume of the neurocranium, which was comparatively high - 1 580 cm<sup>3</sup>. This

is an above-average brain capacity compared to the average brain capacity of contemporary men (1 350 cm<sup>3</sup>) (e.g. Čihák, 2004). Nevertheless, the normal range of human brain capacity is between 1 000 and 2 200 cm<sup>3</sup> (Mielke et al., 2008); Mendel's brain capacity was approximately in the middle of this range. Here it should be noted that the correlation between brain capacity and mental abilities has not been demonstrated in modern humans (Mielke et al., 2008). Therefore it is not possible to establish causality between Mendel's large neurocranium and his ingenious ideas and thinking. • X-ray images of the skull showed large cavities in the frontal bone as well as in the maxilla. This is a non-metric trait which is hereditary. The frontal bone showed a partly preserved *sutura metopica* (a remnant of the frontal suture from childhood), about 1-1.5 cm in length above the root of the nose. On the other side of the skull, on the squamous part of the occipital bone, one can find a markedly hook-shaped *protuberantia occipitalis externa*, one of the characteristics of males, providing evidence of significant muscle development in this area. No other anatomical variations were found on the skull. • When studying the neurocranium, remnants of brain tissue were found inside the skull, in proximity of the foramen magnum. Another interesting feature is the remnants of hair cover, which were located in the upper part of the occipital bone. However, the hair was so sparse and short that it was impossible to study it further, as it fell apart when touched.

### Dentition

Due to Mendel's older age, his teeth were in poor condition. Most of them fell out individually. Mendel had a maxillary denture, which was held in place by the molars on both sides. These were the second molar ( $M^2$  dx. - 17) from the right side, and the first molar from the left side ( $M^1$  sin. - 26). Both of these teeth had large neck cavities. In addition, the molar on the right side contained two cavities in the centre of the

occlusal surface of the crown, which had already created pits in the enamel (the smaller cavities were the size of a sesame seed, the larger were the size of a grain of rice). More cavities were found on the mesial side of the crown. There was no hole in the enamel, only a brown stain on the surface of the crown (the brown colour is caused by bacterial metabolites) (Hillson, 1996). The molars held in the dental alveoli only by the spikes of their roots, and at present they do not hold in the jaw, and therefore it is not possible to attach the dentures in the way that Mendel wore them during his life. The denture is interesting in that on the right side of the dental arch there are three premolars, i.e. one is located where there should be the first molar. • The alveolar ridge of the maxilla is atrophied, bearing marks of inflammation, especially in the area of the posterior teeth. The situation is similar in the mandible. The alveolar ridge is essentially completely atrophied, there are only two teeth, the canine (C dx. - 43) on the right side, and the second incisive on the left side (I<sub>2</sub> sin. - 32). In the area of the alveolar ridge we can also observe changes related to inflammatory processes. The preserved teeth do not show signs of decay. However, they are covered in mineralized plaque. The retreat of the periodontium is also considerable, and the teeth are held in place only by the tips of their roots.

### **Postcranial skeleton**

All the bones of the postcranial skeleton have been preserved. The bones of the upper body are intact. Even the hyoid has been preserved, which is fragile, and whose presence indicates good preservation of the bone tissue. Bones from the waist down (from the pelvis to the feet) are very poorly preserved; they are fragile, damaged by decomposition, abraded, broken, and crumble upon touching. • Mendel's postcranial skeleton can be characterised as moderately robust, with strongly developed muscular attachments. • Ossified rib cartilage is attached to the first ribs. Such osteophytes are found

on most epiphyses of long bones and vertebrae. They are most developed on the vertebrae, particularly on the thoracic and lumbar parts of the spine. The presence of osteophytes is common for a man 62 years of age. The sacrum has a *spina bifida* – an opening in the sacral canal – on the dorsal side at the level of the first three sacral vertebrae. In a living person, an open canal in the sacrum can lead to the prolapse of the ependymal canal. No further anomalies were found on the bones of the postcranial skeleton. All other bones have the usual shape and size.

### **The determination of basic anthropological parameters (sex, age and height)**

When researching the skeletal remains of members of historic populations, it is necessary to determine the sex and age, as well as to estimate the body height, even in cases in which we know the identity of the person. When determining sex, we can encounter a mix of male and female characteristics, for example a gracile skeleton of a man, or a robust skeleton of a woman. When determining age, we determine the so-called bone age, which does not have to correspond to the calendar age of the individual. The reason is that the bone age is influenced by the health and lifestyle of the individual. These are parameters which tell a lot about the individual, and therefore they cannot be neglected.

#### **Determining sex**

Sex was identified by morphoscopic as well as metric methods (Murail et al., 2005; Černý and Komenda, 1988; Acsádi and Nemeskéri, 1970). The morphology of the pelvis and the skull showed unequivocally masculine features. Using metric methods, the result of the discriminant equations showed a slight hypomasculine trend, which was caused by the gracile nature of Mendel's postcranial skeleton. Overall, the sex of all skeletal bones assessed by anthropological methods was determined to be male. The anthropologic

determination of sex was subsequently confirmed by genetic analysis, which unequivocally confirmed the presence of the SRY gene, which is located on the short arm of the Y chromosome (Cunha et al., 2000).

### Determining biological age

Gregor Johann Mendel died on 6 January 1884, aged 62. His biological age was determined by two methods. First, by the combined method of Nemeskéri and updated by Sjøvold (Sjøvold, 1975), and second, by analysing the obliteration of the outer cranial sutures (Rösing, 1977 in Knusmann, 1988). • According to the combined method the age was determined to be 65 years, and according to the cranial sutures it was determined between 55 and 64 years. Mendel's biological age is therefore slightly higher, by about three years, than his calendar age. Such a situation is not uncommon. Biological age is influenced by the health and lifestyle of the individual. The results clearly show that the skeletal remains belonged to a person in upper-middle age (more than 60 years). The calendar age of Gregor Johann Mendel falls into this category as well. Mendel did not live to be very old; at his time people lived to be more than 70 years old. For example, many of his brothers in the Augustinian Order lived to old age, among them his mentor Abbot Cyril František Napp (1792–1867) lived to be 75, and the deputy prior Gregor Jokl (1852–1929) lived to be 77.

### Estimation of body height

The height of Gregor Johann Mendel was calculated from the length of the long skeletal bones. The humeri and femurs were the best preserved. The body height was estimated based on their maximum length (Knusmann, 1988; Sjøvold, 1990). According to the results of the regression equations, Mendel was about 168 cm tall. The height estimation according to the right humerus was 167.8 cm, and according to the left femur it was 168.0 cm. In comparison to the male

population today, this height is rather below the average. The last Czech national survey of children and adolescents showed that the average height of men is currently 178.75 cm. We do not have data for adult men from the period of Mendel's life, but we do have the results from measurements in 1895 (Vignerová et al., 2006). At that time, the average height of an adult man was 168.4 cm. Due to the fact that Abbot Mendel lived earlier (1822–1884), we need to consider the year at which he could have reached his maximum genetically coded body height, which for 19th century men was sometime after the 20th birthday, i.e. around 1850. When estimating his body height, we also have to take into account the effect of the secular trend (the increase in height in the male population is about 1 cm every 10 years), and subtract at least 2–3 cm from the average body height of men in 1895. Therefore, the average height of men during Gregor Johann Mendel's lifetime may have been 165.4–166.4 cm. Thus, it can be assumed that Mendel's height was average for men at this time, or even slightly above average. This can be visually confirmed in a group photograph of the Brno Augustinians, in which the standing figure of Gregor Johann Mendel (the photograph depicts him at a comparatively younger age) is rather taller than the brothers standing around him, although he is not the tallest of all.



a



b



c



d

80

Osteofyty na páteři: hrudní obratle (a, b, c); bederní obratel (d).

Osteophyten an der Wirbelsäule: Brustwirbel (a, b, c); Lendenwirbel (d).

Osteophytes on the vertebral column: thoracic vertebrae (a, b, c); lumbar vertebra (d).



81

*Spina bifida* na kosti křížové G. J. Mendela.

*Spina bifida* an G. J. Mendels Kreuzbein.

*Spina bifida* on the sacrum of G. J. Mendel.

Cesta šestá:

<sup>127</sup> Identifikace tělesných ostatků G. J. Mendela

Sechster Weg:

<sup>132</sup> Identifizierung der leiblichen Überreste  
von G. J. Mendel

Sixth way:

<sup>138</sup> Identification of the bodily remains  
of G. J. Mendel

DANA FIALOVÁ

FILIP PARDY

EVA DROZDOVÁ

MAREK PEŠKA

ANTONÍN ZŮBEK

# Identifikace tělesných ostatků G. J. Mendela

Identifikace tělesných ostatků Gregora Johanna Mendela byla zásadním krokem při výzkumu jeho kosterních pozůstatků. Nebyly známý bлизí podrobnosti o uložení jeho ostatků v hrobce. Jediným faktom bylo, že jeho rakve s ostatky byla pohřbena na tomto místě jako první. Abychom si byli jisti, že zkoumáme skutečně ostatky Gregora Johanna Mendela, musela proběhnout identifikace jeho ostatků vše-mi dostupnými prostředky. Archeologicky, na základě pořadí a polohy rakve v hrobce. Antropologicky, srovnáním biologických parametrů ostatků nalezených v rakvi, která mu podle předpokladů patřila, se známými faktky z jeho života. Nejdůležitější však byla identifikace genetická, která dokáže identifikovat jedince s pravděpodobností blížící se 100 %.

## Identifikace archeologická

Totožnost ostatků G. J. Mendela byla celkem spolehlivě prokázána ještě před antropologickými a biologickými analýzami pomocí archeologických metod. • V augustiniánské hrobce byly všechny náhrobky osazeny někdy v průběhu druhé třetiny 20. století, přesto nikdy nebylo ověřováno, zda jména pohřbených odpovídají skutečnosti. • Na náhrobku G. J. Mendela byla uvedena jména čtyř pohřbených, v hrobě se ovšem nacházely také ostatky pátého jedince, uložené navíc k pohřbu v rakvi č. 802. Již z tohoto pohledu se dnes popis na náhrobcích jeví jako ne zcela spolehlivý. Právě archeologický výzkum hrobky umožnil zpřehlednit situaci a identifikovat všechny pohřbené v hrobě společně s G. J. Mendelem. Výsledky terénního výzkumu přinesly tři pádné argumenty k identifikaci rakve G. J. Mendela: 1. Jedná se o nejstarší pohřeb v této části hrobky. 2. Pohřeb, na rozdíl

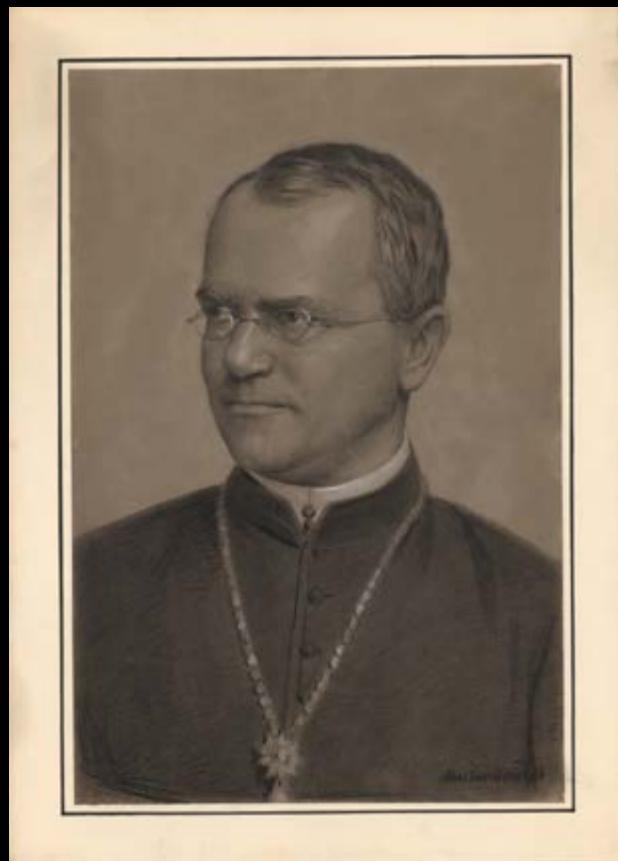
od ostatních, ležel pod základy augustiniánské hrobky. To znamená, že zde byl uložen ještě před její výstavbou v roce 1885 (Ústřední hřbitov byl založen v roce 1883, takže jde zároveň o jednoho z prvních pohřbených v tomto areálu).

3. V polstrovaní kovové rakve byla nalezena tiskovina datovaná do října 1883 (October 1883), pocházela tedy z období krátce před Mendelovou smrtí 6. ledna 1884. • Ze závěrů archeologického výzkumu tedy vyplývá, že totožnost pohřbu Gregora Johanna Mendela byla celkem spolehlivě prokázána již pomocí archeologických metod.

## Identifikace antropologická.

### Základní parametry tělesných ostatků nalezených v rakvi

V rakvi, která patřila opatu Mendelovi, byly objeveny kompletní, poměrně dobře zachovalé kosterní pozůstatky muže gracilní konstituce se silnými svalovými drsnatinami. Podle hodnoty kostního věku se tento muž dožil asi 65 let a byl vysoký přibližně 168 cm. Jeho kosterní pozůstatky byly dobré zachovalé a všechny parametry, které byly při antropologické identifikaci využity, byly spolehlivě změřeny nebo zdokumentovány. • Robustitita kosterních pozůstatků odpovídala stavbě těla Gregora Johanna Mendela na známých vyobrazeních. Biologický (kostní) věk sice mírně převyšoval (65 let) věk dožitý (témař 62 let), což odpovídá normální variabilitě tělesných parametrů člověka. Naopak je zřejmé, že věk kalendářní a biologický se u Mendela více méně shodoval. Nález zbytků zmýdelněné tukové tkáně z oblasti břicha a kyčlí podporuje antropologické určení dožitého věku do kategorie senilis - 60 a více let. V tomto věkovém období, v antropologii recentní populace nazývaném „stáří“ (60–75 let), začíná docházet, mimo jiné, k atrofii svalstva a soustředování tuku v oblasti břicha, zhoršuje se činnost srdce a oběhové soustavy (Bláha et al., 2007). • Na kostře se nacházejí patologické změny spojené se stárnutím a vyšším věkem člověka. • Naproti tomu zde zcela chybí známky po-

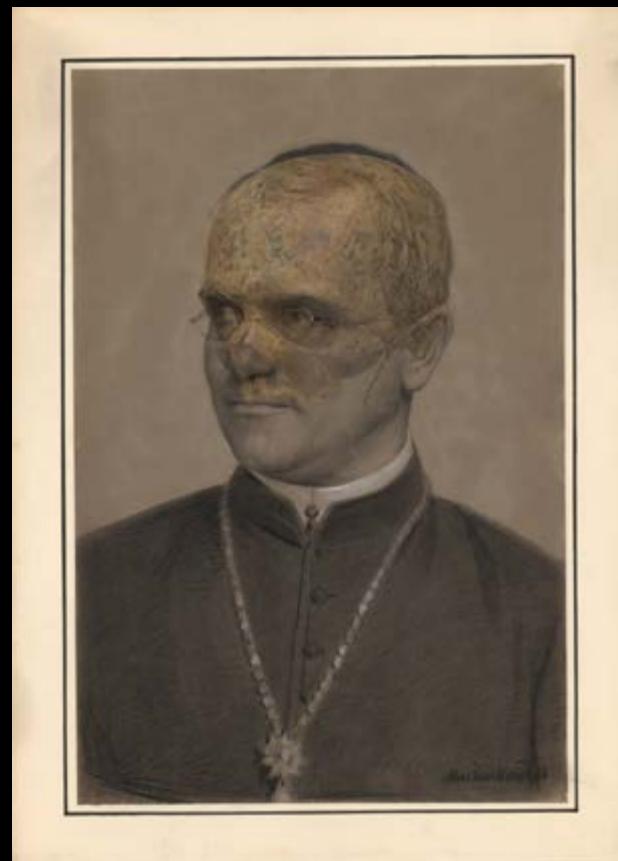


82

Portrét G. J. Mendela od Aloise Zenkera z roku 1884.

G. J. Mendels Porträt von Alois Zenker, Entstehungsjahr 1884.

Portrait of G. J. Mendel by Alois Zenker, 1884.



83

Superprojekce lebky G. J. Mendela do portrétu od Aloise Zenkera, kresba z roku 1884.

Die Superprojektion des Schädels von G. J. Mendel in das Porträt von Alois Zenker. (Zeichnung aus dem Jahre 1884).

Superprojection of G. J. Mendel's skull into a portrait by Alois Zenker, drawing from 1884.

zraněních nebo jiných výrazných patologických změnách, které zanechávají stopy v kostní tkáni. Není známo, že by Mendel takovými onemocněními nebo zraněními trpěl, tedy i tato skutečnost je pozitivní z hlediska kladné identifikace jeho kosterních pozůstatků. • Odhad výšky postavy ukázal, že kostra patřila muži v jeho době průměrné výšky postavy. Tento výsledek je v souladu se známými fakty. Nejsou indicie o tom, že by Gregor Johann Mendel měl postavu extrémně vysokou či naopak nízkou, viz jeho fotografie, která ukazuje průměrně vysokou postavu.

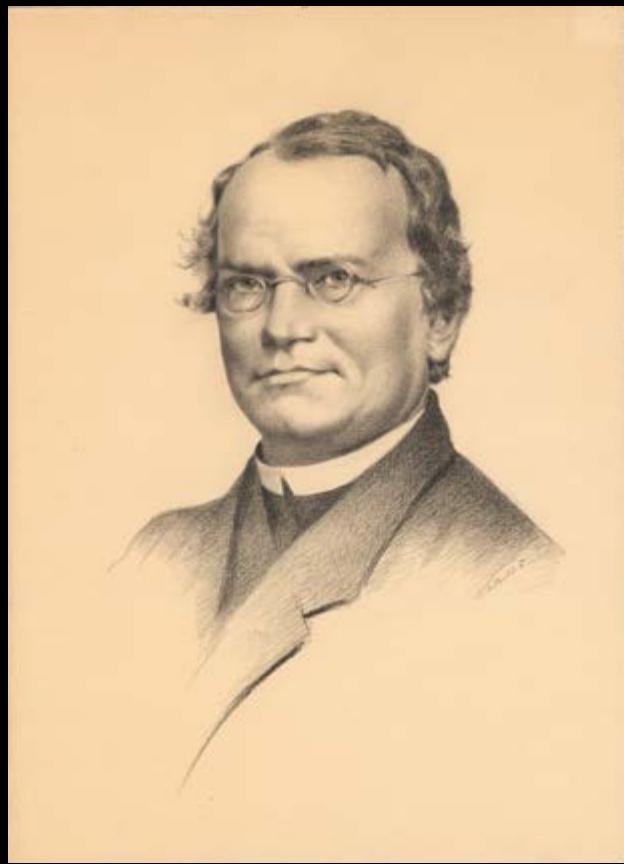
### **Superprojekce do portrétu**

Lebka Gregora Johanna Mendela byla promítnuta do jeho portrétů. Jednalo se o dva obrazy a jednu fotografiu, jejichž originály se nacházejí v Mendelově muzeu v Brně, kam je zapůjčilo Opatství Staré Brno řádu sv. Augustina, které je vlastní. Prvním byl portrét (kresba) Gregora Johanna Mendela od Aloise Zenkera z roku 1884, druhým byl grafický list s vyobrazením G. J. Mendela bez signatury i vročení a třetím byl Mendelův fotografický portrét získaný ze skupinové fotografie brněnských augustiniánů. Superprojekce lebky byla provedena bez připojené dolní čelisti, protože absence zubů v obou čelistech zkreslovala postavení čelistí ve skusu a bránila správnému umístění lebky v portrétu. • Superprojekce lebky do portrétu od Aloise Zenkera se velmi dobře zdařila. Dá se říct, že lebka do portrétu přesně zapadla. Obličeiová část i mozkovna jednoznačně souhlasí s proporcemi obličeje na obrazu. Na proporcích portrétu je vidět, že malíř opata viděl a zachytíl jeho věrnou podobu, včetně proporcí jeho hlavy. Podle této superprojekce je jednoznačné, že lebka naleží muži vyobrazenému na portrétu, tedy Gregoru Johannu Mendelovi. • Druhá superprojekce byla provedena do portrétu na grafickém listu. Tady již vyvstaly při vkládání lebky do portrétu určité problémy. Proporce obličeje na obrazu jsou ve shodě s proporcemi obličeiové části lebky, a tedy s usazením obličeiové části lebky do portrétu

nebyly žádné obtíže. Složitější však bylo usazení mozkovny. Mozkovna na portrétu je vyšší a delší než mozkovna lebky, proto oblast spánku a ucha lebky neodpovídá portrétu. Vstup do vnějšího zvukovodu a bradavkový výběžek kosti spánkové se nachází nad stejnými oblastmi na obraze. To, že obličeiová část lebky odpovídá proporcím obličeje na obrazu, dokazuje, že se jedná o podobiznu G. J. Mendela, ovšem autor se soustředil jen na Mendelův obličej, tak aby vystihl jeho podobu, ale zbytek hlavy dotvořil patrně podle své umělecké invence. • Třetí superprojekce byla provedena do dobového fotografického portrétu, tedy do nejvěrnějšího obrazu Mendelovy podoby, kterou máme k dispozici. Obrázek byl získán výřezem z naskenované skupinové fotografie, je tedy zřejmé, že nemá vysokou kvalitu. Z toho důvodu je i superprojekce méně ostrá. I přes tyto nedostatky je zřejmé, že lebka portrétu proporcemi velmi dobře odpovídá, a není pochyb, že se jedná o opatovu lebku. • I když superprojekce do portrétu od Aloise Zenkera i superprojekce do fotografie jsou zdalejší a proporce lebky i portrétu jsou v podstatě shodné, i superprojekce do grafického listu se v oblasti obličeiové části lebky zdařila. Na základě výsledků všech tří superprojekcí lze konstatovat, že lebka patřila Gregoru Johannu Mendelovi.

### **Genetická identifikace**

Nejspolehlivější metodou, jak jednoznačně určit, že se v objevené rakvi skutečně nachází ostatky Gregora Johanna Mendela, je srovnání genetické informace z ostatků nalezených v rakvi a DNA ze vzorků objevených na předmětech, které prokazatelně Mendelovi patřily. Z toho důvodu byl proveden terénní odběr vzorků z předmětů ve vlastnictví Opatství Staré Brno a Mendelova muzea Masarykovy univerzity. V našem případě byl zvolen přístup srovnání DNA konkrétně z mitochondrií (organel zajišťujících dýchání buňky), která obsahuje individuální zámkeny písmen (mutace) ve svém genetickém kódu. Kombinace těchto mutací/polymorfismů děděná po mateřské linii je jedinečná. Proto je

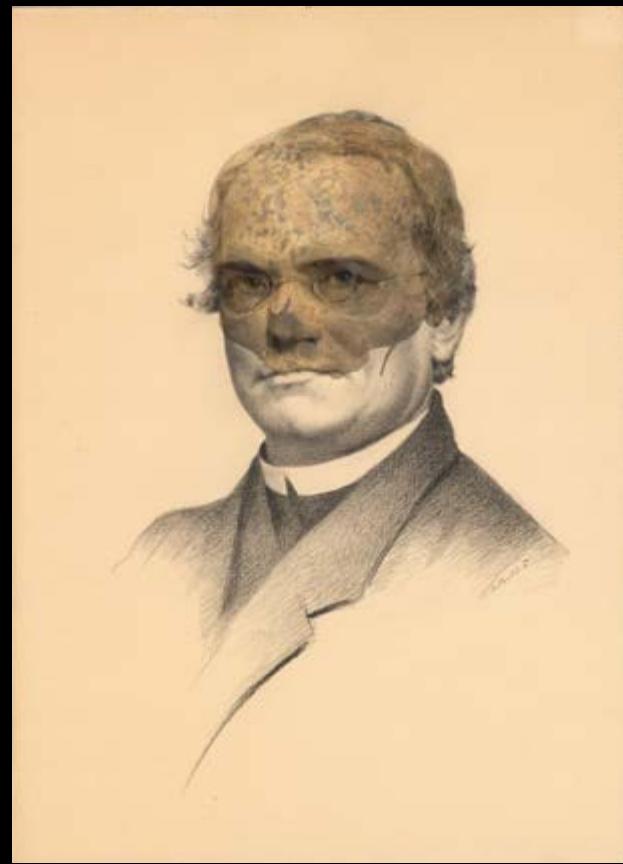


84

Grafický list s portrétem G. J. Mendela, autor neznámý, bez vročení.

Ein grafisches Blatt mit Porträt von G. J. Mendel, Autor unbekannt, ohne Datierung.

Graphic sheet with a portrait of G. J. Mendel, artist unknown, undated.



85

Superprojekce lebky G. J. Mendela do portrétu neznámého autora bez datování.

Die Superprojektion des Schädel von G. J. Mendel ins undatierte Porträt eines unbekannten Autors.

Superprojection of G. J. Mendel's skull into a portrait by an unknown artist, undated.

86

Superprojekce lebky Gregora Johanna Mendela do jeho fotografického portrétu.

Die Superprojektion des Schädel von Gregor Johann Mendel in sein Fotoporträt hinein.

Superprojection of Gregor Johann Mendel's skull into his photographic portrait.



možné jejich srovnáním u odebraných vzorků a nalezených ostatků říct, zda se jedná o Gregora Johanna Mendela, či nikoli, a to s přesností blížící se 100 %.

### DNA z Mendelových osobních předmětů

Z původních padesáti pěti vzorků vlasů, vousů a stérů získaných z osobních předmětů G. J. Mendela, odebraných v obou muzeích, se podařilo vyizolovat u dvaceti mitochondriální DNA (mtDNA). Šest ze vzorků bylo trichologického původu a čtrnáct pocházelo z povrchových stérů. Vzorky s potvrzenou přítomností mtDNA byly dále podrobeny náročnější a komplexnější metodě, nazývané sekvenování nové generace (NGS), na pracovišti CEITEC MU. Tato metoda umožňuje několikrát přečíst jednotlivá písmena zkoumané sekvence nebo i celé DNA najednou. Pro identifikaci byla proto přečtena kompletní kružnicová molekula mitochondriální DNA (tzv. mitogenom), tedy přes 16 000 nukleotidů, chemických písmen, kterými je psán její genom. • Toto se podařilo u všech zkoumaných dvaceti vzorků. Ačkoli v různé kvalitě, přečtení mitochondriální DNA byla úspěšná u všech. • Před finálním vyhodnocením výsledků je vždy nutné zpracovat bioinformatická data vygenerovaná metodou NGS. V případě starobylé DNA musela proběhnout kontrola, zda mutace zjištěné v řetězci mtDNA vznikly za života jedince, nikoli následkem poškození DNA po smrti, jako tzv. *post mortem mutace*. Dále bylo nutné zhodnotit míru fragmentárnosti výsledných úseků molekuly mtDNA. Bylo potvrzeno, že DNA je fragmentární, takže lze konstatovat, že se nejedná o současnou DNA, kterou by byl Mendelův vzorek kontaminován. Výsledky genetické analýzy prošly všemi klíčovými kontrolami a lze je považovat za věrohodné (stejně tak prošly kontrolami i výsledky genetické analýzy kosterních pozůstatků, popsané dále).

### DNA z Mendelových ostatků

Ke srovnání a následné identifikaci bylo nutné, kromě zmíněných vzorků z muzejních exponátů, odebrat také zuby a kosti, a to přímo v terénu, samozřejmě za striktních protikontaminačních opatření. Tento postup byl zopakován u všech pěti jedinců, kteří byli pohřbeni ve zkoumané části augustiniánské hrobky. Takže i nejhloběji uložená rakev (G. J. Mendela) byla otevřívána v overalech, rukavicích a dalších ochranných pomůckách, aby byly ostatky uchráněny před naší DNA. • Vzorky byly pinzetou odebrány do uzavíratelných sáčků a ihned byly uschovány do přenosné chladničky, aby se aDNA co nejméně poškodila vlivem UV záření nebo teplotních výkyvů. Poté bylo vše převezeno do Laboratoře biologické a molekulární antropologie Oddělení genetiky a molekulární biologie Ústavu experimentální biologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, která se nachází v kampusu MU v Brně-Bohunicích (LBMA PřF MU), a uloženo do mrazicího boxu při teplotě -20 °C. • DNA byla izolována tzv. silikátovými kolonkami podle zavedeného protokolu laboratoře (LBMA PřF MU) (Yang et al., 1998; Anderung et al., 2008) za stálého dodržování protikontaminačních opatření. Postup izolace lze shrnout do několika klíčových bodů. Prvním byla separace tkáně z kosti či zuba. Fragment kosti, cca 1 cm<sup>3</sup>, byl odebrán v úseku metafýzy, tedy na hranici diafýzy a epifýzy (v našem případě těla a hlavice kosti pažní), a u zuba bylo cíleno na kořen. • Ve speciálním oscilačním kulovém mlýnu byly vzorky rozemlety. Další body izolace již obsahovaly samotnou extrakci pomocí chemikálií a kolonek. Prášek byl přidán do lyzačního roztoku, směs byla přes noc ponechána při teplotě 56 °C a zároveň byly její složky míseny protřepáváním. Po přečištění DNA a jejím uvolnění do zkumavky byla připravena pro další kroky, vedoucí až k přípravě vzorku pro NGS na pracovišti CEITEC MU. Tyto kroky zahrnovaly také kvantifikaci DNA, namnožení úseku

mitochondriální DNA pomocí PCR, následnou vizualizaci gelovou elektroforézou a Sangerovo sekvenování.

### Srovnání DNA a identifikace Gregora Johanna Mendela

Postup sekvenace u vzorků z rukví byl stejný jako u trichologického materiálu a stérů. Bylo nutné zaměřit se na získání kompletní mtDNA pomocí NGS, abychom sekvence vzorků z muzeí mohli srovnat se vzorky z rukví a tím identifikovat Mendelovy ostatky. Analýzy byly úspěšné. Jeden ze vzorků odebraných v Mendelově muzeu MU – vlas, který ulpěl na okraji první nečíslované strany v knize *Populární astronomie* (Littrow J. J. 1825: *Populäre Astronomie*. Heubner Verlag. Wienn), se shodoval ve dvanácti polymorfismech/mutacích mtDNA se vzorky odebranými z rukve, o níž se předpokládalo, že patří Mendelovi. V detailu lze vidět, jak se v průběhu více než 150 let vlas posouval ze svého původního místa, o čemž svědčí několik jeho otisků v textuře stránky. Tím, že jsme vlasy před izolací podrobili mikroskopickému snímání, je možné sledovat, že se jedná o povrchově poškozený hnědý vlas bez kořínku, který je na jedné straně ustřížený a na druhé straně utržený. • Jak bylo zmíněno, sekvence mitochondriální DNA se u vlasu a kosterních pozůstatků shodovala ve dvanácti polymorfismech/mutacích. Každá taková záměna písmena v genetickém kódu (tedy polymorfismus či mutace) se ve světě vyskytuje s určitou četností, což je zobrazeno v tabulce (údaje jsou převzaty z databáze GenBank) (Clark et al., 2016). Když jednotlivé četnosti vynásobíme mezi sebou, můžeme vypočítat, jaká je pravděpodobnost, že se vyskytne druhý takový člověk se stejnou sestavou polymorfismů/mutací (pokud se nejedná o jeho blízkého příbuzného po mateřské linii). V našem případě je pravděpodobnost velmi nízká, a to přibližně  $1,28 \times 10^{-9}$ . Můžeme tedy konstatovat, že kosterní pozůstatky z nejhlubší rukve naleží i na základě genetické analýzy s vysokou pravděpodobností Gregoru Johannu Mendelovi.

### Závěr

Identifikace tělesných ostatků opata Mendela přinesla pozitivní závěry. Výsledky terénního archeologického výzkumu hrobky, závěry antropologického zpracování kosterních pozůstatků z rukve a především zjištění genetické srovnávací analýzy prokázaly, že zkoumané ostatky skutečně Gregoru Johannu Mendelovi patří.

## Identifizierung der leiblichen Überreste von G. J. Mendel

Die Identifikation der leiblichen Überreste von Gregor Johann Mendel war ein grundsätzlicher Schritt bei der Erforschung seines Skeletts. Über die Lage seines Leichnams in der Gruft war nichts Näheres bekannt. Das einzige Faktum war, dass Mendels Sarg an diesem Ort als erster bestattet wurde. Damit wir sichergehen, dass tatsächlich Gregor Johann Mendels Überreste untersucht werden, musste deren Identifikation mit Hilfe aller zugänglicher Mittel erfolgen. Archäologisch aufgrund der Bestattungsreihenfolge und der Lage des Sarges in der Gruft. Anthropologisch durch einen Vergleich der biologischen Parameter der in dem Sarg, von den angenommen wurde, dass er Mendel gehörte, vorgefundenen Überreste mit bekannten Fakten seines Lebens. Am wichtigsten war jedoch die genetische Identifikation, die eine Person mit nahezu hundertprozentiger Wahrscheinlichkeit zu identifizieren vermag.

## **Die archäologische Identifikation**

Die Identität der Überreste von G. J. Mendel konnte vor den anthropologischen und biologischen Analysen recht zuverlässig mittels archäologischer Methoden festgestellt werden. Die Grabtafeln an der Augustinergruft hatte man erst irgendwann im zweiten Drittelpunkt des 20. Jahrhunderts vollständig angebracht, es wurde aber niemals überprüft, ob deren Beschriftung den Tatsachen entspricht. Auf dem Grabmal von G. J. Mendel standen die Namen von vier Begrabenen, in der Grube befanden sich jedoch, zusätzlich im Sarg Nr. 802 bestattet, noch die Überreste eines fünften Menschen. Schon deshalb erscheint uns heute die Beschriftung der Grabtafeln nicht ganz verlässlich. Gerade die archäologische Erforschung der Gruft konnte die Situation übersichtlich machen und alle dort begrabenen Personen gemeinsam mit Gregor Johann Mendel identifizieren. Die Ergebnisse der Terrainforschung brachten drei triftige Argumente zur Identifizierung von Mendels Sarg: 1. Es handelt sich um die allererste Beisetzung in diesem Teil der Gruft. 2. Der Bestattungsort lag, im Unterschied zu den anderen Beisetzungen, unter den Fundamenten der Augustinergruft. Das heißt, dass Mendel dort noch vor deren Errichtung im Jahre 1885 begraben wurde (der Zentralfriedhof wurde 1883 angelegt, somit gehörte der Abt zu den ersten in diesem Areal Bestatteten). 3. In der Polsterung des Metallsarges wurde ein Periodikum, das mit „October 1883“ datiert war und somit aus der Zeit kurz vor Mendels Tod am 6. Januar 1884 stammte, vorgefunden. • Aus den Schlussfolgerungen der archäologischen Erforschung geht hervor, dass die Identität der Grabstätte von Gregor Johann Mendel bereits mit Hilfe archäologischer Methoden recht zuverlässig ermittelt werden konnte.

## **Die anthropologische Identifikation.**

### **Die Grundparameter der im Sarg befindlichen leiblichen Überreste**

In jenem Sarg, der dem Abt Mendel gehörte, wurden ganzheitliche, relativ gut erhaltene Skelettüberreste eines Mannes von graziler Konstitution mit starken Muskelfortsätzen vorgefunden. Nach den Werten des Knochenalters beurteilt wurde dieser Mann ungefähr 65 Jahre alt und etwa 168 Zentimeter groß. Seine Skelettüberreste waren gut erhalten, so dass sämtliche Parameter, auf die bei der anthropologischen Identifikation zurückgegriffen wurde, zuverlässig gemessen oder verzeichnet werden konnten. Die Robustizität der Skelettüberreste entsprach dem Körperbau von Gregor Johann Mendel so, wie er aus den bekannten Abbildungen ersichtlich ist. Das biologische Alter (Knochenalter) überstieg zwar geringfügig (65) die erreichten Lebensjahre (62), was allerdings der üblichen Variabilität der menschlichen Körperparameter entspricht. Es ist eher offensichtlich, dass Mendels Kalenderalter mehr oder weniger dem biologischen Alter entsprach. Der Fund der Reste vom verseiften Fettgewebe im Bauch- und Hüftbereich spricht für die Zuordnung des erreichten Alters der Kategorie senilis – 60 und mehr Jahre. In dieser Phase, welche in der Anthropologie der rezenten Population „Alter“ genannt wird (60–75 Jahre), beginnen die Muskeln zu atrophieren, in der Bauchhöhle lagert sich Fett, die Herz- und Kreislauftätigkeit verschlechtert sich (Bláha et al., 2007). • Am Skelett sind auf Alterungsprozesse und fortgeschrittenere Lebensjahre hinweisende Veränderungen feststellbar. Anzeichen von Verletzungen oder anderen auffälligen pathologischen Veränderungen, die zumeist Spuren im Knochengewebe hinterlassen, fehlen hingegen vollständig. Es ist nicht bekannt, dass Mendel an derartigen Verletzungen und Erkrankungen gelitten hätte, daher ist auch diese Tatsache im Hinblick auf die eindeutige Identifizierung seiner Überreste positiv zu werten. • Die Abschätzung der Körperhöhe zeigte, dass



87

87

Otevřání nejhļubší rakve z augustiniánské hrobky za dodržení protikontaminačních opatření.

Die Öffnung des am tiefsten liegenden Sarges aus der Augustinergruft unter Einhaltung strenger Antikontaminationsmaßnahmen.

Opening of the lowest-lying coffin from the Augustinian tomb, while observing anti-contamination precautions.



88

Odebírání vzorku zuba určeného pro genetickou analýzu: zub v pinzetě (a); zub v uzavíratelném sáčku (b).

Die Entnahme eines Zahnes als Probe für die genetische Analyse: Der Zahn in der Pinzette (a); der Zahn im verschließbaren Beutel (b).

Taking a tooth sample for genetic analysis: (a) tooth in tweezers and (b) tooth in a resealable bag.

das Skelett einem zu seiner Zeit durchschnittlich großen Mann gehörte. Dieses Ergebnis stimmt mit den bekannten Fakten überein. Es gibt keine Indizien dafür, dass Gregor Johann Mendel extrem hochgewachsen oder im Gegenteil von auffallend kleiner Statur gewesen wäre. Die verfügbaren Fotoaufnahmen zeigen eine durchschnittlich hohe Gestalt.

### **Die Superprojektion ins Porträt**

Der Schädel von Gregor Johann Mendel wurde in seine Porträts hineinprojiziert. Es handelte sich um zwei Bilder und eine Fotoaufnahme, deren Originale sich als Leihgaben der Augustinerabtei im Brünner Mendel-Museum befinden. Die erste Abbildung war Mendels Porträt (Zeichnung) von Alois Zenker aus dem Jahre 1884, das zweite ein graphisches Blatt mit einem Bild von G. J. Mendel ohne Signatur und Datierung, das dritte schließlich ein aus einem Gruppenfoto der Brünner Augustinermönche gewonnenes Porträt von Mendel. Die Superprojektion des Schädels wurde ohne Unterkiefer durchgeführt, da das Fehlen der Zähne in beiden Kieferknochen die Position des Kiefers bei der Bissstellung verzerrt und die richtige Platzierung des Schädels im Porträt unmöglich gemacht hatte. Die Schädelsuperprojektion in das von Alois Zenker geschaffene Porträt war überaus gut gelungen. Man kann sagen, dass sich der Schädel genau ins Porträt fügte. Die Gesichtspartie sowie der Hirnschädel stimmt eindeutig mit den Gesichtsproportionen des Bildes überein. Aus den Dispositionen des Porträts lässt sich darauf schließen, dass der Maler den Abt gesehen und seine Züge samt Kopfproportionen wahrheitsgetreu wiedergegeben hatte. Aus dieser Superprojektion ging klar hervor, dass der Schädel dem auf dem Porträt abgebildeten Mann, das heißt Gregor Johann Mendel, gehört. • Die zweite Superprojektion erfolgte mit dem Porträt auf dem graphischen Blatt. Hier sind bereits beim Lokalisieren des Schädels im Bild gewisse Probleme aufgetreten. Die abgebildeten Gesichtsproportionen stimmen mit den Maßen

der Schädelgesichtspartie überein, diesbezüglich gab es also keine Schwierigkeiten. Etwas komplizierter lagen die Dinge beim Hirnschädel. Der porträtierte Hirnschädel ist höher und länger als jener vom Skelett, daher entspricht der Schläfe- und Ohrbereich des Schädels nicht dem Bild. Der Zutritt zum äußeren Gehörgang und der Warzenfortsatz des Schläfenbeins befinden sich oberhalb ihrer Abbildung. Die Tatsache, dass die Gesichtspartie des Schädels den abgebildeten Gesichtsproportionen entspricht, beweist, dass es sich um ein Porträt von G. J. Mendel handelt, allerdings konzentrierte sich sein Autor lediglich auf das Gesicht des Abtes, um dessen Züge zu erfassen, den Rest des Schädels gestaltete er dann wahrscheinlich mit Hilfe seiner künstlerischen Invention nach.

Die dritte Superprojektion galt dem einer authentischen Fotografie entnommenen Porträt, das heißt der wohl treuesten Abbildung von Mendels äußerer Gestalt, die uns zur Verfügung stand. Das Bild wurde aus dem eingescannten Gruppenfoto herausgeschnitten, es ist daher offensichtlich, dass seine Qualität nicht besonders hoch sein kann. Aus demselben Grund ist auch die Projektion weniger scharf. Trotz all dieser Mängel ist deutlich, dass der Schädel dem Porträt proportionell bestens entspricht, daher gibt es keinen Zweifel, dass es sich um den Schädel des Abtes handelt. Selbst wenn die Superprojektion in das von Alois Zenker geschaffene Porträt sowie in die Fotografie gelungener sind und die Proportionen des Schädels mit den Porträts im Wesentlichen übereinstimmen, brachte auch die Superprojektion in das grafische Blatt im Hinblick auf die Gesichtspartie des Schädels ein positives Resultat. Aufgrund der Ergebnisse von allen drei Superprojektionen lässt sich feststellen, dass der Schädel Gregor Johann Mendel gehörte.

### **Die genetische Identifikation**

Als die zuverlässigste Methode, mit der eindeutig bestimmt werden kann, dass sich im ausgehobenen Sarg wirklich die

Überreste von Gregor Mendel befinden, gilt der Vergleich der genetischen Information aus den im Sarg vorgefundenen Überresten mit der DNA, welche an Gegenständen, die nachweislich Mendels Eigentum waren, gesichert werden konnte. Aus diesem Grund wurde eine Terrain-Probenentnahme aus den im Besitz der Altbrünner Abtei und des Mendel-Museums der Masaryk-Universität befindlichen Artefakten durchgeführt. In unserem Falle wurde ein Vergleich der DNA aus Mitochondrien (Organellen, welche die Atmung der Zelle gewährleisten), die in ihrem genetischen Code individuelle Buchstabenvertauschungen (Mutationen) enthält, vorgenommen. Die in mütterlicher Linie vererbare Kombination dieser Mutationen/Polymorphismen ist einzigartig. Deshalb kann man aufgrund eines diesbezüglichen Vergleichs der aus den persönlichen Utensilien entnommenen Proben mit jenen von den gefundenen Überresten feststellen, ob es sich um Gregor Johann Mendel handelt oder nicht, und das mit beinahe hundertprozentiger Genauigkeit.

### DNA aus Mendels persönlichen Gegenständen

Von den ursprünglich 55 in beiden Museen entnommenen Proben von Haaren und Bartwuchs sowie an den persönlichen Gegenständen durchgeführten Abstrichen konnte bei 20 mitochondriale DNA (mtDNA) isoliert werden. 6 von diesen Proben waren trichologischer Herkunft, 14 stammten aus Oberflächenabstrichen. Proben mit bestätigter Anwesenheit der mtDNA wurden anschließend in der CEITEC-Forschungsstätte der Masaryk-Universität einer anspruchsvolleren und komplexerer Bearbeitung mittels sogenannter Sequenzierung der neuen Generation (NGS) unterzogen. Diese Methode macht es möglich, die einzelnen Buchstaben der untersuchten Sequenz oder auch der ganzen DNA auf einmal zu lesen. Zu Identifikationszwecken wurde das komplett kreisförmige Molekül der mitochondrialen DNA (sog. Mitogenom), das heißt mehr als 16 000 Nukleotide, chemische Buchstaben, mit denen sein Genom

geschrieben ist, gelesen. Dies ist bei allen 20 untersuchten Proben gelungen. Das Lesen der mitochondrialen DNA war, wenn auch in unterschiedlicher Qualität, überall erfolgreich. • Vor der finalen Auswertung der Ergebnisse müssen stets die mit der NGS-Methode generierten bioinformatischen Daten aufgearbeitet werden. Im Falle der alten DNA musste überprüft werden, ob die in der mtDNA-Kette vorgefundenen Mutationen zu Lebzeiten der Person und nicht etwa infolge einer DNA-Beschädigung nach deren Tode als eine sogenannte *post mortem Mutation* entstanden sind. Weiterhin war das Maß der Fragmentarität der finalen Abschnitte des mtDNA-Moleküls zu erkunden. Es konnte bestätigt werden, dass die DNA fragmentarisch ist, woraus die Feststellung folgt, dass es sich keineswegs um gegenwärtige DNA, mit der Mendels Probe kontaminiert wäre, handelt. Die Ergebnisse der genetischen Analyse durchliefen sämtliche entschiedenen Kontrollen und sind somit als glaubwürdig anzusehen (die betreffenden Kontrollmaßnahmen wurden auch bei den Ergebnissen der weiter unten beschriebenen genetischen Analyse der Skelettüberreste angewandt).

### Die DNA aus Mendels Überresten

Zum Vergleich und nachfolgender Identifikation war es notwendig, neben der bereits erwähnten Proben aus den Museum-Exponaten auch Zähne und Knochenmaterial zu entnehmen, und zwar direkt im Terrain, selbstverständlich unter strengsten Antikontaminationsvorkehrungen. Dieses Verfahren wurde bei allen fünf im untersuchten Teil der Augustinergruft beigesetzten Personen wiederholt. So wurde auch der am tiefsten lagernde Sarg (von G. J. Mendel) von Mitarbeitern in Overalls, die natürlich mit Handschuhen und weiteren Schutzmitteln ausgerüstet waren, geöffnet, denn die Überreste sollten nicht in Berührung mit unserer DNA kommen. • Die Proben wurden mit einer Pinzette entnommen und, in verschließbaren Beuteln aufbewahrt, sofort in einem übertragbaren Kühlschrank untergebracht,

damit die aDNA so wenig wie nur möglich durch UV-Strahlen oder Temperaturschwankungen beeinträchtigt werde. Anschließend wurde alles in das Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie der Abteilung Genetik am Institut für Experimentalbiologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität (LBMA PřF MU), welches sich im MU-Campus im Brünner Stadtteil Bohunice befindet, gebracht, und dort in einem Gefrierbox bei Temperatur von -20 °C gelagert. • Die DNA wurde mit Hilfe der sog. Silikat-Kolonnen nach dem in diesem Labor (LBMA PřF MU) eingeführten Protokoll (Yang et al., 1998; Anderung et al. 2008) unter Einhaltung sämtlicher Antikontaminationsmaßnahmen isoliert. Das Vorgehen bei der Isolierung kann in einigen Hauptpunkten zusammengefasst werden. Der erste Vorgang war die Abtrennung des Gewebes vom Knochen, beziehungsweise Zahn. Ein Knochenfragment, ca. 1 cm<sup>3</sup> groß, wurde im Bereich der Metaphyse, das heißt an der Grenze zwischen Diaphyse und Epiphyse (in unserem Falle am Oberarmknochenkörper und -kopf), entnommen, beim Zahn hatte man auf die Wurzel gezielt. • Die Proben wurden in einer speziellen Oszillations-Kugelmühle zermahlen. Weitere Prozeduren der Isolierung beinhalteten bereits die eigentliche Extraktion mit Hilfe von Chemikalien und Kolonnen. Das Pulver wurde einer Lyselösung beigegeben, die Mischung nachtsüber bei einer Temperatur von 56 °C belassen und deren Bestandteile durchs Schütteln weitervermischt. Nach der Reinigung und Erfassung in einem Reagenzglas war die DNA vorbereitet für weitere Schritte, die bis hin zur Erstellung einer Probe für die NGS in der Forschungsstätte CEITEC MU führten. Diese Verfahren schlossen auch eine Quantifizierung der DNA, eine Vervielfältigung des mtDNA- Abschnitts durch PCR, die darauffolgende Visualisierung mit Gel - Elektrophorese sowie die Sanger- Sequenzierung mit ein.

### Der DNA-Vergleich und die Identifizierung von Gregor Johann Mendel

Das Sequenzierungsverfahren war bei den Proben aus den Särgen gleich, wie im Falle des trichologischen Materials und der Abstriche. Es galt, unbedingt die Gewinnung einer kompletten mtDNA mittels NGS anzustreben, damit die Sequenzen der Proben aus dem Museum mit den Proben aus den Särgen abgeglichen und Mendels Überreste somit identifiziert werden können. Die Analysen waren erfolgreich. Eine der im Mendel-Museum der Masaryk-Universität entnommenen Proben – ein Haar, das am Rand der unbezifferten ersten Seite in dem Buch *Populäre Astronomie* (Littrow J. J. 1825, Heubner Verlag Wien) hattent blieb, stimmte in zwölf Polymorphismen/Mutationen der mtDNA mit den aus dem Sarg, von dem angenommen wurde, dass er Mendel gehört, gewonnenen Proben überein. Auf der Detail- Aufnahme ist zu sehen, wie sich das Haar im Laufe von mehr als 150 Jahren von seinem ursprünglichen Platz weiterschob, was dessen mehrfachen Abdrucke in der Textur der Buchseite bezeugen. Da die Haare vor der Isolierung einer mikroskopischen Aufzeichnung unterzogen wurden, kann man sehen, dass es sich um ein oberflächenbeschädigtes braunes Haar ohne Wurzel handelt, dass an einem Ende abgeschnitten, an anderem abgerissen ist. • Wie bereits erwähnt, konnte bei der mtDNA- Sequenz aus dem Haar und den Skelettüberresten eine Übereinstimmung in zwölf Polymorphismen/Mutationen ermittelt werden. Ein jeder solcher Buchstabentausch im genetischen Code (d.h. Polymorphismus oder Mutation) ist in der Welt in einer bestimmten Häufigkeit anzutreffen, was in der vorliegenden Tabelle dargestellt wird (die Angaben wurden aus der Datensammlung GenBank übernommen (Clark et al., 2016). Wenn wir die einzelnen Häufigkeitswerte untereinander multiplizieren, können wir ausrechnen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein zweiter Mensch mit der gleichen Zusammenstellung von Polymorphismen/

Mutationen geboren werden kann (sofern es sich nicht um einen nahen Verwandten mütterlicherseits handelt). In unserem Falle ist die Wahrscheinlichkeit äußerst niedrig, und zwar ungefähr  $1,28 \times 10^{-9}$ . Es kann daher geschlussfolgert werden, dass die Skelettüberreste aus dem an tiefster Stelle der Gruft befindlichen Sarg auch nach den Ergebnissen der genetischen Analyse mit hoher Wahrscheinlichkeit Gregor Johann Mendel gehören.

### **Das Fazit**

Die Identifikation der leiblichen Überreste des Abtes Mendel hat positive Resultate erbracht. Die Ergebnisse der archäologischen Erforschung der Gruft, die aus der anthropologischen Untersuchung der im Sarg befindlichen Skelett-Überreste gezogenen Schussfolgerungen und vornehmlich die Feststellungen der vergleichenden genetischen Analyse haben bestätigt, dass die betreffenden Überreste tatsächlich jene von Gregor Johann Mendel sind.

## **Identification of the bodily remains of G. J. Mendel**

The identification of the remains of Gregor Johann Mendel was a crucial step in the research on his skeletal remains. No details were known about the burial of his remains in the tomb. The only established fact was that his coffin with his remains was buried in this location. In order to be sure that we were really examining the remains of Gregor Johann Mendel, his remains had to be identified by all available means. Archaeologically, based on the order and the position of the coffin in the tomb. Anthropologically, by comparing the biological parameters of the remains found in the coffin

that was assumed to be his with known facts from his life. Most important, however, was genetic identification, which can identify an individual with a probability approaching 100%.

### **Archaeological identification**

The identity of G. J. Mendel's remains was established quite reliably using archaeological methods before the anthropological and biological analyses took place. • All the grave markers in the Augustinian tomb were installed sometime during the second third of the 20th century, yet it had never been verified whether the names of the buried corresponded to the coffins. • G. J. Mendel's tombstone listed the names of four buried persons, but the grave also contained the remains of a fifth individual, placed in the burial site in coffin number 802. • From this perspective, today the descriptions on the tombstones appear to be not entirely reliable. It was the archaeological research in the tomb that made it possible to clarify the situation and identify all those buried in the same place with G. J. Mendel. The results of the field research yielded three compelling pieces of evidence for the identification of the coffin of G. J. Mendel: 1. It was the oldest burial site in this part of the tomb. 2. The burial location, unlike the others, lay under the foundations of the Augustinian tomb. This means that it was placed there before the tomb's construction in 1885 (the Central Cemetery was opened in 1883, so the Augustinian tomb was also one of the first burial sites in the facility). 3. In the cushioning of the metal coffin, a periodical dated October 1883 was found, thus dating from shortly before Mendel's death on 6 January 1884. • The evidence gathered from the archaeological research therefore established the identity of Gregor Johann Mendel's burial spot quite reliably.

## **Anthropological identification.**

### **Basic parameters of the bodily remains found in the coffin**

In the coffin belonging to Abbot Mendel, the complete, relatively well-preserved skeletal remains of a man of gracile constitution with strong muscular tuberosities were discovered. According to the skeletal age, this man lived to be about 65 years old and was approximately 168 cm tall. His skeletal remains were well preserved and all parameters used in the anthropological identification were reliably measured and documented. The robustness of the skeletal remains corresponded to Gregor Johann Mendel's body constitution as observed in known depictions. Although the biological (bone) age was slightly higher (65 years) than the age at death (62 years), this corresponds to the normal variability of human body parameters. Indeed, it is clear that in Mendel's case the calendar and biological ages more or less coincided. The discovery of remnants of saponified adipose tissue from the abdomen and hip area supports the anthropological determination of the age of death as being in the senilis category – 60 years or more. In this age category, called "old age" in the anthropology of recent populations (60–75 years), humans start experiencing, among other things, muscular atrophy and fat accumulation in the abdomen, while the activity of the heart and circulatory system deteriorates (Bláha et al., 2007). • Indicators of pathological changes associated with aging and older age are found on the skeleton. Yet there is a complete absence of signs of injuries or other significant pathological changes that would have left traces in the bone tissue. It is not known that Mendel suffered from any such diseases or injuries, so this fact is also helpful in terms of making a positive identification of his skeletal remains. The estimation of body height showed that the skeleton was that of a man of average height in Mendel's time. This result is consistent with the known facts. There are no indications

that Gregor Johann Mendel had an extremely tall or, on the contrary, short stature; see his photograph, which shows a figure of average height.

### **Superprojection into the portrait**

Gregor Johann Mendel's skull was projected into his portraits. These were two paintings and one photograph, the originals of which are in the Mendel Museum in Brno, where they are on loan from the St. Thomas Abbey of the Order of St. Augustine, which owns them. The first was a portrait (drawing) of Gregor Johann Mendel by Alois Zenker from 1884, the second was a graphic sheet with a depiction of G. J. Mendel without signature or date, and the third was a photographic portrait of Mendel taken from a group photograph of the Brno Augustinians. The superprojection of the skull was done without the lower jaw attached because the absence of teeth in the maxilla and mandible distorted the position of the jaws in the occlusion and prevented the correct positioning of the skull in the portrait. • The superprojection of the skull into the portrait by Alois Zenker was very successful. It can be said that the skull fitted exactly into the portrait. The facial part and the neurocranium clearly match the proportions of the countenance in the picture. The proportions in the portrait show that the painter saw the abbot in person and captured his true appearance, including the proportions of his head. According to this superprojection, it is clear that the skull belongs to the man depicted in the portrait, that is, Gregor Johann Mendel. • The second superprojection was made using a portrait on a graphic sheet. Here some problems arose when inserting the skull into the portrait. The proportions of the face in the image were in line with the proportions of the facial part of the skull, and thus there were no difficulties in fitting the facial part of the skull into the portrait. More complicated, however, was the placement of the neurocranium. The neurocranium in the portrait is taller and longer than the neurocranium of the skull, so the



89

Odběr kořenů zubů (špičáku a řezáku) (a); metafýzy kosti pažní (b),  
určených pro genetickou analýzu.

Die Entnahme von Zahnwurzeln (Eck- und Schneidezahn) (a); und  
Armknochenmetaphyse (b) als Proben für die genetische Analyse.

Sampling of (a) tooth roots (canine and incisor) and (b) metaphysis  
of humerus for genetic analysis.

temple and ear area of the skull do not match the portrait. The entrance to the ear canal and the mastoid part of the temporal bone are located above the same areas in the image. The fact that the facial part of the skull matches the proportions of the face in the painting proves that it is a depiction of G. J. Mendel, but the artist concentrated only on Mendel's face in order to reproduce his appearance, while the rest of the head was probably created according to his artistic imagination. • The third superprojection was made using a contemporary photographic portrait, the most authentic image of Mendel available. The image was obtained by cropping from a scanned group photograph, so it is obvious that it is not of high quality. For this reason, the superprojection is also less sharp. Despite these shortcomings, it is clear that the skull corresponds very well to the proportions of the portrait, and there is no doubt that it is the abbot's skull. Although the superprojection into the portrait by Alois Zenker and the superprojection into the photograph are more successful and the proportions of the skull and the portraits are basically identical, the superprojection into the graphic sheet is also successful in the area of the facial part of the skull. Considering the results of all three superprojections, it can be concluded that the skull is that of Gregor Johann Mendel.

### **Genetic identification**

The most reliable method to unequivocally determine that the selected coffin did indeed contain the remains of Gregor Johann Mendel is to compare the genetic information from the remains found in the coffin with the DNA from samples found on objects known to have belonged to Mendel. For this reason, field sampling was carried out on objects owned by the Abbey and the Mendel Museum of Masaryk University. In our case, the approach chosen was to compare DNA specifically from mitochondria (organelles ensuring cell respiration), which contain individual letter substitutions (mutations) in their genetic codes. The combination of these

mutations/polymorphisms inherited through the maternal line is unique. Therefore, by comparing them in the samples taken and in the remains found, it is possible to tell whether or not we uncovered Gregor Johann Mendel with an accuracy approaching 100%.

### **DNA from Mendel's personal belongings**

Of the original fifty-five samples of hair, beard and swabs obtained from G. J. Mendel's personal belongings at the two museums, it was possible to isolate mitochondrial DNA (mtDNA) from twenty samples. Six of the samples were of trichological origin and fourteen came from surface swabs. Samples with a confirmed presence of mtDNA were further subjected to a more demanding and complex analytical method, called next-generation sequencing (NGS), at CEITEC MU. This method makes possible the reading of individual letters from the analysed sequence or even the whole DNA several times at once. Therefore, for identification, the complete circular molecule of mitochondrial DNA (the so-called mitogenome) was read; i.e. more than 16,000 nucleotides, the chemical letters with which its genome is written. • This process was successful for all twenty samples. Although of varying quality, mitochondrial DNA was read successfully in all of them. • Before the final evaluation of the results, it is always necessary to process the bioinformatic data generated by the NGS method. Because this was ancient DNA, we had to check whether the mutations detected in the mtDNA strand occurred during the individual's life rather than as a result of DNA damage after death, so-called *post-mortem mutations*. Next, it was necessary to evaluate the degree of fragmentation of the resulting sections of the mtDNA molecule. It was confirmed that the DNA was fragmented, so it can be concluded that it was not present-day DNA contaminating Mendel's sample. The results of the genetic analysis passed all the key tests and can be considered reliable (the results of the genetic analysis of the skeletal remains, described below, also passed these tests).

## DNA from Mendel's remains

For comparison and subsequent identification it was necessary, in addition to the aforementioned samples from museum exhibits, to also obtain teeth and bones directly in the field, of course taking strict anti-contamination precautions. This procedure was repeated for all five individuals who were buried in the researched part of the Augustinian tomb. Thus, even the most deeply buried coffin (that of G. J. Mendel) was opened by technicians wearing overalls, gloves and other protective gear in order to protect the remains from our DNA. • The samples were collected with tweezers, placed into resealable bags, and immediately stored in a portable refrigerator to minimise damage to the aDNA due to UV radiation or temperature changes. Everything was then transported to the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology of the Department of Experimental Biology, Faculty of Science, Masaryk University (LBMA), located on the campus of Masaryk University in Brno-Bohunice, and stored in a freezer at -20°C. • The DNA was isolated using so-called silica-based spin columns according to the established protocol of the laboratory (LBMA, Faculty of Science, MU) (Yang et al., 1998; Anderung et al., 2008) under constant adherence to anti-contamination precautions. The isolation procedure can be summarised by several key points. The first was the separation of tissue from a bone or a tooth. A bone fragment, approximately 1 cm<sup>3</sup>, was taken from within the section of the metaphysis, i.e. at the boundary between the diaphysis and epiphysis (in our case the body and head of the humerus). For each tooth, the root was targeted. • The samples were ground in a special oscillating ball mill. Further isolation steps involved extraction, and using chemicals and columns. The resulting powder was added to a lysing solution and the mixture was left at 56°C over night while the components were mixed by shaking. After purification of the DNA and its release into the test tube, it was ready for

further steps leading up to sample preparation for NGS at CEITEC MU. These steps included DNA quantification, PCR multiplication of a section of mitochondrial DNA (amplification), subsequent visualisation using gel electrophoresis, and Sanger sequencing.

## DNA comparison and identification of Gregor Johann Mendel

The sequencing procedure for samples taken from the coffins was the same as for the trichological material and swabs. It was necessary to focus on obtaining complete mtDNA by NGS in order to compare the sequences from the museum samples with the coffin samples and thus identify Mendel's remains. The analyses were successful. One of the samples taken at the Mendel Museum – a hair that was found on the margin of the first unnumbered page in the book *Popular Astronomy* (Littrow J. J. 1825: *Populäre Astronomie*. Heubner Verlag. Wienn.) matched in twelve mtDNA polymorphisms/mutations the samples taken from the coffin that was thought to belong to Mendel. The detail shows how over more than 150 years the hair moved from its original location, as evidenced by several marks on the surface of the page. By subjecting the hair to microscopic scanning prior to isolation, it was possible to observe that it was a brown, rootless, surface-damaged hair that was cut on one side and torn on the other. • As mentioned, the mitochondrial DNA sequence of the hair and skeletal remains matched in twelve polymorphisms/mutations. Each such substitution of a letter in the genetic code (i.e. polymorphism or mutation) occurs in nature with a certain frequency, as shown in the table (data taken from the GenBank database) (Clark et al., 2016). By multiplying the individual frequencies with each other, we can calculate the probability of a second such person having the same set of polymorphisms/mutations (only a close maternal relative might match). In our case, the probability was very low, approximately  $1.28 \times 10^{-9}$ . Therefore, on

the basis of the genetic analysis we can conclude with high probability that the skeletal remains from the most deeply buried coffin were those of Gregor Johann Mendel.

## Conclusion

The attempt to identify Abbot Mendel's bodily remains yielded a positive outcome. The results of the field archaeological research of the tomb, the conclusions of the anthropological processing of the skeletal remains from the coffin, and above all the findings of the genetic comparative analysis proved that the examined remains really were those of Gregor Johann Mendel.

Polymorfismus Polymorphismus Polymorphisms	Výskyt ve světě (GenBank) Das Vorkommen weltweit (GenBank) Frequency worldwide (GenBank)
1.	95,034 %
2.	0,923 %
3.	98,298 %
4.	94,912 %
5.	14,303 %
6.	0,458 %
7.	97,623 %
8.	98,491 %
9.	0,682 %
10.	98,655 %
11.	5,873 %
12.	62,886 %

90

Tabulka četnosti jednotlivých polymorfismů, které byly shodné pro vlas a kosterní pozůstatky, údaje z databáze GenBank (Clark et al., 2016).

Tabellarische Darstellung der Häufigkeitswerte der einzelnen Polymorphismen, die für das Haar und die Skelettüberreste übereinstimmten. Angaben aus der Datenbank GenBank (Clark et al., 2016).

Table of frequencies of individual polymorphisms that were identical for the hair sample and skeletal remains; data from GenBank database (Clark et al., 2016).



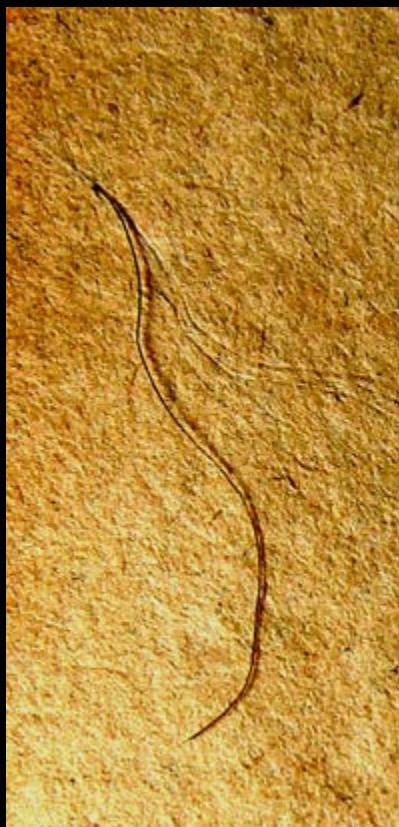
a

91

Vlas z Mendelovy oblíbené knihy *Populäre Astronomie*, který vykázal genetickou shodu s kosterními pozůstatky, čímž se potvrdila identifikace G. J. Mendela: první nečíslovaná strana knihy (a); vlas v detailu (b); mikroskopický snímek vlasu (c).

Ein Haar aus Mendels beliebtem Buch *Populäre Astronomie*, bei dem eine genetische Übereinstimmung mit den Skelettüberresten nachgewiesen werden konnte, wodurch die Identifikation von G. J. Mendel bestätigt wurde: die erste unbezifferte Seite des Buches (a); das Haar im Detail (b); mikroskopische Aufnahme des Haares (c).

A hair from Mendel's favourite book *Populäre Astronomie*, which showed a genetic match with the skeletal remains, thus confirming the identification of G. J. Mendel: (a) first unnumbered page of the book; (b) the hair in detail; (c) microscopic image of the hair.



b



c

Cesta sedmá, vrcholná:

<sup>146</sup> Genom, původ a zdravotní stav G. J. Mendela

Siebenter Weg - der Weg zum Gipfel:

<sup>152</sup> Genom, Herkunft und Gesundheitszustand  
von G. J. Mendel

Seventh way, to the summit:

<sup>162</sup> The genome, the origin and the state of health  
of G. J. Mendel

FILIP PARDY

DANA FIALOVÁ

MICHAEL DOUBEK

# Genom, původ a zdravotní stav G. J. Mendela

Příprava analýz DNA Gregora Johanna Mendela (GJM) vyčázela z materiálu, který se podařilo zajistit ve spolupráci s Laboratoří biologické a molekulární antropologie Oddělení genetiky a molekulární biologie Ústavu experimentální biologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (LBMA). Jednalo se o vzorky pocházející jak z pozůstatosti uložené v Muzeu Gregora Johanna Mendela a z depozitáře opatství, tak o materiál získaný přímo z ostatků vyzdvížených z augustiniánské hrobky na Ústředním hřbitově města Brna. • DNA byla analyzována moderní metodou, tzv. sekvenováním nové generace (NGS). • Ještě před sekvenováním ale bylo nutné DNA ze vzorků extrahovat. V případě nám analyzované starobylé DNA (aDNA) musela extrakce probíhat za velmi přísných opatření, aby nedošlo ke kontaminaci vzorku současnou DNA.

## Dědičná informace ukrytá v DNA

Nyní krátce odhlédněme od samotné techniky provedení analýzy a zaměřme se na popis toho, co můžeme v lidské buňce najít a co nám může dát odpovědi na otázky o původu a vlastnostech jedince. Člověk se řadí k eukaryotickým organismům, v jeho buňkách tedy nacházíme buněčné jádro, které slouží jako obal dědičné informace v podobě DNA. DNA, neboli deoxyribonukleová kyselina, je velice důmyslně navržený biologický nosič informace seskládaný z opakujících se jednotek sacharidu deoxyribózy a čtyř rozličných nukleotidů – organických molekul, jejichž posloupnost v dlouhé molekule DNA je zodpovědná za kódování informace. Je to stejně jako například posloupnost znaků v tomto textu, která předává informaci čtenáři. Genetická „abeceda“ našeho genomu je

tvořena čtyřmi písmeny, kterými se označují jednotlivé typy nukleotidů. Rozeznáváme tedy adenin (A), tymin (T), cytosin (C) a guanin (G). • Buněčné jádro je největším úložištěm dědičné informace v našich buňkách, pod jeho membránou se skrývá 3,2 miliard nukleotidů (což v genomice můžeme vyjádřit jako 3,2 gigabází), úhledně uspořádaných do 23 páru chromozomů. Přesto však jádro není jediným místem, kde se dědičná informace skrývá. Nejadernou DNA nacházíme zejména v buněčných organelách zvaných mitochondrie, které buňce pomáhají s energetickým metabolismem. Teorie vzniku těchto organel je taková, že v průběhu dávné evoluce vznikly symbiotickým splynutím jednodušších buněk, tedy že mitochondrie (a obdobně u rostlin zelené chloroplasty) jsou vlastně symbiotickým organismem. A jako takoví symbionti mají mitochondrie určitou část své původní DNA stále u sebe a mohou ji předávat potomstvu prostřednictvím mateřské pohlavní buňky. Mitochondriální DNA (mtDNA) je mnohem kratší než DNA jaderná, je kódována „pouhými“ 16 tisící bázemi (16 kilobázemi), zároveň se však v lidské buňce nachází v mnoha identických (cca 10–100) kopiích. Tato vlastnost je pro nás velice výhodná, protože tato mimojaderná DNA může posloužit jako dokonalý „otisk prstu“, na základě kterého můžeme identifikovat konkrétního jedince. Zároveň je možné na základě nukleotidových sekvencí mtDNA odhadnout historický původ jedince podle toho, jak se v mtDNA nashromáždily unikátní genetické mutace a daly tak vzniknout mitochondriálním liniím lidské mtDNA.

## Příprava sekvenace

Vraťme se nyní zpět k projektu genomu GJM. Hlavní cíl analýz spočíval v sekvenaci Mendelova jaderného genomu a stanovení genetických variant asociovaných s možnými dědičnými onemocněními či výraznými fenotypovými znaky. Důležitým předpokladem pro vykonání této práce však byla jasná a neomylná identifikace Mendelových ostatků, a to nejlépe tak, abychom je dokázali identifikovat z mnoha úhlů

pohledu (molekulárně-biologicky, antropologicky, archeologicky), a o jeho totožnosti tak nepanovaла sebemenší pochybnost. Z tohoto důvodu byla logicky prvním krokem analýza mtDNA získaná z různých předmětů, které Mendel prokazatelně vlastnil, a z ostatků z augustiniánské hrobky. Nálezem jednoznačné shody mtDNA získané z ostatků a z různých předmětů byla totožnost GJM prokázána. • O tom, jak získat DNA ať už z kosterních nálezů, nebo ze starých předmětů, je pojednáno na jiném místě této monografie (kapitola 3 a 7). Izolovaná DNA byla dále zpracována laboratorními postupy, které umožní přečíst samotnou sekvenci DNA. Tento postup souhrnně označujeme jako příprava sekvenační knihovny a je následující. • Izolát DNA si lze představit jako soubor fragmentů genomu nacházející se ve vodě, zbavený nečistot, kontaminujících bílkovin a dalších chemických látek. Detailnější pohled na vzorek nám poskytne kapilární elektroforéza, přístroj, kterým si můžeme fragmenty DNA zviditelnit a odečíst jejich délku. Fragmenty aDNA nabývají obvykle délky kolem 150 nukleotidů. Prvním krokem analýzy jsou enzymatické opravy konců DNA a jejich označení známými úsekůmi DNA – takzvanými adaptéry. Adaptéry jsou několik desítek bází dlouhé, synteticky připravené úseků DNA, jejichž prostřednictvím lze s neznámou DNA dále manipulovat. Touto úpravou tedy dochází k tomu, že na obě dvě strany každé neznámé molekuly DNA ve vzorku je enzymaticky navázán úsek adaptéra. • Adaptéry označená DNA je poté namnožena prostřednictvím polymerázové řetězové reakce (PCR), tak aby bylo získáno dostatečné množství DNA pro její sekvenování. PCR je jednou z ústředních metod využívaných v molekulární biologii, dalo by se říct uhelným kamenem, bez nějž by dnešní práce v genomice nebyla možná. PCR je postup, který využívá enzymu DNA polymerázy, dvou krátkých úseků syntetické DNA (takzvaných primerů) a volných nukleotidů k tomu, aby byl známý úsek DNA cyklicky kopírován a řádově navýšeno jeho množství. Zde se dostává na povrch jeden z důvodů, proč bylo nutné na úseky

neznámé DNA ze vzorku přilepit ony adaptéry. Jsou to právě úseky adaptérů, skrze které můžeme knihovnu DNA amplifikovat (množit), aniž bychom museli přesně vědět, která část genomu se v tom daném úseku nachází. • Jedním z problémů, který provází přípravu vzorků z archeologického materiálu, je velké množství poškozených bází, což je důsledkem fyzikálního a chemického působení na DNA. Kromě toho, že jsou úseky DNA značně fragmentované, jak bylo zmíněno výše, dochází také k oxidativnímu poškození samotných bází, tedy k přímé změně jejich chemické struktury. Dále je možné setkat se s tvorbou dimerů, tedy se spojováním nukleobází nezádoucím způsobem, který znemožňuje PCR amplifikaci. Konečně může nastat i to, že dojde k přerušení vazby mezi nukleobází a fosfátovou kostrou DNA. Takováto mezera v sekvenci se pak označuje jako abázické místo. Při přípravě vzorku využíváme mix enzymů, který byl vyvinut přesně za účelem opravy těchto vyjmenovaných poškození. Součástí analýzy genomu GJM bylo i zhodnocení úspěšnosti tohoto opravného procesu; některé z izolovaných vzorků byly proto ponechány bez opravy pro možnost pozdějšího srovnání. • Příprava knihovny z forenzních nálezů a z kosterních pozůstatků probíhala v laboratořích LBMA a CEITEC v jarních měsících roku 2021. Celkem se jednalo o 20 vzorků odebraných z pozůstatku a 6 vzorků kosterního materiálu. • Dalším krokem byla srovnávací analýza mtDNA, tedy sekvenace DNA z oné malé mimojaderné organely, o které jsme hovořili o několika odstavcích výše, a srovnání výsledků této sekvenace mtDNA získané z různých vzorků. Při sekvenaci mtDNA bylo možné vycházet z již připravených DNA knihoven, ze kterých byly pomocí DNA sond na základě principu komplementarity (tedy párování nukleobází) vyhledány úseky, které naleží k mtDNA. Zbylá DNA knihovna byla od zachycené mtDNA odmyta, takže zůstala jen menší část knihovny, která byla předmětem první fáze zkoumání. • Sekvenování mtDNA přineslo několik zásadních výsledků. Byla vyloučena kontaminace aDNA vzorku současnou DNA.



92

D. Fialová a E. Chocholová při izolaci starobylé DNA za přísných protikontaminačních opatření v prostředí Laboratoře biologické a molekulární antropologie (PřF MU).

D. Fialová und E. Chocholová während der Isolation der alten DNA unter strengsten Antikontaminationsmaßnahmen im Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie (Naturwissenschaftliche Fakultät der Masaryk-Universität).

D. Fialová and E. Chocholová during the isolation of ancient DNA under strict anti-contamination precautions in the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology (Faculty of Science MU).

Takováto kontaminace by znamenala, že by místo vzorku našeho zájmu byla analyzována DNA některého z vědců či dalších pracovníků, kteří se podíleli na výzkumu. Ke kontaminaci naštěstí nedošlo. • Byla potvrzena shoda mezi forenzními odběry DNA z předmětů používaných GJM a kosterním materiálem; jinak řečeno: pomocí sekvenace DNA bylo prokázáno, že vlas nalezený v Mendelově knize *Populární astronomie* patřil stejně osobě, které patřily kosterní pozůstatky – Gregoru Johannu Mendelovi. Toto důležité potvrzení shody genetického materiálu umožnilo pokračovat s celogenomovým sekvenováním, které posloužilo ke zmapování genetických variant jaderného genomu a zjištění dalších poznatků o osobě GJM.

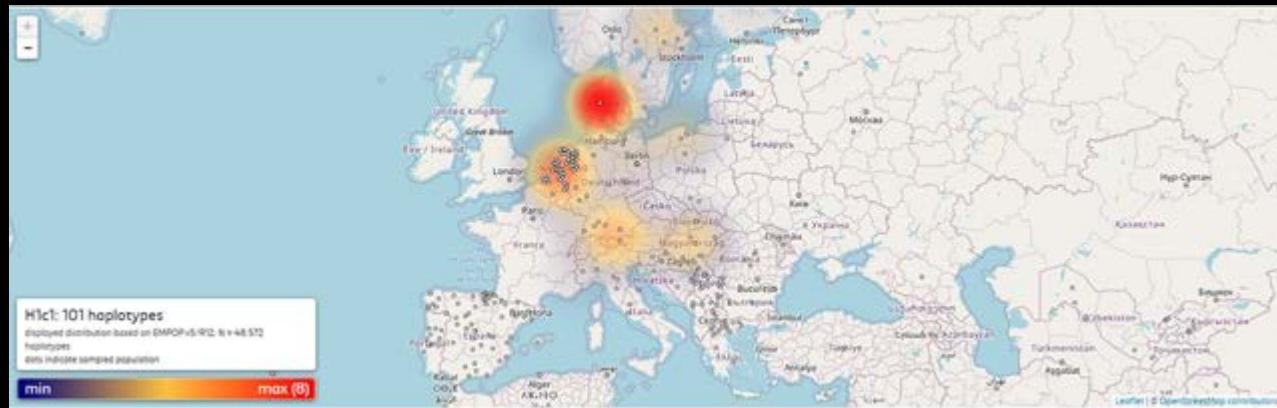
### Původ Gregora Johanna Mendela

Byla provedena analýza **mitochondriální** dědičnosti ostatků GJM. Mendel měl v mtDNA **haploskupinu H1c**. Haploskupina H1c je stará přibližně 23 000 let – někdy v té době došlo k akumulaci mutací v mitochondriálním genomu, které daly vzniknout této podskupině. Pomocí databáze (AmtDB) starobylé mtDNA (Ehler et al., 2019) byla nalezena haploskupina H1c již v neolitu, době bronzové či středověku. Jedná se o variantu mtDNA, která je hojně rozšířená po celé západní Evropě, od Kavkazu až po břehy Atlantického oceánu. Četnost skupiny H1 se napříč Evropou pohybuje od 20 % do 40 % populace; podle tohoto dělení bychom mohli považovat GJM za osobu s „evropskými kořeny“. V Mendelově případě byl dále určen subtyp haploskupiny H1c – měl subtyp H1c1. Tento subtyp se v dnešní době, dle forenzní databáze EMPOP (Parson & Dür, 2007), vyskytuje nejvíce v oblasti západní Evropy a USA (tedy u potomků Evropanů). • Po předběžné sekvenaci a analýze mtDNA byla provedena sekvenace a analýza celého jaderného genomu GJM. Technicky sekvenace mtDNA oproti celogenomové DNA nepředstavuje příliš velký rozdíl. Po přípravě knihovny, tak jak byla popsána výše, byla DNA analyzována na sekvenátorech tzv. „nové generace“ – jedná se o metodu

sekvenace, která se začala uplatňovat přibližně od roku 2006 a která umožnila levné a dostupné sekvenování jak ve výzkumu, tak v klinické praxi. Jejím klíčovým prvkem je přístup masivně paralelního sekvenování – tímto souslovím se označuje možnost čtení ohromného množství (u největších přístrojů až stovek miliard) úseků DNA zároveň v jedné reakční desetičce, odečítání individuálního signálu každého fragmentu pomocí fluorescenční mikroskopie a následné zpracování dat do podoby textového souboru, v němž je zachycena sekvence a kvalita každé přečtené nukleobáze. V žargonu genomiky se každý přečtený fragment o délce několika stovek bází označuje jako „read“. • Při sekvenování mitochondriálního genomu tak, abychom mohli stanovit jeho haplotyp, potřebujeme přečíst řádově stovky tisíc jednotlivých úseků, tedy vygenerovat statisíce readů. Jaderný genom je však o několik řádů větší a z toho plyne i množství dat nutných k dokončení analýzy. Jaderný genom obsahuje přibližně 3,2 gigabází, tedy asi dvě stě tisíckrát víc než genom mitochondriální. Z tohoto důvodu si sekvenace jaderného genomu vyžádala využití vysokokapacitního sekvenátoru NovaSeq, jenž je schopen dostatečné množství dat vygenerovat. Úměrně k množství dat se potom prodloužil čas nutný ke zpracování výsledků. Zatímco mitogenom bylo možné vyhodnotit v řádu dnů, analýza celého genomu si vyžádala několik měsíců analýz na výkonnému počítači. • Po provedení analýzy mtDNA byla tedy analyzována i jaderná DNA. Jako první jsme se zaměřili na analýzu haploskupiny **chromozomu Y**, kterou lze použít k dalšímu odhadu původu daného jedince, tentokrát po otcovské linii. Analýzou chromozomu Y bylo zjištěno, že GJM měl **haploskupinu R1a**, která je typická pro střední a východní Evropu. • Tyto analýzy byly jen začátkem. Hlavním cílem bylo prozkoumat pokud možno všechny Mendelovy geny a pátrat po tom, zda nenesl v genomu variantu některého z genů, která je spojena s genetickým onemocněním dědičným podle Mendelových zákonů. Pátrali jsme po tom, zda GJM nebyl například přenašečem některé z autozomálně recesivních nemocí.



a



b

93

Dnešní výskyt Mendelovy mt haploskupiny H1c1 dle forenzní databáze EMPOP (Parson & Dür, 2007), celosvětově (a); s detailem pro Evropu (b).

Die heutige Verbreitung von Mendels Haplogruppe H1C1 laut der forensischen Datenbank EMPOP (Parson und Dür, 2007), weltweit (a); im Detail für Europa (b).

Current occurrence of Mendel's mt haplogroup H1c1 according to the EMPOP forensic database (Parson and Dür, 2007), worldwide (a); with details for Europe (b).

## Zdravotní stav Gregora Johanna Mendela

Určitým návodem, na které geny se více zaměřit, byl popis **zdravotního stavu, nemocí a úmrtí GJM**. Jeho zdravotní stav a úmrtí byly zevrubně popsány v článku Josefa Sainera *Gregor Mendels Krankenheit und Tod* (1963). • Mendel zemřel 6. ledna 1884 v necelých 62 letech po dlouhé nemoci. Dochoval se dokonce seznam 20 lékařských předpisů, které mu předepsal jeho ošetřující lékař Dr. Beda Kudler z kláštera Milosrdných bratří v Brně. Všechny léky byly připravovány v lékárně Milosrdných bratří. • Celý život byl Mendel plachý a psychicky labilní. Částečně to bylo zapříčiněno těžkým dětstvím a finanční nejistotou, které byl v mládí vystaven. Rovněž nelze opomenout, že byl silný kuřák, kouřil dlouhé roky 20 doutníků denně, a měl sklon k obezitě. • Poslední měsíce života GJM trpěl „vodnatelností s projevy urémie“ při chronickém zánětu ledvin (tzv. Brightova nemoc, morbus Brighti; dnes glomerulonefritida s proteinurií a nefrotickým syndromem). Oteklé dolní končetiny si opat několikrát denně obvazoval. Obvazy rychle nasakovaly sekretem prostupujícím kůži běrců. Posmrtná pitva odhalila hypertrofii srdečního svalu, ale bez průkazu chlopenní vady. Nebylo rovněž zjištěno onemocnění mozku. Mendel krátce před svou smrtí výslovně o pitvu požádal, což mu pod přísahou slíbili splnit představitelé kláštera. Provedlo ji několik lékařů z nemocnice u sv. Anny. Bohužel podrobný popis sekce se nezachoval. • A jaké léky Mendel dostával? V předpisech nacházíme salicyláty, digitalis, draslík, chinin a morfin. První dochovaný předpis pro Mendela pocházel z 16. dubna 1883. Nutno poznamenat, že v 19. století byl digitalis považován především za diuretikum. Pokud digitalis neúčinkoval, dostával Mendel i jiná diureтика, například v té době hojně užívaný Cremor tartari. Morfin byl indikován na nespavost a bolesti. • I přes závažné onemocnění byl podle svědků opat ještě několik dní před smrtí čilý, dokonce si kontroloval meteorologické záznamy a plně se zajímal o klášterní život.

Krátkce před smrtí procházel i řadu účtů a účtenek, které podepsal. Na lůžko byl upoután až posledních 24 hodin před smrtí. Lze se domnívat, že příčinou úmrtí bylo srdeční selhání a nekontrolovaná hypertenze. Dochované dokumenty dokazují, že opat Mendel své utrpení snášel statečně a očekával „smrt se stoickým klidem, vnímal ji jako přirozenou nutnost“.

## Genetický podklad zdravotního stavu Gregora Johanna Mendela

Výše zmíněné poznatky naznačují několik okruhů onemocnění, kterými Mendel trpěl. Analýza genetických variant nalezených v Mendelově genomu nám nyní nabízí jedinečnou příležitost potvrdit správnost těchto informací a zpřesnit diagnózy stanovené tehdejšími lékaři. • Ze všech nalezených genetických variant, kterých bylo v genomu více než čtyři miliony, byly vyfiltrovány ty, které se nachází v kódujících oblastech genů, jež jsou asociované s různými druhy onemocnění. Konkrétně jde o skupinu neurologických dědičných poruch, dermatologických onemocnění, dále skupiny genů asociovaných s nádorovými onemocněními a vrozenými srdečními vadami. Tyto geny jsou v současnosti rutinně analyzovány v rámci vyšetřování pacientů s podezřením na vrozená genetická onemocnění na CEITEC MU a v Centru molekulární biologie a genetiky IHOK ve FN Brno. Při interpretaci výsledků vědci CEITEC MU pečlivě procházejí každou zjištěnou variantu, hodnotili kvalitu přečtené sekvence a validovali varianty podle aktuálních informací z genetických databází. Provedenými analýzami byly zjištěny některé zajímavé nálezy. • Srdeční problémy, které se Mendelovi staly osudnými, nacházejí silnou oporu v genetických variantách v několika genech. Byly nalezeny varianty v genech *KCNJ5* (gen pro draslíkový kanál buněčné membrány) a *SNTAI* (Syntropin-1, signální molekula). Obě dvě bílkoviny jsou spojovány s rozvojem onemocnění označovaného jako syndrom dlouhého QT intervalu (*long-QT syndrome*) (Giudicessi, 2018). Tento syndrom se projevuje

srdečními arytmiami, může mít za následek ztráty vědomí či slabost, v krajních případech dokonce zástavu srdce. Podkladem srdeční hypertrofie (zbytnění, nadměrný růst srdečního svalu) mohla být u Mendela varianta genu *MYH7*. Gen *MYH7* kóduje protein beta-myosin, jenž je součástí srdeční svaloviny a jehož defekty jsou častou příčinou srdečních hypertrofí (Marsiglia, 2014). • Brightova nemoc, již Mendel trpěl na konci svého života, mohla mít příčinu v nalezených poruchách genů *TGFB1* (gen pro růstový faktor), *CASR* (gen pro metabolismus vápníku) a *CACNAIH* (buňčný kanál pro vápník). Soubor těchto genetických záměn měl nejspíš komplexní účinek, o genu *CACNAIH* je však známo, že jeho změna může být příčinou hyperaldosteronismu – hormonální poruchy, která se projevuje vysokým krevním tlakem a možnými otoky; gen *TGFB1* bývá asociovan se vznikem ledvinné fibrózy. Poruchy genu *CASR* jsou pak dávány do spojitosti se vznikem močových kamenů a spolu s genem *CACNAIH* se podílí na vychýlení iontové rovnováhy v těle. Všechny tyto genetické varianty tedy mohly svým společným účinkem přispívat k rozvoji závažného onemocnění ledvin. • Několik dalších nalezených variant jiných genů již není takto přímo spojeno s Mendelovými onemocněními, přesto na ně mohla mít doplňující vliv. Je proto dobré zmínit nález dominantní varianty v obou alelách genu *VDR* (receptor pro vitamín D). Tato varianta je asociovaná s depresemi v průběhu života, vyšším krevním tlakem a zvýšeným ukládáním vápníku do kostí. Varianta genu *HNF1A* je považována za mírně protektivní proti vzniku aterosklerózy. Již výše zmíněný gen *CACNAIH* bývá spojován s neurotickými stavami a možným rozvojem epilepsie. Velice zajímavá je i zámena v genu *HNF1A* – ten bývá někdy spojován se vznikem cukrovky u mladých osob.

## Genom, Herkunft und Gesundheitszustand von G. J. Mendel

Die Vorbereitung der Analysen von Johann Gregor Mendels (GJM) DNA ging von jenem Material aus, das es in Zusammenarbeit mit dem Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie des Instituts für Experimentalbiologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität (LBMA) zu sichern gelang. Es handelte sich sowohl um Proben, die aus dem in Gregor-Johann-Mendel-Museum aufbewahrten Nachlass und dem Depositorium der Abtei stammten, als auch um Material, das direkt von den Überresten, welche aus der Augustinergruft auf dem Brünner Zentralfriedhof ausgehoben wurden, gewonnen werden konnte. • Die DNA-Analyse wurde mittels einer modernen Methode, der sogenannten Sequenzierung der neuen Generation (NGS) durchgeführt. • Noch vor der Sequenzierung musste DNA aus den Proben extrahiert werden. Im Falle der von uns analysierten alten DNA (aDNA) hatte die Extraktion unter äußerst strengen Vorkehrungen zu verlaufen, um etwaige Kontamination der Proben mit einer gegenwärtigen DNA auszuschließen.

### Die in der DNA verborgene Erbinformation

Nun wollen wir die Technik der Analyse durchführung kurz beiseitelassen und uns der Beschreibung dessen zuwenden, was wir in einer menschlichen Zelle finden können und welche Antworten sie uns auf die Fragen nach der Herkunft und den Eigenschaften des Einzelnen geben kann. Der Mensch zählt zu den eukaryotischen Organismen, daher finden wir in seinen Zellen einen Kern, in dem sich die

Erbinformation in Gestalt der DNA verbirgt. Die DNA oder Desoxyribonukleinsäure ist ein überaus sinnreich angelegter biologischer Informationsträger, welcher aus sich wiederholenden Einheiten des Desoxyribose-Saccharids und vier verschiedenen Nukleotiden - organischen Molekülen, deren Folge in der langen DNA-Moleküle für die Kodierung der Information verantwortlich ist, besteht. Es ist ähnlich, wie beispielsweise die Reihung der Zeichen in diesem Text, welche dem Leser die Information überbringt. Das genetische „Alphabet“ unseres Genoms besteht aus vier Buchstaben, welche die einzelnen Typen der Nukleotide bezeichnen. Wir unterscheiden zwischen Adenin (A), Thymin (T), Cytosin (C) und Guanin (G). • Der Zellkern ist der größte Informationsspeicher in unseren Zellen, unter seiner Membrane verbergen sich 3,2 Milliarden Nukleotide (was in der Genomik 3,2 Gigabasen ausmacht), die sich wohlgeordnet zu 23 Chromosomenpaaren fügen. Trotzdem ist der Kern nicht die einzige Stelle, wo Erbinformation anzutreffen ist. Die außerhalb des Kerns befindliche DNA ist vornehmlich in den Mitochondrien, jenen Zellorganellen, welche der Zelle mit dem energetischen Metabolismus behilflich sind, enthalten. Die Theorie der Herausbildung solcher Organellen besagt, dass sie im Verlauf der einstigen Evolution durch Verschmelzung einfacherer Zellen entstanden, das heißt, dass Mitochondrien (und ähnlich auch die grünen Chloroplasten bei den Pflanzen) eigentlich ein symbiotischer Organismus sind. Und eben als solche Symbionten haben die Mitochondrien einen Teil ihrer ursprünglichen DNA stets bei sich und können ihn mittels weiblicher Geschlechtszelle an die Nachkommenschaft weitergeben. Mitochondriale DNA (mtDNA) ist viel kürzer als Kern-DNA und durch „bloße“ 16 000 Basen (16 Kilobasen) kodiert, gleichzeitig befindet sie sich aber in der menschlichen Zelle in vielen (ca. 10–100) identischen Kopien. Eine für uns überaus günstige Eigenschaft, da diese außerhalb des Kerns gelagerte DNA als ein perfekter „Fingerabdruck“ dienen kann,

mit dessen Hilfe sich jeder konkrete Einzelmensch identifizieren lässt. Gleichzeitig ist es möglich, aufgrund von Nukleotidsequenzen der mtDNA die historische Herkunft einer Person abzuschätzen, je nach dem, wie sich in der mtDNA unikale genetische Mutationen eingesammelt haben und dadurch mitochondriale Linien menschlicher mtDNA entstehen ließen.

### **Die Vorbereitung der Sequenzierung**

Nun zurück zu dem Projekt des GJM-Genoms. Das Hauptziel lag in einer Sequenzierung des Mendelschen Kerngenoms sowie in der Bestimmung genetischer Varianten, die mit möglichen erblichen Erkrankungen oder markanten phänotypischen Merkmalen assoziiert werden. Eine wichtige Voraussetzung für die Durchführung dieser Arbeit war eine klare, unfehlbare Identifizierung von Mendels Überresten, und zwar im optimalen Fall so, dass sie aus mehreren Perspektiven (molekular-biologisch, anthropologisch, archäologisch) identifiziert werden und somit an der Identität nicht der geringste Zweifel besteht. Aus diesem Grund war logischerweise der erste Schritt eine Analyse der aus verschiedenen Utensilien, welche Mendel nachweislich besaß, sowie aus seinen in der Augustinergruft beigesetzten und von dort ausgehobenen Überresten stammenden mtDNA. • Darüber, wie aus Skelettüberresten oder alten Gegenständen DNA zu gewinnen ist, wurde an einer anderen Stelle dieser Monografie (Kapitel 3 und 7) berichtet. Die isolierte DNA wurde mittels Laborverfahren, die es ermöglichen, die DNA-Sequenz selbst zu lesen, weiterverarbeitet. Dieses Verfahren wird zusammenfassend als das Anlegen einer Sequenzierungsbibliothek bezeichnet und es läuft folgenderweise ab: • Das DNA-Isolat kann man sich als ein im Wasser befindliches Ensemble von Unreinheiten, kontaminierenden Weißstoffen und weiteren chemischen Substanzen gesäuberter Genom-Fragmente vorstellen. Ein detaillierterer Blick auf die Probe ermöglicht uns die Kapillar



94

Úsek Mendelova genomu vygenerovaný sekvenátorem nové generace a zobrazený pomocí softwaru UGENE (Okonechník et al., 2012).

Ein am Sequenzierteigerät der neuen Generation generierter und mittels UGENE-Software (Okonechník et al., 2012) abgebildeter Abschnitt von Mendels Genom.

A section of Mendel's genome generated by a next-generation sequencer and displayed using the UGENE software (Okonechník et al., 2012).

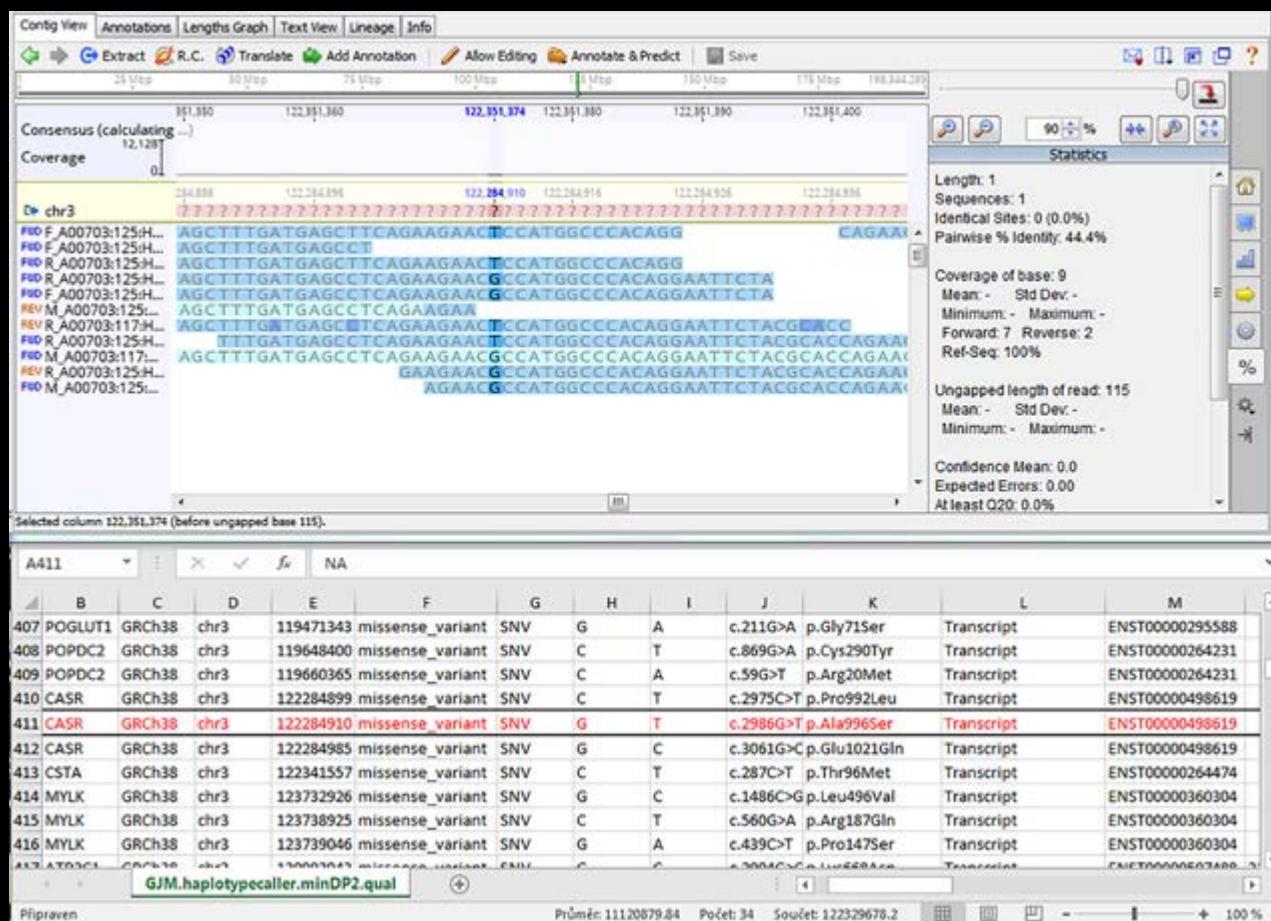


95

Sekvenátory nové generace v laboratořích CEITEC MU.

Sequenzierteigeräte der neuen Generation in den Laboratorien von CEITEC MU.

Next generation sequencers in the CEITEC MU laboratories.



96

Praktická ukázka výstupu genetické analýzy – souhrnná tabulka nalezených genetických variant a zobrazení jedné z nich v programu Geneious.

Praktisches Beispiel des Ergebnisses einer genetischen Analyse – tabellarische Zusammenfassung der vorgefundenen genetischen Varianten und Abbildung einer von ihnen im Programm Geneious.

Practical demonstration of genetic analysis output – a summary table of genetic variants found, and a depiction of one of them using Geneious software.

-Elektrophorese, ein Gerät, mit dem die DNA-Fragmente sichtbar gemacht und ihre Längen abgelesen werden können. Die aDNA-Fragmente erreichen üblicherweise eine Länge von ungefähr 150 Nukleotiden. Der erste Schritt der Analyse sind enzymatische Korrekturen der DNA-Endglieder und deren Kennzeichnung mittels bekannter DNA-Abschnitte - sogenannter Adapter. Die Adapter sind einige -zig Basen lange, synthetisch zubereitete DNA-Abschnitte, kraft derer sich mit der unbekannten DNA weiter manipulieren lässt. Eine solche Korrektur hat also zur Folge, dass sich an beide Enden eines jeden unbekannten DNA-Moleküls in der Probe ein Adapter-Abschnitt anschließt. • Die mit Adaptern markierte DNA wird dann mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR) so vervielfältigt, dass eine ausreichende Menge der DNA zu deren Sequenzierung vorhanden ist. Die PCR ist eine der zentralen Methoden, die in der Molekularbiologie verwendet werden, sozusagen der Eckstein, ohne den die heutige Arbeit in der Genomik nicht möglich wäre. Es handelt sich um ein Verfahren, das das DNA-Polymerase-Enzym, zwei kurze Abschnitte von synthetischer DNA (sogenannte Primer) und freie Nukleotide dazu nutzt, dass der bekannte DNA-Abschnitt zyklisch kopiert und seine Menge zu einer höheren Größenordnung angehoben wird. Hier wird einer der Gründe, warum es notwendig war, an die Abschnitte der unbekannten DNA die erwähnten Adapter zu kleben, offenbar. Es sind ja gerade die Adapter-Abschnitte, dank denen die DNA-Bibliothek amplifiziert (erweitert) werden kann, ohne dass man wissen müsste, welcher Teil des Genoms sich im betreffenden Abschnitt befindet. • Eines der Probleme, welche die Aufbereitung der Proben aus archäologischem Material begleiten, ist ein beträchtliches Aufkommen von beschädigten Basen, was eine Folge der physikalischen und chemischen Einwirkung auf die DNA ist. Außerdem, dass, wie bereits erwähnt, die DNA-Abschnitte im beträchtlichen Maße fragmentiert sind, kommt es auch zu einer oxidativen Schädigung der Basen

selbst, das heißt zur direkten Veränderung ihrer chemischen Struktur. Weiterhin kann man auf die Bildung von Dimeren, bei der sich Nukleinbasen auf eine unerwünschte Weise, die eine PCR-Amplifikation unmöglich macht, verbinden, stoßen. Schließlich kann es auch geschehen, dass die Bindung zwischen der Nukleinbase und dem Phosphat-Skelett der DNA unterbrochen wird. Eine solche Lücke in der Sequenz bezeichnet man als abasische Stelle. Bei der Probenaufbereitung nutzen wir einen direkt zum Zweck einer Korrektur der erwähnten Beschädigungen entwickelten Mix von Enzymen. Ein Bestandteil der Analyse des Genoms von GJM war auch die Beurteilung dessen, wie erfolgreich dieser Korrekturprozess gewesen ist; einige der isolierten Proben wurden daher wegen der Möglichkeit eines späteren Vergleichs ohne Korrektur belassen. • Das Anlegen der Bibliothek aus forensischen Funden und Skeletttüberresten verlief in den LBMA und CEITEC-Laboren während der Frühlingsmonate des Jahres 2021. Es handelte sich insgesamt um 20 aus dem Nachlass entnommene Proben und 6 Proben des Skelettmaterials. • Ein weiterer Schritt war die vergleichende Analyse der mtDNA, das heißt DNA-Sequenzierung aus jenem kleinen Organell außerhalb des Kernes, von dem wir bereits gesprochen haben, und der Vergleich der Ergebnisse einer derartigen Sequenzierung der aus verschiedenen Proben gewonnenen mtDNA. Bei der mtDNA-Sequenzierung war es möglich, von bereits angelegten DNA-Bibliotheken auszugehen, in denen mit Hilfe von DNA-Sonden und aufgrund des Komplementärprinzips (d.h. Paarung der Nukleinbasen) zur mtDNA gehörige Abschnitte aufgesucht werden konnten. Die restliche DNA-Bibliothek wurde von der erfassten mtDNA weggewaschen, so dass nur ein kleinerer Bibliotheksteil, welcher dann zum Gegenstand der ersten Untersuchungsphase werden sollte, zurückblieb. • Die mtDNA-Sequenzierung brachte einige grundsätzliche Resultate. Eine Kontamination der aDNA-Probe mit einer gegenwärtigen DNA konnte ausgeschlossen werden. Eine

solche Kontamination würde bedeuten, dass anstatt der Probe unseres Interesses die DNA eines der Wissenschaftler oder weiterer an der Forschung beteiligter Mitarbeiter analysiert worden wäre. Dies konnte glücklicherweise verhindert werden. • Es konnte eine Übereinstimmung zwischen den forensischen DNA-Entnahmen aus den von GJM benutzten Gegenständen und dem Skelettmaterial bestätigt werden; anders gesagt: mit Hilfe der DNA-Sequenzierung wurde nachgewiesen, dass das in Mendels Buch *Populäre Astronomie* gefundene Haar von derselben Person stammte, der die Skelettüberreste gehörten – nämlich von Gregor Johann Mendel. Diese äußerst wichtige Bestätigung der Übereinstimmung des genetischen Materials ermöglichte die fortgesetzte Sequenzierung des gesamten Genoms, die dann auf die Verzeichnung der genetischen Varianten des Kerngenoms und Erlangung weiterer Erkenntnisse zu der Person von GJM zielte.

### **Gregor Johann Mendels Herkunft**

Die Überreste von Gregor Johann Mendel wurden einer Analyse der **mitochondrialen** Erblichkeit unterzogen. Mendel hatte in seiner mtDNA die **Haplogruppe H1c**. Die Haplogruppe H1c ist ungefähr 23 000 Jahre alt – irgendwann zu jener Zeit kam es zu einer Akkumulation von Mutationen im mitochondrialen Genom, was diese Untergruppe entstehen ließ. Mit Hilfe einer Datenbank (AmtDB) der alten mtDNA (Ehler et al., 2019) wurde die Haplogruppe H1c bereits im Neolithikum, in der Bronzezeit oder im Mittelalter angetroffen. Es handelt sich um eine mtDNA-Variante, die in ganz Westeuropa, von Kaukasus bis hin zu den Atlantikufern reichlich verbreitet ist. Die Häufigkeit der Gruppe H1 bewegt sich quer durchs Europa zwischen 20% und 40% der gesamten Population; nach dieser Statistik wäre also GJM als eine Person mit „europäischen Wurzeln“ zu betrachten. In Mendels Fall wurde weiterhin der Subtyp der Haplogruppe H1c bestimmt – es handelte sich um den

Subtyp H1c1. Dieser Subtyp kommt heutzutage laut der forensischen Datenbank EMPOP (Parson und Dür, 2007) am häufigsten im Westeuropa und in den USA (also bei den Nachkommen von Europäern) vor. • Nach der vorläufigen Sequenzierung und Analyse der mtDNA wurde das ganze Kerngenom von GJM sequenziert und analysiert. Technisch gesehen besteht zwischen der Sequenzierung der mtDNA und jener des gesamten Genoms kein allzu großer Unterschied. Nach dem Anlegen der Bibliothek, so, wie es oben beschrieben wurde, verlief die DNA-Analyse auf den Sequenzierern der sog. „neuen Generation“ – es handelt sich um eine Sequenzierungsmethode, die ungefähr seit 2006 angewandt wird und eine kostengünstige und zugängliche Sequenzierung sowohl in der Forschung, als auch in der klinischen Praxis ermöglicht. Ihr Schlüsselement ist der Vorgang einer massiven Parallelsequenzierung – mit dieser Wortverbindung bezeichnet man die Möglichkeit des Lesens einer riesigen Menge (bei den größten Geräten bis zu Hundertmilliarden) von DNA-Abschnitten gleichzeitig auf einem Reaktionsplättchen, des Ablesens vom individuellen Signal eines jeden Fragments mittels Fluoreszenzmikroskopie sowie die anschließende Datenverarbeitung zu einer Textdatei, in welcher die Sequenz und Qualität jeder gelesenen Nukleinbase festgehalten wird. Im Jargon der Genomik nennt sich jedes gelesene Fragment in einer Länge von mehreren hundert Basen „read“. • Bei einer Sequenzierung des mitochondrialen Genoms zwecks Haplotyp-Bestimmung müssen Hunderttausende von Einzelabschnitten gelesen, das heißt eine ebensolche Anzahl von „reads“ generiert werden. Das Kerngenom ist allerdings um etliche Größenordnungen mächtiger, woraus sich auch die zur Beendigung der Analyse notwendige Datenmenge ableitet. Das Kerngenom enthält ungefähr 3,2 Gigabasen, das bedeutet etwa zweihunderttausendmal mehr, als das mitochondriale Genom. Aus ebendiesem Grund erforderte die Sequenzierung des Kerngenoms

den Einsatz des Hochkapazität-Sequenzergeräts NovaSeq, welches eine ausreichende Datenmenge zu generieren vermag. Entsprechend der Datenmenge verlängerte sich dann auch die zu der Ergebnisverarbeitung notwendige Zeit. Während das Mitogenom innerhalb von Tagen ausgewertet werden konnte, nahm die Erkundung des gesamten Genoms einige Monate von Analysen unter Verwendung eines leistungsstarken Computers in Anspruch. • Nach der Durchführung der Analyse von mtDNA wurde auch die Kern-DNA erforscht. Zuerst konzentrierten wir uns auf die Untersuchung der Haplogruppe des **Y-Chromosoms**, die eine weitere Ergründung der Herkunft der betreffenden Person, diesmal nach der väterlichen Linie, ermöglicht. Bei der Analyse des Y-Chromosoms wurde festgestellt, dass GJM die für Mittel- und Osteuropa typische **Haplogruppe R1a** aufwies. • Diese Analysen waren nur der Anfang. Das Hauptziel war, womöglich alle Gene von GJM zu erforschen und danach zu fahnden, ob er vielleicht im Genom eine Genvariante trug, die eventuell auf eine genetische, nach den Mendelschen Regeln vererbbarer Erkrankung hinweisen würde. Wir wollten feststellen, ob GJM beispielsweise Überträger von einer der autosomal-rezessiven Krankheiten gewesen sein konnte.

#### **Gregor Johann Mendels Gesundheitszustand**

Eine gewisse Anleitung bezüglich dessen, auf welche Gene sich unsere Aufmerksamkeit vornehmlich richten soll, war ein Bericht über den **Gesundheitszustand, die Erkrankungen und den Tod** von GJM. Dies alles wurde ausführlich beschrieben im Artikel *Gregor Mendels Krankheit und Tod* von Josef Sainer (1963). • Mendel verstarb am 6. Januar 1884 in Brünn nach einer langen Krankheit im Alter von 62 Jahren. Es hat sich sogar ein Verzeichnis von ärztlichen Rezepten erhalten, es handelt sich um Medikamente, die Mendel von seinem behandelnden Arzt, Dr. Beda Kudler vom Kloster der Barmherzigen Brüder in Brünn verschrieben

worden sind. Sämtliche Arzneien wurden auch in der Apotheke der Barmherzigen Brüder bereitet. • Mendel war sein ganzes Leben lang scheu und psychisch labil. Die Ursache dafür ist teilweise in seiner schweren Kindheit und finanzieller Unsicherheit, welcher er in seiner Jugend ausgesetzt war, zu suchen. Auch die Tatsachen, dass GJM ein starker Raucher gewesen ist, der über Jahre hinaus 20 Zigarren pro Tag rauchte, und dass er zur Fettleibigkeit neigte, sollten nicht außer Acht gelassen werden. • Während der letzten Lebensmonate litt GJM an „Wassersucht und Anzeichen von Urämie“ bei einer chronischen Nierenentzündung (sog. Brightsche Krankheit, morbus Brighti; heute bezeichnet als Glomerulonephritis mit Proteinurie und nephrotischem Syndrom). Die angeschwollenen unteren Extremitäten pflegte Mendel mehrmals täglich zu verbinden. Die Verbände waren schnell vollgesogen mit dem durch die Unterschenkelhaut austretenden Sekret. Bei der Obduktion seines Leichnams wurde eine Herzmuskelhypertrophie entdeckt, allerdings ohne Nachweis eines Herzklappenfehlers. Mendel hat kurz vor seinem Tod ausdrücklich eine Obduktion gefordert, die Vertreter des Klosters haben geschworen, ihm diesen Wunsch zu erfüllen. Die Sektion wurde von mehreren Ärzten des St. Anna-Krankenhauses vorgenommen, ein ausführlicher Bericht ist leider nicht überliefert. • Und was für Medikamente mag Mendel eingenommen haben? Verschrieben wurden ihm Salizylate, Digitalis, Kalium, Chinin und Morphin. Das erste erhaltene Rezept trägt das Datum 16. April 1883. Es soll vermerkt werden, dass Digitalis im 19. Jahrhundert vor allem als Diuretikum eingesetzt wurde. Falls es unwirksam blieb, bekam Mendel auch andere Diuretika, beispielsweise das damals häufig indizierte Cremor tartari. Morphin wurde bei Schlaflosigkeit und Schmerzen verschrieben. • Trotz seiner ernsthaften Erkrankung war der Abt laut Augenzeugen selbst noch einige Tage vor dem Tod munter, er kontrollierte sogar meteorologische Aufzeichnungen und zeigte sich voll

am Klosterleben interessiert. Kurz vor dem Sterben sah er eine ganze Reihe Rechnungen und Quittungen durch, die er zu unterzeichnen hatte. Ans Bett gefesselt war er erst in den letzten 24 Stunden seines Lebens. Als Todesursache kann Herzversagen sowie unkontrollierte Hypertonie angenommen werden. Die überlieferten Dokumente bezeugen, dass der Abt Mendel seine Leiden mit Tapferkeit ertrug und „den Tod mit stoischer Ruhe erwartet, ihn als Naturnotwendigkeit angesehen“ habe.

### **Genetische Aspekte des Gesundheitszustands von Gregor Johann Mendel**

Die Resultate der durchgeführten Untersuchung deuten einige Kreise von Erkrankungen, an denen Mendel gelitten hatte, an. Die Analyse der in seinem Genom befindlichen Gene bietet uns nun die einzigartige Möglichkeit, die Richtigkeit der vorhandenen Informationen zu überprüfen und die von den damaligen Ärzten gestellten Diagnosen zu präzisieren. • Aus der Gesamtheit der vorgefundenen genetischen Varianten, von denen es im Genom mehr als vier Millionen gab, wurden diejenigen, die sich in den Kodierungsbereichen der mit verschiedenen Krankheiten assoziierten Gene befinden, herausgefiltert. Konkret handelt es sich um eine Gruppe erblicher neurologischer Störungen, dermatologischer Erkrankungen, weiterhin Gengruppen, die sich mit Geschwulstkrankheiten und eingeborenen Herzfehlern verbinden. Diese Gene werden heutzutage im CEITEC MU sowie im Zentrum für Molekularbiologie und Genetik IHOK am Universitätskrankenhaus routinemäßig im Rahmen der Untersuchungen von Patienten mit Verdacht auf angeborene Erkrankungen analysiert. Bei der Interpretation der Ergebnisse haben sich die Wissenschaftler von CEITEC MU sorgsam eine jede erfasste Variante vorgenommen, die Qualität der jeweils gelesenen Sequenz bewertet und die Varianten im Einklang mit den aktuellen Informationen aus den genetischen Datenbanken validiert. Die durchgeführten

Analysen ergaben einige interessante Befunde. • Jene Herzprobleme, die Mendel zum Verhängnis geworden sind, finden eine starke Stütze in genetischen Varianten einiger Gene. Entsprechende Varianten wurden in den Genen *KCNJ5* (das Gen für den Kalium-Kanal der Zellmembran) und *SNTA1* (Synthropin – 1, Signalmolekül) vorgefunden. Diese beiden Proteine werden mit der Entwicklung der als Syndrom des langen QT-Intervalls (*long-QT syndrome*) bezeichneten Erkrankung verbunden (Giudicessi, 2018). Das Syndrom manifestiert sich in Herzrhythmusstörungen, die Ohnmachtsattacken oder Schwächeanfälle, im Extremfall sogar Herzstillstand zur Folge haben können. Die Grundlage für die Herzhypertrophie (Vergrößerung, übermäßiges Anwachsen des Herzmuskelns) konnte in Mendels Fall die Genvariante *MYH7* sein. Das Gen *MYH7* kodiert das Protein Beta-Myosin, das ein Bestandteil der Herzmuskulatur ist und dessen Defekte eine häufige Ursache von Herzhypertrophien bilden (Marsiglia, 2014). • Die Brightsche Krankheit, welche Mendel an seinem Lebensende zugesetzt hatte, konnte aus den entdeckten Störungen der Gene *TGFB1* (Wachstumsfaktor-Gen), *CASR* (Gen für den Kalzium-Metabolismus) und *CACNA1H* (Kalzium-Zellkanal) resultiert haben. Die Gesamtheit dieser genetischen Vertauschungen mag wohl eine komplexe Wirkung ausgelöst haben, vom Gen *CACNA1H* ist allerdings bekannt, dass seine Veränderung die Ursache von Hyperaldosteronismus – einer Hormonstörung, die sich im Bluthochdruck und möglichen Schwellungen äußert, sein kann; das Gen *THFBI* wird mit der Entstehung von Nierenfibrose assoziiert. Die Beeinträchtigungen des Gens *CASR* werden im Zusammenhang mit der Bildung von Nierensteinen gesehen, außerdem beteiligt es sich gemeinsam mit dem *CACNA1H*-Gen an den Schwankungen der Ion-Balance im Körper. All diese genetischen Varianten konnten also in ihrer gemeinsamen Wirkung zur Entwicklung einer schwerwiegenden Nierenerkrankung beigetragen haben. • Einige der in Weiterem vorgefundenen Varianten

~~W~~  
Münch. apoth.  
~~88~~ f'oo  
Tropaeolum 0'40  
Lachalot 2'0  
aff. sicc. das d' 4'00  
d. Länglich z. Rübenwurz  
je 1'00  
15/11 893 Stärke

Hochwertigste Samen  
früchten  
der Orkattu

Vidi  
G. J. Mendel

97

Původní lékařské předpisy, které dostával  
G. J. Mendel pro zmírnění svých zdravotních obtíží.  
Originalrezepte für Arzneimittel, die Mendel zur  
Linderung seiner gesundheitlichen Beschwerden  
verschrieben bekam.

The original prescriptions that G. J. Mendel  
received to treat his health problems.

*My*  
humor. Saar

88 20.0

*Stos. facieuli* 10.0  
auf. Diller ad. Eustola.

I. füß einer Roffa.  
Rappel soll ja auf

13/12 885 Hachy

K Hochwürdigste  
In allen Kün,  
Brälaten  
Gregor Meudt

anderer Gene sind nicht mehr so deutlich mit Mendels Krankheitsbildern verbunden, konnten allerdings einen ergänzenden Einfluss ausgeübt haben. Es ist daher angebracht, die Findung einer dominierenden Variante in beiden Allelen des *VDR*-Gens (Vitamin D- Rezeptor) zu erwähnen. Diese Variante weist auf Depressionen im Verlauf des Lebens, auf Blutdruckanstieg und erhöhte Kalziumablagerung in den Knochen hin. Die Variante des *HNF1A* wird als leicht protektiv im Hinblick auf die Entstehung von Atherosklerose betrachtet. Das bereits oben erwähnte Gen *CAC1H* wird im Zusammenhang mit neurotischen Zuständen und dem möglichen Vorkommen von Epilepsie gesehen. Sehr interessant ist auch die Wandlung im Gen *HNF1A*, welche manchmal auf eine Diabetes-Erkrankung bei jungen Menschen hindeutet.

## The genome, the origin and the state of health of G. J. Mendel

Gregor Johann Mendel's (GJM) DNA analyses were based on material which was obtained in cooperation with the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology of the Department of Experimental Biology, Faculty of Science, Masaryk University (LBMA). They consisted of samples from the personal items in the Gregor Johann Mendel Museum collection and in the Abbey, as well as material obtained directly from the remains removed from the Augustinian tomb at the Brno Central Cemetery. • The DNA was analysed using a modern method called next-generation sequencing

(NGS). • Before the sequencing, it was necessary to extract the DNA from the samples. Since we analysed ancient DNA (aDNA), the extraction had to be carried out under very strict conditions, in order to avoid contamination of the samples by present-day DNA.

### Hereditary information hidden in the DNA

Let us now set aside the technique for carrying out the analysis for a while, and let us focus on the description of what we can find in a human cell, and how we can get answers to questions on the origins and traits of an individual. Humans are among the eukaryotic organisms, and therefore in human cells we can find the cell nucleus, which encapsulates hereditary information in the form of DNA. DNA, or deoxyribonucleic acid, is a very sophisticated biological carrier of information, composed of repeating units of deoxyribose saccharide, and four different nucleotides – organic molecules, whose sequence in the long DNA molecule is responsible for the coding of information. DNA functions similarly to the sequence of letters in this text, for instance, which provides information to the reader. The genetic “alphabet” of our genome consists of four letters, which denote four different types of nucleotides. We therefore identify adenine (A), thymine (T), cytosine (C), and guanine (G). • The cell nucleus is the primary repository of hereditary information in our cells, with 3.2 billion nucleotides (which in genomics can be expressed as 3.2 gigabases) hidden beneath its membrane, neatly arranged in 23 pairs of chromosomes. Still, the nucleus is not the only place where hereditary information is stored. Non-nuclear DNA is found particularly in cell organelles called mitochondria, which help the cell with energy metabolism. The theory of the origin of these organelles is that in the course of ancient evolution they were formed by the symbiotic fusion of simpler cells. In other words, the mitochondria (and similarly in plants, green chloroplasts) are actually a symbiotic organism. And

as symbionts, mitochondria still carry some of their original DNA, and they can pass it on to their offspring via the parent's sex cells. Mitochondrial DNA (mtDNA) is much shorter than nuclear DNA, being encoded by "only" 16 thousand bases (16 kilobases), but at the same time it is found in many identical copies (about 10–100) in human cells. This property is a great advantage for researchers, because this extra-nuclear DNA can serve as a perfect "fingerprint" from which we can identify a particular individual. At the same time, based on the nucleotide sequences of mtDNA, it is possible to estimate the historical origin of an individual based on how unique genetic mutations have accumulated in mtDNA, giving rise to human mitochondrial mtDNA lineages.

### **Sequencing preparation**

Let us now return to the GJM genome project. The main objective of the analyses was to sequence Mendel's nuclear genome, and to determine genetic variants associated with possible hereditary diseases or distinct phenotypic traits. An important prerequisite for carrying out this work, however, was the clear and unequivocal identification of Mendel's remains, preferably in such a way that we could identify them from many perspectives (molecular-biological, anthropological, archaeological), so that there was not the slightest doubt about his identity. For this reason, the logical first step was to analyse the mtDNA obtained from various objects that Mendel was proven to have possessed and from the remains from the Augustinian tomb. By finding a clear match of the mtDNA obtained from the remains and from the various objects, the identity of GJM was established. Other parts of this monograph (Chapters 3 and 7) discuss how to extract DNA, either from skeletal finds or from ancient objects. The isolated DNA was further processed using laboratory procedures that allow the DNA sequence itself to be read. This procedure is summarily referred to as sequencing library preparation, and was conducted as follows. • A DNA isolate

can be thought of as a collection of genome fragments in water, free of impurities, contaminating proteins and other chemicals. A more detailed view of the sample is provided by capillary electrophoresis, an analytical technique that can make the DNA fragments visible and that allows us read their length. Fragments of aDNA are usually around 150 nucleotides long. The first step in the analysis is making enzymatic repairs of the ends of the DNA and their labelling with known stretches of DNA – so-called adapters. Adapters are several dozen bases long, synthetically prepared sections of DNA, through which unknown DNA can be further manipulated. This modification therefore results in an adapter being enzymatically linked to both sides of each unknown DNA molecule in the sample. • The adapter-tagged DNA is then multiplied by polymerase chain reaction (PCR) to obtain a sufficient amount of DNA material for sequencing. PCR is one of the central methods used in molecular biology, one could say the cornerstone without which the present work in genomics would not be possible. PCR is a process that uses the enzyme of DNA polymerase, two short sections of synthetic DNA (called primers), and free nucleotides to repeatedly multiply a known stretch of DNA and increase its quantity by several orders of magnitude. Here one of the reasons why it was necessary to attach the adapters to the unknown DNA sections from the sample comes to light. It is with the sections of adapters that we can amplify (multiply) the DNA library without having to know exactly which part of the genome is in the given section. • One of the problems accompanying the preparation of samples from archaeological material is the large number of damaged bases resulting from exposure of the DNA to physical and chemical forces. Besides the fact that the DNA sections are highly fragmented, as mentioned above, oxidative damage to the bases themselves, i.e. a direct change in their chemical structure, also occurs. It is also possible to encounter dimer formation, that is, nucleobases joining in an undesirable

way that prevents PCR amplification. Finally, there may be a disruption of the bond between the nucleobase and the phosphate backbone of the DNA. Such a gap in the sequence is then referred to as an abasic site. In sample preparation, we used a mix of enzymes that has been developed specifically to repair all these kinds of damages. The analysis of the GJM genome included an assessment of the success of this correction process; some of the isolated samples were therefore left uncorrected to allow for later comparison. • The preparation of the forensic findings and skeletal remains collection was carried out in the LBMA and CEITEC laboratories in the spring months of 2021. In total, 20 samples from Mendel's personal items and six samples of skeletal material were included. • The next step was a comparative analysis of mtDNA, i.e. DNA sequencing from the small extranuclear organelle we discussed a few paragraphs above, and a comparison of the results of this mtDNA sequencing obtained from different samples. In the mtDNA sequencing, it was possible to draw on existing DNA libraries, from which sections of mtDNA were identified using DNA probes based on the principle of complementarity (i.e. nucleobase pairing). The remaining DNA library was cleansed of the captured mtDNA, leaving only a smaller portion of the library that was the subject of the first phase of investigation. • The mtDNA sequencing yielded several major results. Contamination of the aDNA sample with contemporary DNA was prevented. Such contamination would have meant that instead of the sample of interest, the DNA of one of the scientists or other workers involved in the research had been analysed. Fortunately, no contamination occurred. • A match between the forensic DNA samples taken from objects used by GJM and the skeletal material was confirmed; in other words, DNA sequencing proved that the hair found in Mendel's book *Popular Astronomy* belonged to the same person as the skeletal remains – Gregor Johann Mendel. This important confirmation matching genetic material allowed

us to proceed with whole genome sequencing, which served to map the genetic variants of the nuclear genome and to establish further knowledge about the person of GJM.

### The Origins of Gregor Johann Mendel

**Mitochondrial** inheritance analysis of the GJM remains was performed. Mendel had **H1c haplogroup** in his mtDNA. Haplogroup H1c is approximately 23,000 years old – around that time, mutations accumulated in the mitochondrial genome that gave rise to this subgroup. Using a database (AmtDB) of ancient mtDNA (Ehler et al., 2019), the H1c haplogroup has been found as early as in the Neolithic, Bronze Age and Middle Ages. It is an mtDNA variant that is abundant throughout Western Europe, from the Caucasus to the shores of the Atlantic Ocean. The frequency of the H1 group across Europe ranges from 20% to 40% of the population; thus, according to this division, we can consider GJM a person with “European roots”. In Mendel's case, the subtype of haplogroup H1c was further determined – Mendel had the H1c1 subtype. This subtype is, according to the EMPOP forensic database (Parson and Dür, 2007), nowadays found mostly in Western Europe and the USA (in descendants of Europeans). • After preliminary mtDNA sequencing and analysis, the entire nuclear genome of GJM was sequenced and analysed. Technically, mtDNA sequencing does not make much difference compared to sequencing the whole genome DNA. After the library preparation as described above, the DNA was analysed on “new generation” sequencers – this is a sequencing method that has been in use since around 2006 and has made sequencing cheap and accessible for both research and clinical practice. Its key element is an approach called massively parallel sequencing – this term refers to the ability to read a huge number of DNA sections (up to hundreds of billions in the largest instruments) simultaneously in a single reaction plate, read the individual signal of each fragment using fluorescence microscopy, and then process

the data into a text file that captures the sequence and the quality of each read nucleobase. In genomics jargon, each read fragment of several hundred bases in length is referred to as a “read”. • When sequencing the mitochondrial genome to determine its haplotype, we need to read hundreds of thousands of individual sections, i.e. generate hundreds of thousands of reads. However, the nuclear genome is several orders of magnitude larger and hence the amount of data required to complete the analysis. The nuclear genome contains approximately 3.2 gigabases, i.e. about two hundred thousand times more than the mitochondrial genome. For this reason, our nuclear genome sequencing required the use of the NovaSeq high-throughput sequencer, which is capable of generating sufficient amounts of data. In proportion to the amount of data, the time required to process the results increased. While the mitogenome could be analysed in a matter of days, whole genome analysis required several months of analysis on a high-performance computer.

- Therefore, after mtDNA analysis, nuclear DNA was also analysed. First we focused on the analysis of the **Y chromosome** haplogroup, which can be used to further estimate the ancestry of the individual, this time along the paternal line. The Y chromosome analysis revealed that GJM had **haplogroup R1a**, which is typical for Central and Eastern Europe.
- These analyses were just the beginning. The main goal was to analyse all of Mendel’s genes if possible, and to investigate whether he carried in his genome a variant of one of the genes that is associated with a genetic disease inherited according to Mendel’s laws. We searched whether GJM was, for instance, a carrier of one of the autosomal recessive diseases.

### Gregor Johann Mendel’s health

Descriptions of GJM’s **health conditions, diseases and death** provided some guidance on which genes to focus on more closely. His health status and death were thoroughly described in Josef Sainer’s scholarly paper *Gregor Mendels*

*Krankenheit und Tod* (1963). • Mendel died on 6 January 1884 in Brno at the age of 62 after a long illness. A list of 20 prescriptions made by his attending physician, Dr. Beda Kudler from the Monastery of the Brothers Hospitallers in Brno, has even been preserved. All the medicines were prepared in the pharmacy of the Brothers Hospitallers. • Mendel was shy and mentally unstable all his life. This was partly due to his difficult childhood and the financial insecurity he was exposed to in his youth. It also cannot be overlooked that GJM was a heavy smoker, smoking 20 cigars a day for many years, and was prone to obesity. • In the last months of his life GJM suffered from “oedema with manifestations of uraemia” associated with chronic inflammation of the kidneys (so-called Bright’s disease, *morbus Brighti*; today called glomerulonephritis with proteinuria and nephrotic syndrome). Mendel bandaged his swollen lower limbs several times a day. The bandages quickly soaked up the secretion permeating the skin of his shins. A post-mortem revealed hypertrophy of the heart muscle, but no evidence of valvular heart disease. Brain disease was also not detected. Shortly before his death, Mendel specifically requested an autopsy, which was promised under oath by the monastery officials. Several doctors from St. Anne’s Hospital performed the autopsy. Unfortunately, a detailed description of the autopsy has not been preserved. • And what medication was Mendel receiving? His prescriptions were for salicylates, digitalis, potassium, quinine and morphine. The first surviving prescription for Mendel was dated 16 April 1883. It should be noted that in the nineteenth century, digitalis was considered primarily a diuretic. If digitalis did not work, Mendel was treated with other diuretics, such as Cremor tartari, which was widely used at the time. Morphine was indicated for insomnia and pain. • Despite his serious illness, according to witnesses, the abbot was still lively a few days before his death, even checking weather records and taking a full interest in monastic life. Shortly before his death, he

was also going through a number of bills and receipts that he had signed. He was bedridden only for the last 24 hours before his death. It can be assumed that the cause of death was heart failure and uncontrolled hypertension. Surviving documents show that Abbot Mendel bore his suffering bravely and awaited “death with stoic calm, seeing it as a natural necessity”.

### The genetic basis of Gregor Johann Mendel’s health

The above findings suggest several categories of diseases from which Mendel suffered. The analysis of the genetic variants found in Mendel’s genome currently offers us a unique opportunity to confirm the accuracy of this information and to refine the diagnoses made by the doctors of the time. • Of all the genetic variants found in the genome, which totalled more than four million, those found in the coding regions of genes associated with different types of disease were filtered out. Specifically, these included a group of hereditary neurological disorders, dermatological diseases, as well as groups of genes associated with cancer and congenital heart defects. These genes are currently routinely analysed as part of the screening of patients with suspected congenital genetic diseases at CEITEC MU and in the Centre of Molecular Biology and Genic Therapy IHOK at the University Hospital. When interpreting the results, CEITEC MU scientists carefully went through each detected variant, evaluated the quality of the read sequence, and validated the variants according to current information from genetic databases. The analyses revealed some interesting findings. • The heart problems that proved fatal to Mendel find strong support in genetic variants in several of his genes. Variants were found for Mendel in the genes KCNJ5 (a gene for a potassium channel in the cell membrane) and SNTA1 (Syntropin-1, a signalling molecule). Both proteins have been associated with the development of a disease known as long-QT syndrome (Giudicessi, 2018). This syndrome is manifested by

cardiac arrhythmias and can result in loss of consciousness or weakness, or even cardiac arrest in extreme cases. The underlying cause of Mendel’s cardiac hypertrophy (overgrowth of the heart muscle) may have been a variant of the MYH7 gene. The MYH7 gene encodes a protein called beta-myosin, which is found in cardiac muscle, in which defects are a common cause of cardiac hypertrophy (Marsiglia, 2014). • Bright’s disease, from which Mendel suffered at the end of his life, may have been caused by defects found in the TGFB1 (growth factor gene), CASR (calcium metabolism gene), and CACNA1H (cellular calcium channel) genes. This set of genetic changes is likely to have had a complex effect, but it is known that the CACNA1H gene change may be the cause of hyperaldosteronism, a hormonal disorder manifested by high blood pressure and possible swelling; the TGFB1 gene is associated with renal fibrosis. Disorders of the CASR gene are then linked to the formation of bladder stones and, together with the CACNA1H gene, are involved in skewed ion balance in the body. Thus, all these genetic variants could collectively contribute to the development of severe kidney disease. • Several additional variants found in other genes are no longer directly associated with Mendel’s diseases, but they may have had ancillary effects. It is therefore relevant to mention the finding of a dominant variant in both alleles of the VDR (vitamin D receptor) gene. This variant is associated with depression over the life course, high blood pressure, and increased calcium deposition in the bones. The HNF1A gene variant is thought to be slightly protective against atherosclerosis. The aforementioned CACNA1H gene is associated with neurotic conditions and the possible development of epilepsy. A substitution in the HNF1A gene is also very interesting – it is sometimes associated with the development of diabetes in young people.

Cesta poslední:

<sup>169</sup> Znovuuložení ostatků do augustiniánské hrobky

Der letzte Weg:

<sup>171</sup> Gregor Johann Mendels zweites Begräbnis

Last way:

<sup>173</sup> Returning the remains to the Augustinian tomb

EVA DROZDOVÁ

ŠÁRKA POSPÍŠILOVÁ

JAN EMIL BIERNAT



98

Bazilika Nanebevzetí Panny Marie na Mendlově náměstí v Brně.

Basilika Mariä Himmelfahrt auf dem Brünner Mendelplatz.

Basilica of the Assumption of Our Lady at Mendel Square in Brno.

# Znovuuložení ostatků do augustiniánské hrobky

Přímý výzkum kosterních pozůstatků v laboratořích Masarykovy univerzity byl dokončen dne 3. listopadu 2021. Kosterní ostatky všech příslušníků rádu sv. Augustina exhumované z části hrobky, kde byl pohřben také Gregor Johann Mendel, byly v tento den navráceny rádu. Ostatky byly z univerzitního kampusu MU v Brně-Bohunicích převezeny do starobrněnského opatství, kde byly v bazilice Nanebevzetí Panny Marie uloženy do nových, menších rakví z tmavého dřeva se světlým křížem se jmény jednotlivých zesnulých. Další vědecké výzkumy probíhaly už jen s využitím dříve odebraných vzorků biologického materiálu a dat získaných při antropologických a genetických analýzách.

## Obřad na hřbitově

Dne 5. listopadu 2021 se od 17 hodin konalo slavnostní shromáždění u příležitosti znovuuložení všech rakví s ostatky pěti zesnulých do hrobky augustiniánů na Ústředním hřbitově v Brně, spojené s pohřebním obřadem. • Slavnostního obřadu se účastnili příslušníci rádu sv. Augustina nejen z Opatství Staré Brno, domovského opatství Gregora Johanna Mendela, ale při této příležitosti se sjeli členové rádu z celého světa. Pohřební obřad na hřbitově vedl otec Angelo Lemme, převor starobrněnského opatství. Projev u hrobu pronesl O. Paul Graham, asistent generála augustiniánského rádu pro střední Evropu, který přijel s několika dalšími členy rádu až z Říma. Na pohřebním obřadu byli přítomni také provinciál polské provincie augustiniánů P. Beniamin Kuczała, augustiniánský delegát ze Slovenska P. Jozef Jurdák a mezinárodní společenství augustiniánských studentů z Říma se svými představenými. • Pohřbu se zúčastnili

také vedoucí představitelé Masarykovy univerzity v čele s rektorem Martinem Barešem, zástupci vedení města Brna a Jihomoravského kraje, představitelé vlády České republiky a spolupracovníci brněnského opatství. Samozřejmě nechyběli ani vědci, kteří se podíleli na výzkumu kosterních pozůstatků z hrobky, zástupci dalších organizací i hosté a zájemci z řad veřejnosti. • Celý obřad se konal v pietní, ale zároveň vřelé atmosféře, která svědčila o úctě a obdivu k zesnulým představitelům rádu sv. Augustina. Účastníci pietního aktu se po skončení obřadu rozloučili se zesnulými květinovými dary.

## Zádušní mše

Po skončení pietního aktu na Ústředním hřbitově se účastníci shromáždění přesunuli na Mendlovo náměstí, do baziliky Nanebevzetí Panny Marie, kde se od 18 hodin konala zádušní mše za všechny zesnulé z rádu sv. Augustina se zaměřením na osobu Gregora Johanna Mendela. Mše předsedal a kázání přednesl O. Marek Orko Vácha a promluvili také představitelé rádu sv. Augustina z Česka i zahraničí a další hosté.



99

Nové rakve všech mnichů řádu sv. Augustina exhumovaných z hrobu.

Die neuen Särge aller aus dem Grab in der Augustinergruft  
exhumierten Ordensbrüder.

New coffins for all the monks of the Order of St. Augustine  
exhumed from the tomb.

# Gregor Johann Mendels zweites Begräbnis

Die eigentliche Untersuchung der Skelettüberreste in den Laboratorien der Masaryk-Universität wurde am 3. November 2021 abgeschlossen. Die aus jenem Teil der Gruft, wo auch Gregor Johann Mendel begraben war, exhumierten Skelettüberreste der Augustinermönche wurden dem Orden zurückgegeben. Sie wurden aus dem Campus der Masaryk-Universität im Stadtteil Bohunice in die Altbrünner Abtei überführt und in der dortigen Basilika Mariä Himmelfahrt in neue, kleinere Särge aus dunklem Holz mit einem hellen Kreuz und den Namen der einzelnen Verstorbenen hineingelegt. Weitere wissenschaftliche Untersuchungen verliefen dann schon lediglich unter Verwendung der früher entnommenen Proben des biologischen Materials und der im Verlauf der anthropologischen und genetischen Analysen erhobenen Daten.

## Der Gedenkakt auf dem Friedhof

Am 5. November 2021 fand ab 17 Uhr ein feierlicher Gedenkakt anlässlich der erneuten Bestattung der Särge mit den Überresten aller fünf Verstorbenen in die Augustinergruft auf dem Brünner Zentralfriedhof, verbunden mit einer Begegnungszeremonie. • An der Feier haben Angehörige des Augustinerordens teilgenommen, nicht nur jene von der Altbrünner Abtei, wo Gregor Johann Mendel heimisch war, es sind bei diesem Anlass Augustinerbrüder aus der ganzen Welt zusammengekommen. Die Bestattungszeremonie auf dem Friedhof wurde vom Pater Angelo Lemme, dem Prior der Altbrünner Abtei, geleitet. Eine Ansprache am Grab hielt P. Paul Graham, Assistent des Generals des Augustinerordens für Mitteleuropa, der mit einigen weiteren

Ordensmitgliedern sogar aus Rom angereist kam. Anwesend bei der Begegnungszeremonie waren auch P. Benjamin Kuczała, Provinzial der polnischen Augustiner-Provinz, P. Jozef Jurdák, Delegat der Slowakischen Augustiner, sowie eine internationale Augustiner-Studentengemeinschaft aus Rom mit ihren Vorstehern. • Weiterhin beteiligt waren die führenden Vertreter der Masaryk-Universität mit deren Rektor Martin Bareš an der Spitze, die Repräsentanten der Leitung der Stadt Brünn und des Kreises Südmähren, Regierungsvertreter und Mitarbeiter der Altbrünner Abtei. Die an der Erforschung der Skelettüberreste aus der Gruft beteiligten Wissenschaftler fehlten selbstverständlich nicht, zugegen waren auch die Vertreter weiterer Organisationen sowie Gäste und interessierte Öffentlichkeit. • Die ganze Gedenk- und Bestattungsfeier verlief in pietätvoller und zugleich warmer Atmosphäre, welche von Achtung und Bewunderung für die verstorbenen Mitglieder des Augustinerordens zeugte. Die Teilnehmer des Gedenkaktes haben sich nach der Beendigung der Zeremonie mit Blumengeschenken von den Verstorbenen verabschiedet.

## Das Requiem

Nach der Beendigung des Pietätsaktes auf dem Zentralfriedhof begaben sich die Teilnehmer in die Basilika Mariä Himmelfahrt auf dem Mendelplatz, wo um 18. Uhr eine Totenmesse für alle verstorbenen Augustinerbrüder mit besonderer Beachtung der Person von Gregor Johann Mendel gehalten wurde. Der Hauptzelebrant, P. Marek Orko Mácha, hielt auch die Predigt. Es sprachen außerdem Vertreter des Augustinerordens aus Tschechien sowie vom Ausland und weitere Gäste.

# Mendel...

Brno 27. října 2021

Vážení přátelé,

dovolte mi, abych Vás jménem organizátorů, zejména pak jménem paní primátorky města Brna JUDr. Markéty Vaňkové, jménem rektora Masarykovy univerzity prof. MUDr. Martina Bareše, Ph.D., a jménem ředitelky Společně, o.p.s., Ing. Jakuba Cardy co nejsrdečněji pozval na pietní akt spojený s vědeckými výzkumy týkající se Gregora Johanna Mendela.

Uctění památky se uskuteční **v pátek 5. listopadu 2021 od 17 hodin** v areálu Ústředního hřbitova Brno.

Byli bychom rádi, kdybyste přijali také pozvání na následnou mši svatou za Gregora Johanna Mendela s kázáním O. Marka Orka Váchy, která bude sloužena v bazilice Nanebevzetí Panny Marie od 18 hod. a také na následné pohoštění v prostorách kláštera.

S tictou

P. Angelo Lemme, OSA  
převor Opatství Staré Brno Řádu sv. Augustina



MUNI  
MENDLOVO MUZEUM

MUNI  
MENDLOVO MUZEUM

SPOLEČNÉ  
o.p.s. | ořechovka.org

Společně, o.p.s. | Mendlovo náměstí 1a, 603 00 Brno | IČ: 26976307 | DIČ: CZ26976307  
+420 602 521 | [vip@mendel22.cz](mailto:vip@mendel22.cz)

100

Pozvánka na pietní akt a zádušní mši při příležitosti druhého pohřbu exhumovaných příslušníků řádu sv. Augustina.

Einladung zum Gedenkakt und Totenmesse anlässlich der erneuten Beisetzung der exhumierten Augustinerbrüder.

Invitation to the burial rite and Requiem Mass on the occasion of the second burial of the exhumed members of the Order of St. Augustine.

# Returning the remains to the Augustinian tomb

The direct examination of the skeletal remains in the laboratories of Masaryk University was completed on 3 November 2021. The skeletal remains of all the members of the Order of St. Augustine exhumed from the section of the tomb where Gregor Johann Mendel was buried were returned to the Order on that day. The remains were transported from the MU campus in Brno-Bohunice to the St. Thomas Abbey, where in the Basilica of the Assumption of Our Lady they were placed in new, smaller coffins made of dark wood with a light cross and the names of the deceased. Further scientific research was carried out using only previously collected samples of biological material and data obtained during the anthropological and genetic analyses.

## **The rite at the cemetery**

From 5 p.m. on 5 November 2021, a solemn gathering was held to mark the reinterment of the coffins with the remains of the five deceased in the Augustinian tomb at the Central Cemetery in Brno, accompanied by a funeral ceremony. • The ceremony was attended not only by members of the Order of St. Augustine from the St. Thomas Abbey, but also by members of the Order from all over the world. The funeral rite at the cemetery was celebrated by Father Angelo Lemme, Prior of the St. Thomas Abbey. Father Paul Graham, Assistant General of the Augustinian Order for Central Europe, who came with several other members of the Order from Rome, gave a speech at the tomb. Also present at the funeral ceremony were the Provincial Superior of the Polish province of Augustinians, Father Beniamin Kuczała, the Augustinian delegate from Slovakia, Father Jozef Jurdák, and the international community of Augustinian students from Rome with

their superiors. • The funeral was also attended by representatives of Masaryk University, led by Rector Martin Bareš, representatives of the city of Brno and the South Moravian Region, representatives of the Czech government, and associates of the Brno Abbey. Of course, also attending were the scientists who participated in the research on the skeletal remains from the tomb, representatives of other organisations, and guests and interested members of the public. • The whole ceremony was held in a reverent but warm atmosphere, which showed respect and admiration for the deceased representatives of the Order of St. Augustine. After the ceremony, the participants bid farewell to the deceased with floral gifts.

## **Requiem Mass**

After the burial rite at the Central Cemetery, the participants proceeded to Mendel Square, to the Basilica of the Assumption of Our Lady, where from 6 p.m. a Requiem Mass was held for all the deceased of the Order of St. Augustine, focusing on the person of Gregor Johann Mendel. The Mass was celebrated and the sermon was delivered by Father Marek Orko Vácha. Representatives of the Order of St. Augustine from the Czech Republic and abroad and other guests also spoke during the Mass.



101

Druhý pohřební obřad G. J. Mendela a jeho bratří, konaný dne 5. 11. 2021 v 17 hodin na Ústředním hřbitově v Brně.

Die am 5. 11. 2021 um 17 Uhr auf dem Brünner Zentralfriedhof stattgefundene zweite Beisetzung von G. J. Mendel und seinen Ordensbrüdern.

The second funeral service for G. J. Mendel and his brothers, held on 5 November 2021 at 5 pm at the Central Cemetery in Brno.



102

Zádušní mše za G. J. Mendela a jeho bratry.

Totemesse für G. J. Mendel und seine Ordensbrüder.

Requiem Mass for G. J. Mendel and his brothers.





103

Pamětní deska G. J. Mendela na Basilice  
Nanebevzetí Panny Marie na Mendlově  
náměstí v Brně.

Nese text: „K 200. výročí narození věnují  
bratři ze starobrněnského opatství“.

G. J. Mendels Gedenktafel an der Basilika Mariä  
Himmelfahrt auf dem Brünner Mendelplatz.  
Sie trägt den Text: „Zum 200. Geburtstag von  
den Brüdern der Altbrünner Abtei gewidmet“.

Memorial plaque to G. J. Mendel at the Basilica  
of the Assumption of Our Lady at Mendel  
Square in Brno.

It bears the inscription: "For the 200th  
anniversary of his birth, dedicated by the  
brothers of the Old Brno Abbey".

# Poděkování

Autoři děkují všem, kteří přispěli k výzkumu tělesných ostatků a genetické informace opata Mendela, i těm, kteří celý výzkum iniciovali.

Děkují rektorovi Masarykovy univerzity prof. MUDr. Martínu Barešovi, Ph.D., za podporu výzkumu. Výzkum byl financován projektem Podpora a popularizace vědy a výzkumu ROZV/FPP/01/2021.

K iniciátorům projektu patří kromě prorektorky Masarykovy univerzity prof. RNDr. Šárky Pospíšilové, Ph.D., senátor a ředitel Hvězdárny a planetária Brno Mgr. Jiří Dušek, Ph.D., s nastartováním realizace byl nápomocen prorektor Masarykovy univerzity prof. PhDr. Jiří Hanuš, Ph.D., a prof. Mgr. Jiří Macháček, Ph.D., z Ústavu archeologie a muzeologie Filozofické fakulty MU.

Autoři si velmi váží spolupráce s představiteli Opatství Staré Brno rádu sv. Augustina, kteří umožnili přístup k předmětům, které Gregoru Johannu Mendelovi patřily, poskytli historické informace a celkově svým zájmem a vstřícným postojem umožnili zdárný průběh výzkumu.

Stejný dík patří také zástupcům společnosti Společně, o.p.s., zejména Ing. Jakubu Cardovi.

Autoři děkují zaměstnancům Mendelova muzea Masarykovy univerzity za možnost prozkoumat osobní předměty opata Mendela, které jsou v jejich správě, a za poskytnutí historických materiálů a údajů, zejména Mgr. Zdence Brouškové.

Autoři děkují Kpt. Mgr. Haně Svobodové z Oddělení kriminální techniky a expertíz Policie České republiky Krajské ředitelství Jihomoravského kraje za spolupráci při odběru vzorků z předmětů ve vlastnictví Gregora Johanna Mendela.

Výzkum by se nemohl uskutečnit bez souhlasného stanoviska představitelů Magistrátu města Brna, kteří povolili terénní výzkum na Ústředním hřbitově v Brně, a bez součinnosti ředitelky Správy hřbitovů města Brna Ing. Aleny Říhové, která poskytla pro výzkum všechnou technickou pomoc, zázemí na hřbitově, a nakonec i azyl v místní márnici.

Poděkování patří všem kolegům archeologům, kteří se na výzkumu také podíleli. Jsou to ze společnosti Archaia Brno o.p.s. Bc. Denisa Fojtíková, Mgr. Václav Kolařík, Mgr. Vojtěch Nosek, a Bc. Martin Koštál z Ústavu archeologie a muzeologie Filozofické fakulty MU.

Dík také patří zaměstnankyním a doktorandkám z Laboratoře biologické a molekulární antropologie Oddělení genetiky a molekulární biologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity Mgr. Evě Chocholové, Mgr. Kateřině Novotné, Mgr. Romaně Sarvašové a Mgr. et Mgr. Anně Šenovské, Ph.D., které se účastnily terénního výzkumu a neúnavně prepravovaly, společně s archeology, kosterní pozůstatky v hrobové jámě, a Iloně Šťastné za organizaci výzkumu v laboratoři.

Velmi děkujeme také Bc. Kateřině Stehlíkové, DiS., z Ústavu lékařské genetiky a genomiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity a Fakultní nemocnice Brno, jejíž pomoc s administrativní částí výzkumu byla neocenitelná.

Poděkování náleží zaměstnancům Středoevropského technologického institutu, Centra molekulární medicíny, Ing. Zuzaně Vrzalové, Ph.D., Mgr. Kateřině Staňo Kozubík, Ph.D., Mgr. Ivoně Blahákové a Mgr. Jakubu Hynštovi, Ph.D., kteří se

podíleli na analýzách a interpretacích genomických výsledků, a pracovníkům Centrální laboratoře Genomika Středoevropského technologického institutu, podporovaného výzkumnou infrastrukturou Národní centrum lékařské genomiky (MŠMT projekt LM2018132), zejména MVDr. Borisi Tichému, Ph.D., kteří pracovali na sekvenaci Mendelova genomu.

Děkujeme zaměstnancům Kliniky radiologie a nukleární medicíny Lékařské fakulty MU a Fakultní nemocnice Brno za vyšetření všech vyzvednutých kostér na počítačovém tomografu.

Prof. RNDr. Jiřině Relichové, CSc., emeritní profesorce Ústavu experimentální biologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity za poskytnutí informací o Gregoru Johannu Mendelovi z vlastního archivu.

PhDr. Jiřímu Sekerákovi, Ph.D., a jeho kolegům z Centra Mendelianum Moravského zemského muzea v Brně za poskytnutí dokumentů z jejich archivu, dále Mgr. Evě Vaničkové z Moravského zemského muzea a Mgr. Jiřímu Pecovi z 3D studia Fakulty výtvarných umění Vysokého učení technického v Brně za vytvoření 3D modelů všech kostí skeletu Gregora Johanna Mendela.

Ing. Kateřině Mrázové, Ing. Vladislavu Krzyžánkovi, Ph.D., a Mgr. Ing. Radimu Skoupému, Ph.D., ze Skupiny mikroskopie pro biomedicínu Ústavu přístrojové techniky Akademie věd České republiky za analýzy ostatků augustiniánů na elektronovém mikroskopu.

V rámci výzkumu genetické informace Gregora Johanna Mendela byl využit přístup do výpočetního a datového centra CERIT Scientific Cloud, podporovaného z programu LM2015085, Projekty velkých infrastruktur pro výzkum, vývoj a inovace, financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei allen, die zur Erforschung der leiblichen Überreste von Abt Mendel beigetragen haben und ebenso bei all denjenigen, welche das ganze Projekt initiiert haben.

Sie danken dem Rektor der Masaryk-Universität, Herrn Prof. Dr. med. Martin Bareš, Ph.D., für die Förderung des Vorhabens. Es wurde von dem Projekt Unterstützung und Popularisierung der Wissenschaft und Forschung ROZV/PPP/01/2021 finanziert.

Zu den Initiatoren des Projekts gehören neben der Prorektorin der Masaryk-Universität, Frau Dr. rer. nat. Šárka Pospíšilová, Ph.D., der Senat-Abgeordnete und Direktor der Sternwarte und des Planetariums von Brünn, Herr M.Sc. Jiří Dušek, Ph.D., mit dem Start der Realisierung waren der Prorektor der Masaryk-Universität, Herr Prof. Dr. Jiří Hanuš, Ph.D., sowie Herr Prof. M.A. Jiří Macháček, Ph.D., vom Institut für Archäologie und Museologie der Philosophischen Fakultät der Masaryk-Universität behilflich.

Die Autoren schätzen sehr die Zusammenarbeit mit den Vertretern der Altbrünner Abtei des Augustinerordens, die den Zutritt zu Gegenständen aus Mendels persönlichem Besitz gewährt, historische Informationen beigesteuert und insgesamt mit ihrem Interesse und Entgegenkommen einen erfolgreichen Verlauf der Untersuchung ermöglicht hatten.

Ein ebensolcher Dank gebührt der Gesellschaft Společně (Gemeinsam), NPO, vor allem Herrn Dipl.-Ing. Jakub Carda.

Die Forschung hätte nicht realisiert werden können ohne Zustimmung der Vertreter des Magistrats der Stadt Brünn, welche die Terrainuntersuchung auf dem Brünner Zentralfriedhof genehmigt hatten, und ohne das Engagement der Direktorin der Friedhofsverwaltung der Stadt Brünn, Frau Dipl.-Ing. Alena Říhová, die dem Vorhaben jegliche technische Hilfe, ein nötiges Umfeld auf dem Friedhof und schließlich das Asyl an der dortigen Leichenhalle gewährte.

Die Autoren danken den Mitarbeitern des Mendel-Museums der Brünner Masaryk-Universität, insbesondere Frau M.A. Zdenka Broušková, für die Möglichkeit, die dort deponierten persönlichen Gegenstände des Abtes Mendel zu untersuchen, sowie für das Beisteuern von historischen Materialien und Daten.

Gedankt sei auch Frau Kpt. M.Sc. Hana Svobodová von der Abteilung Kriminalistische Technik und Expertisen der Polizei der Tschechischen Republik, Kreisdirektion Südmähren, für ihre Mitarbeit bei der Entnahme der Proben aus Mendels Utensilien.

Ein Dank gehört allen gleichfalls an der Erforschung beteiligen Kollegen Archäologen. Es sind dies von der Gesellschaft Archaia Brno NPO Frau B.A. Denisa Fojtíková, Herr M.A. Václav Kolařík, Herr M.A. Vojtěch Nosek und Herr B.A. Martin Koštál vom Institut für Archäologie und Museologie der Philosophischen Fakultät der Masaryk-Universität.

Zu danken ist auch den Mitarbeiterinnen und Doktorandinnen vom Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie der Abteilung für Genetik und Molekularbiologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität Frau M.Sc. Eva Chocholová, Frau M.Sc. Kateřina Novotná, Frau M.Sc. Romana Sarvašová und Frau M.A. et M.Sc. Anna Šenovská, Ph.D., die sich an

der Terrainforschung beteiligten und gemeinsam mit den Archäologen unermüdlich die Skeletttüberreste in der Grube präparierten, sowie Frau Ilona Štaſtná, der Organisatorin der Laboruntersuchung.

Zum großen Dank verpflichtet sind wir auch Frau B.A. Kateřina Stehlíková, DiS., vom Institut für medizinische Genetik und Genomik der Medizinischen Fakultät der Masaryk-Universität und der Universitätsklinik von Brünn, deren Hilfe mit dem administrativen Teil der Forschung von unschätzbarem Wert war.

Wir danken ebenfalls den Mitarbeitern des Mitteleuropäischen technologischen Instituts, des Zentrums für Molekularmedizin, Frau Dipl.-Ing. Zuzana Vrzalová, Ph.D., Frau M.Sc. Kateřina Staňo Kozubík, Ph.D., Frau M.Sc. Ivona Blaháková und Herrn M.Sc. Jakub Hynšt, Ph.D., die an den Analysen und Interpretationen der genetischen Resultate mitbeteiligt waren, sowie den Mitarbeitern vom Genomik-Zentrallabor des durch die Forschungsinfrastruktur des Staatlichen Zentrums für medizinische Genomik unterstützten Mitteleuropäischen technologischen Instituts (Projekt des Ministeriums für Schulbildung, Jugend und Körpererziehung LM2018132), die mit der Sequenzierung von Mendels Genom befasst waren, vornehmlich Herrn Dr. med. vet. Boris Tichý, Ph.D.

Wir danken den Mitarbeitern der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin der Medizinischen Fakultät der MU und des Universitätsklinikums Brünn für die Untersuchung sämtlicher ausgehobener Skelette auf dem Computertomograph.

Frau Prof. Dr. rer. nat. Jiřina Relichová, Ph.D., emeritierter Professorin am Institut für Experimentalbiologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität, gebührt unser Dank für die Zugänglichmachung von Informationen aus ihrem eigenen Archiv.

Herrn Dr. Jiří Sekerák, Ph.D., und seinen Kollegen vom Mendelianum des Mährischen Landesmuseums in Brünn ist dafür zu danken, dass sie Dokumente aus dem dortigen Archiv zur Verfügung gestellt haben. Frau M.Sc. Eva Vaníčková aus dem Mährischen Landesmuseum und Herrn M.A. Jiří Pec vom 3D-Studio der Fakultät der bildenden Künste an der Brünner Technischen Universität danken wir für die Schaffung von 3D-Modellen sämtlicher Skelettknochen von Gregor Johann Mendel.

Frau Dipl.-Ing. Kateřina Mrázová, Herrn Dipl.-Ing. Vladislav Krzyžánek, Ph.D., sowie Herrn M.Sc. et Dipl.-Ing. Radim Skoupý, Ph.D., von der Gruppe für biomedizinische Mikroskopie des Instituts für Gerätetechnik der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik ist für die Analysen der Überreste der Brünner Augustiner mit dem Elektronenmikroskop zu danken.

Im Rahmen der Erforschung von Gregor Johann Mendels genetischer Information konnte der Zugang zum Rechen- und Datenzentrum *Cerit Scientific Cloud*, gefördert durch das vom Ministerium für Schulbildung, Jugend und Körpererziehung unterstützte Programm LM2015085, *Projekte großer Infrastrukturen für Forschung, Entwicklung und Innovationen*, genutzt werden.

## Acknowledgements

The authors thank all who have contributed to the research on the bodily remains and genetic information of Abbot Mendel and those who initiated the research project.

Their thanks go to Masaryk University Rector Professor MUDr. Martin Bareš, Ph.D., for his support of the research. The research was financed by a MU project called “Support and Popularisation of Science and Research” (ROZV/FPP/01/2021).

The initiators of the project were Masaryk University Vice Rector Professor RNDr. Šárka Pospíšilová, Ph.D., and Senator and Director of the Brno Observatory and Planetarium Mgr. Jiří Dušek, Ph.D. The beginning stage was aided by Masaryk University’s Vice Rector Professor PhDr. Jiří Hanuš, Ph.D., and Professor Mgr. Jiří Macháček, Ph.D., from the Masaryk University Faculty of Arts, Department of Archaeology and Museology.

The authors especially appreciate the collaboration with representatives of the St. Thomas Abbey of the Order of St. Augustine, who made ready access to the belongings of Gregor Johann Mendel, supplied historical information, and supported the research by their overall interest and helpfulness.

The same gratitude belongs to the representatives of the Společně o.p.s. organisation, especially to Ing. Jakub Carda.

The research would have been impossible without authorisation from the Brno Magistrate, which approved the field research at the Brno Central Cemetery, and without

the cooperation of the Director of the Brno Cemeteries Administration, Ing. Alena Říhová, who provided abundant technical support, including facilities at the cemetery and space at the local morgue.

The authors thank the employees of the Mendel Museum of Masaryk University, especially Mgr. Zdenka Broušková, for the opportunity to examine the personal items of Abbot Mendel, which are under their care, and for providing historical materials and data.

We also thank Captain Mgr. Hana Svobodová from the Department of Forensic Technology and Expertise of the Police of the Czech Republic of the Regional Directorate of the South Moravian Region for cooperation in taking samples from objects belonging to Gregor Johann Mendel.

Our thanks belong also to all our fellow archaeologists who took part in the research. These were namely Bc. Denisa Fojtíková, Mgr. Václav Kolařík, and Mgr. Vojtěch Nosek from the Archaia Brno o.p.s. association, and Bc. Martin Koštál from the Masaryk University Faculty of Arts, Department of Archaeology and Museology.

We are also thankful to the employees and doctoral students at the Masaryk University Faculty of Science, Department of Experimental Biology, Laboratory of Biological and Molecular Anthropology at the Section of Genetics and Molecular Biology: Mgr. Eva Chocholová, Mgr. Kateřina Novotná, Mgr. Romana Sarvašová and Mgr. et Mgr. Anna Šenovská, Ph.D., who took part in the field research and with the archaeologists tirelessly prepared the skeletal remains from the grave, as well as to Ilona Šťastná for the organisation of research in the laboratory.

We are greatly thankful to Bc. Kateřina Stehlíková, DiS., from the Institute of Medical Genetics and Genomics at Masaryk University's Faculty of Medicine and the University Hospital Brno, whose help with the administrative part of the research was invaluable.

We also extend our thanks to the researchers of the Central European Institute of Technology, Centre of Molecular Medicine, Ing. Zuzana Vrzalová, Ph.D., Mgr. Kateřina Staňo Kozubík, Ph.D., Mgr. Ivona Blaháková, and Mgr. Jakub Hynšt, Ph.D., who took part in the analyses and interpretations of genomic results, as well as the researchers of the Genomics Core Facility of the Central European Institute of Technology MU, supported by the research infrastructure of the National Center for Medical Genomics (MŠMT project LM2018132), especially to MVDr. Boris Tichý, Ph.D., who worked on the sequencing of Mendel's genome.

We thank the employees of the Department of Radiology and Nuclear Medicine of the Masaryk University Faculty of Medicine and University Hospital Brno for examining all the exhumed skeletal remains using computer tomography.

We thank Professor RNDr. Jiřina Relichová, CSc., professor emeritus at the Masaryk University Faculty of Science, Department of Experimental Biology for providing information about Gregor Johann Mendel from her personal archive.

We thank PhDr. Jiří Sekerák, Ph.D., and his colleagues from the Mendelianum Centre at the Moravian Museum in Brno for providing archived documents, and Mgr. Eva Vaníčková at the Moravian Museum and Mgr. Jiří Pec from the 3D studio at the Brno University of Technology, Faculty of Fine Arts for creating 3D models of all the bones of the skeleton of Gregor Johann Mendel.

We thank Ing. Kateřina Mrázová, Ing. Vladislav Krzyžánek, Ph.D., and Mgr. Ing. Radim Skoupý, Ph.D., from the Czech Academy of Sciences, Institute of Scientific Instruments, Microscopy for Biomedicine group, for electron microscope analysis of the Augustinian's remains.

The research data on Gregor Johann Mendel's genetic information used access to the *CERIT Scientific Cloud* computing and data centre, supported by the *Large Infrastructures for Research, Experimental Development and Innovation* programme of the Czech Republic (LM2015085) financed by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

# Literatura

## Literatur

### References

- ACSÁDI, G., NEMESKÉRI, J. (1970). *History of human span and mortality*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- ANDERUNG, C., PERSSON, P., BOUWMAN, A., ELBURG, R., GÖTHERSTRÖM, A. (2008). Fishing for ancient DNA. *Forensic Science International: Genetics*, 2, s. 104–107. ISSN 1872-4973.
- BLÁHA, P., SUSANNE, CH., REBATO, E. (2007). *Essentials of Biological Anthropology (Selected Chapters)*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-1338-3.
- CHOCHOLOVÁ E., SVOBODOVÁ E. (2022). *Genetika aneb podivuhodná cesta do jádra buňky*. Brno: Mendelovo muzeum Masarykovy univerzity. Scénář a texty k výstavě.
- CLARK, K., KARSCH-MIZRACHI, I., LIPMAN, D. J., OSTELL, J., SAYERS, E. W. (2016). GenBank. *Nucleic Acids Research*, 44 (D1), s. D67–D72. ISSN 1362-4962.
- COOPER, A., POINAR, H. N. (2000). Ancient DNA: do it right or not at all. *Science*, 5482(1139), s. 416.
- CUNHA, E., FILY, M.-L., CLISSON, I., SANTOS, A. L., SILVA, A. M., UMBELINO, C., CÉSAR, P., CORTE-REAL, A., CRUBÉZY, E., LUDES, B. (2000). Children at the Convent: Comparing Historical Data, Morphology and DNA Extracted from Ancient Tissues for Sex Diagnosis at Santa Clara-a-Velha (Coimbra, Portugal). *Journal of Archaeological Science*, 27, s. 949–952. ISSN 2797-2801.
- ČERNÝ, M., KOMENDA, J. (1988). Sexual diagnosis by the measurements of humerus and femur. In: *Sborník prací Pedagogické fakulty, Univerzita Palackého, Olomouc – Biologie*. 2, s. 147–167.
- ČIHÁK, R. (2004). *Anatomie*. Druhé upravené a doplněné vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1132-4.
- DROZDOVÁ, E. (2006). *Dietrichsteinové z Mikulova. Výsledky antropologického výzkumu vybraných příslušníků rodu*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-4065-3.
- EHLER, E., NOVOTNÝ, J., JURAS, A., CHYLEŇSKI, M., MORAVČÍK, O., PAČES, J. (2019). AmtDB: a database of ancient human mitochondrial genomes. *Nucleic Acids Research*, 47 (D1), s. D29–D32. ISSN 1362-4962.
- GIUDICESSI, J. R., WILDE, A., ACKERMAN, M. J. (2018). The genetic architecture of long QT syndrome: A critical reappraisal. *Trends in cardiovascular medicine*, 28 (7), 453–464. ISSN 1050-1738. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2018.03.003>
- HAVRDA, J. (2015). To tělo nesmí být spatřeno! (osud těla Josefa Toufara po smrti, Ďáblice a šachta č. 16). In: Miloš Doležal ed. *Krok do tmavé noci. Příběhy faráře Josefa Toufara, jeho vrahů a číhoštěského zázraku, se zprávami archeologa, antropologa a soudního lékaře o exhumaci a identifikaci těla P. Josefa Toufara*. Praha, s. 596–612.
- HILLSON, S. (1996). *Dental anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-11-070-7826-0.
- HOLUB, P., KOLAŘÍK, V., MERTA, D., PEŠKA, M., SEDLÁČKOVÁ, L., ZAPLETALOVÁ, D., ZŮBEK, A. (2006). Brněnské středověké a raně novověké hřbitovy z pohledu archeologie. *Brno v minulosti a dnes*. 19, s. 267–294, s. 580–583.
- KACKI, S., VELEMÍNSKÝ, P., LYNNERUP, N., KAUPPOVA, S., JEANSON, A. L., POVÝŠIL, C., HORÁK, M., KUČERA, J., RASMUSSEN, K. L., PODLISKA, J., DRAGOUN, Z., SMOLÍK, J., VELLEV, J., BRŮŽEK, J. (2018). Rich table but short life: Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis in Danish astronomer Tycho Brahe (1546–1601) and its possible consequences. *Plos*

- one. April 19, 31p., <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195920>.
- KLEIN, J., KLEIN, N. (2016). *Osamělost skromného génia, díl 1.* Brno: Moravské zemské muzeum.
- KNUSSMANN, R., ed. (1988). *Anthropologie, Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen (4. Auflage des Lehrbuchs der Anthropologie begründet von Rudolf Martin).* Band I und II. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. ISBN 978-34-373-0505-4.
- MARSIGLIA, J. D., PEREIRA, A. C. (2014). Hypertrophic cardiomyopathy: how do mutations lead to disease? *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 102 (3), 295–304. ISSN 0066-782X. <https://doi.org/10.5935/abc.20140022>
- MERTA, D., SEDLÁČKOVÁ, L. (2013). Druhá starobrněnská rotunda. *Vlastivědný věstník moravský*, LXV, s. 27–34.
- MIELKE, J. H., KOENIGSBERG, L. W., RELETHFORD, J. H. (2006). *Human biological variation*. Oxford, New York: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-518871-4.
- MURAIL, P., BRŮŽEK, J., HOUËT, F., CUNHA, E. (2005). DSP: A tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide hip variability in hip-bone measurements. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* n. s. T. 17 (3–4), s. 167–176. ISSN 0037-8984.
- OKONECHNIKOV, K., GOLOSOVA, O., FURSOV, M., UGENE team. (2012). Unipro UGENE: a unified bioinformatics toolkit. *Bioinformatics*, 28 (8), s. 1166–7. ISSN 1367-4803.
- OREL, V. (2003). *Gregor Mendel a počátky genetiky*. Praha: Academia.
- PARSON, W., DÜR, A. (2007). EMPOP – a forensic mtDNA database. *Forensic Science International: Genetics*, 1 (2), s. 88–92. ISSN 1872-4973.
- RELICOVÁ, J. (2022). *Johann Gregor Mendel*. Brno: Společně, o.p.s.
- SAINER, J. (1963). Gregor Mendels Krankenheit und Tod. *Sudhoff's Archiv für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften*, 47, s. 377–382. ISSN 0365-2610.
- SHAPIRO, B., BARLOW, A., HEINTZMAN, P. D., HOFREITER, M., PAIJMANS, J. L. A., OARES, A. E. R., eds. (2019). *Ancient DNA: Methods and Protocols*. New York, NY: Humana Press. ISBN 1493991752.
- SJØVOLD, T. (1975). Tables for the combined method for determination of age of death given by Nemeskéri, Harsányi and Acsádi. *Anthropologai Közlemények*, 19 (1), s. 9–22.
- SJØVOLD, T. (1990). Estimation of stature from long bones utilizing the line of organic correlation. *Human Evolution*, 5 (5), s. 431–447. ISSN 0047-2484. <https://doi.org/10.1007/BF02435593>.
- VIGNEROVÁ, J., RIEDLOVÁ, J., BLÁHA, P., KOBZOVÁ, J., KREJČOVSKÝ, L., BRABEC, M., HRUŠKOVÁ, M. (2006). 6. celostátní výzkum dětí a mládeže 2001. Česká republika. Souhrnné výsledky. Přírodovědecká fakulta UK v Praze. Státní zdravotní ústav Praha. ISBN 80-86591-24-0.
- YANG, D. Y., ENG, B., WAYE, J. S., DUDAR, J. C., SAUNDERS, S. R. (1998). Improved DNA extraction from ancient bones using silica-based spin columns. *American journal of physical anthropology*, 105 (4), s. 539–543. ISSN 1096-8644.
- ZŮBEK, A. (2013). Postup a metodika výzkumu v kryptě pod kostelem sv. Jakuba v Brně. In: *Forum Urbes Medii Aevi*. VII, s. 216–225.
- ZŮBEK, A. (2018). *Hřbitov při kostele sv. Jakuba v Brně. Vyhodnocení archeologických poznatků*. Brno: Archaia, z. ú.
- ŽIVNÝ, M. (2010). *Antropologické zpracování lidských kosterních pozůstatků ze hřbitova u kostela sv. Jakuba v Brně. Výsledky paleodemografické a osteometrické analýzy*. Brno: CERM. ISBN 978-80-7024-718-5.

# Seznam zdrojů obrázků

## Bildquellennachweis

## Photo credits

Archaia Brno: 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Archiv Mendelianum, Moravské zemské muzeum / Archiv des Mendelianums, Mährisches Landesmuseum / The Mendelianum Archives, Moravian Museum: 1, 2, 4, 6, 9, 11, 13, 97

Archiv Mendelovo muzeum / Archiv des Mendel-Museums / Mendel Museum Archive: 3, 4, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 71, 82, 84, Str./S./P.: 193  
Blanka Křížová: Str./S./Pp.: 195, 196

Archiv Města Brna / Archiv der Stadt Brünn / Brno City Archive: 5

Archiv Opatství Staré Brno řádu sv. Augustina / Archiv der Abtei des St.-Augustin-Ordens / Archive of the Order of St. Augustine: 98, 100, 101, 102

Databáze GenBank / der Datenbank GenBank / GenBank database (Clark et al., 2016): 90

Michaela Dvořáková: 103

KIVA: Str./S./Pp.: 12, 14, 18, 20, 22, 196, 197  
Obr./Abb./Figs.: 7, 14b

Laboratoř biologické a molekulární antropologie, OGMB ÚEB PřF MU / Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie, Abteilung Genetik und Molekularbiologie des Instituts für Experimentalbiologie der MU / Laboratory of Biological and Molecular Anthropology, Department of Experimental Biology MU: Archiv/Archiv/Archive: 64, 92

Eva Drozdová: 29, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 57 (RTG), 58, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73 (RTG), 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 83 (Superprojekce), 85 (Superprojekce), 86 (Superprojekce)

Eva Chocholová: 48, 54, 55, 56, 59, 62, 88

Dana Fialová: 24, 25, 26, 27, 28, 30, 77, 89, 91, 94

Katerina Novotná: 87

Filip Pardy, Centrální laboratoře Genomika, CEITEC MU / Genomik-Zentrallabor, CEITEC MU / Genomics Core Facility, CEITEC MU: 95, 96

Šárka Pospíšilová, Rektorát Masarykovy univerzity / Rektorat der Masaryk-Universität / Rector's Office MU: 101

Ondřej Požár, Rektorát Masarykovy univerzity / Rektorat der Masaryk-Universität / Rector's Office MU: 99, 101

Libor Teplý: Str./S./Pp.: obálka/Umschlag/Cover, 4, 10, 16, 24  
Obr./Abb./Figs.: 12, 14a, 23

Ústav archeologie a muzeologie FF MU / Institut für Archäologie und Museologie der Philosophischen Fakultät der Masaryk-Universität / Department of Archaeology and Museology, Faculty of Arts, Masaryk University: 33, 34, 35

# Medailonky autorů

## Die Autoren

## About the authors

### P. Jan Emil Biernat, OSA (\*1959)

Narodil se v městě Glubczyce v Polském Slezsku, studoval ve Würzburgu v Německu. Po studiích sloužil v Krakově. V Opatství Staré Brno rádu sv. Augustina slouží od roku 2015.

Wurde in der Stadt Glubczyce (Polnisch Schlesien) geboren und studierte in Würzburg, Deutschland. Nach dem Studium trat er seinen Dienst in Krakau an, in der Altbrünner Augustinerabtei dient er seit 2015.

He was born in Glubczyce in Polish Silesia and studied in Würzburg, Germany. After graduation, he served in Krakow. He has been serving at the Augustinian Abbey in Old Brno since 2015.

e-mail: e.biernat@interia.pl

### Mgr. et Mgr. Kristýna Brzobohatá, Ph.D. (\*1985)

Vystudovala obory Antropologie, Molekulární biologii a genetiku a Obecnou a molekulární genetiku na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity a absolvovala postdoktorandskou stáž na Uppsala University ve Švédsku. V současnosti působí na pozici odborné asistentky v Laboratoři biologické a molekulární antropologie Oddělení genetiky a molekulární biologie Ústavu experimentální biologie MU. Podílí se na výuce a vedení závěrečných prací v rámci studijního oboru Biologie člověka a věnuje se problematice analýzy starobylé DNA a variability člověka. V projektu analýzy ostatků

Gregora Johanna Mendela se zapojila především do fáze analýzy DNA z jeho osobních předmětů.

Studierte Anthropologie, Molekularbiologie sowie allgemeine und molekulare Genetik an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität. Nach der Promotion (Ph.D.) absolvierte sie einen Studienaufenthalt an der Universität im schwedischen Uppsala. Gegenwärtig hat sie eine Fachassistentenposition im Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie, Abteilung Genetik und Molekularbiologie des Instituts für Experimentalbiologie der MU inne und betätigt sich in der Lehre und Betreuung der Abschlussarbeiten von Studierenden der Fachrichtung Biologie des Menschen. Sie widmet sich der Problematik der Analyse alter DNA und der Variabilität des Menschen. Beim GJM-Projekt war sie vornehmlich in die Phase der Analyse der DNA aus Mendels persönlichen Gegenständen eingebunden.

She studied Anthropology, Molecular Biology and Genetics, and General and Molecular Genetics at the Faculty of Science of Masaryk University and completed a post-doctoral internship at Uppsala University in Sweden. She currently works as an Assistant Professor in the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology, Section of Genetics and Molecular Biology, Department of Experimental Biology, MU. She participates in the teaching and supervision of student theses in the Human Biology programme and deals with the analysis of ancient DNA and human variability. In this project researching the remains of Gregor Johann Mendel, she participated mainly in the analysis of DNA from his personal objects.

e-mail: brzobohata@sci.muni.cz

**Prof. MUDr. Michael Doubek, Ph.D. (\*1972)**

Vystudoval Lékařskou fakultu Masarykovy univerzity. Je specialistou v oborech hematologie, vnitřní lékařství a lékařská genetika. Pracuje na Lékařské fakultě a ve Středoevropském technologickém institutu CEITEC MU – Centru molekulární medicíny – a ve Fakultní nemocnici Brno. Věnuje se především problematice leukemí a dědičnosti krevních i dalších nádorových chorob. Přednáší na Lékařské fakultě MU. V projektu analýzy ostatků Gregora Johanna Mendela se podílel na analýze zdravotního stavu a analýze výsledků sekvenování genomu této osobnosti.

Absolvent der Medizinischen Fakultät der Masaryk-Universität, Spezialist in den Fachbereichen Hämatologie, innere Medizin und medizinische Genetik. Seine Wirkungsstätten sind die Medizinische Fakultät und das Mitteleuropäische technologische Institut der MU, sowie die Brünner Universitätskliniken. Er befasst sich hauptsächlich mit der Problematik der Leukämien und der Erblichkeit von Bluterkrankungen sowie anderen onkologischen Krankheitsbildern. An der Medizinischen Fakultät der MU ist er in Forschung und Lehre tätig. Im Projekt der Analyse von Gregor Johann Mendels Überresten war er an der Untersuchung des Gesundheitszustandes dieser Persönlichkeit und an der Auswertung der Resultate der Sequenzierung von Mendels Genom beteiligt.

He graduated from the Faculty od Medicine of Masaryk University. He is a specialist in the fields of haematology, internal medicine and medical genetics. He works at the Faculty of Medicine, at the Central European Institute of Technology CEITEC MU – the Centre of Molecular Medicine – and at the University Hospital Brno. He focuses on leukaemia and the heredity of blood and other cancers. He lectures at the Faculty od Medicine of MU. In this project researching the remains of Gregor Johann Mendel,

he participated in the analysis of Mendel's health and the results of the sequenced genome.

e-mail: Doubek.Michael@fnbrno.cz

**Doc. RNDr. Eva Drozdová, Ph.D. (\*1967)**

Vystudovala Přírodovědeckou fakultu Masarykovy univerzity. Věnuje se historické antropologii a aplikaci paleogenetiky do výzkumu historických populací. Založila a vede Laboratoř biologické a molekulární antropologie při Oddělení genetiky a molekulární biologie na Ústavu experimentální biologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Je garantkou magisterského studijního oboru Biologie člověka. Přednáší na Přírodovědecké fakultě MU a Filozofické fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. V projektu se věnovala terénní exhumaci a antropologickému zpracování kosterních pozůstatků a mumifikovaných tkání.

Studierte an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität. Sie widmet sich vornehmlich der historischen Anthropologie und der Applikation der Paleogenetik bei der Erforschung historischer Populationen. Sie ist Begründerin und Leiterin des Laboratoriums für biologische und molekulare Anthropologie bei der Abteilung Genetik und molekulare Biologie am Institut für Experimentalbiologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der MU, Garantin der Master-Studienprogramme des Fachbereiches Biologie des Menschen und als Lehrkraft an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität und an der Philosophischen Fakultät der Palacký-Universität in Olomouc (Olmütz) tätig. Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde sie mit der Terrain-Exhumierung sowie mit anthropologischer Untersuchung des Skeletts und der Überreste vom mumifizierten Gewebe betraut.

She graduated from the Faculty of Science of Masaryk University. She focuses on historical anthropology and the application of paleogenetics to the research of historical populations. She founded and heads the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology in the Section of Genetics and Molecular Biology of the Department of Experimental Biology, Faculty of Science, Masaryk University. She is the head of the master's degree programme in Human Biology. She lectures in the Faculty of Science of MU and in the Faculty of Philosophy at Palacký University in Olomouc. In this project, she focused on the field exhumation and anthropological processing of the skeletal remains and mummified tissues.

e-mail: drozdova@sci.muni.cz

#### **Mgr. Dana Fialová, Ph.D. (\*1986)**

Vystudovala obory Antropologii a Molekulární a buněčnou biologii na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity, kde nyní přednáší pro posluchače studijního oboru Biologie člověka. Zabývá se především genetickým výzkumem historických populací a dentální antropologií. Pracuje jako odborná asistentka v Laboratoři biologické a molekulární antropologie Oddělení genetiky a molekulární biologie Ústavu experimentální biologie MU. V projektu analýzy ostatků Gregora Johannia Mendela se podílela na získání genetické informace GJM jak z jeho ostatků, tak z jeho osobních předmětů. Pomohla tedy ke genetické identifikaci GJM a získání jeho DNA k úspěšnému sekvenování celého jeho genomu.

Studierte Anthropologie sowie Molekular- und Zellenbiologie an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität, wo sie aktuell als Hochschulpädagogin der Fachrichtung Biologie des Menschen tätig ist. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die genetische Erforschung vergangener Populationen und dentale Anthropologie. Sie

arbeitet als Fachassistentin im Laboratorium für biologische und molekulare Anthropologie der Abteilung Genetik und Molekularbiologie des Instituts für Experimentalbiologie der MU. Im vorliegenden Projekt beteiligte sie sich an der Erlangung von Mendels genetischer Information sowohl aus seinen Überresten, als auch aus den von ihm benutzten persönlichen Gegenständen. Sie trug somit erheblich zur genetischen Identifizierung von GJM, Gewinnung seiner DNA und erfolgreicher Sequenzierung seines ganzen Genoms bei.

She studied Anthropology and Molecular and Cellular Biology at the Faculty of Science of Masaryk University, where she now lectures in the Human Biology programme. She deals mainly with the genetic research of historical populations and dental anthropology. She is an Assistant Professor in the Laboratory of Biological and Molecular Anthropology, Section of Genetics and Molecular Biology, Department of Experimental Biology, MU. In this project analysing the remains of Gregor Johann Mendel, she participated in obtaining genetic information from GJM both from his remains and from his personal objects. This work helped to genetically identify GJM and isolate his DNA to successfully sequence his entire genome.

e-mail: dfialova@sci.muni.cz

#### **Mgr. Blanka Křížová (\*1978)**

Absolvovala Obecnou teorii a dějiny umění a kultury, obor Hudební věda na Filozofické fakultě Masarykovy univerzity. V letech 2016 až 2019 vedla Muzeum města Tišnova a od roku 2020 je ředitelkou Mendelova muzea Masarykovy univerzity, které pečeje o Mendelův odkaz a spravuje předměty z pozůstatosti G. J. Mendela, jež byly využity při výzkumu získání genetické informace otce genetiky.

Studierte allgemeine Kunstgeschichte, Kulturtheorie und Musikwissenschaft an der Philosophischen Fakultät der Masaryk-Universität. In den Jahren 2016–2019 leitete sie das Museum der Stadt Tišnov, seit 2020 ist sie Direktorin des Mendel-Museums der MU, das Gegenstände aus dem Nachlass von Gregor Johann Mendel, die zur Gewinnung der genetischen Information des Vaters der Genetik beitragen konnten, aufbewahrt.

She studied the General Theory and History of Art and Culture, majoring in Musicology at the Faculty of Arts of Masaryk University. From 2016 to 2019 she headed the Tišnov City Museum and since 2020 she has been the director of the Mendel Museum at Masaryk University, which preserves Mendel's legacy and curates objects from the estate of G. J. Mendel, some of which were used in this research project to obtain genetic information from the father of genetics.

e-mail: krizova@mendelmuseum.muni.cz

#### **Mgr. Filip Pardy (\*1987)**

Je absolventem Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Působí jako odborný pracovník v Centrální laboratoři Genomika při CEITEC MU, kde se věnuje především sekvenování nové generace a metodám s tím spojeným. V rámci své práce se stará o další technologický rozvoj pracovišť zaváděním nových sekvenačních metod, zejména v oblasti sekvenování dlouhých čtení. Své zkušenosti předává dál prostřednictvím workshopů organizovaných laboratoří. V projektu sekvenace genomu Gregora Johanna Mendela se účastnil odběru materiálu po exhumaci, ohledávání osobních předmětů v Mendelově muzeu a Opatství Staré Brno řádu sv. Augustina, především pak na zpracování vzorku DNA a následné sekvenaci, zajištění kvality a hodnocení dat.

Absolvent der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität, tätig als Fachkraft im Genomik-Zentrallabor bei CEITEC MU, wo er sich vornehmlich der Sequenzierung neuer Generation und den damit verbundenen Methoden zuwendet. Im Rahmen seiner Arbeit ist er mit der technologischen Weiterentwicklung der Forschungsstätte mittels Einführung neuer Sequenzierungsverfahren befasst, dies vornehmlich im Bereich der Sequenzierung von langen reads. Seine Erfahrungen vermittelt er weiter in den vom Labor organisierten Workshops. Im Mendel-Projekt beteiligte er sich an der Entnahme des Materials nach der Exhumierung, an der Sichtung von Mendels persönlichen Utensilien im Museum sowie in der Altrünner Augustinerabtei, vor allem jedoch an der Aufbereitung der DNA-Probe und der anschliessenden Sequenzierung, Qualitätssicherung und Auswertung der Daten.

He is a graduate of the Faculty of Science of Masaryk University. He works as a specialist in the Genomics Core Facility at CEITEC MU, where he focuses mainly on next-generation sequencing and related methods. Part of his work involves workplace technological development by introducing new sequencing methods, especially in the field of sequencing long reads. He passes on his experience through workshops organised by the laboratories. In the project of sequencing the genome of Gregor Johann Mendel, he participated in the collection of materials after exhumation, the search for personal objects in the Mendel Museum and Augustinian Abbey in Old Brno, DNA sample processing and subsequent sequencing, quality assurance, and data evaluation.

e-mail: f.pardy@gmail.com

**Mgr. Marek Peška, Ph.D. (\*1973)**

Ředitel Archaia Brno z.ú. Věnuje se archeologii středověku a novověku především v městském prostředí. Od roku 1991 se systematicky věnuje výzkumu historického jádra Brna. Dlouhodobě se zaměřuje na problematiku změny ve 13. století, s důrazem na studium dřevohliněné a kamenné architektury. Kromě toho se orientuje také na informační (databázové) systémy v archeologii s důrazem na zpracování terénních archeologických výzkumů a nálezů historického jádra Brna. Provedl archeologický výzkum hrobky augustiniánů.

Leiter des Instituts Archaia Brno, e.I. Sein Spezialgebiet ist die Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit, dies vornehmlich in städtischen Umgebungen. Seit 1991 wendet er sich systematisch der Erforschung des historischen Stadtkerns von Brünn zu. Langfristig konzentriert ist er auf die im 13. Jahrhundert verlaufenen Wandlungsprozesse, Schwerpunkt Holz-, Lehm- und Steinarchitektur. Ein weiterer Interessenbereich sind Informationssysteme (Datenbanken) in der Archäologie, dies vornehmlich im Hinblick auf deren Verwendung bei der Realisierung archäologischer Terrainforschungen sowie Aufarbeitung der Funde aus historischen Stadtzentren. Er führte zusammen mit seinem Expertenteam die archäologische Untersuchung der Augustinergruft auf dem Brünner Zentralfriedhof durch.

Director of Archaia Brno z.ú. He focuses on the archaeology of the Middle Ages and the Modern Age, especially in the urban environment. Since 1991, he has been systematically researching the historic core of Brno. He has long focused on the issue of changes in city life in the 13th century, with an emphasis on the study of timber and earth and stone architecture. In addition, he also focuses on information (database) systems in archaeology with an emphasis on

the processing of field research and finds from the historic centre of Brno. He conducted archaeological research on the tomb of the Augustinians.

e-mail: mpeska@archaibrno.cz

**Prof. RNDr. Šárka Pospíšilová, Ph.D. (\*1969)**

Vystudovala Přírodovědeckou fakultu Masarykovy univerzity (MU) – magisterské studium v oboru Molekulární biologie a genetika a doktorské studium v oboru Buněčná a molekulární biologie. Habilitační a profesorské jmenovací řízení absolvovala na Lékařské fakultě MU v oboru onkologie. V současné době je prorektorkou Masarykovy univerzity pro výzkum a doktorské studium, ve Středoevropském technologickém institutu CEITEC MU vede Centrum molekulární medicíny a také působí na Lékařské fakultě MU a ve Fakultní nemocnici Brno jako přednostka Ústavu lékařské genetiky a genomiky a vedoucí Centra molekulární biologie a genetiky Interní hematologické a onkologické kliniky. Iniciovala a zaštiťovala celý projekt výzkumu Gregora Johanna Mendela včetně analýzy jeho genomu. V rámci projektu koordinovala mezioborovou spolupráci mezi jednotlivými vědeckými týmy Masarykovy univerzity, dalšími odborníky zapojenými do projektu i zástupci Opatství Staré Brno rádu sv. Augustina.

Studium an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität, Master in Molekularbiologie und Genetik, Promotion (Ph.D.) im Fach Zellen- und Molekularbiologie. Habilitation und Professur an der Medizinischen Fakultät der MU, Spezialgebiet Onkologie. Gegenwärtig Prorektorin der Masaryk-Universität für Forschung und Doktorandenbildung. Im Mitteleuropäischen technologischen Zentrum CEITEC MU leitet sie die Sektion Molekularmedizin und ist auch an der Medizinischen Fakultät der Masaryk-Universität und als Vorstand des Instituts für medizinische Genetik und Genomik, sowie als Leiterin des Zentrums für

Molekularbiologie und Genetik der Klinik für innere Medizin, Hämatologie und Onkologie tätig. Sie war die Initiatorin und Schirmherrin des gesamten Projekts der Untersuchung von Gregor Johann Mendels Überresten einschliesslich der Analyse seines Genoms. Im Rahmen des Projekts koordinierte sie die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Wissenschaftlerteams der Masaryk-Universität, weiteren daran beteiligten Experten und den Vertretern der Altbrünner Augustinerabtei.

She graduated from the Faculty of Science of Masaryk University (MU) with a master's degree in molecular biology and genetics and a doctoral degree in cell and molecular biology. She gained tenure as a professor at the Faculty of Medicine of MU in the field of oncology. She is currently Vice Rector of Masaryk University for Research and Doctoral Studies, heads the Centre of Molecular Medicine at the Central European Institute of Technology CEITEC MU, and also works at the Faculty of Medicine of MU and the University Hospital Brno as Head of the Institute of Medical Genetics and Genomics and Head of the Centre of Molecular Biology and Genetics of the Department of Internal Medicine - Haematology and Oncology. She initiated and supervised the entire research project of Gregor Johann Mendel, including the analysis of his genome. Within the project, she coordinated interdisciplinary cooperation between the individual scientific teams from Masaryk University, the other experts involved in the project, and representatives of the Augustinian Abbey in Old Brno.

e-mail: sarka.pospisilova@rect.muni.cz

#### **Mgr. Antonín Zúbek, Ph.D. (\*1976)**

Archeolog Archaia Brno z.ú. Zaměřuje se především na urábní archeologii. Od roku 1997 se podílí na systematickém archeologickém výzkumu Brna. Jako vedoucí výzkumu nebo

člen vedoucího týmu realizoval řadu záchranných akcí v jeho centru nebo na historických předměstích. Z povahy příslušných výzkumů vyplynul zájem o problematiku brněnských předměstí, nejstarší dřevochléné zástavby a pohřbívání ve středověku a novověku. Provedl archeologický výzkum hrobky augustiniánů.

Archäologe der Archaia Brno e.I. Sein Interesse gilt insbesondere der urbanen Archäologie. Seit 1997 beteiligt er sich an der systematischen Erforschung der Stadt Brünn. Als Forschungsleiter oder Mitglied des leitenden Teams partizipierte er an einer Reihe von Rettungsaktionen im Stadtzentrum oder in den historischen Vorstadtgebieten. Aus dem Charakter dieser Forschungsvorhaben resultierte dann seine Konzentration auf die Problematik der Brünner Vorstädte, der ältesten Holz- und Lehmarkektur und des Bestattens in Mittelalter und Neuzeit. Er gehört zu den Realisatoren der archäologischen Untersuchung der Augustinergruft.

He is an archaeologist with Archaia Brno z.ú. He focuses mainly on urban archaeology. Since 1997 he has been participating in the systematic archaeological research on Brno. As a research leader or member of the leadershipteam, he has carried out a number of rescue operations in the Brno city centre and the historic suburbs. From these experiences he gained an interest in the issue of Brno's suburbs, the oldest timber and earth buildings, and burials in the Middle Ages and the Modern Age. He conducted archaeological research on the tomb of the Augustinians.

e-mail: azubek@archaibrno.cz

# Pozvání do Mendelova muzea Masarykovy univerzity a augustiniánského opatství

Besuchen Sie das  
Mendel-Museum der  
Masaryk-Universität  
und der Altbrünner  
Augustinerabtei

Invitation to the Mendel  
Museum of Masaryk  
University and the  
Augustinian Abbey

Mendelovo muzeum navazuje svou činností na odkaz G. J. Mendela. Je místem setkávání odborníků i centrem prezentací výsledků vědy a výzkumu široké veřejnosti. Návštěvníci mohou zhlédnout výstavy *Gregor Johann Mendel – příběh skromného génia* (a); *Genetika aneb Podivuhodná cesta do jádra buňky* (b, c) a vybrat si z několika prohlídkových okruhů. Uvidí v nich původní Mendelův pokoj (d, e), kde zakladatel

genetiky žil a pracoval do roku 1868, než se stal opatem, augustiniánskou knihovnu (f), Mendelův refektář (g), Baziliku Nanebevzetí Panny Marie (h). V prostorách muzea jsou rovněž pořádány přednášky především z oblasti genetiky, ale i z dalších oborů vyučovaných na Masarykově univerzitě.

Das Mendel Museum knüpft mit seinen gesamten Aktivitäten an das Vermächtnis von G. J. Mendel an. Es ist ein Treffpunkt von Fachleuten und ein Zentrum, wo Ergebnisse von Wissenschaft und Forschung der breiten Öffentlichkeit präsentiert werden. Wir laden ein zum Besuch der Ausstellungen *Gregor Johann Mendel – die Geschichte eines bescheidenen Genies* (a); *Genetik oder der wundersame Weg in den Zellkern* (b, c). Weiterhin gibt es mehrere Rundgänge zur Auswahl. Zu besichtigen ist das ursprüngliche Zimmer von Mendel (d, e), wo der Vater der Genetik bis zum Jahre 1869, d. h. vor seiner Wahl zum Abt, gelebt und gearbeitet hatte (f), Mendels Refektorium (g) sowie die Basilika Mariä Himmelfahrt (h). In den Räumen des Museums werden Vorträge gehalten – natürlich zum Thema Genetik, aber auch aus anderen Fachgebieten, die an der Masaryk-Universität in Forschung und Lehre präsent sind.

In its activities, the Mendel Museum preserves and promotes the legacy of G. J. Mendel. It is a meeting place for experts and a centre for presentations of science and research to the general public. Visitors can experience various exhibitions including *Gregor Johann Mendel – The Story of a Humble Genius* (a), and *Genetics: A Fascinating Journey into the Cell Nucleus* (b, c), and choose from several tours. You can see the original Mendel Room (d, e), where the founder of genetics lived and worked until 1868 when he became abbot, the Augustinian Library (f), the Mendel Refectory (g), and the Basilica of the Assumption of Our Lady (h). The museum also hosts lectures, mainly in genetics, but also in other fields taught at Masaryk University.



a



b



c



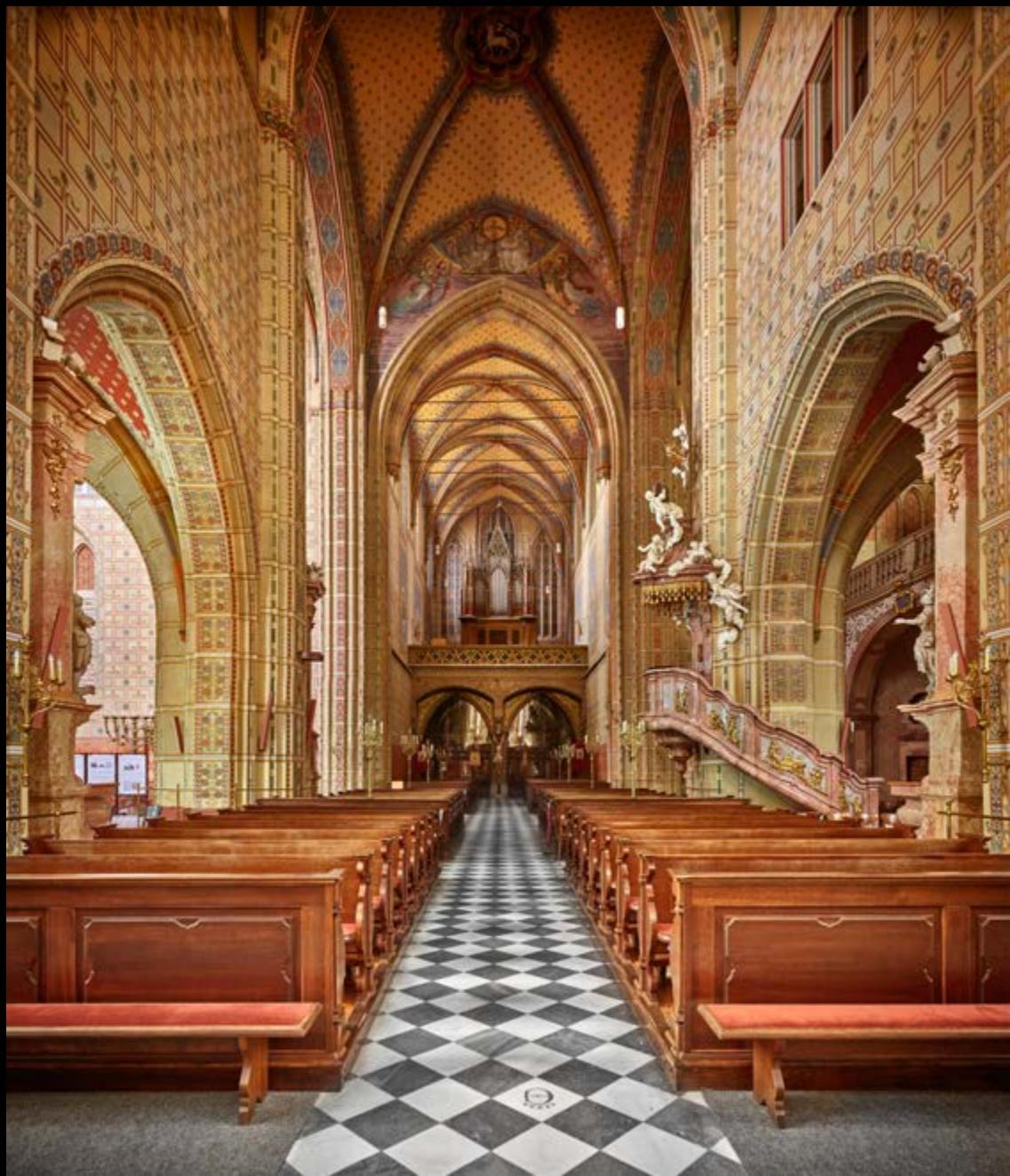
d, e



f



g



h

Gregor Johann Mendel

Cesty ke genomu zakladatele genetiky

Begründer der Genetik – die Wege  
zu seinem Genom

Ways to the genome of the founder  
of genetics

Sestavili / Edited by

Eva Drozdová, Michael Doubek, Šárka Pospíšilová

Autoři / Texts by

Jan Emil Biernat, Kristýna Brzobohatá, Michael Doubek,  
Eva Drozdová, Dana Fialová, Blanka Křížová, Filip Pardy,  
Marek Peška, Šárka Pospíšilová, Antonín Zůbek

Předmluva/Foreword by

Jiří Dušek

Jazyková redakce a překlad / Language editing and translation by

Martina Hovorková, Radka Vyskočilová, Magdalena Havlová,  
Benjamin Jeremiah Vail, Karel Svačina

Grafická úprava a sazba / Layout and typesetting by

Jakub Konvica

Odpovědná redakce / Series edited by

Alena Mizerová, Lea Novotná

MASARYK  
UNIVERSITY  
CONTRIBUTIONS  
TO GENETICS  
VOL. 1

Vydala / Published by

Masarykova univerzita / Masaryk University  
Žerotínovo nám. 617/9, 601 77 Brno, CZ

Vyšlo jako 1. svazek edice „Masaryk University Contributions  
to Genetics“ s podporou fondu Scientia est potentia / Published  
as the 1<sup>st</sup> volume in the series “Masaryk University Contributions  
to Genetics” supported by the Scientia est potentia Fund

První elektronické vydání / First Electronic Edition

Brno, 2022

ISBN 978-80-280-0081-3 (online ; pdf)

ISBN 978-80-280-0080-6 (paperback)



[www.press.muni.cz](http://www.press.muni.cz)



Kniha mapuje cesty k analýze genomu Gregora Johanna Mendela, která se uskutečnila u příležitosti 200. výročí narození tohoto významného vědce. Popisuje vyzdvížení jeho ostatků z augustiniánské hrobky na Ústředním hřbitově v Brně a jejich vědecké zkoumání i hledání stop Mendelovy DNA na jeho osobních věcech uchovaných v Augustiniánském opatství na Starém Brně.

Jednotlivé kapitoly, tedy cesty výzkumu, seznamují čtenáře s prvotními impulzy vedoucími k archeologickému výzkumu hrobky a následné analýze Mendelova genomu. Přibližují proces ztotožnění ostatků nalezených v hrobě s osobou opata Mendela, antropologický výzkum jeho kosterních pozůstatků i postup izolace a analýzy DNA této historické osobnosti. Bohatá fotografická dokumentace dokládá napínavou práci vědeckého týmu, jehož zásluhou vznikla kniha přinášející překvapivá zjištění a nové, důležité poznatky o zakladateli genetiky.

Das vorliegende Buch zeichnet die Wege zur Analyse des Genoms von Gregor Johann Mendel nach, einem Unterfangen, das anlässlich des zweihundertsten Geburtstages dieses bedeutenden Wissenschaftlers realisiert wurde. Beschrieben wird die Aushebung von Mendels Überresten aus der Augustinergruft auf dem Brünner Zentralfriedhof und deren wissenschaftliche Untersuchung, sowie die Suche nach den Spuren von Mendels DNA an seinen in der Altbrünner Augustinerabtei aufbewahrten persönlichen Utensilien.

Die einzelnen Kapitel – Wege der Forschung, geben den Lesern Auskunft über die allerersten Impulse, welche zur archäologischen Untersuchung der Gruft und

darauffolgender Analyse von Mendels Genom führen sollten. Sie beleuchten den Prozess der Identifizierung der im Grabe vorgefundenen Überreste mit der Person des Abtes Mendel, die anthropologische Untersuchung seines Skeletts und schließlich das Vorgehen beim Isolieren und Analysieren der DNA dieser historischen Persönlichkeit. Eine reichhaltige Fotodokumentation belegt die äußerst spannende Arbeit des Wissenschaftlerteams. Dank ihm entstand ein Buch, das überraschende Feststellungen und neue, wichtige Erkenntnisse über den Begründer der Genetik bringt.

The book maps the ways to the analysis of the genome of Gregor Johann Mendel, a project which was carried out to mark the 200th anniversary of the birth of this important scientist. It describes the exhumation of his remains from the Augustinian tomb at the Central Cemetery in Brno and the scientific examination that followed, as well as the search for traces of Mendel's DNA on his personal belongings kept in the Augustinian Abbey in Old Brno.

The individual chapters, that is, the ways of research, introduce the reader to the initial impulses leading to the archaeological research on the tomb and the subsequent analysis of Mendel's genome. They describe the process of identifying the remains found in the grave with the person of Abbot Mendel, the anthropological research on his skeletal remains, as well as the process of isolation and analysis of the DNA of this historical figure. Rich photographic documentation chronicles the exciting work of the scientific team. Thanks to their efforts, the book reveals surprising findings and new, important details about the founder of genetics.